(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
2015 年 6 月 25 日(25.06.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/092902 A2

(51) 国際特許分類:
B23H 7/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/084132

(22) 国際出願日: 2013 年 12 月 19 日(19.12.2013)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 橋本 隆(HASHIMOTO, Takashi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 湯澤 隆(YUZAWA, Takashi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1000013 東京都千代田区霞が関３丁目８番１号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

(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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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:

— 第１７条(2)(a)に基づく宣言；要約なし； 国際調査機関により点検されていない発明の名称。

WO 2015/092902 A2

(54) **Title**: WIRE DISCHARGE MACHINING EQUIPMENT, WIRE DISCHARGE MACHINING METHOD AND CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称 : ワイヤ放電加工装置、ワイヤ放電加工方法および制御装置

(57) **Abstract**:

(57) 要約:

明　細　書

発明の名称 ：

ワイヤ放電加工装置、ワイヤ放電加工方法および制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、ワイヤ放電加工によって被加工物から所望の部位を切り離すワイヤ放電加工装置、ワイヤ放電加工方法および制御装置に関する。

背景技術

[0002] ワイヤ放電加工方法の１つとして、加工開始点から加工終了点までの加工経路に沿って導電性材料である被加工物（ワーク）を加工することで、被加工物を、残される側の部位と切り落とす側の部位（製品部位）とに分離する方法がある。この方法では、第１の加工の際に、製品部位が切り落とされることがないよう、切り残し部分が設けられる。その後、第２の加工の際に、元の被加工物の部分と製品部位とが導電性部材（架橋部材）で架橋されたうえで、切り残し部分が加工される。

[0003] 例えば、特許文献１に記載のワイヤ放電加工方法では、切り残し部分以外を加工した後に、融解凝固固定材を融解状態で加工溝に流し込んでいる。そして、未加工部である切り残し部分を加工することで被加工物を少なくとも２つの部位に分離している。

[0004] また、特許文献２に記載のワイヤ放電加工方法では、架橋部材を製品部位（中子）と被加工物とにまたがって設けている。この架橋部材によって中子が保持された後、切り残し部分の加工が行なわれる。このとき、切り残し部分を残したうえで仕上げ加工が行なわれる。その後、架橋装置によって架橋部材が既加工部分に架橋させられ、未加工部分である切り残し部分が加工される。このとき、未加工部分は、仕上げ加工まで行なわれる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２００６－２１２８１号公報

特許文献2：特開平８－０１９９１８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上記前者および後者の従来技術には、製品部位（中子）に対する具体的な加工方法が開示されていない。架橋部材には、導電性の材料が用いられるので、中子と被加工物との間の導電性が確保されているが、架橋部材は、被加工物に比べて高抵抗である。このため、同じ条件で加工した場合であっても、中子が切り離される前の加工と、切り離された後の導電性部材を通した加工とでは、加工エネルギーが異なる。このため、中子に加工跡の筋が発生することとなり、加工品質が低下する。

[0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、被加工物から所望形状の中子を形成することができるワイヤ放電加工装置、ワイヤ放電加工方法および制御装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、ワイヤと被加工物との間に電圧を印加する電源装置と、前記ワイヤと前記被加工物とを相対移動させることによって前記被加工物を加工し、前記被加工物から外枠部分を切り離すことによって前記被加工物の内側部分である製品部位を形成する加工部と、前記電源装置および前記加工部を制御する制御装置と、を備え、前記加工部は、前記外枠部分と前記製品部位との境界のうちの一部が切り残し部分として残されるよう前記境界のうちの第１の境界領域を加工し、その後、前記製品部位になる部材と前記外枠部分になる部材とが導電性部材で接続された後に、前記境界のうちの前記切り残し部分である第２の境界領域を加工することによって前記外枠部分から前記製品部位を切り離すとともに、前記被加工物を加工する際には、前記第１の境界領域に対して複数回の加工を繰り返すとともに、前記第２の境界領域に対して複数回の加工を繰り返し、前記制御装置は、ｎを２以上の自然数とした場合に、前記第１の境界領域を加工した際の加工状況に基づいて、前記第１の境界領域をｎ回目に加工

する際の第１の加工条件と、前記第２の境界領域をｎ回目に加工する際の第２の加工条件と、で異なる加工条件を設定することを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、被加工物から所望形状の中子を形成することが可能になるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図１は、実施の形態に係るワイヤ放電加工装置の構成を示す図である。

[図2]図２は、被加工物の上面図である。

[図3]図３は、制御装置の構成を示すブロック図である。

[図4]図４は、Ｃ字型形状加工の加工処理を説明するための図である。

[図5]図５は、切り残し部分の加工処理を説明するための図である。

[図6]図６は、Ｃ字型加工経路および残部加工経路を説明するための図である。

[図7]図７は、本実施の形態に係る給電方法での放電状態を示す図である。

[図8]図８は、架橋部に近い側の位置に配置された給電子からワイヤに電力を給電する場合の放電状態を示す図である。

[図9]図９は、切り残し部分が中子に接続された状態でＣ字型形状加工を実行した場合の、仕上げ加工時の電圧電流波形を模式的に示す図である。

[図10]図１０は、切り残し部分に対して残部加工を実行した場合の、仕上げ加工時の補正前の電圧電流波形を模式的に示す図である。

[図11]図１１は、切り残し部分に対して残部加工を実行した場合の、仕上げ加工時の補正後の電圧電流波形を模式的に示す図である。

[図12]図１２は、段差検出時の追加加工を説明するための図である。

[図13]図１３は、追加加工時の休止パルス幅を説明するための図である。

[図14]図１４は、切り残し部分を所望寸法よりも大きくＣ字型形状加工する場合の加工経路を説明するための図である。

[図15]図１５は、切り残し部分が所望寸法よりも大きくＣ字型形状加工された場合の、残部加工の加工経路を説明するための図である。

[図16]図１６は、中子のずれが無い場合の放電周波数を説明するための図である。

[図17]図１７は、中子のずれが有る場合の放電周波数を説明するための図である。

[図18]図１８は、抵抗値の調整を用いた電流調整を説明するための図である。

[図19]図１９は、制御装置のハードウェア構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下に、本発明の実施の形態に係るワイヤ放電加工装置、ワイヤ放電加工方法および制御装置を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0012] 実施の形態

