

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年5月3日(03.05.2018)



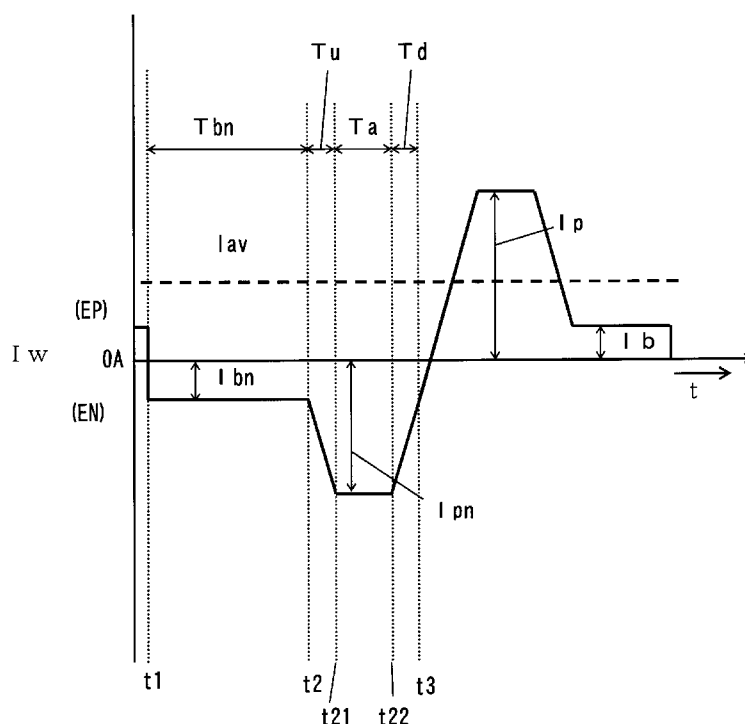
(10) 国際公開番号

WO 2018/079345 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 9/073 (2006.01) *B23K 9/09* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/037552
- (22) 国際出願日: 2017年10月17日(17.10.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-207958 2016年10月24日(24.10.2016) JP
特願 2016-232014 2016年11月30日(30.11.2016) JP
特願 2016-254894 2016年12月28日(28.12.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社ダイヘン (DAIHEN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5328512 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 高田 賢人 (TAKADA Kento); 〒5328512 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 Osaka (JP). 近藤 わかな (KONDO Wakana); 〒5328512 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 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人航栄特許事務所 (KOH-EI PATENT FIRM, P.C.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イーストビルディング9階 Tokyo (JP).

(54) Title: AC PULSE ARC WELDING CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 交流パルスアーク溶接制御方法



(57) Abstract: The present invention stabilizes the growth state of molten droplets during an electrode negative polarity peak period in consumable electrode AC pulse arc welding. This AC pulse arc welding control method includes feeding a welding wire, and carrying out welding by repeatedly applying welding currents, namely, applying an electrode negative polarity base current during an electrode negative polarity base period, applying an electrode negative polarity peak current during an electrode negative polarity peak period, and then applying an electrode positive polarity current during an



(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

electrode positive polarity period. The electrode negative polarity peak period comprises a rising period T_u , a peak period T_a , and a falling period T_d . The temporal proportion of the peak period T_a with respect to the electrode negative polarity peak period is less than 20%, and the falling period T_d is at least twice as long as the rising period T_u .

(57) 要約: 消耗電極交流パルスアーク溶接において、電極マイナス極性ピーク期間中の溶滴の成長状態を安定化させること。溶接ワイヤを送給し、電極マイナス極性ベース期間中は電極マイナス極性ベース電流を通電し、続けて電極マイナス極性ピーク期間中は電極マイナス極性ピーク電流を通電し、続けて電極プラス極性期間中は電極プラス極性電流を通電し、これらの溶接電流の通電を繰り返して溶接を行う交流パルスアーク溶接制御方法において、電極マイナス極性ピーク期間は立ち上がり期間 T_u と、ピーク期間 T_a と、立ち下り期間 T_d とから成り、ピーク期間 T_a が電極マイナス極性ピーク期間に占める時間比率が20%未満であり、立ち下り期間 T_d は立ち上がり期間 T_u よりも2倍以上長い期間である。

明 細 書

発明の名称： 交流パルスアーク溶接制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、溶接ワイヤを送給し、電極マイナス極性ベース期間中は電極マイナス極性ベース電流を通电し、続けて電極マイナス極性ピーク期間中は電極マイナス極性ピーク電流を通电し、続けて電極プラス極性期間中は電極プラス極性電流を通电し、これらの溶接電流の通电を繰り返して溶接を行う交流パルスアーク溶接制御方法に関するものである。

背景技術

[0002] 交流パルスアーク溶接では、電極プラス極性期間中のピーク電流及びベース電流の通电と、電極マイナス極性期間中のベース電流の通电とを1周期として繰り返すことによって溶接が行われる。この交流パルスアーク溶接では、電極マイナス極性期間を調整することによって、溶接電流の平均値に占める電極マイナス極性期間の電流の比率である電極マイナス極性電流比率を変化させて、母材への入熱を制御することができる。このために、低入熱溶接が可能となり、高品質な薄板溶接を行うことができる。また、電極マイナス極性電流比率を変化させることによって、溶け込み深さ、余盛り高さ等のビード形状をワークに合わせて適正化することができる。通常、電極マイナス極性電流比率は0～30％程度の範囲で使用される。ここで、電極マイナス極性電流比率が0％とは、直流パルスアーク溶接のことである。

[0003] ワークによっては、溶け込み部を小さくし、余盛り部を大きくした希釈率の小さなビード形状を形成する必要がある場合がある。例えば、鉄鋼材の薄板溶接において、溶接継手部に大きなギャップがあるワークを高速溶接するような場合である。このような場合には、ギャップを熔融金属で埋め、かつ溶け込みを小さくするために、希釈率の小さなビード形状が必要になる。このようなビード形状を形成するためには、電極マイナス極性電流比率を上記の通常範囲よりも大きな値である30％以上に設定する必要がある。ときに

は50%を超える値に設定する必要がある場合も生じる。このような場合には、電極プラス極性期間中のピーク電流及びベース電流の通電と、電極マイナス極性期間中のピーク電流及びベース電流の通電とを1周期として溶接を行う交流パルスアーク溶接方法が使用されている。以下、この従来技術（特許文献1参照）について説明する。以下の説明において、電極マイナス極性期間の溶接電流及び溶接電圧は負の値となるが、値の大小を記載したときはその絶対値の大小のことを意味している。また、立ち上り及び立ち下りという記載は、溶接電流又は溶接電圧の絶対値が増加又は減少することを意味している。

[0004] 図14は、従来技術における交流パルスアーク溶接制御方法を示す溶接電流 I_w の波形図である。同図において、0Aから上側が電極プラス極性EPを示し、下側が電極マイナス極性ENを示す。同図は、電極マイナス極性電流比率が通常範囲（0～30%程度）よりも大きく設定された場合である。極性切換時のアーク切れを防止するために、極性切換時に短時間の間高電圧を溶接ワイヤと母材との間に印加している。以下、同図を参照して説明する。

[0005] 時刻 $t_1 \sim t_2$ の電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} 中は、臨界値未満の電極マイナス極性ベース電流 I_{bn} を通電する。時刻 $t_2 \sim t_3$ の電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} 中は、電極マイナス極性ベース電流 I_{bn} よりも大きな値の電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} を通電する。時刻 t_3 において極性を反転する。時刻 $t_3 \sim t_4$ の電極プラス極性ピーク期間 T_p 中は、臨界値以上の電極プラス極性ピーク電流 I_p を通電する。時刻 $t_4 \sim t_5$ の電極プラス極性ベース期間 T_b 中は、臨界値未満の電極プラス極性ベース電流 I_b を通電する。時刻 $t_5 \sim t_6$ は再び上記の電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} となり、時刻 $t_6 \sim t_7$ は再び上記の電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} となり、時刻 $t_7 \sim t_8$ は再び上記の電極プラス極性ピーク期間 T_p となる。時刻 $t_1 \sim t_5$ の期間が1パルス周期 T_f となる。また、時刻 $t_1 \sim t_3$ の期間が電極マイナス極性期間 T_{en} となり、時刻 $t_3 \sim t_5$ の期間が電極プラス極性

期間 T_{ep} となる。電極マイナス極性ベース電流 I_{bn} 及び電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} が電極マイナス極性電流 I_{en} となり、電極プラス極性ピーク電流 I_p 及び電極プラス極性ベース電流 I_b が電極プラス極性電流 I_{ep} となる。

[0006] 上記の電極プラス極性ベース期間 T_b を削除する場合もある。この場合には、電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} → 電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} → 電極プラス極性ピーク期間 T_p → 電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} と繰り返される。

[0007] 上記の電極プラス極性ピーク期間 T_p 、上記の電極プラス極性ピーク電流 I_p 、上記の電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} 、上記の電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} 、上記の電極マイナス極性ベース電流 I_{bn} 及び上記の電極プラス極性ベース電流 I_b は、予め適正值に設定されている。また、溶接電圧の絶対値の平均値が予め定めた電圧設定値に等しくなるように上記のパルス周期 T_f の長さがフィードバック制御（アーク長制御）される。このパルス周期 T_f を変化させるために上記の電極プラス極性ベース期間 T_b 又は上記の電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} が上記のフィードバック制御によって変化する。上記の電極プラス極性ベース期間 T_b がフィードバック制御によって変化するときは、上記の電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} は予め適正值に設定される。逆に、上記の電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} がフィードバック制御によって変化するときは、上記の電極プラス極性ベース期間 T_b は予め適正值に設定される。同図においては、電極マイナス極性電流比率 R_{en} は以下ようになる。

$$R_{en}(\%) = \left((T_{pn} \cdot |I_{pn}| + T_{bn} \cdot |I_{bn}|) / (T_p \cdot I_p + T_{pn} \cdot |I_{pn}| + T_{bn} \cdot |I_{bn}| + T_b \cdot I_b) \right) \times 100$$

[0008] 溶接ワイヤの材質が鉄であり、シールドガスの種類が 80 体積% A_r + 20 体積% CO_2 の混合ガスである場合の各パラメータの設定値は、例えば以下のようなになる。 $T_p = 1.7 \text{ ms}$ 、 $I_p = 500 \text{ A}$ 、 $T_{pn} = 2.5 \text{ ms}$ 、 $I_{pn} = 300 \text{ A}$ 、 $I_b = 50 \text{ A}$ 、 $I_{bn} = 70 \text{ A}$ となる。そして、 T_{bn} をフィードバ

ック制御している場合には、 $T_b = 0 \sim 4.0 \text{ ms}$ となる。 $T_b = 0$ のときは、電極プラス極性ベース期間がない場合である。フィードバック制御される T_{bn} の範囲は、 $1 \sim 10 \text{ ms}$ 程度である。

[0009] 次に、同図において、溶滴の形成及び移行について説明する。時刻 t_4 の電極プラス極性ピーク期間 T_p の終了近傍において、溶滴が移行する。時刻 $t_4 \sim t_5$ の電極プラス極性ベース期間 T_b 中は、臨界値未満の小電流が通電し、かつ、極性が電極プラス極性 E_P であるので、溶接ワイヤ先端の溶融は少ししか生じず、溶滴はほとんど形成されない。

[0010] 時刻 $t_5 \sim t_6$ の電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} 中は、溶接ワイヤ先端が溶融されて、小さな溶滴が形成される。時刻 $t_6 \sim t_7$ の電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} 中は、大電流値の電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} が通電するために、溶滴は急速に成長して大きくなる。この期間の後半部において溶滴にはくびれが次第に形成されるが、通常は溶滴のサイズが大きいために移行に至ることはない。時刻 $t_7 \sim t_8$ の電極プラス極性ピーク期間 T_p 中は、臨界値以上の大電流が通電するために、溶滴のくびれ部に強い電磁的ピンチ力が作用し、くびれが急速に進行して溶滴が溶融池へと移行する。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：日本国特開2014-34049号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] 上述したように、従来技術の交流パルスアーク溶接では、溶接ワイヤ先端の溶滴は、電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} 中に少しづつ大きくなり、電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} に入ると急速に成長して大きくなる。

[0013] 電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} 中は大電流値の電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} が継続して通電するので、アーク圧力及び溶融池から噴出する金属蒸気による強い反発力が溶滴に作用する。このために、溶滴の成長が安定せ

ず、形成される溶滴のサイズがばらつくことになる。この結果、電極プラス極性ピーク期間 T_p 中における溶滴移行が不安定になるという問題があった。

[0014] そこで、本発明では、電極マイナス極性ピーク期間における溶滴の成長を安定化することができる交流パルス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

[0015] 上述した課題を解決するために、本開示の交流パルスアーク溶接制御方法は、

溶接ワイヤを送給し、電極マイナス極性ベース期間中は電極マイナス極性ベース電流を通電し、続けて電極マイナス極性ピーク期間中は電極マイナス極性ピーク電流を通電し、続けて電極プラス極性期間中は電極プラス極性電流を通電し、これらの溶接電流の通電を繰り返して溶接を行う交流パルスアーク溶接制御方法において、