図１は、実施の形態に係るワイヤ放電加工装置の構成を示す図である。また、図２は、被加工物の上面図である。ワイヤ放電加工装置１は、ワイヤ放電加工によって被加工物４から所望の部位（製品部位）（中子５）を切り離す装置である。ワイヤ放電加工装置１は、被加工物４とワイヤ３とを相対移動させることによって、被加工物４から所定の輪郭形状を切り離して製品部位を形成する。

[0013] ワイヤ放電加工装置１は、加工開始点から加工終了点までの加工経路（加工軌跡）に沿って導電性接着材料である被加工物（ワーク）４を加工することで、被加工物４を、残される側の部位と切り落とす側の部位（製品部位）とに分離する。このとき、ワイヤ放電加工装置１は、第１の加工の際に、製品部位になる部材が切り落とされることがないよう、残される側の部位（外枠部分になる部材）と切り落とす側の製品部位になる部材との間に切り残し部分７を設けておく。換言すると、製品部位の形状が四角形状の場合であれば、ワイヤ放電加工装置１は、被加工物４を上面側から見た場合に、被加工物４に対してＣ字型の加工溝を形成する。

[0014] その後、ワイヤ放電加工装置１は、第２の加工の際に、被加工物４と製品

部位との間の加工溝を導電性接着部材（後述する架橋部２１Ａ～２１Ｄ）で架橋し、この状態で切り残し部分７を加工する。これにより、被加工物４のうちの内側部分（中子５）が製品部位となる。

[0015] 本実施の形態では、被加工物４から切り落とされる製品部位を中子５という。また、被加工物４のうち、中子５の切り落としによって残される側の部位を外枠部分６という。また、第１の加工（切り残し部分７以外の加工）をＣ字型形状加工といい、第２の加工（切り残し部分７の加工）を、残部加工という。

[0016] ワイヤ放電加工装置１は、ワイヤ（ワイヤ電極）３と、ワイヤボビン３１と、送出ローラ３２と、巻き取りローラ３３と、給電子９Ａ，９Ｂとを備えている。ワイヤボビン３１は、ワイヤ３を送出ローラ３２に送り出す。

[0017] 送出ローラ３２は、ワイヤボビン３１から送り出されてくるワイヤ３を、被加工物４側へ送り出すことによって、ワイヤ３の張力を制御する。送出ローラ３２は、ワイヤボビン３１と被加工物４との間に設置され、主にワイヤ３の走行方向に対して逆方向に張力を与える。

[0018] 巻き取りローラ３３は、ワイヤ３を回収する側に配置されている。巻き取りローラ３３は、送出ローラ３２を介してワイヤボビン３１から送り出されてくるワイヤ３を略一定の回収速度で巻き取る。この構成により、ワイヤ３は、送出ローラ３２と巻き取りローラ３３との間に張架される。そして、張架されたワイヤ３によって被加工物４への加工が行われる。

[0019] また、ワイヤ放電加工装置１は、制御装置２と、加工電源３０と、放電電流検出部５１と、段差検出部５２と、放電周波数検出部５３とを備えている。加工電源３０は、制御装置２、被加工物４および給電子９Ａ，９Ｂに接続されている。制御装置２は、加工電源３０、放電電流検出部５１、段差検出部５２および放電周波数検出部５３に接続されている。

[0020] 加工電源３０は、制御装置２からの指示に従って給電子９Ａ，９Ｂに電流を給電することによって、ワイヤ３と被加工物４との間に電圧を印加する電源装置である。放電電流検出部５１は、１ｓｔ加工（荒加工）の次の加工（

仕上げ加工）である２ｎｄ以降の放電電流（加工パルス）を検出し、検出結果を制御装置２に送る。

[0021] 段差検出部５２は、切り残し部分７（中子５全体）の仕上げ加工プログラムが終了した後に、Ｃ字型形状加工による既加工部分と、残部加工による既加工部分との間の段差を検出する。段差検出部５２は、光学的手法（レーザセンシング、撮像した画像の画像処理）などを用いて段差を検出する。段差検出部５２は、検出した段差（検出結果）を制御装置２に送る。放電周波数検出部５３は、仕上げ加工の加工パルス（放電周波数の変化）を検出し、検出結果を制御装置２に送る。あるいは、段差検出部５２は、光学的手法に限らず、加工状態の判別から判断するものでもよい。段差検出部５２は、例えば、後述する助走区間での放電周波数の変化を検出し、この変化を段差として判断するようなものでもよい。

[0022] 本実施の形態のワイヤ放電加工装置１は、以下の（１）～（６）の特徴の少なくとも１つを実行する。

（１）ワイヤ放電加工装置１は、残部加工時の仕上加工の際に、架橋部２１Ａ～２１Ｄとは離れた側の位置に配置された給電子９Ｂからワイヤ３に電力を給電する。

（２）ワイヤ放電加工装置１は、架橋部２１Ａ～２１Ｄのインピーダンスに基づいて、Ｃ字型形状加工と残部形状加工が同じ電流条件で加工されるよう、残部形状加工の電気条件を補正する。

（３）ワイヤ放電加工装置１は、切り残し部分７の仕上げ加工プログラムが終了した後、Ｃ字型形状加工部分と残部加工部分との間に段差（上面から見た凹凸）を検出した場合には、当初条件からパルス幅を固定のまま段階的に休止パルス幅（休止時間）を増加させて、段差がなくなるまで追加加工を行う。

（４）ワイヤ放電加工装置１は、Ｃ字型形状加工において、予め切り残し部分７の近傍を所望の切り残し部分７の寸法よりも大きく仕上げ加工しておくことによって、切り残し部分７の仕上げ加工時に用いる助走区間を形成して

おく。ワイヤ放電加工装置１は、切り残し部分７を荒加工した後の仕上げ加工の際に、助走区間から仕上げ加工を開始する。

（５）ワイヤ放電加工装置１は、切り残し部分７の仕上げ加工条件と比較して、当初条件とパルス幅が同じで休止パルス幅が異なるものを、助走区間の仕上げ加工条件に設定する。

（６）ワイヤ放電加工装置１は、Ｃ字型形状加工を行う際に、中子５の仕上げ面に対して、助走区間の加工経路に傾斜を設けている。そして、ワイヤ放電加工装置１は、残部加工における助走区間での仕上げ加工の放電周波数の変化（加工パルスタイミング）に基づいて中子５の外枠部分６に対する傾き度合い（上面から見たずれ）を算出し、傾き度合いに応じて切り残し部分７の加工を行う際の加工経路を修正したうえで仕上げ加工を行う。なお、この傾き度合いは、上記の放電周波数の変化に基づいて算出する場合に限らず、段差検出部５２における光学的手法から直接計測してもよい。

[0023] 制御装置２は、放電電流検出部５１、段差検出部５２および放電周波数検出部５３から送られてくる検出結果を用いて、ワイヤ放電加工装置１を制御する。制御装置２は、加工電源３０を制御することによって、上述した（２）、（３）または（５）を実行する。制御装置２は、ワイヤ３または被加工物４の位置を制御（ワイヤ３の軌跡を制御）することによって、上述した（４）または（６）を実行する。

[0024] なお、ワイヤ放電加工装置１は、被加工物４とワイヤ３との相対位置を制御することによって加工経路を制御する。したがって、ワイヤ放電加工装置１は、ワイヤ３の位置を制御することによって加工経路を制御してもよいし、被加工物４の位置を制御することによって加工経路を制御してもよい。

[0025] ワイヤ３の位置を制御する場合、制御装置２は、ワイヤボビン３１と、送出ローラ３２と、巻き取りローラ３３と、給電子９Ａ，９Ｂとを含む加工部の位置を制御する。また、被加工物４の位置を制御する場合、制御装置２は、被加工物４を載置する定盤（後述する支持部１１，１２、支持板１３Ａ，１３Ｂ，１４Ａ，１４Ｂに対応）の位置を制御する。以下では、ワイヤ放電

加工装置１が、ワイヤ３の位置を制御することによって加工経路を制御する場合について説明する。

[0026] 図３は、制御装置の構成を示すブロック図である。制御装置２は、放電電流入力部６１と、段差情報入力部６２と、放電周波数入力部６３とを備えている。また、制御装置２は、加工プログラム記憶部６４と、インピーダンス算出部６５と、仕上げ加工条件設定部６６と、加工経路設定部６７と、傾斜度算出部６８と、指示出力部６９とを備えている。

[0027] 放電電流入力部６１は、放電電流検出部５１から送られてくる検出結果を入力して、インピーダンス算出部６５に送る。段差情報入力部６２は、段差検出部５２から送られてくる検出結果（段差情報）を入力して、仕上げ加工条件設定部６６および加工経路設定部６７に送る。放電周波数入力部６３は、放電周波数検出部５３から送られてくる検出結果を入力して、傾斜度算出部６８に送る。

[0028] 加工プログラム記憶部６４は、被加工物４を加工する際に用いる加工プログラムを記憶する。この加工プログラムには、荒加工条件、仕上げ加工条件などが設定されている。そして、荒加工条件または仕上げ加工条件には、被加工物４への加工経路、ワイヤ放電加工時のパルス幅および休止パルス幅などが設定されている。加工プログラム記憶部６４内の加工プログラムは、指示出力部６９に送られる。

[0029] インピーダンス算出部６５は、放電電流検出部５１から送られてくる検出結果（放電電流）に基づいて、架橋部２１Ａ～２１Ｄのインピーダンスを算出する。インピーダンス算出部６５は、算出結果（インピーダンス）を仕上げ加工条件設定部６６に送る。

[0030] 仕上げ加工条件設定部６６は、架橋部２１Ａ～２１Ｄのインピーダンスに基づいて、残部加工における仕上げ加工の電流条件を設定する。また、仕上げ加工条件設定部６６は、Ｃ字型形状加工による既加工部分と残部加工による既加工部分との間の段差に関する段差情報に基づいて、仕上げ加工時のパルス幅および休止パルス幅を設定する。具体的には、仕上げ加工条件設定部

６６は、パルス幅を固定のまま段階的に休止パルス幅を増加させる加工条件を設定する。

[0031] 仕上げ加工条件設定部６６は、切り残し部分７と外枠部分６との間に所定値以上の段差が検出された場合に、パルス幅および休止パルス幅の設定を変更する。仕上げ加工条件設定部６６は、設定した加工条件を指示出力部６９に送る。

[0032] 傾斜度算出部６８は、助走区間での仕上げ加工時の放電周波数の変化に基づいて、あるいは、段差検出部５２の計測結果に基づいて中子５の傾き度合い（傾斜度）を算出する。傾斜度算出部６８は、算出結果（傾斜度）を加工経路設定部６７に送る。

[0033] 加工経路設定部６７は、切り残し部分７が所望寸法よりも大きくＣ字型形状加工されるような加工経路を設定する。また、加工経路設定部６７は、中子５の傾斜度に応じた加工経路を設定する。具体的には、加工経路設定部６７は、中子５の傾斜度に基づいて、加工経路を修正する。加工経路設定部６７は、設定した加工経路を指示出力部６９に送る。