前記電極マイナス極性ピーク期間は立ち上り期間と、ピーク期間と、立ち下り期間とから成り、

前記ピーク期間が前記電極マイナス極性ピーク期間に占める時間比率が20%未満である、ことを特徴とするものである。

[0016] 本開示の交流パルスアーク溶接制御方法は、

前記立ち下り期間は前記立ち上り期間よりも2倍以上長い期間である、ことを特徴とするものである。

[0017] 本開示の交流パルスアーク溶接制御方法は、

前記立ち下り期間中は前記溶接電流が連続的に減少する、ことを特徴とするものである。

[0018] 本開示の交流パルスアーク溶接制御方法は、

前記立ち下り期間中は前記溶接電流の絶対値が前記ピーク期間中よりも小さい一定値となる、ことを特徴とするものである。

[0019] 本開示の交流パルスアーク溶接制御方法は、

前記立ち下り期間中は前記溶接電流の変化率の絶対値が連続的に大きくなるように減少する、ことを特徴とするものである。

[0020] 本開示の交流パルスアーク溶接制御方法は、
前記電極プラス極性期間が電極プラス極性ピーク電流を通電する電極プラス極性ピーク期間を含み、
前記電極プラス極性ピーク期間は電極プラス極性立ち上り期間と、電極プラス極性最大値期間と、電極プラス極性立ち下り期間とから成り、
前記電極プラス極性最大値期間が前記電極プラス極性ピーク期間に占める時間比率が20%未満である、ことを特徴とするものである。

[0021] 本開示の交流パルスアーク溶接制御方法は、
前記電極プラス極性立ち上り期間中は前記溶接電流の変化率の絶対値が連続的に小さくなるように増加し、
前記電極プラス極性立ち下り期間中は前記溶接電流の変化率の絶対値が連続的に小さくなるように減少する、ことを特徴とするものである。

[0022] 本開示の交流パルスアーク溶接制御方法は、
前記電極プラス極性期間が電極プラス極性ピーク電流を通電する電極プラス極性ピーク期間を含み、
前記電極プラス極性ピーク期間は電極プラス極性立ち上り期間と、電極プラス極性最大値期間と、電極プラス極性立ち下り期間とから成り、
前記電極プラス極性最大値期間は第1最大値電流を通電する第1最大値期間と第2最大値電流を通電する第2最大値期間から成り、前記第1最大値電流は前記第2最大値電流よりも大である、
ことを特徴とするものである。

[0023] 本開示の交流パルスアーク溶接制御方法は、前記電極マイナス極性ベース期間中に短絡が発生したときは、前記電極マイナス極性ベース期間が終了するまで前記溶接ワイヤの送給速度を減速させる、
ことを特徴とするものである。

[0024] 本開示の交流パルスアーク溶接制御方法は、前記電極マイナス極性ベース

期間中に短絡が発生したときは、前記電極マイナス極性ピーク期間に移行させる、

ことを特徴とするものである。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、交流パルスアーク溶接において、電極マイナス極性ピーク期間における溶滴の成長を安定化することができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明の実施の形態1に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} の波形を示す第1の溶接電流波形図である。

。

[図2]本発明の実施の形態1に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} の波形を示す第2の溶接電流波形図である。

。

[図3]本発明の実施の形態1に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} の波形を示す第3の溶接電流波形図である。

。

[図4]本発明の実施の形態1に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} の波形を示す第4の溶接電流波形図である。

。

[図5]本発明の実施の形態1に係る交流パルス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6]本発明の実施の形態2に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極プラス極性ピーク電流 I_p の波形を示す第1の溶接電流波形図である。

[図7]本発明の実施の形態2に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極プラス極性ピーク電流 I_p の波形を示す第2の溶接電流波形図である。

[図8]本発明の実施の形態2に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極プラス極性ピーク電流 I_p の波形を示す第3の溶接電流波形図である。

[図9]本発明の実施の形態2に係る交流パルス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10]本発明の実施の形態3に係る交流パルスアーク溶接制御方法を示す電流、電圧、送給速度の波形図である。

[図11]本発明の実施の形態3に係る交流パルス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12]本発明の実施の形態4に係る交流パルスアーク溶接制御方法を示す電流、電圧、送給速度の波形図である。

[図13]本発明の実施の形態4に係る交流パルス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14]従来技術の交流パルスアーク溶接における電流波形図である。

発明を実施するための形態

[0027] 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。

[0028] [実施の形態1]

本発明の実施の形態1に係る交流パルスアーク溶接制御方法の溶接電流波形は、上述した図14とは電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} の波形以外は同一である。すなわち、電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} →電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} →電極プラス極性ピーク期間 T_p →電極プラス極性ベース期間 T_b を1パルス周期 T_f とする場合と、電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} →電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} →電極プラス極性ピーク期間 T_p を1パルス周期 T_f とする場合とがある。以下、この電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} の波形について説明する。

[0029] 図1は、本発明の実施の形態1に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} の波形を示す第1の溶接電流波形図である。これ以外の期間の溶接電流波形は、上述した図14と同一である。同図において、時刻 t_2 以前の期間は電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} となり、時刻 t_3 以降の期間は極性が反転して電極プラス極性ピーク期間 T_p となる。以下、同図を参照して説明する。

[0030] 時刻 t_2 において、電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} から電極マイナス極

性ピーク期間 T_{pn} に切り換わり、電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} が通電を開始する。

[0031] 電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} は、時刻 $t_2 \sim t_{21}$ の立ち上り期間 T_u と、時刻 $t_{21} \sim t_{22}$ のピーク期間 T_a と、時刻 $t_{22} \sim t_3$ の立ち下り期間 T_d とから形成される。

[0032] 時刻 $t_2 \sim t_{21}$ の立ち上り期間 T_u 中は、電極マイナス極性ベース電流 I_{bn} からピーク値まで直線状に増加する。時刻 $t_{21} \sim t_{22}$ のピーク期間 T_a 中は、ピーク値を維持する。時刻 $t_{22} \sim t_3$ の立ち下り期間 T_d 中は、ピーク値から予め定めた極性切換電流値(50A程度)まで直線状に減少する。時刻 t_3 において、電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} が極性切換電流値の状態で、電極マイナス極性 E_N から電極プラス極性 E_P へと極性が切り換えられる。このときに、アーク切れを防止するために、数百Vの高電圧が溶接ワイヤと母材との間に印加される。

[0033] 上記のピーク値は、図14に示す従来技術のときの電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} のピーク値とほぼ同一値に設定される。また、電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} 中の電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} の積分値が図14に示す従来技術の矩形波であるときの積分値とほぼ同一値に設定される。

[0034] 本実施の形態1においては、ピーク期間 T_a が電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} に占める時間比率が20%未満になるように設定される。すなわち、 $(T_a / T_{pn}) \times 100 < 20$ になるように T_a が設定される。このようにすることによって、溶滴に作用するアーク圧力及び溶融池から噴出する金属蒸気による反発力を緩和することができる。この結果、電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} における溶滴の成長を安定化することができ、常に所望サイズの溶滴を形成することができる。ピーク期間 T_a の時間比率が20%超となると、反発力が強くなり、溶滴の成長が不安定化する。ピーク期間 T_a の時間比率は10%未満であることがさらに望ましい。このようにすると、さらに反発力が弱くなり、溶滴の成長がさらに安定化する。

[0035] 電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} の積分値は従来技術の矩形波のときとほ

ば同一値であるので、形成される溶滴のサイズは同等となる。

[0036] 本実施の形態 1 において、立ち下り期間 T_d は立ち上り期間 T_u よりも 2 倍以上長い期間に設定されることが望ましい。このようにすると、溶滴への入熱の降下速度が緩やかになり、溶滴の成長がより安定化する。さらに、本実施の形態 1 において、立ち下り期間 T_d は立ち上り期間 T_u よりも 3 倍以上長い期間に設定されることがより望ましい。このようにすると、溶滴への入熱の降下速度がより一層緩やかになり、溶滴の成長が一段と安定化する。

[0037] 図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} の波形を示す第 2 の溶接電流波形図である。

[0038] 同図において、立ち上り期間 T_u 及びピーク期間 T_a は極短い時間に設定されている。このために、同図はほぼノコギリ波となっている。このような波形に設定しても、図 1 と同一の効果を奏することができる。

[0039] 図 3 は、本発明の実施の形態 1 に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} の波形を示す第 3 の溶接電流波形図である。

[0040] 同図において、立ち上り期間 T_u は短い時間に設定されている。また、立ち下り期間 T_d 中の電流はピーク値よりも小さい一定値となっている。このために、同図はほぼ 2 段の階段状波形となっている。このような波形に設定しても、図 1 と同一の効果を奏することができる。

[0041] 図 4 は、本発明の実施の形態 1 に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} の波形を示す第 4 の溶接電流波形図である。

[0042] 同図において、立ち上り期間 T_u 及びピーク期間 T_a は図 1 と同様である。立ち下り期間 T_d 中の電流が直線状ではなく曲線状に減少している。曲線状とは、溶接電流の変化率の絶対値が連続的に大きくなるように減少する状態である。このような波形に設定すると、電流値の絶対値が大きいときの変化率が小さくなるので、図 1 のときよりもさらに溶滴の成長が安定化する。

[0043] 図5は、図1～図4で上述した本発明の実施の形態1に係る交流パルス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、上記の電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} がフィードバック制御によって変化し、電極プラス極性ベース期間 T_b が所定値の場合である。同図において、上述した極性切換時の高電圧印加回路については省略している。以下、同図を参照して各ブロックについて説明する。

[0044] インバータ回路INVは、3相200V等の交流商用電源（図示は省略）を入力として、整流及び平滑した直流電圧を、後述する電流誤差増幅信号 E_i によるパルス幅変調制御によりインバータ制御を行い、高周波交流を出力する。インバータトランスINTは、高周波交流電圧をアーク溶接に適した電圧値に降圧する。2次整流器 $D2a \sim D2d$ は、降圧された高周波交流を直流に整流する。

[0045] 電極プラス極性トランジスタPTRは後述する電極プラス極性駆動信号 P_d によってオン状態になり、このときは溶接電源の出力は電極プラス極性EPになる。電極マイナス極性トランジスタNTRは後述する電極マイナス極性駆動信号 N_d によってオン状態になり、このときは溶接電源の出力は電極マイナス極性ENになる。

[0046] リアクトルWLは、リップルのある出力を平滑する。

[0047] 溶接ワイヤ1は、ワイヤ送給モータ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。溶接ワイヤ1と母材2との間には溶接電圧 V_w が印加し、溶接電流 I_w が通電する。

[0048] 電圧検出回路VD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。電圧平均化回路VAVは、この電圧検出信号 V_d の絶対値を平均化して、電圧平均値信号 V_{av} を出力する。電圧設定回路VRは、予め定めた電圧設定信号 V_r を出力する。電圧誤差増幅回路EVは、この電圧設定信号 V_r と上記の電圧平均値信号 V_{av} との誤差を増幅して、電圧誤差増幅信号 E_v を出力する。

- [0049] 電圧・周波数変換回路V Fは、上記の電圧誤差増幅信号E vを、上記の電圧誤差増幅信号E vに比例した周波数の信号に変換して、この周波数ごとに短時間だけH i g hレベルになるパルス周期信号T fを出力する。このパルス周期信号T fは、パルス周期ごとに短時間H i g hレベルとなるトリガ信号である。
- [0050] 電極マイナス極性ピーク期間設定回路T P N Rは、予め定めた電極マイナス極性ピーク期間設定信号T pnrを出力する。
- [0051] 電極プラス極性ピーク期間設定回路T P Rは、予め定めた電極プラス極性ピーク期間設定信号T prを出力する。電極プラス極性ベース期間設定回路T B Rは、予め定めた電極プラス極性ベース期間設定信号T brを出力する。
- [0052] タイマ回路T Mは、上記のパルス周期信号T f、上記の電極マイナス極性ピーク期間設定信号T pnr、上記の電極プラス極性ピーク期間設定信号T pr及び上記の電極プラス極性ベース期間設定信号T brを入力として、パルス周期信号T fが短時間H i g hレベルに変化するごとに、電極マイナス極性ピーク期間設定信号T pnrによって定まる期間中はその値が1となり、続いて電極プラス極性ピーク期間設定信号T prによって定まる期間中はその値が2となり、続いて電極プラス極性ベース期間設定信号T brによって定まる期間中はその値が3となり、それ以後の電極マイナス極性ベース期間中はその値が4となる、タイマ信号T mを出力する。
- [0053] 電極マイナス極性ピーク電流設定回路I P N Rは、上述した図1～図4の波形を記憶しており、これらの波形から1つが選択されて、電極マイナス極性ピーク電流設定信号I pnrを出力する。
- [0054] 電極プラス極性ピーク電流設定回路I P Rは、予め定めた電極プラス極性ピーク電流設定信号I prを出力する。電極プラス極性ベース電流設定回路I B Rは、予め定めた電極プラス極性ベース電流設定信号I brを出力する。
- [0055] 電極マイナス極性ベース電流設定回路I B N Rは、予め定めた電極マイナス極性ベース電流設定信号I bnrを出力する。
- [0056] 切換回路S Wは、上記のタイマ信号T m、上記の電極マイナス極性ピーク

電流設定信号 I_{pnr} 、上記の電極プラス極性ピーク電流設定信号 I_{pr} 、上記の電極プラス極性ベース電流設定信号 I_{br} 及び上記の電極マイナス極性ベース電流設定信号 I_{bnr} を入力として、タイマ信号 $T_m = 1$ のとき電極マイナス極性ピーク電流設定信号 I_{pnr} を電流設定信号 I_r として出力し、タイマ信号 $T_m = 2$ のとき電極プラス極性ピーク電流設定信号 I_{pr} を電流設定信号 I_r として出力し、タイマ信号 $T_m = 3$ のとき電極プラス極性ベース電流設定信号 I_{br} を電流設定信号 I_r として出力し、タイマ信号 $T_m = 4$ のとき電極マイナス極性ベース電流設定信号 I_{bnr} を電流設定信号 I_r として出力する。