[0034] 指示出力部６９は、加工プログラムに基づいて、加工電源３０およびワイヤ３の位置を制御する。指示出力部６９は、仕上げ加工条件設定部６６から加工条件を受信すると、加工プログラム内の加工条件を、受信した加工条件に変更し、変更後の加工条件に基づいて加工電源３０に指示を出力する。

[0035] また、指示出力部６９は、加工経路設定部６７から加工経路を受信すると、加工プログラム内の加工経路を、受信した加工経路に変更し、変更後の加工経路に基づいてワイヤ３に指示を出力する。

[0036] ここで、切り残し部分７以外の加工処理であるＣ字型形状加工と、切り残し部分７の加工処理とを説明する。図４は、Ｃ字型形状加工の加工処理を説明するための図である。図４では、Ｃ字型形状加工の行われる加工経路（ワイヤ３の移動軌跡）をＣ字型加工経路１０で示し、残部加工の行われる加工経路を残部加工経路２０で示している。

[0037] 被加工物４は、加工によって中子５と外枠部分６との２つの部位に分割さ

れる。中子５は、被加工物４からの切り離しによって周囲（被加工物４）との導電性がなくなる。そして、中子５は、被加工物４から切り離されることによって製品部位となる。

[0038] 被加工物４は、棒状の支持部１１に配置された支持板１３Ａ，１３Ｂによって挟持されるとともに、棒状の支持部１２に配置された支持板１４Ａ，１４Ｂによって挟持されている。なお、ここでは支持板１４Ｂを図示していない。

[0039] 被加工物４は、例えば直方体の形状をなしている。被加工物４は、第１の端部において、上面側が支持板１３Ａに押さえつけられ、底面側が支持板１３Ｂに押さえつけられている。また、被加工物４は、第２の端部において、上面側が支持板１４Ａに押さえつけられ、底面側が支持板１４Ｂに押さえつけられている。

[0040] ワイヤ３は、例えば、鉛直方向（被加工物４の主面に垂直な方向）に張架されている。ワイヤ３は、その軸方向が被加工物４の主面に対して略垂直に交わるよう、被加工物４内を移動することによって、被加工物４を加工する。

[0041] ワイヤ放電加工装置１は、Ｃ字型形状加工を行う際には、被加工物４の外側から加工を開始し、中子５の外周部まで加工を進める。続いて、ワイヤ放電加工装置１は、被加工物４を上面側から見てＣ字型形状を描くように、中子５の外周部を加工する。その後、ワイヤ放電加工装置１は、被加工物４の外側へワイヤ３を移動させる。

[0042] これにより、ワイヤ放電加工装置１は、Ｃ字型加工経路１０に沿って被加工物４を加工し、Ｃ字型加工経路１０に対応する加工溝を被加工物４に形成する。ワイヤ放電加工装置１は、Ｃ字型形状加工を行う際に、荒加工と、少なくとも一回の仕上げ加工とを行う。このように、Ｃ字型形状加工を行う際には、中子５の切り残し部分７を残した状態で仕上げ加工まで行なわれる。

[0043] 図５は、切り残し部分の加工処理を説明するための図である。ワイヤ放電加工装置１では、Ｃ字型形状加工が行なわれた後、被加工物４の外枠部分６

（加工溝の外側）と中子５（加工溝の内側）との間が架橋部２１Ａ～２１Ｄで架橋される。そして、ワイヤ放電加工装置１は、被加工物４の切り残し部分７に対して、残部加工を行う。架橋部２１Ａ～２１Ｄは、例えば、それぞれ中子５の４つの角部分などに配置される。このとき、架橋部２１Ａ～２１Ｄは、被加工物４の外枠部分６と中子５との間が架橋部２１Ａ～２１Ｄを介して導通可能なよう配置される。

[0044] ワイヤ放電加工装置１は、残部加工を行う際には、Ｃ字型形状加工の際に形成した加工溝に沿ってワイヤ３を切り残し部分７まで移動させる。そして、ワイヤ放電加工装置１は、残部加工経路２０に沿って、被加工物４の切り残し部分７を加工する。ワイヤ放電加工装置１は、残部加工を行う際に、荒加工と、少なくとも一回の仕上げ加工とを行う。これにより、中子５の切り残し部分７が加工される。その後、ワイヤ放電加工装置１は、被加工物４の外側へワイヤ３を移動させる。そして、架橋部２１Ａ～２１Ｄが被加工物４および中子５から取り外される。

[0045] なお、架橋部２１Ａ～２１Ｄは、被加工物４と切り残し部分７との間（加工済みの加工溝上）であれば、何れの位置に配置してもよい。また、架橋部２１Ａ～２１Ｄは、４つである場合に限らず、３つ以下であってもよいし、５つ以上であってもよい。

[0046] 図６は、Ｃ字型加工経路および残部加工経路を説明するための図である。図６では、被加工物４の上面図を示している。被加工物４では、中子５の外側であるＣ字型加工経路１０に沿って、Ｃ字型形状加工が行なわれた後、架橋部２１Ａ～２１Ｄが被加工物４上に配置される。その後、被加工物４では、残部加工経路２０に沿って残部加工が行なわれる。

[0047] つぎに、切り残し部分７の加工処理について説明する。本実施の形態では、切り残し部分７を加工する際に、ワイヤ放電加工装置１が、上述した（１）～（６）の処理の少なくとも１つを実行する。

[0048] （１）遠方側の給電子９Ｂからワイヤ３に給電する処理

図７は、本実施の形態に係る給電方法での放電状態を示す図である。図７

では、下側給電される場合の被加工物４の断面図を示している。ここでは、架橋部２１Ｂの近傍で放電が発生する場合の、電気抵抗について説明する。

[0049] ワイヤ放電加工装置１では、給電子９Ａ，９Ｂが、ワイヤ３に接続されている。給電子９Ａは、架橋部２１Ｂから近い方の位置に配置された給電子であり、給電子９Ｂは、架橋部２１Ｂに遠い方の位置に配置された給電子である。

[0050] 本実施の形態では、Ｃ字型形状加工の荒加工時および仕上げ加工時には、加工電源３０が給電子９Ａ，９Ｂからワイヤ３に電力を給電する。また、残部加工の荒加工時には、加工電源３０が給電子９Ａ，９Ｂからワイヤ３に電力を給電する。

[0051] そして、残部加工の仕上げ加工の際には、加工電源３０が、架橋部２１Ｂとは離れた側の位置に配置された給電子９Ｂからワイヤ３に電力を給電し、給電子９Ａからワイヤ３へは電力を給電しない。これにより、残部加工の仕上げ加工の際には、下部側の給電子９Ｂのみを用いてワイヤ３と被加工物４との間が通電されることとなる。

[0052] 例えば、架橋部２１Ｂが被加工物４の上面側に配置される場合、給電子９Ａは、被加工物４の上面側に配置され、給電子９Ｂは、被加工物４の底面側に配置される。そして、仕上げ加工の際には、給電子９Ｂからワイヤ３を介してワイヤ３と被加工物４との間に電圧が印加される。

[0053] 中子５と外枠部分６とは、部分的に架橋された架橋部２１Ｂで電気的に接続されている。この架橋部２１Ｂは、電気抵抗が高く、また中子５も加工形状によっては電気抵抗が高くなるので、架橋部２１Ｂまたは中子５が加工に影響を及ぼす場合がある。

[0054] そこで、このような加工への影響を緩和するため、ワイヤ放電加工装置１は、仕上げ加工の際には、給電箇所を架橋部２１Ｂから遠い方の給電子９Ｂのみから給電するようにしている。これにより、仕上げ加工の際には、加工電源３０とワイヤ３との接続は下側（給電子９Ｂ）のみとなる。

[0055] この場合において、図７の左側に示すように、被加工物４（中子５）の下

部側（底面側）で放電が発生すると、給電子９Ｂからの電流は、ワイヤ３、中子５、架橋部２１Ｂ、外枠部分６内を流れることとなる。そして、ワイヤ３内では、ワイヤ３の下部側近傍にのみ電流が流れ、中子５内では、中子５の底面側から上面側に電流が流れる。

[0056] また、図７の右側に示すように、被加工物４（中子５）の上部側（上面側）で放電が発生すると、給電子９Ｂからの電流は、ワイヤ３、中子５、架橋部２１Ｂ、外枠部分６内を流れることとなる。そして、ワイヤ３内では、ワイヤ３の下部側から上部側に電流が流れ、中子５内では、中子５の上部側近傍にのみ電流が流れる。

[0057] このため、下側給電した場合には、中子５の下部側で放電が発生した場合と、中子５の上部側で放電が発生した場合との抵抗差が小さいので、放電電流の差も小さくなる。したがって、被加工物４の板厚方向の加工エネルギーが安定する。

[0058] 図８は、架橋部に近い側の位置に配置された給電子からワイヤに電力を給電する場合の放電状態を示す図である。図８では、上側給電される場合の被加工物４の断面図を示している。ここでは、架橋部２１Ｂの近傍で放電が発生する場合の、電気抵抗について説明する。

[0059] 仮に、架橋部２１Ｂに近い方の位置に配置された給電子９Ａからワイヤ３に電力を給電し、給電子９Ｂからワイヤ３へは電力を給電しない場合、上部側の給電子９Ａのみを用いて通電されることとなる。

[0060] この場合において、図８の左側に示すように、被加工物４（中子５）の下部側（底面側）で放電が発生すると、給電子９Ａからの電流は、ワイヤ３、中子５、架橋部２１Ｂ、外枠部分６内を流れることとなる。そして、ワイヤ３内では、ワイヤ３の上部側から下部側に電流が流れ、中子５内では、中子５の底面側から上面側に電流が流れる。

[0061] また、図８の右側に示すように、被加工物４（中子５）の上部側（上面側）で放電が発生すると、給電子９Ａからの電流は、ワイヤ３、中子５、架橋部２１Ｂ、外枠部分６内を流れることとなる。そして、ワイヤ３内では、ワ

イヤ３の上部側近傍にのみ電流が流れ、中子５内では、中子５の上部側近傍にのみ電流が流れる。

[0062] このため、上側給電した場合には、中子５の下部側で放電が発生した場合と、中子５の上部側で放電が発生した場合との抵抗差が大きいので、放電電流の差も大きくなる。したがって、被加工物４の板厚方向の加工エネルギーにばらつきが生じる。

[0063] これに対して、下側給電であれば、被加工物４の板厚方向の加工エネルギーが安定するので、中子５の仕上げ加工を安定して行うことができる。したがって、既加工部分と同様に、切り残し部分７の加工においても良好な加工精度を得ることができる。

[0064] （２）Ｃ字型形状加工での加工状態に基づいて、残部形状加工での加工条件を補正する処理

Ｃ字型形状加工が行われた後の中子５は、導電性の架橋部２１Ａ～２１Ｄで導電性が確保されている。ところが、Ｃ字型形状加工中の状態とＣ字型形状加工後に架橋部２１Ａ～２１Ｄが接続された状態とでは、導電状態が異なるので、両者には加工エネルギーに差が生じることになる。そこで、ワイヤ放電加工装置１は、Ｃ字型形状加工での加工状態に基づいて、残部加工のうちの少なくとも仕上げ加工の際に、加工条件（電流、電圧、パルス幅、抵抗値など）の補正を図る。