[0057] 電流検出回路 I_D は、上記の溶接電流 I_w の絶対値を検出して、電流検出信号 I_d 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。

[0058] 駆動回路 DV は、上記のタイマ信号 T_m を入力として、タイマ信号 $T_m = 1$ 又は 4 のとき電極マイナス極性駆動信号 N_d を出力し、タイマ信号 $T_m = 2$ 又は 3 のとき電極プラス極性駆動信号 P_d を出力する。これによって、電極マイナス極性ベース期間及び電極マイナス極性ピーク期間は電極マイナス極性となり、電極プラス極性ピーク期間及び電極プラス極性ベース期間は電極プラス極性となる。

[0059] 送給速度設定回路 FR は、予め定めた送給速度設定信号 F_r を出力する。送給制御回路 FC は、この送給速度設定信号 F_r を入力として、その値に対応した送給速度 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 を上記のワイヤ送給モータ WM に出力する。

[0060] 同図において、電極プラス極性ベース期間 T_b を削除するときには、上記の電極プラス極性ベース期間設定信号 $T_{br} = 0$ に設定すれば良い。

[0061] [実施の形態 2]

本発明の実施の形態 2 に係る交流パルスアーク溶接制御方法の溶接電流波形は、上述した図 14 とは、図 1 ～図 4 の電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} 及び後述する電極プラス極性ピーク電流 I_p の波形以外は同一である。すな

わち、電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} → 電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} → 電極プラス極性ピーク期間 T_p → 電極プラス極性ベース期間 T_b を 1 パルス周期 T_f とする場合と、電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} → 電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} → 電極プラス極性ピーク期間 T_p を 1 パルス周期 T_f とする場合とがある。以下、この電極プラス極性ピーク電流 I_p の波形について説明する。

[0062] 図 6 は、本発明の実施の形態 2 に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極プラス極性ピーク電流 I_p の波形を示す第 1 の溶接電流波形図である。これ以外の期間の溶接電流波形は、上述した実施の形態 1 と同一である。同図において、時刻 t_3 以前の期間は電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} となり、時刻 t_4 以降の期間は電極プラス極性ベース期間 T_b となる。以下、同図を参照して説明する。

[0063] 時刻 t_3 において、電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} から電極プラス極性ピーク期間 T_p に極性が反転して切り換わり、電極プラス極性ピーク電流 I_p が通電を開始する。

[0064] 電極プラス極性ピーク期間 T_p は、時刻 $t_3 \sim t_{31}$ の電極プラス極性立ち上り期間 T_{pu} と、時刻 $t_{31} \sim t_{32}$ の電極プラス極性最大値期間 T_{pa} と、時刻 $t_{32} \sim t_4$ の電極プラス極性立ち下り期間 T_{pd} とから形成される。

[0065] 時刻 $t_3 \sim t_{31}$ の電極プラス極性立ち上り期間 T_{pu} 中は、上記の極性切換電流値から最大値まで直線状に増加する。時刻 $t_{31} \sim t_{32}$ の電極プラス極性最大値期間 T_{pa} 中は、最大値を維持する。時刻 $t_{32} \sim t_4$ の電極プラス極性立ち下り期間 T_{pd} 中は、最大値から電極プラス極性ベース電流 I_b まで直線状に減少する。

[0066] 上記の最大値は、図 14 に示す従来技術のときの電極プラス極性ピーク電流 I_p の最大値よりも 100 A 程度小さな値に設定される。また、電極プラス極性ピーク期間 T_p 中の電極プラス極性ピーク電流 I_p の積分値が図 14 に示す従来技術の矩形波であるときの積分値とほぼ同一値に設定される。

[0067] 本実施の形態 2 においては、電極プラス極性最大値期間 T_{pa} が電極プラス

極性ピーク期間 T_p に占める時間比率が 20%未満になるように設定される。すなわち、 $(T_{pa}/T_p) \times 100 < 20$ になるように T_{pa} が設定される。このようにすることによって、溶滴に作用するアーク圧力を緩和することができる。この結果、母材が薄板であるときの溶け落ちを防止することができるので、高品質な薄板溶接が可能となる。特に、母材の材質がステンレス鋼であるときは、この作用効果が顕著となる。したがって、ステンレス鋼溶接を行うときは、この波形にすることが望ましい。

[0068] 電極プラス極性最大値期間 T_{pa} の時間比率が 20%超となると、アーク圧力が強くなり、溶け落ちが発生するおそれが高くなる。電極プラス極性最大値期間 T_{pa} の時間比率は 10%未満であることがさらに望ましい。このようにすると、さらにアーク圧力が弱くなり、溶け落ちの発生確立が低くなる。

[0069] 電極プラス極性ピーク電流 I_p の積分値は従来技術の矩形波のときとほぼ同一値であるので、形成される溶滴のサイズは同等となる。

[0070] 母材の材質がステンレス鋼であるときの、波形パラメータの数値例を以下に示す。 $T_{pu} = 1.5 \sim 2.0$ ms、 $T_{pa} = 0.2$ ms、 $T_{pd} = 1.5 \sim 2.0$ ms、 I_p の最大値 = 300 ~ 400 A である。

[0071] 図 7 は、本発明の実施の形態 2 に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極プラス極性ピーク電流 I_p の波形を示す第 2 の溶接電流波形図である。同図は上述した図 6 と対応しており、時刻 $t_3 \sim t_{31}$ の電極プラス極性立ち上り期間 T_{pu} 及び時刻 $t_{32} \sim t_4$ の電極プラス極性立ち下り期間 T_{pd} の波形が異なっている。時刻 $t_{31} \sim t_{32}$ の電極プラス極性最大値期間 T_{pa} については同一である。以下、同図を参照して図 6 とは異なる点を中心にして説明する。

[0072] 時刻 $t_3 \sim t_{31}$ の電極プラス極性立ち上り期間 T_{pu} 中は、上記の極性切換電流値から最大値まで溶接電流 I_w の変化率の絶対値が連続的に小さくなるように増加する。時刻 $t_{31} \sim t_{32}$ の電極プラス極性最大値期間 T_{pa} 中は、最大値を維持する。時刻 $t_{32} \sim t_4$ の電極プラス極性立ち下り期間 T_{pd} 中は、最大値から電極プラス極性ベース電流 I_b まで溶接電流 I_w の変化率

の絶対値が連続的に小さくなるように減少する。

[0073] 上記の最大値は、図14に示す従来技術のときの電極プラス極性ピーク電流 I_p の最大値よりも100A程度小さな値に設定される。また、電極プラス極性ピーク期間 T_p 中の電極プラス極性ピーク電流 I_p の積分値が図14に示す従来技術の矩形波であるときの積分値とほぼ同一値に設定される。

[0074] 本実施の形態2においては、電極プラス極性最大値期間 T_{pa} が電極プラス極性ピーク期間 T_p に占める時間比率が20%未満になるように設定される。すなわち、 $(T_{pa}/T_p) \times 100 < 20$ になるように T_{pa} が設定される。このようにすることによって、溶滴に作用するアーク圧力を緩和することができる。この結果、母材が薄板であるときの溶け落ちを防止することができるので、高品質な薄板溶接が可能となる。特に、母材の材質がステンレス鋼であるときは、この作用効果が顕著となる。したがって、ステンレス鋼溶接を行うときは、この波形にすることが望ましい。

[0075] 電極プラス極性最大値期間 T_{pa} の時間比率が20%超となると、アーク圧力が強くなり、溶け落ちが発生するおそれが高くなる。電極プラス極性最大値期間 T_{pa} の時間比率は10%未満であることがさらに望ましい。このようにすると、さらにアーク圧力が弱くなり、溶け落ちの発生確立が低くなる。

[0076] 同図においては、図6のときとは異なり、電極プラス極性立ち上り期間 T_{pu} 中の溶接電流 I_w は、電流値が大きいほど変化率の絶対値が小さくなるように変化する。このために、アーク圧力の変化がより緩和される。さらに、電極プラス極性立ち下り期間 T_{pd} 中の溶接電流 I_w は、電流値が大きいときは変化率の絶対値が大きくなる。このために、アークの指向性が強くなり、磁気吹き等によるアーク不安定を抑制することができる。かつ、電流値が小さくなると変化率の絶対値は小さくなる。このために、アンダーシュートによるアーク切れを抑制することができる。この結果、ステンレス鋼をより高品質に溶接することができる。

[0077] 図8は、本発明の実施の形態2に係る交流パルスアーク溶接制御方法において、電極プラス極性ピーク電流 I_p の波形を示す第3の溶接電流波形図で

ある。これ以外の期間の溶接電流波形は、上述した実施の形態 1 と同一である。同図において、時刻 t_3 以前の期間は電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} となり、時刻 t_4 以降の期間は電極プラス極性ベース期間 T_b となる。以下、同図を参照して説明する。

[0078] 時刻 t_3 において、電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} から電極プラス極性ピーク期間 T_p に極性が反転して切り換わり、電極プラス極性ピーク電流 I_p が通電を開始する。

[0079] 電極プラス極性ピーク期間 T_p は、時刻 $t_3 \sim t_{31}$ の電極プラス極性立ち上り期間 T_{pu} と、時刻 $t_{31} \sim t_{32}$ の電極プラス極性最大値期間 T_{pa} と、時刻 $t_{32} \sim t_4$ の電極プラス極性立ち下り期間 T_{pd} とから形成される。

[0080] 時刻 $t_3 \sim t_{31}$ の電極プラス極性立ち上り期間 T_{pu} 中は、上記の極性切換電流値から第 1 最大値まで直線状に増加する。時刻 $t_{31} \sim t_{32}$ の電極プラス極性最大値期間 T_{pa} は、第 1 最大値電流を通電する第 1 最大値期間と、第 2 最大値電流を通電する第 2 最大値期間とから形成される。第 1 最大値電流 $>$ 第 2 最大値電流である。時刻 $t_{32} \sim t_4$ の電極プラス極性立ち下り期間 T_{pd} 中は、第 2 最大値から電極プラス極性ベース電流 I_b まで直線状に減少する。例えば、 $T_{pu} = 0.5 \text{ ms}$ 、 $T_{pa} = 1.5 \text{ ms}$ 、 $T_{pd} = 0.5 \text{ ms}$ に設定される。

[0081] 上記の第 1 最大値と第 2 最大値との差分は $50 \sim 100 \text{ A}$ 程度に設定される。また、第 1 最大値と第 2 最大値との平均値は、図 14 に示す従来技術のときと略同一値に設定される。また、電極プラス極性ピーク期間 T_p 中の電極プラス極性ピーク電流 I_p の積分値が図 14 に示す従来技術の矩形波であるときの積分値とほぼ同一値に設定される。

[0082] 上述したように、電極プラス極性最大値期間 T_{pa} 中の溶接電流 I_w を階段状の波形にすることによって、溶滴移行状態を安定化させることができる。特に、母材の材質が鉄鋼である場合には、この作用効果がより顕著となる。したがって、鉄鋼溶接をより高品質に行うことができる。

[0083] 図 9 は、図 6 ～図 8 で上述した本発明の実施の形態 2 に係る交流パルスア

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5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5の電極プラス極性ピーク電流設定回路1PRを第2電極プラス極性ピーク電流設定回路1PR2に置換したものである。以下、同図を参照してこのブロックについて説明する。

[0084] 第2電極プラス極性ピーク電流設定回路1PR2は、上述した図6～図8の波形を記憶しており、これらの波形から1つが選択されて、電極プラス極性ピーク電流設定信号1prを出力する。

[0085] [実施の形態3]

本発明の実施の形態3に係る交流パルスアーク溶接制御方法では、電極マイナス極性ベース期間中に短絡が発生したときは、電極マイナス極性ベース期間が終了するまで溶接ワイヤの送給速度を減速させるものである。

[0086] 図10は、本発明の実施の形態3に係る交流パルスアーク溶接制御方法を示す電流、電圧、送給速度の波形図である。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)は溶接ワイヤの送給速度 F_w の時間変化を示す。以下、同図を参照して説明する。

[0087] 同図において、時刻 $t_1 \sim t_2$ の期間が電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} となり、時刻 $t_2 \sim t_3$ の期間が電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} となり、時刻 $t_3 \sim t_4$ の期間が電極プラス極性ピーク期間 T_p となり、時刻 $t_4 \sim t_5$ の期間が電極プラス極性ベース期間 T_b となり、時刻 $t_5 \sim t_6$ の期間が再び電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} となる。

[0088] 時刻 $t_2 \sim t_3$ の電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} 中の電極マイナス極性ピーク電流 I_{pn} の波形は、上述した図1～図4のいずれか一つと同一である。同図(A)は図1の波形を描画している。同図(B)に示すように、溶接電圧 V_w は、アーク長と略比例した電流波形と相似した波形となる。同図(C)に示すように、送給速度 F_w は予め定めた一定値の定常送給速度となる。

[0089] 時刻 $t_3 \sim t_4$ の電極プラス極性ピーク期間 T_p 中の電極プラス極性ピーク電流 I_p の波形は、上述した図6～図8のいずれか一つと同一である。同

図(A)は図6の波形を描画している。同図(B)に示すように、溶接電圧 V_w は、アーク長と略比例した電流波形と相似した波形となる。同図(C)に示すように、送給速度 F_w は上記の定常送給速度となる。