[0065] 図９は、切り残し部分が中子に接続された状態でＣ字型形状加工を実行した場合の、仕上げ加工時の電圧電流波形を模式的に示す図である。ここでは、電流電圧波形の一例として、図９の（ａ）に示す１ｓｔ加工、図９の（ｂ）に示す２ｄｎ加工、および図９の（ｃ）に示す３ｒｄ加工の各電圧電流波形を示している。

[0066] 加工の際には、例えば、１ｓｔ加工から徐々に加工エネルギー（加工電流）を減らした加工が行われる。また、ワイヤ放電加工装置１は、１ｓｔ加工、２ｎｄ加工では、電圧パルスを印加し、放電検出後に電圧パルスを停止する。これにより、被加工物４へは、電流パルスが供給される。その後、ワイ

ヤ放電加工装置１は、３ｒｄ加工では、電流制限抵抗を利用した群パルス発振にて加工する。このとき、ワイヤ放電加工装置１は、例えば、後述する図１８の回路構成にてスイッチング素子ＳＷ１をＯＮ／ＯＦＦ動作させることで、放電時に流れる加工電流を抑制し、仕上げ加工を行う。

[0067] 図１０は、切り残し部分に対して残部加工を実行した場合の、仕上げ加工時の補正前の電圧電流波形を模式的に示す図である。説明のために、図１０では、補正しなかった場合の電圧電流波形を図９と対応するように示している。具体的には、図１０の（ａ）では１ｓｔ加工時の電圧電流波形を示し、図１０の（ｂ）では２ｄｎ加工時の電圧電流波形を示し、図１０の（ｃ）では、３ｒｄ加工時の電圧電流波形を示している。

[0068] Ｃ字型形状加工が１ｓｔ加工から３ｒｄ加工まで行なわれた後、架橋部２１Ａ～２１Ｄが形成され、切り残し部が加工される。このとき、１ｓｔ加工は、Ｃ字型形状加工の１ｓｔ加工と同様の加工が可能と考えてよい。図１０の（ｂ）では、切り残し部分７が中子５から切り落とされた後の２ｎｄ加工時（１回目の仕上げ加工時）における、補正前の電圧波形および電流波形を示している。

[0069] 図９の（ｂ）および図１０の（ｂ）に示すように、切り残し部分７を加工する際の２ｎｄカット時の電流は、切り残し部分７が完全に残されている場合の２ｎｄカット時の電流よりも小さくなる。このため、Ｃ字型形状加工と残部加工とで、最終仕上げ面の加工面粗さに差が生じてしまう。

[0070] そこで、本実施の形態では、放電電流検出部５１が、Ｃ字型形状加工時における２ｎｄカット時の電流と、残部加工における２ｎｄカット時の電流とを検出する。そして、インピーダンス算出部６５が、検出された電流に基づいて、架橋部２１Ａ～２１Ｄのインピーダンスを算出する。

[0071] このとき、インピーダンス算出部６５は、放電電流検出部５１で検出された電流の電流ピーク値をメモリ（図示せず）などに記憶させておく。そして、インピーダンス算出部６５は、Ｃ字型形状加工時における電流ピーク値の平均値を算出するとともに、平均値に基づいて架橋部２１Ａ～２１Ｄのイン

ピーダンスを算出する。また、インピーダンス算出部６５は、残部加工時における電流ピーク値の平均値を算出するとともに、平均値に基づいて架橋部２１Ａ～２１Ｄのインピーダンスを算出する。そして、インピーダンス算出部６５は、Ｃ字型形状加工時におけるインピーダンスと、残部加工時におけるインピーダンスとの差であるインピーダンス差を算出する。

[0072] 仕上げ加工条件設定部６６は、インピーダンス差に応じた加工条件を、残部加工時における３ｒｄカット時の加工条件に設定する。具体的には、仕上げ加工条件設定部６６は、残部加工時における電流ピーク時が、Ｃ字型形状加工時における電流ピーク値と同じになるよう残部加工時における電流ピーク時の電流を補正する。換言すると、仕上げ加工条件設定部６６は、インピーダンス差がゼロとなるような電流条件を、残部加工時における３ｒｄカット時の加工条件に設定する。

[0073] 図１１は、切り残し部分に対して残部加工を実行した場合の、仕上げ加工時の補正後の電圧電流波形を模式的に示す図である。図１１では、補正した場合の電圧電流波形を図９と対応するように示している。具体的には、図１１の（ａ）では１ｓｔ加工時の電圧電流波形を示し、図１１の（ｂ）では２ｄｎ加工時の電圧電流波形を示し、図１１の（ｃ）では、３ｒｄ加工時の電圧電流波形を示している。

[0074] 仕上げ加工条件設定部６６は、図１１に示すように、残部加工時とＣ字型形状加工時とで、電流ピーク値と同じになるよう、残部加工時の３ｒｄカットにおける加工条件（電流）を変更する。

[0075] これにより、Ｃ字型形状加工時における２ｎｄカット時の電流と、残部加工時における３ｒｄカット時の電流（電荷量）とが略同じになる。これにより、Ｃ字型形状加工における中子５の面粗さと、残部加工における中子５の面粗さとを揃えることができる。

[0076] なお、ワイヤ放電加工装置１は、Ｃ字型形状加工時における第Ｎ番目（Ｎは自然数）のカット時の電流と、残部加工時における第Ｍ（Ｍは自然数）番目以降のカット時の電流とが同じになるよう、残部加工時における第Ｍ番目

以降のカット時の電流を補正してもよい。

[0077] 例えば、ワイヤ放電加工装置１は、Ｃ字型形状加工時における２ｎｄカット時の電流と、残部加工時における４ｔｈカット以降の電流とが同じになるよう、残部加工時における４ｔｈカット以降の電流を補正してもよい。