[0090] 時刻 $t_4 \sim t_5$ の電極プラス極性ベース期間 T_b 中は、予め定めた電極プラス極性ベース電流 I_b が通電する。同図(B)に示すように、溶接電圧 V_w はアーク長に略比例したアーク電圧値となる。同図(C)に示すように、送給速度 F_w は上記の定常送給速度となる。

[0091] 時刻 $t_5 \sim t_6$ の電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} 中の動作は以下のようになる。時刻 $t_5 \sim t_{51}$ の間中は、予め定めた電極マイナス極性ベース電流 I_{bn} が通電する。同図(B)に示すように、溶接電圧 V_w は、アーク長に略比例したアーク電圧値となる。同図(C)に示すように、送給速度 F_w は上記の定常送給速度となる。

[0092] 同図では、時刻 t_{51} において、溶接ワイヤと母材との短絡が発生した場合である。時刻 $t_{51} \sim t_{52}$ の短絡期間中は、同図(A)に示すように、溶接電流 I_w は次第に増加して、短絡を早期に解除してアークが再発生するようにしている。同図(B)に示すように、溶接電圧 V_w は数Vの短絡電圧値となる。同図(C)に示すように、送給速度 F_w は、時刻 t_{51} の短絡発生から定常送給速度よりも小さな値の低速送給速度に減速し、時刻 t_6 に電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} が終了するまでこの値を維持する。送給速度 F_w は、電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} に入ると、定常送給速度に戻る。時刻 t_{52} に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 は上記の電極マイナス極性ベース電流 I_{bn} の値に戻り、同図(B)に示すように、溶接電圧 V_w はアーク電圧値となる。

[0093] 電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} 中に短絡が一旦発生すると、短絡が解除してアークが再発生しても、その直後に再び短絡が発生する状態に陥りやすい。すなわち、電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} 中に一旦短絡が発生すると、複数回短絡の発生を繰り返すことが多い。これは、電極マイナス極性 E_N では、電極プラス極性 E_P よりも溶接ワイヤの溶融が促進されるために、小

電流値であっても溶滴が形成されやすい。このために、一旦短絡が発生すると、アークが再発生してもアーク長が適正值よりも短い状態となり、溶滴及び溶融池の少しの振動で短絡が発生するからである。短絡が多発すると、溶滴の形成状態が不安定になり、かつ、短絡に伴いスパッタの発生も多くなる。

[0094] そこで、上述した実施の形態3によれば、電極マイナス極性ベース期間中に短絡が発生したときは、電極マイナス極性ベース期間が終了するまで溶接ワイヤの送給速度を減速させる。これにより、短絡が発生すると、送給速度が減速するので、アーク再発生後にアーク長が迅速に長くなる。この結果、再短絡を防止することができる。このために、溶滴の形成状態を安定化することができ、かつ、スパッタの発生も抑制することができる。

[0095] 実施の形態3には、短絡が解除されてアークが再発生してから送給速度Fwを減速するようにすることも含まれる。

[0096] 図11は、図10で上述した本発明の実施の形態3に係る交流パルス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5及び図9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9に短絡判別回路SDを追加し、図9の電極マイナス極性ベース電流設定回路IBNRを第2電極マイナス極性ベース電流設定回路IBNR2に置換し、図9に低速送給速度設定回路FTRを追加し、図9の送給速度設定回路FRを第2送給速度設定回路FR2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。

[0097] 短絡判別回路SDは、上記の電圧検出信号Vdを入力として、この値に基づいて短絡又はアークを判別し、短絡期間中はHighレベルとなり、アーク期間中はLowレベルとなる短絡判別信号Sdを出力する。

[0098] 第2電極マイナス極性ベース電流設定回路IBNR2は、上記の短絡判別信号Sdを入力として、短絡判別信号SdがLowレベル(アーク期間)のときは予め定めた電極マイナス極性ベース電流値となり、短絡判別信号Sdが

H i g hレベル(短絡期間)のときは電極マイナス極性ベース電流値から経時的に増加する電極マイナス極性ベース電流設定信号 I_{bnr} を出力する。

[0099] 低速送給速度設定回路 F T R は、予め定めた低速送給速度設定信号 F_{tr} を出力する。この低速送給速度設定信号 F_{tr} の値は、定常送給速度の 70～90%程度に設定される。

[0100] 第2送給速度設定回路 F R 2 は、上記の短絡判別信号 S_d 、上記のタイマ信号 T_m 及び上記の低速送給速度設定信号 F_{tr} を入力として、タイマ信号 $T_m = 4$ (電極マイナス極性ベース期間 T_{bn}) 中に短絡判別信号 S_d が H i g hレベル(短絡)に変化した時点からタイマ信号 $T_m = 1$ (電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn}) に変化するまでの期間中は低速送給速度設定信号 F_{tr} の値となり、その他の期間中は予め定めた定常送給速度となる送給速度設定信号 F_r を出力する。

[0101] [実施の形態4]

本発明の実施の形態4に係る交流パルスアーク溶接制御方法では、電極マイナス極性ベース期間中に短絡が発生したときは、電極マイナス極性ピーク期間に移行させるものである。

[0102] 図12は、本発明の実施の形態4に係る交流パルスアーク溶接制御方法を示す電流、電圧、送給速度の波形図である。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)は溶接ワイヤの送給速度 F_w の時間変化を示す。同図は上述した図10と対応しており、同一動作の説明は繰り返さない。以下、同図を参照して説明する。

[0103] 同図において、時刻 $t_1 \sim t_2$ の期間が電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} となり、時刻 $t_2 \sim t_3$ の期間が電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} となり、時刻 $t_3 \sim t_4$ の期間が電極プラス極性ピーク期間 T_p となり、時刻 $t_4 \sim t_5$ の期間が電極プラス極性ベース期間 T_b となり、時刻 $t_5 \sim t_6$ の期間が再び電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} となり、時刻 $t_6 \sim t_7$ の期間が再び電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} となる。電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} 、電極プラス極性ピーク期間 T_p 及び電極プラス極性ベース期間 T_b の動作

は図10と同一であるので、説明は繰り返さない。

[0104] 時刻 $t_5 \sim t_6$ の電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} 中の動作は以下のようになる。時刻 t_5 からの短絡が発生するまでの期間中は、予め定めた電極マイナス極性ベース電流 I_{bn} が通電する。同図(B)に示すように、溶接電圧 V_w は、アーク長に略比例したアーク電圧値となる。同図(C)に示すように、送給速度 F_w は予め定めた一定値の定常送給速度となる。

[0105] 電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} はタイマ信号 T_m が4から1に変化した時点で電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} へと移行する。タイマ信号 $T_m = 4$ の状態である、時刻 t_6 において短絡が発生すると、強制的にタイマ信号 T_m を1に変化させる。このようにすると、短絡が発生した時点で、電極マイナス極性ベース期間 T_{bn} を中断して、電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} に移行する。

[0106] 上述した実施の形態4によれば、電極マイナス極性ベース期間中に短絡が発生したときは、電極マイナス極性ピーク期間に移行させる。これにより、短絡が発生すると、電極マイナス極性ピーク期間に移行して溶接電流が大きくなるので、短絡は早期に解除され、アーク再発生後にアーク長が迅速に長くなる。この結果、再短絡を防止することができる。このために、溶滴の形成状態を安定化することができ、かつ、スパッタの発生も抑制することができる。

[0107] 実施の形態4には、短絡が解除されてアークが再発生した後に電極マイナス極性ピーク期間 T_{pn} に移行するようにすることも含まれる。

[0108] 図13は、図12で上述した本発明の実施の形態3に係る交流パルス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5及び図9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9に短絡判別回路 S_D を追加し、図9のタイマ回路 T_M を第2タイマ回路 T_{M2} 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。

[0109] 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、この値に基

づいて短絡又はアークを判別し、短絡期間中はH i g hレベルとなり、アーク期間中はL o wレベルとなる短絡判別信号S dを出力する。

- [0110] 第2タイマ回路T M 2は、上記の短絡判別信号S d、上記のパルス周期信号T f、上記の電極マイナス極性ピーク期間設定信号T pnr、上記の電極プラス極性ピーク期間設定信号T pr及び上記の電極プラス極性ベース期間設定信号T brを入力として、パルス周期信号T fが短時間H i g hレベルに変化した時点、又はタイマ信号T m = 4 かつ短絡判別信号S dがH i g hレベルに変化した時点から、電極マイナス極性ピーク期間設定信号T pnrによって定まる期間中はその値が1 となり、続いて電極プラス極性ピーク期間設定信号T p rによって定まる期間中はその値が2 となり、続いて電極プラス極性ベース期間設定信号T brによって定まる期間中はその値が3 となり、それ以後の電極マイナス極性ベース期間中はその値が4 となる、タイマ信号T mを出力する。

産業上の利用可能性

- [0111] 本発明によれば、消耗電極交流パルスアーク溶接において、電極マイナス極性ピーク期間中の溶滴の成長状態を安定化させることができる。
- [0112] 以上、本発明を特定の実施形態によって説明したが、本発明はこの実施形態に限定されるものではなく、開示された発明の技術思想を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。
- [0113] 本出願は、2016年10月24日出願の日本特許出願（特願2016-207958）と、2016年11月30日出願の日本特許出願（特願2016-232014）と、2016年12月28日出願の日本特許出願（特願2016-254894）とに基づくものであり、その内容はここに取り込まれる。

符号の説明

- [0114] 1 溶接ワイヤ
2 母材
3 アーク

4	溶接トーチ
5	送給ロール
D V	駆動回路
E I	電流誤差増幅回路
E i	電流誤差増幅信号
E N	電極マイナス極性
E P	電極プラス極性
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 R	送給速度設定回路
F r	送給速度設定信号
F R 2	第2送給速度設定回路
F T R	低速送給速度設定回路
F t r	低速送給速度設定信号
F w	送給速度
I b	電極プラス極性ベース電流
I bn	電極マイナス極性ベース電流
I B N R	電極マイナス極性ベース電流設定回路
I bnr	電極マイナス極性ベース電流設定信号
I B N R 2	第2電極マイナス極性ベース電流設定回路
I B R	電極プラス極性ベース電流設定回路
I br	電極プラス極性ベース電流設定信号
I D	電流検出回路
I d	電流検出信号
I en	電極マイナス極性電流
I ep	電極プラス極性電流

I N T インバータトランス
I N V インバータ回路
I p 電極プラス極性ピーク電流
I pn 電極マイナス極性ピーク電流
I P N R 電極マイナス極性ピーク電流設定回路
I pnr 電極マイナス極性ピーク電流設定信号
I P R 電極プラス極性ピーク電流設定回路
I pr 電極プラス極性ピーク電流設定信号
I P R 2 第2電極プラス極性ピーク電流設定回路
I r 電流設定信号
I w 溶接電流
N d 電極マイナス極性駆動信号
N T R 電極マイナス極性トランジスタ
P d 電極プラス極性駆動信号
P T R 電極プラス極性トランジスタ
R en 電極マイナス極性電流比率
S D 短絡判別回路
S d 短絡判別信号
S W 切換回路
T a ピーク期間
T b 電極プラス極性ベース期間
T bn 電極マイナス極性ベース期間
T B R 電極プラス極性ベース期間設定回路
T br 電極プラス極性ベース期間設定信号
T d 立ち下り期間
T en 電極マイナス極性期間
T ep 電極プラス極性期間
T f パルス周期(信号)

T M	タイマ回路
T m	タイマ信号
T M 2	第2タイマ回路
T p	電極プラス極性ピーク期間
T pa	電極プラス極性最大値期間
T pd	電極プラス極性立ち下り期間
T pn	電極マイナス極性ピーク期間
T P N R	電極マイナス極性ピーク期間設定回路
T pnr	電極マイナス極性ピーク期間設定信号
T P R	電極プラス極性ピーク期間設定回路
T pr	電極プラス極性ピーク期間設定信号
T pu	電極プラス極性立ち上り期間
T u	立ち上り期間
V A V	電圧平均化回路
V av	電圧平均値信号
V D	電圧検出回路
V d	電圧検出信号
V F	電圧・周波数変換回路
V R	電圧設定回路
V r	電圧設定信号
V w	溶接電圧
W L	リアクトル
W M	ワイヤ送給モータ

請求の範囲

- [請求項1] 溶接ワイヤを送給し、電極マイナス極性ベース期間中は電極マイナス極性ベース電流を通電し、続けて電極マイナス極性ピーク期間中は電極マイナス極性ピーク電流を通電し、続けて電極プラス極性期間中は電極プラス極性電流を通電し、これらの溶接電流の通電を繰り返して溶接を行う交流パルスアーク溶接制御方法において、
- 前記電極マイナス極性ピーク期間は立ち上り期間と、ピーク期間と、立ち下り期間とから成り、
- 前記ピーク期間が前記電極マイナス極性ピーク期間に占める時間比率が20%未満である、交流パルスアーク溶接制御方法。
- [請求項2] 前記立ち下り期間は前記立ち上り期間よりも2倍以上長い期間である、
- 請求項1に記載の交流パルスアーク溶接制御方法。
- [請求項3] 前記立ち下り期間中は前記溶接電流が連続的に減少する、
- 請求項1又は2に記載の交流パルスアーク溶接制御方法。
- [請求項4] 前記立ち下り期間中は前記溶接電流の絶対値が前記ピーク期間中よりも小さい一定値となる、
- 請求項1又は2に記載の交流パルスアーク溶接制御方法。
- [請求項5] 前記立ち下り期間中は前記溶接電流の変化率の絶対値が連続的に大きくなるように減少する、
- 請求項1又は2に記載の交流パルスアーク溶接制御方法。
- [請求項6] 前記電極プラス極性期間が電極プラス極性ピーク電流を通電する電極プラス極性ピーク期間を含み、
- 前記電極プラス極性ピーク期間は電極プラス極性立ち上り期間と、電極プラス極性最大値期間と、電極プラス極性立ち下り期間とから成り、
- 前記電極プラス極性最大値期間が前記電極プラス極性ピーク期間に占める時間比率が20%未満である、

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の交流パルスアーク溶接制御方法。
。

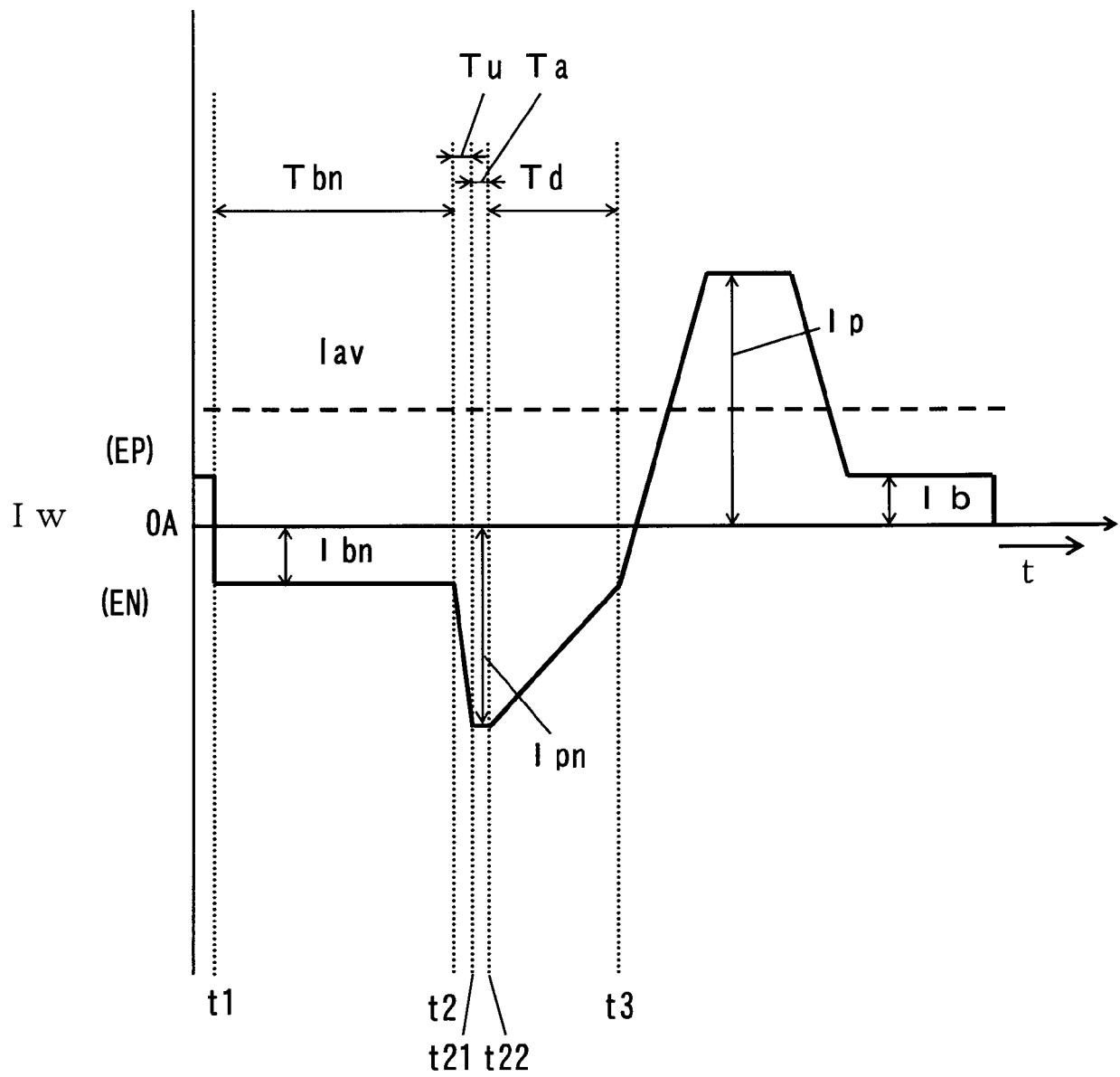
[請求項7] 前記電極プラス極性立ち上り期間中は前記溶接電流の変化率の絶対値が連続的に小さくなるように増加し、
前記電極プラス極性立ち下り期間中は前記溶接電流の変化率の絶対値が連続的に小さくなるように減少する、
請求項 6 に記載の交流パルスアーク溶接制御方法。

[請求項8] 前記電極プラス極性期間が電極プラス極性ピーク電流を通電する電極プラス極性ピーク期間を含み、
前記電極プラス極性ピーク期間は電極プラス極性立ち上り期間と、電極プラス極性最大値期間と、電極プラス極性立ち下り期間とから成り、
、
前記電極プラス極性最大値期間は第 1 最大値電流を通電する第 1 最大値期間と第 2 最大値電流を通電する第 2 最大値期間から成り、前記第 1 最大値電流は前記第 2 最大値電流よりも大である、
請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の交流パルスアーク溶接制御方法。
。

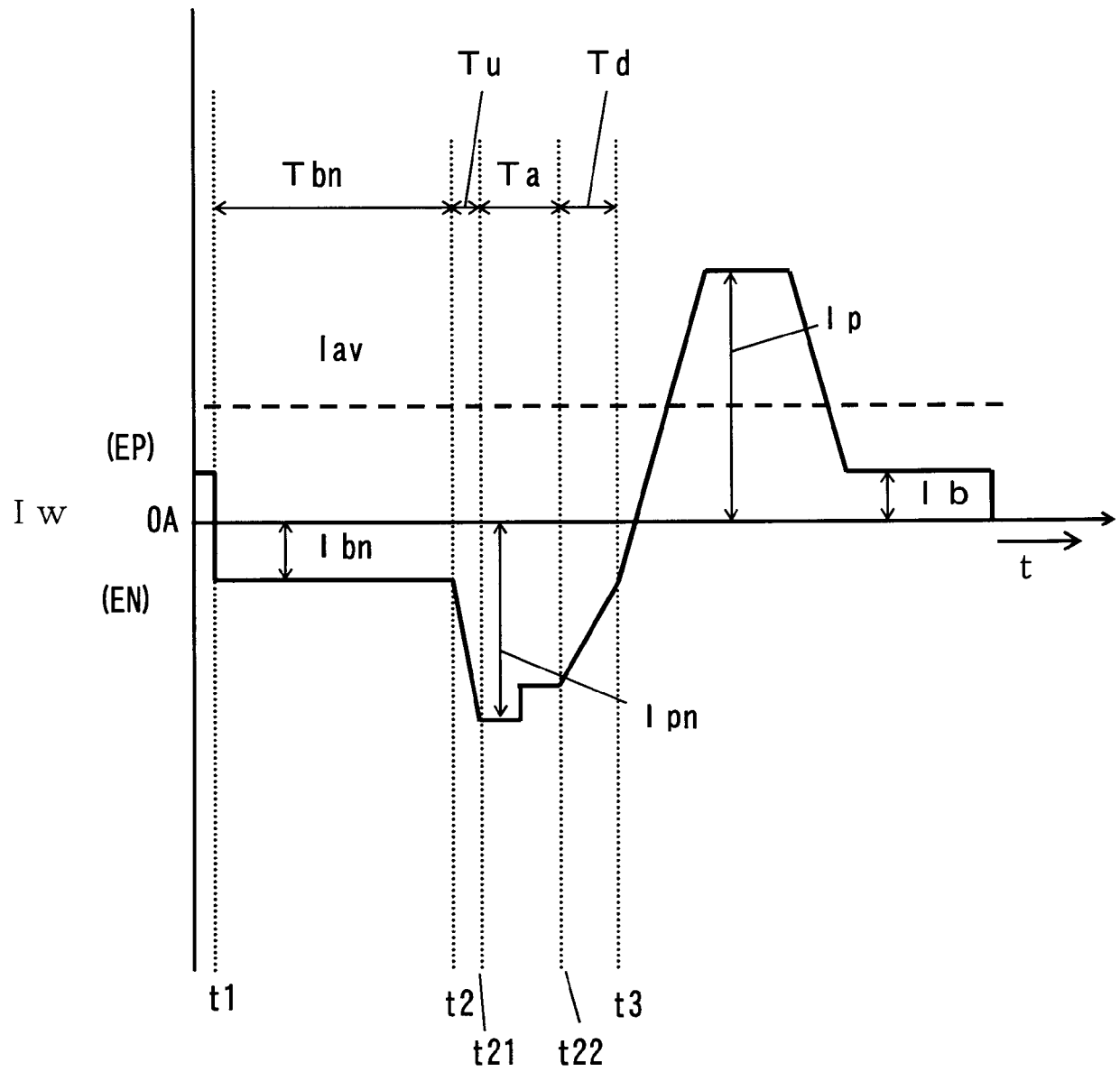
[請求項9] 前記電極マイナス極性ベース期間中に短絡が発生したときは、前記電極マイナス極性ベース期間が終了するまで前記溶接ワイヤの送給速度を減速させる、
請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の交流パルスアーク溶接制御方法。
。

[請求項10] 前記電極マイナス極性ベース期間中に短絡が発生したときは、前記電極マイナス極性ピーク期間に移行させる、
請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の交流パルスアーク溶接制御方法。
。

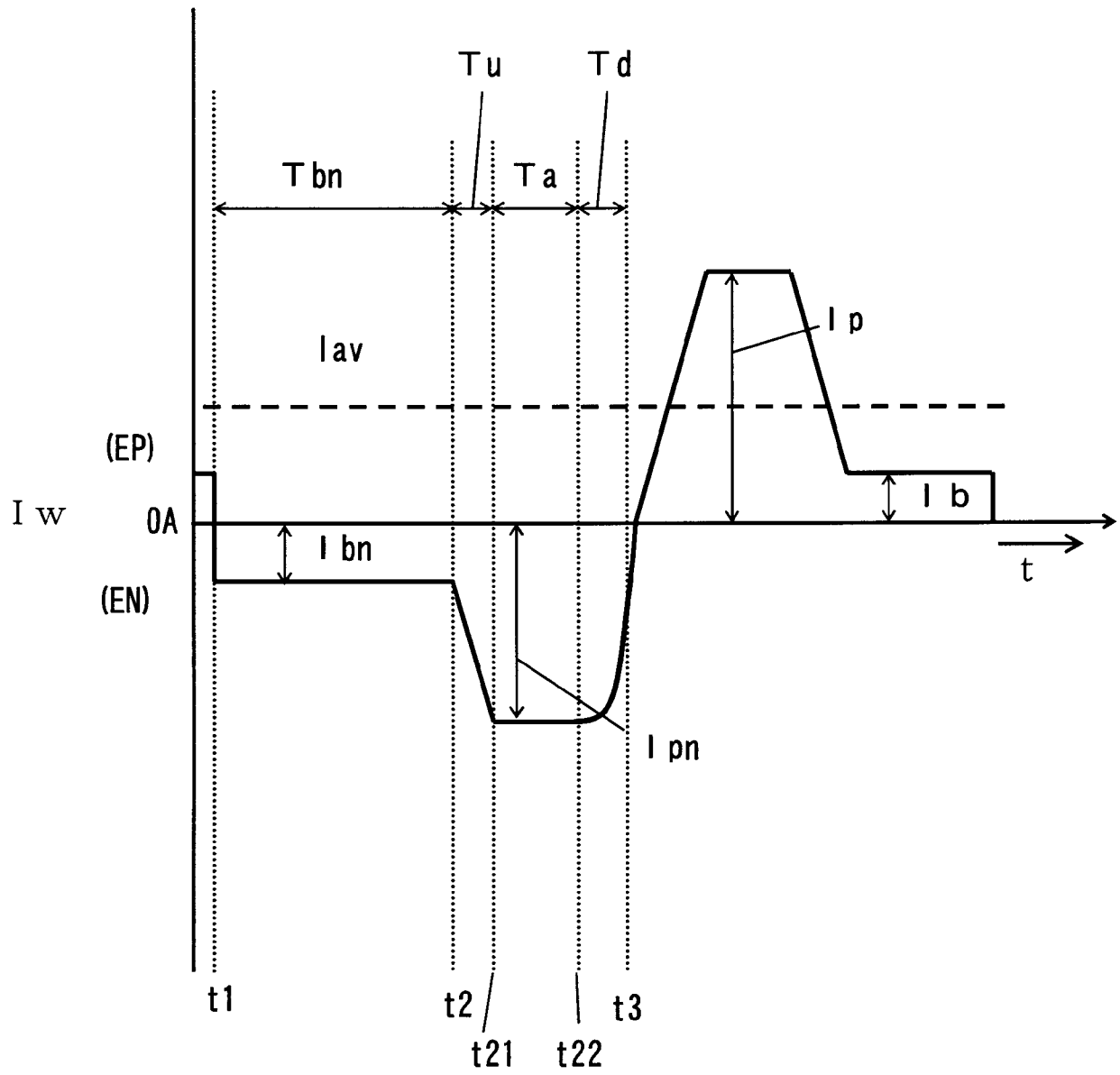
[図2]