[0078] また、ワイヤ放電加工装置１は、残部加工時における電流を参照することなく、Ｃ字型形状加工時における電流に基づいて、残部加工時における電流を設定してもよい。また、ワイヤ放電加工装置１は、残部加工時における２ｎｄカット時の電流が、Ｃ字型形状加工時における２ｎｄカット時の電流と同じになるよう、２ｎｄカット時の途中から電流を補正してもよい。この場合、Ｃ字型形状加工時における２ｎｄカット時の電流と、残部加工時における２ｎｄカット時の初期段階での電流とに基づいて、残部加工時における２ｎｄカット時の初期段階よりも後の電流が補正される。

[0079] （３）Ｃ字型形状加工と残部加工とで加工段差がある場合に、パルス幅を固定のまま段階的に休止パルス幅を増加させて追加加工する処理

段差検出部５２は、Ｃ字型形状加工が完了した後に、加工済みのＣ字型形状加工部分と加工済みの切り残し部分７（残部加工部分）との間の段差を検出する。換言すると、段差検出部５２は、Ｃ字型形状加工が完了した後に、Ｃ字型形状加工部分と残部加工部分との間の繋ぎ目部分に発生した段差を検出する。

[0080] 検出された段差（検出結果）は、段差情報として制御装置２の仕上げ加工条件設定部６６に送られる。仕上げ加工条件設定部６６は、段差情報に基づいて、仕上げ加工時のパルス幅および休止パルス幅を設定する。このとき、仕上げ加工条件設定部６６は、パルス幅を固定のまま段階的に休止パルス幅を増加させる加工条件を設定する。この時のパルス幅は、段差情報が取得される直前に用いられたパルス幅である。換言すると、パルス幅は、切り残し部分７の最後の仕上げ加工時のパルス幅（加工プログラムに設定されている最後のパルス幅）である。仕上げ加工条件設定部６６は、例えば、段差の大きさに応じた休止パルス幅を設定する。

[0081] 仕上げ加工条件設定部６６は、設定した休止パルス幅を指示出力部６９に送る。指示出力部６９は、仕上げ加工条件設定部６６から加工条件を受信すると、加工プログラム内の加工条件を受信した加工条件に変更し、変更後の加工条件に基づいて加工電源３０に指示を出力する。

[0082] 図１２は、段差検出時の追加加工を説明するための図である。図１３は、追加加工時の休止パルス幅を説明するための図である。Ｃ字型形状加工部分と残部加工部分との間には、段差が生じる場合がある。この段差は、中子５を上面側から見た場合の段差（ワイヤ３の主軸方向から見た場合の凹凸）である。例えば、中子５のうち、Ｃ字型形状加工部分と残部加工部分との間の境界が直線ではない場合に、中子５の段差が検出される。具体的には、Ｃ字型形状加工部分に対して、残部加工部分が凸形状または凹形状となっている場合などに、中子５の段差が検出される。

[0083] 例えば、２ｎｄカットの際に生じた電流の差（Ｃ字型形状加工時の電流と残部加工時の電流との差）は中子５の寸法誤差となる。また、加工液圧などの加工条件が、切り残し部分７の切り離し前と後とで変化する場合には、中子５の寸法誤差となる。これらの寸法誤差は、（２）のように最終仕上げ面の加工面粗さを揃えることができた場合であっても、段差形状として現れることとなる。

[0084] このような場合に、本実施の形態では、段差が無くなるよう加工条件を変更したうえで中子５への追加加工が行われる。図１２に示すように、残部加工の完了後にＣ字型形状加工部分と残部加工部分との間に段差（凸部５０）が残っている場合には、この凸部５０に対して追加加工が行われる。

[0085] このとき、ワイヤ放電加工装置１は、ワイヤ３を徐々に中子５に接近させ、Ｃ字型形状加工部分と残部加工部分とが同一平面となるように追加加工していく。追加加工の際には、ワイヤ放電加工装置１は、面粗さを揃えながら加工エネルギーを調整するので、印加波形のパルス幅を同じ幅に保ちながら休止パルス幅を調整する。

[0086] 追加加工の加工条件を設定する際には、仕上げ加工条件設定部６６は、パ

ルス幅を固定のまま段階的に休止パルス幅を増加させる加工条件を設定する。換言すると、仕上げ加工条件設定部６６は、凸部５０内の領域毎に、段階的に休止パルス幅が増加するよう各加工条件を設定する。

[0087] 仕上げ加工条件設定部６６は、例えば、図１２に示すように、凸部５０内の領域Ａに対して加工条件を設定する。このとき、仕上げ加工条件設定部６６は、例えば、図１３に示すように、領域Ａに対して、パルス幅を固定したまま仕上げ加工時よりも大きな休止パルス幅（第１の休止パルス幅）を設定する。これにより、設定された加工条件で領域Ａが追加加工される。

[0088] そして、仕上げ加工条件設定部６６は、領域Ａへの追加加工によっても段差が残っている場合には、凸部５０内の領域Ｂに対して加工条件を設定する。このとき、仕上げ加工条件設定部６６は、領域Ｂに対して、パルス幅を固定したまま領域Ａでの加工時よりも大きな休止パルス幅（第２の休止パルス幅）を設定する。これにより、設定された加工条件で領域Ｂが追加加工される。

[0089] さらに、仕上げ加工条件設定部６６は、領域Ｂへの追加加工によっても段差が残っている場合には、凸部５０内の領域Ｃに対して加工条件を設定する。このとき、仕上げ加工条件設定部６６は、領域Ｃに対して、パルス幅を固定したまま領域Ｂでの加工時よりも大きな休止パルス幅（第３の休止パルス幅）を設定する。これにより、設定された加工条件で領域Ｃが追加加工される。ワイヤ放電加工装置１では、段差が無くなるまで、段差への加工条件の設定と、追加加工とが繰り返される。