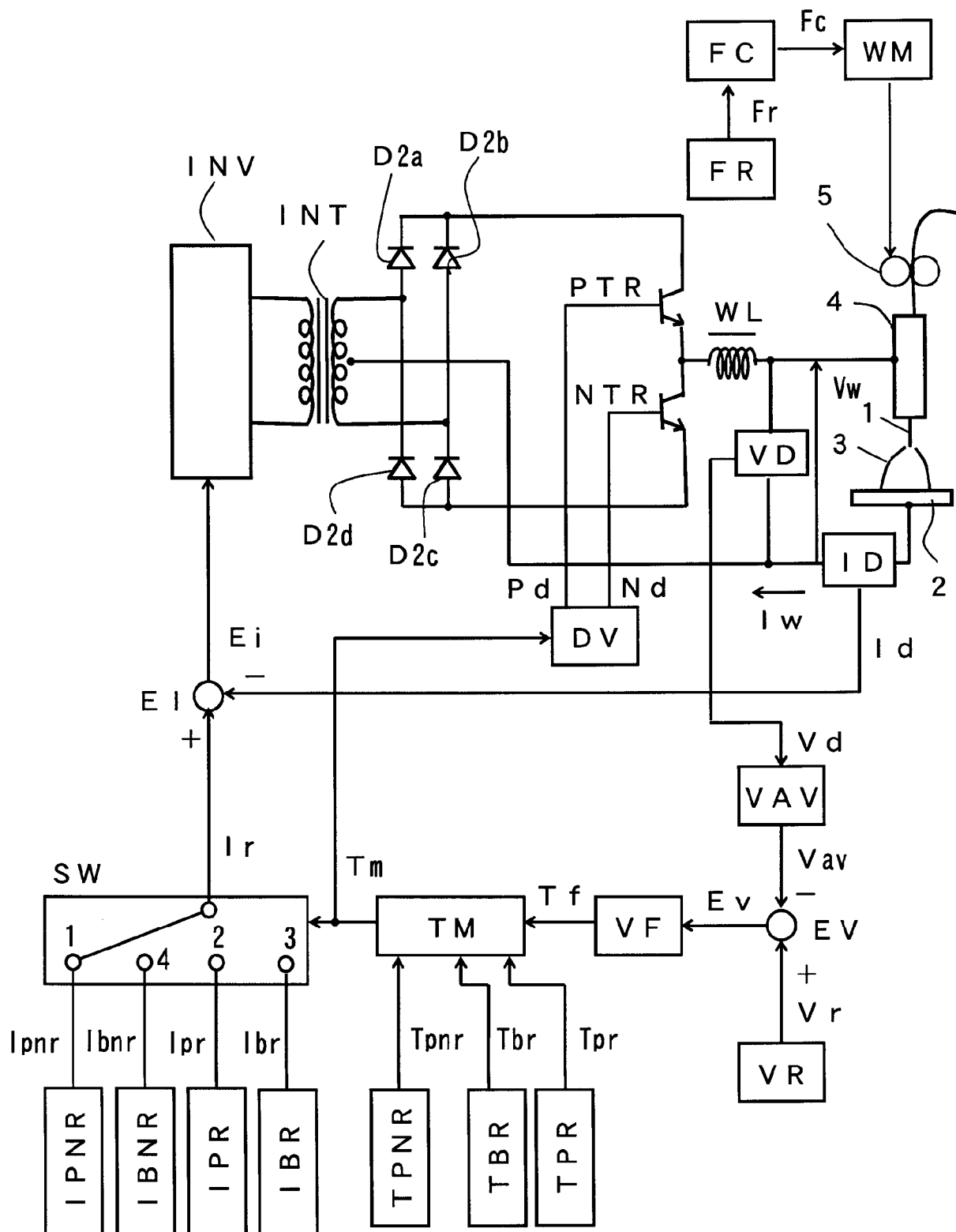


[図3]

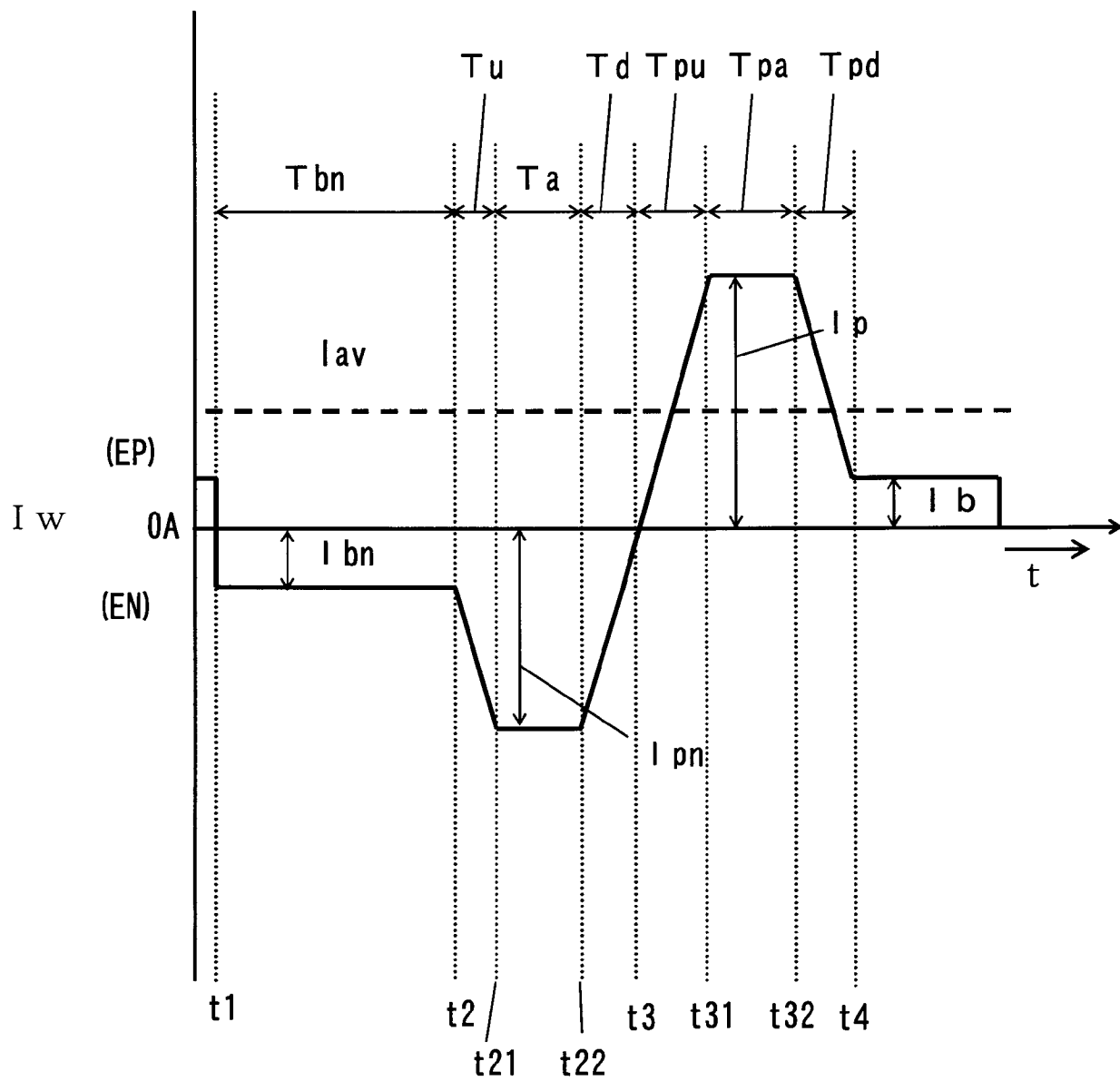


[図4]

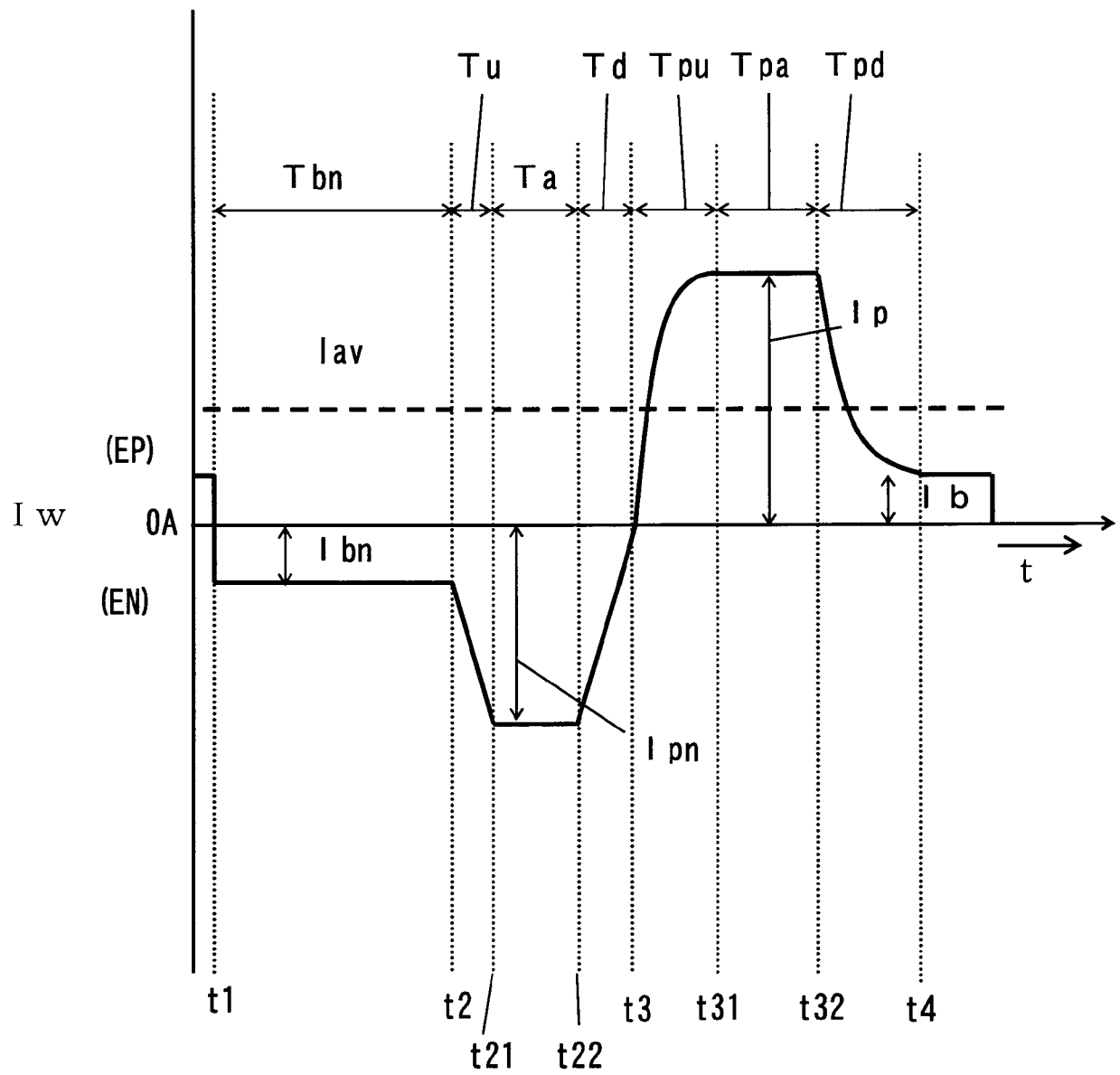




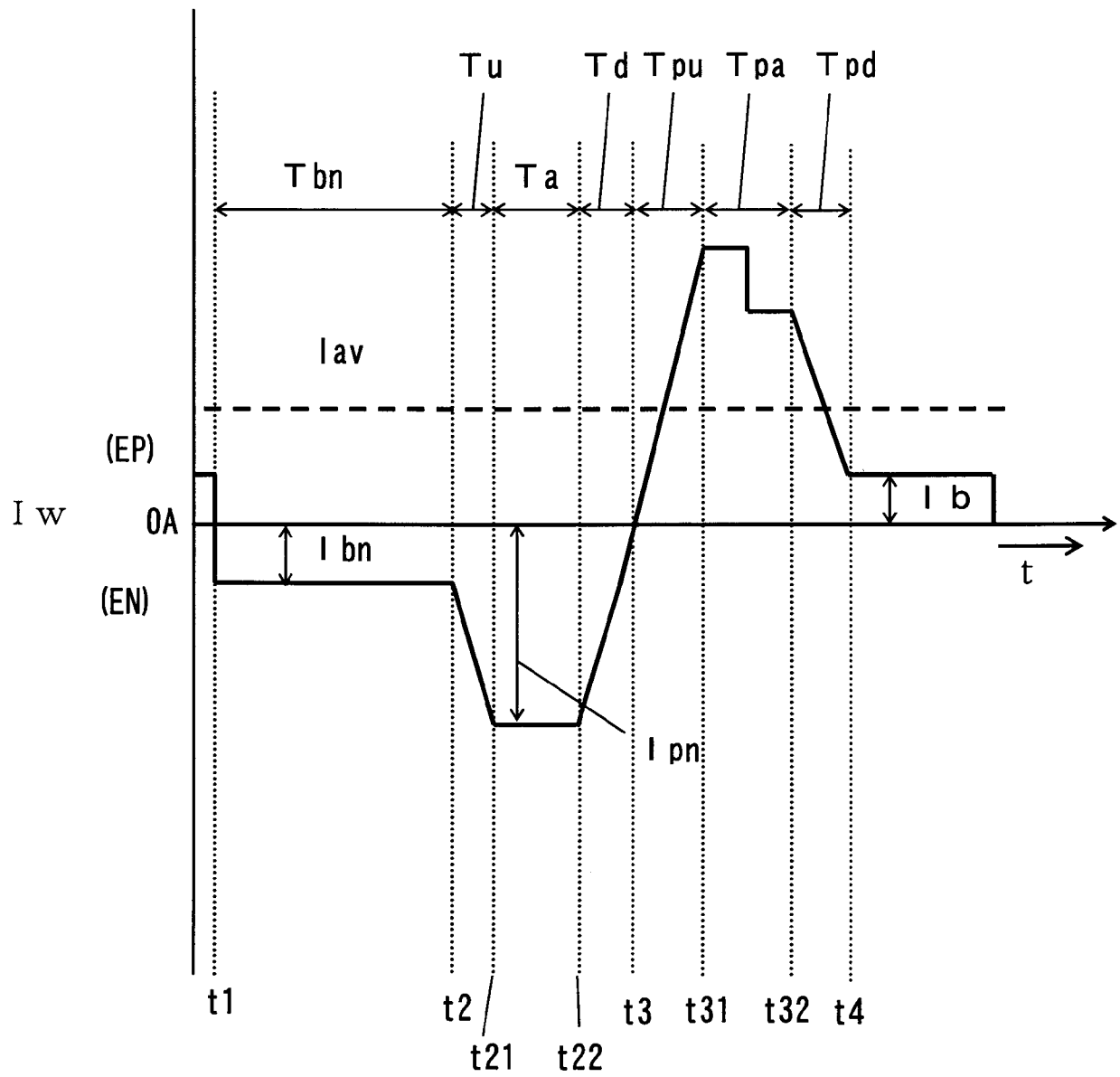
[図6]

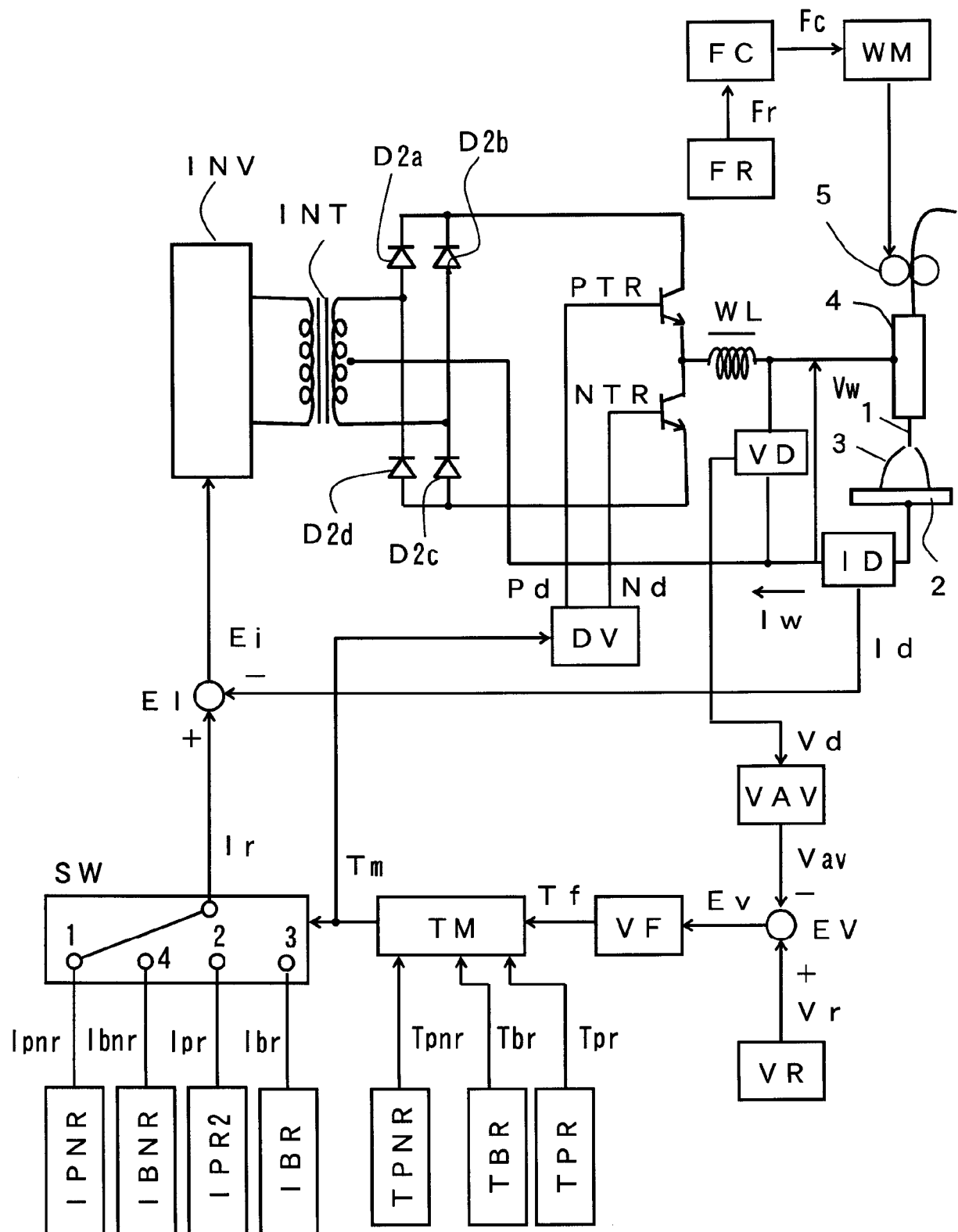


[図7]

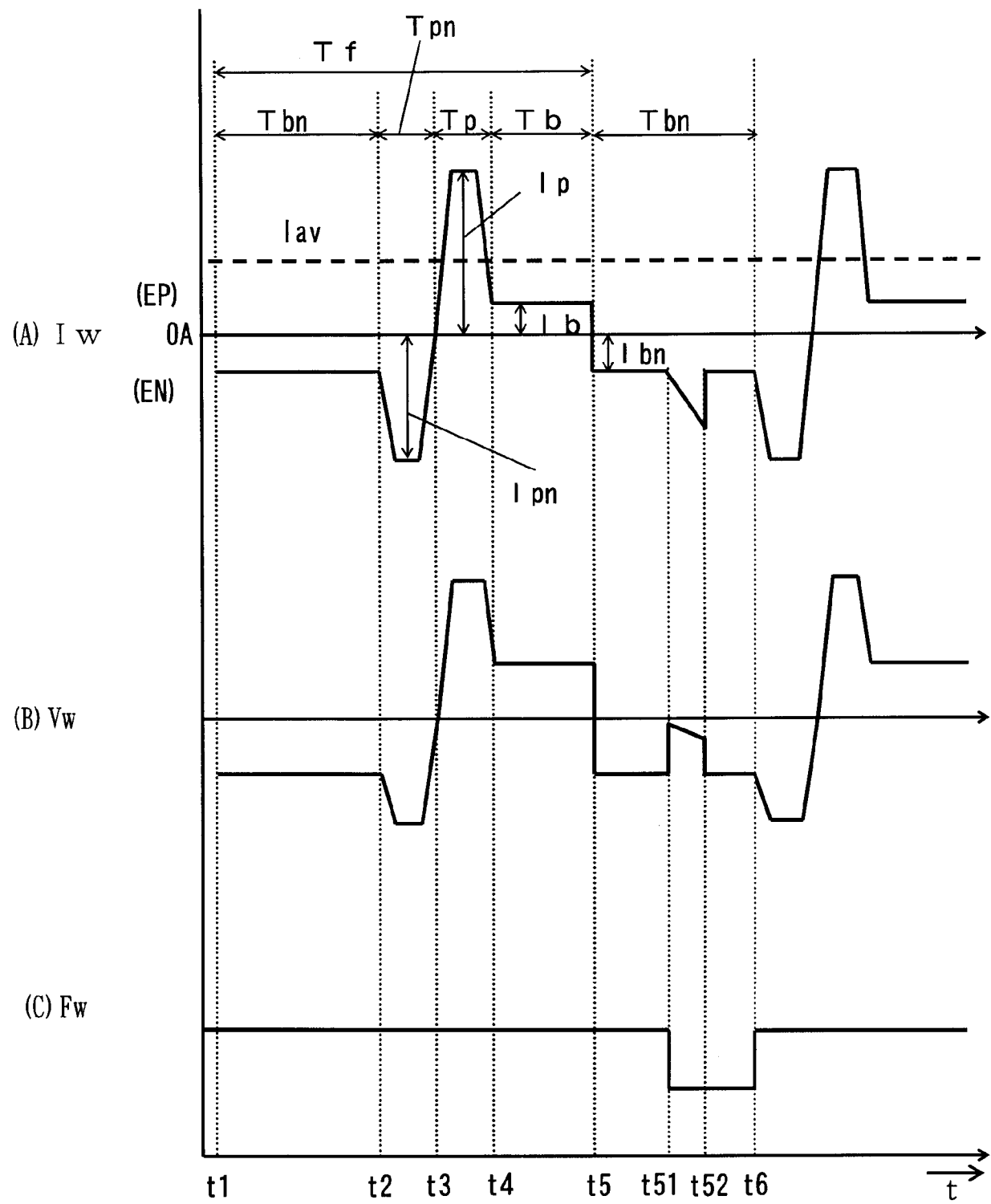


[図8]

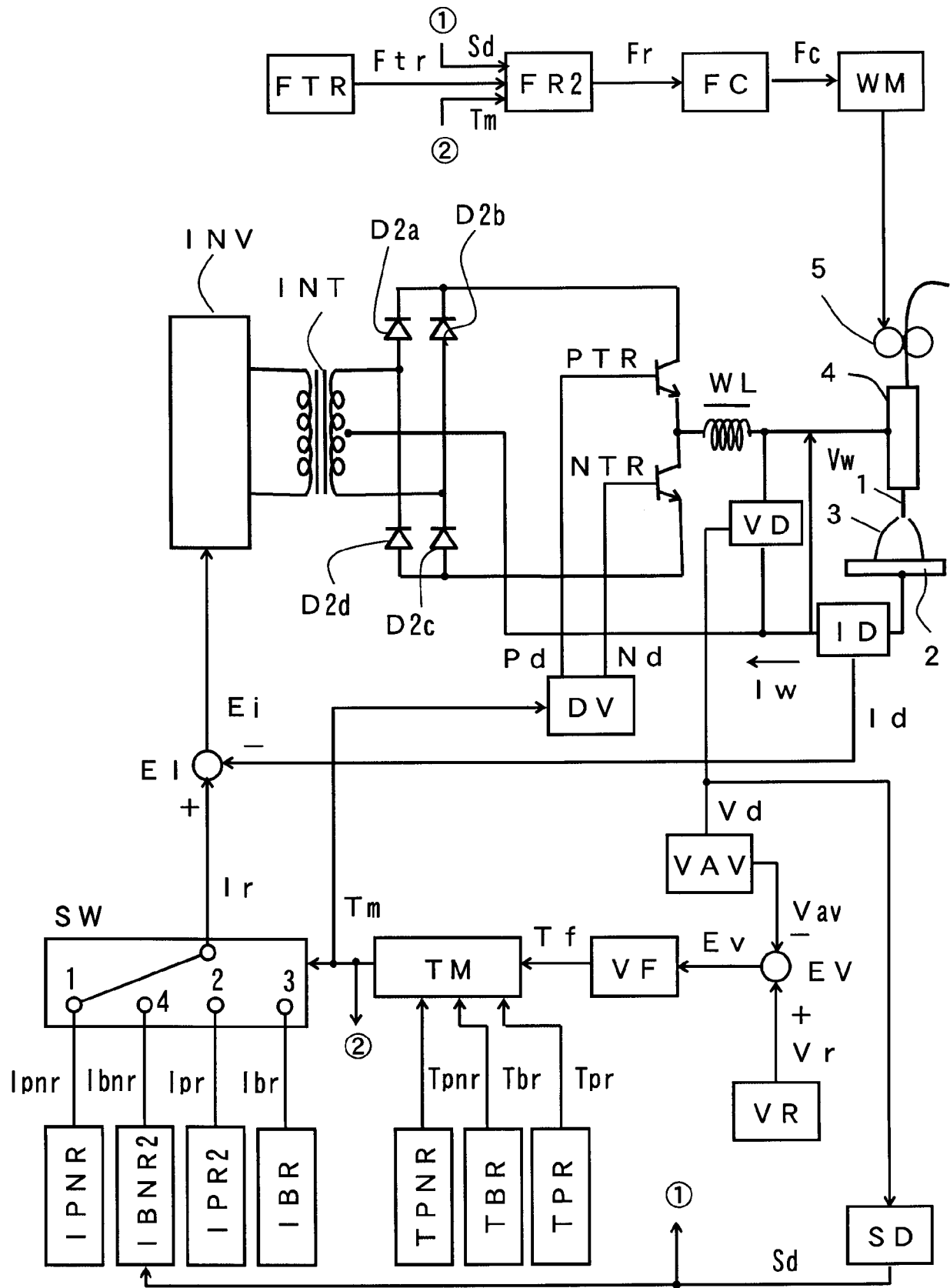




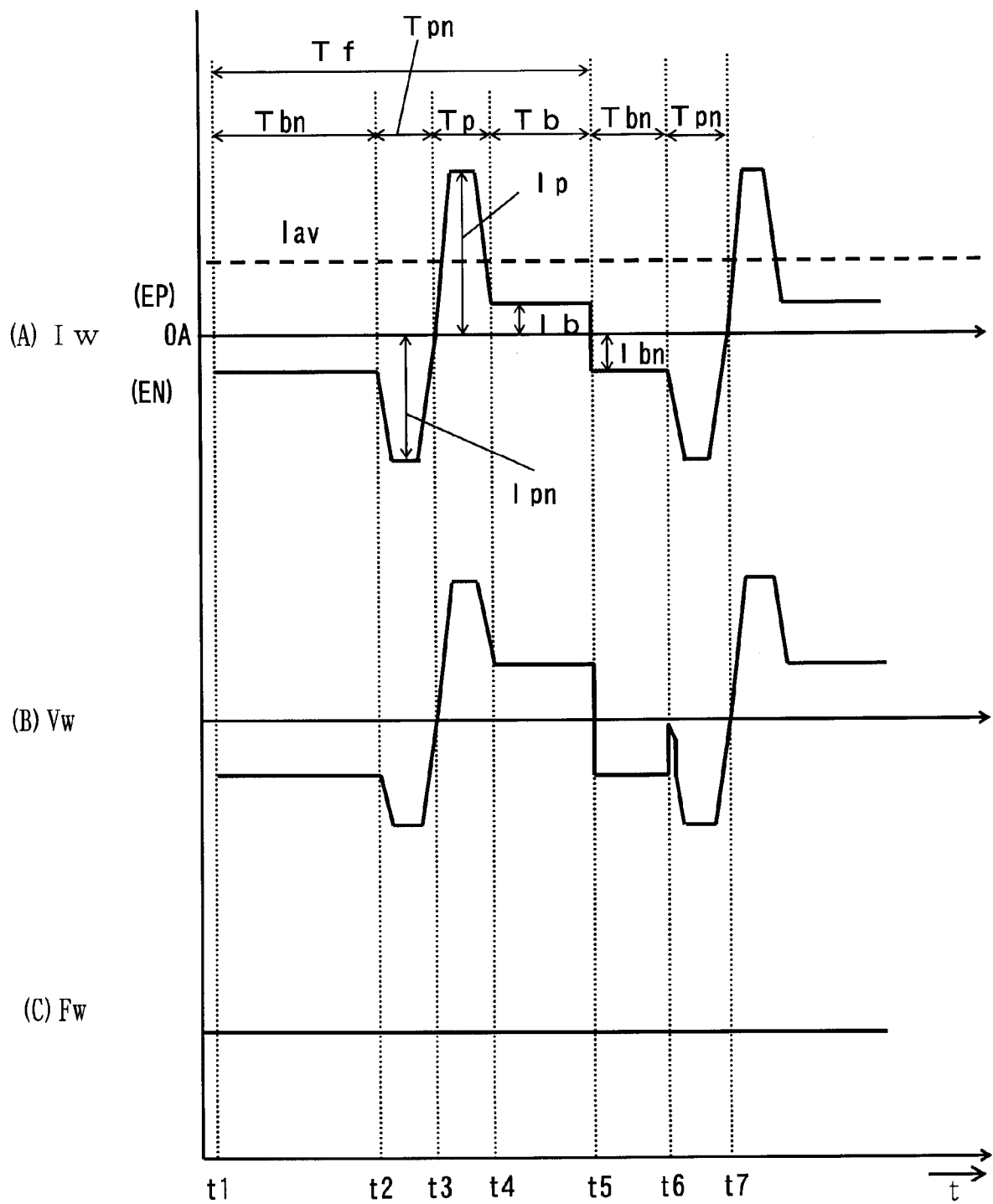
[図10]



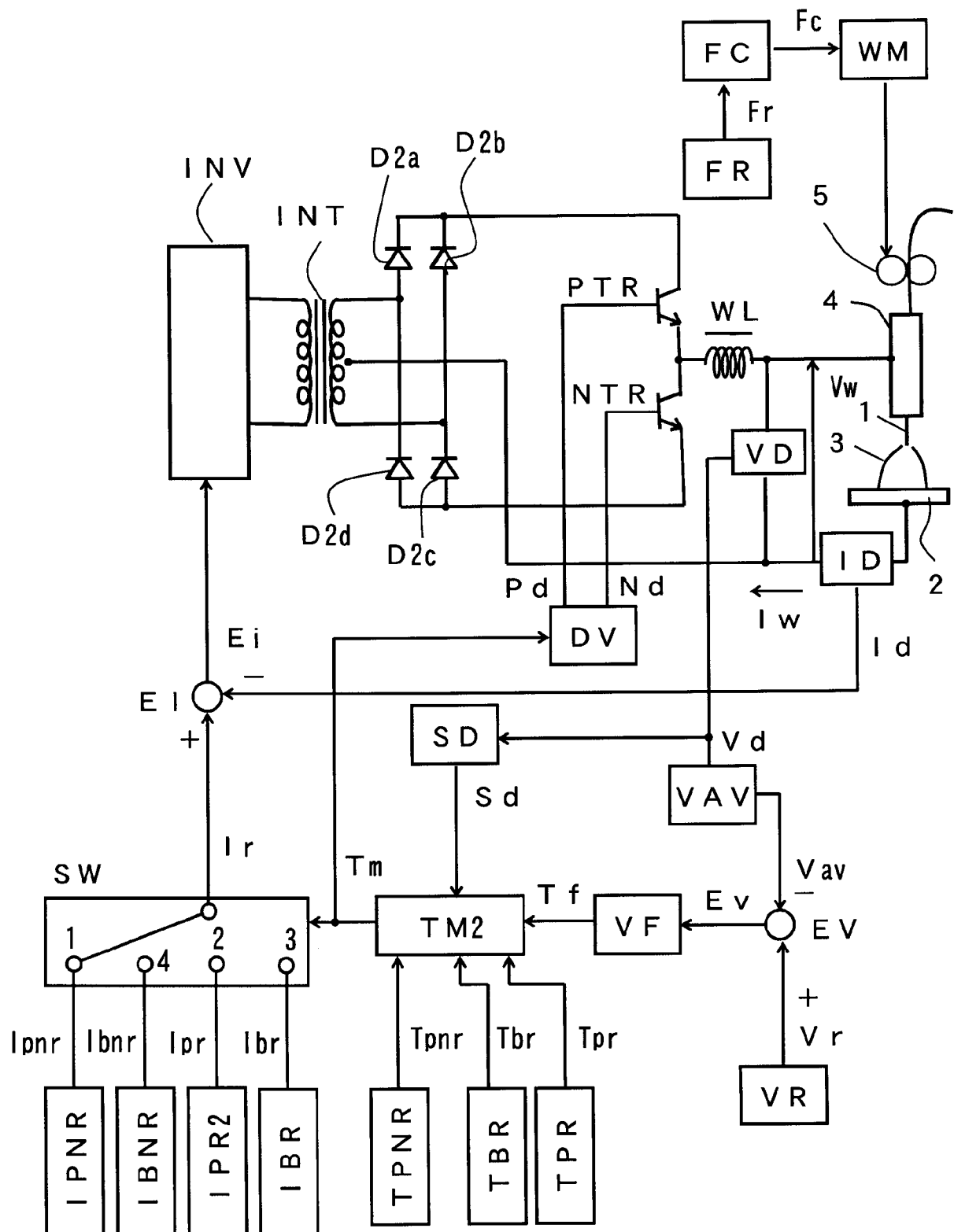
[図11]



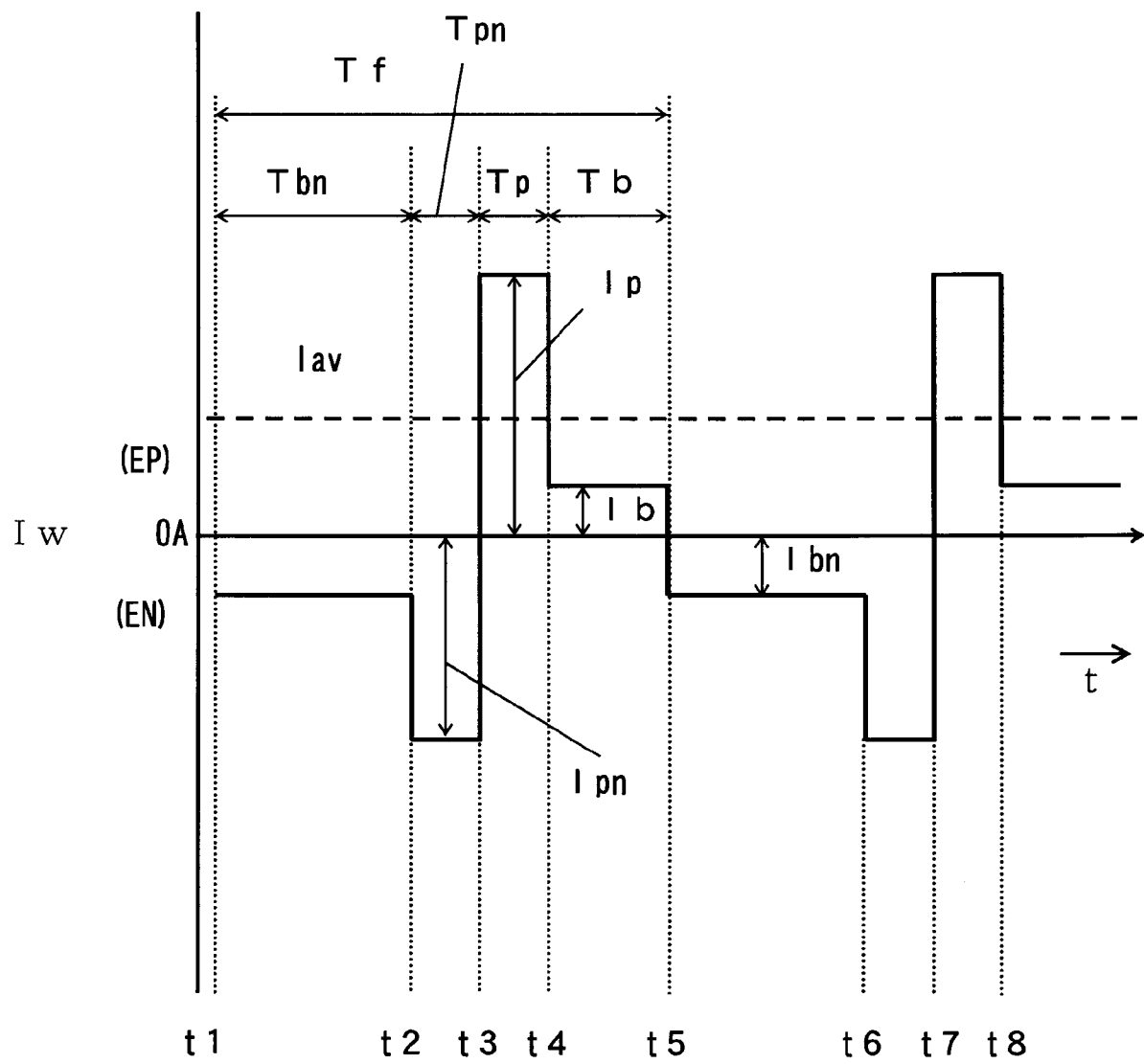
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/037552

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B23K9/073 (2006.01) i, B23K9/09 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. B23K9/073, B23K9/09

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3200614 U (LINCOLN GLOBAL, INC.) 29 October 2015, paragraphs [0011]-[0042], fig. 1-5 & US 2014/0124492 A1, paragraphs [0016]-[0047], fig. 1-5 & WO 2014/072794 A2 & KR 10-2015-0070209 A & CN 104768692 A	1-10
A	JP 2013-240811 A (DAIHEN CORPORATION) 05 December 2013, paragraphs [0021]-[0037], fig. 1-4 & CN 103418888 A	1-10
A	JP 2012-96276 A (YASKAWA ELECTRIC CORPORATION) 24 May 2012, paragraphs [0016]-[0039], fig. 1, 2 (Family: none)	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 04 January 2018	Date of mailing of the international search report 16 January 2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/037552

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2011/114679 A1 (PANASONIC CORPORATION) 22 September 2011, paragraphs [0025]-[0106], fig. 1-3 & CN 102470473 A	1-10
A	JP 2011-152575 A (DAIHEN CORPORATION) 11 August 2011, paragraphs [0027]-[0067], fig. 1-7 & CN 102139397 A	1-10
A	JP 2002-96168 A (DAIHEN CORPORATION) 02 April 2002, paragraphs [0015]-[0026], fig. 1, 5, 6 (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B23K9/073(2006.01)i, B23K9/09(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B23K9/073, B23K9/09

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 3200614 U（リンカーン グローバル、インコーポレイテッド） 2015.10.29, 段落0011-段落0042, 図1-図5 & US 2014/0124492 A1, 段落0016-段落0047, 図1-図5 & WO 2014/072794 A2 & KR 10-2015-0070209 A & CN 104768692 A	1-10
A	JP 2013-240811 A（株式会社ダイヘン）2013.12.05, 段落0021 -段落0037, 図1-図4 & CN 103418888 A	1-10
A	JP 2012-96276 A（株式会社安川電機）2012.05.24, 段落0016-	1-10

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.01.2018

国際調査報告の発送日

16.01.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

黒石 孝志

3 P

9527

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
	段落 0039, 図1-図2 (ファミリーなし)	
A	WO 2011/114679 A1 (パナソニック株式会社) 2011.09.22, 段落 0025-段落 0106, 図1-図3 & CN 102470473 A	1-10
A	JP 2011-152575 A (株式会社ダイヘン) 2011.08.11, 段落 0027-段落 0067, 図1-図7 & CN 102139397 A	1-10
A	JP 2002-96168 A (株式会社ダイヘン) 2002.04.02, 段落 0015-段落 0026, 図1, 図5-図6 (ファミリーなし)	1-10