[0090] （４）切り残し部分７の近傍を所望寸法よりも大きくＣ字型形状加工する処理

図１４は、切り残し部分を所望寸法よりも大きくＣ字型形状加工する場合の加工経路を説明するための図である。加工経路設定部６７は、切り残し部分７が所望寸法よりも大きくＣ字型形状加工されるような加工経路を設定する。

[0091] 加工経路設定部６７は、例えば、切り残し部分７の仕上げ加工時に用いる

助走区間領域８と、所望の切り残し部分７とが残る加工経路をＣ字型形状加工に設定する。助走区間領域８は、切り残し部分７の一部であり、助走区間領域８を設けておくことによって、切り残し部分７は、所望寸法よりも大きくなる。

[0092] 助走区間領域８は、切り残し部分７の仕上げ加工時に、切り残し部分７への助走区間（切り落とし助走区間２６）として用いられる領域である。助走区間領域８は、被加工物４を上面から見た場合に、中子５（仕上げ目標面２５）に接する辺と、切り残し部分７に接する辺と、Ｃ字型形状加工時に加工される辺と、を有している。なお、Ｃ字型形状加工時に加工される辺は、曲線であってもよい。

[0093] 加工経路設定部６７は、中子５に接する辺とＣ字型形状加工時に加工される辺とで挟まれた頂点４９が、例えば４５度未満の角度となるようＣ字型形状加工時の加工経路を設定する。換言すると、切り残し部分７が、助走区間領域８を加工する際の加工方向（中子５に接する辺の方向）に交差する辺を有するよう、加工経路が設定される。図１４では、Ｃ字型形状加工での加工経路として、第１の仕上げ加工（Ｓ１）～第４の仕上げ加工（Ｓ４）までの加工経路を示している。

[0094] このように、ワイヤ放電加工装置１は、Ｃ字型形状加工時の加工の際には、切り残し部分７にオフセットを設ける形でなだらかな形状の助走区間領域８を形成している。換言すると、ワイヤ放電加工装置１は、切り残し部分７を、仕上げ目標面２５よりも荒加工領域側に仕上げ加工しておくことで、中子５の加工寸法を大きめに形成しておく。ワイヤ放電加工装置１は、この加工寸法の大きめな区間を切り残し部分７の加工時（残部加工時）の助走区間に設定する。そして、ワイヤ放電加工装置１は、残部加工時の仕上げ加工の際には、設定した助走区間から加工を開始する。

[0095] 図１５は、切り残し部分が所望寸法よりも大きくＣ字型形状加工された場合の、残部加工の加工経路を説明するための図である。切り残し部分７が所望寸法よりも大きくＣ字型形状加工された場合（助走区間領域８が形成され

た場合）、加工経路設定部６７は、助走区間領域８および切り残し部分７を加工する加工経路を残部加工に設定する。図１５では、残部加工での加工経路として、第１の仕上げ加工（Ｓ１１）～第４の仕上げ加工（Ｓ１４）までの加工経路を示している。

[0096] このように、ワイヤ放電加工装置１は、Ｃ字型形状加工の仕上げ加工時に加工する領域と、残部加工の仕上げ加工時に加工する領域と、助走区間領域８とを設けている。したがって、Ｃ字型形状加工部分と残部加工部分との間に発生する加工誤差を軽減させることができ、この結果、筋状の加工跡を軽減させることができる。

[0097] （５）切り残し部分７の仕上げ加工条件と比較して、パルス幅が同じで休止パルス幅が異なるものを、助走区間の仕上げ加工条件に設定する処理

仕上げ加工条件設定部６６は、切り残し部分７の仕上げ加工条件と比較して、パルス幅が同じで休止パルス幅が異なるものを、助走区間の仕上げ加工条件に設定する。換言すると、仕上げ加工条件設定部６６は、助走区間で印加するパルスと、切り残し部分７の残部加工を行う際に印加するパルスとでは、パルス幅が同一で休止パルス幅が異なるものを設定する。例えば、仕上げ加工条件設定部６６は、助走区間の仕上げ加工で印加するパルスに、図１３で示した領域Ａ～Ｃの何れかのパルスを用いる。

[0098] これにより、パルス幅を揃えることができるのでＣ字型形状加工と残部加工とで面粗さを整えることが可能となる。また休止パルス幅の調整によって加工エネルギーを徐々に増加させることができるので、形状修正を行うことが可能となる。したがって、助走区間を用いることによって、Ｃ字型形状加工部分と残部加工部分との間に発生する加工誤差を軽減させることができ、この結果、筋状の加工跡を軽減させることができる。

[0099] （６）助走区間での加工パルスに基づいて中子５の傾き度合いを算出し、傾き度合いに応じて残部加工を行う際の加工経路を修正する処理

加工経路設定部６７は、Ｃ字型形状加工の仕上げ面に対して傾斜した助走区間の傾き度合い（中子５の傾き度合い）に基づいて、加工経路を調整する

。このとき、加工経路設定部６７は、Ｃ字型形状加工の仕上げ面と、切り残し部分７の仕上げ面とが同一平面となるよう、加工経路を設定する。

[0100] ワイヤ放電加工の際の放電周波数は、加工対象物への加工角度（加工経路の角度）に応じて変化する。このため、放電周波数検出部５３は、助走区間を仕上げ加工した際の放電周波数の変化（加工パルスタイミング）を検出し、検出結果を制御装置２に送る。

[0101] 傾斜度算出部６８は、助走区間での仕上げ加工の放電周波数の変化をメモリ（図示せず）などに記憶させておく。そして、傾斜度算出部６８は、助走区間での仕上げ加工の放電周波数の変化に基づいて、中子５の外枠部分６に対する傾き度合い（ずれ）を算出する。ここでの傾きは、被加工物４を上面側から見た場合の中子５の傾きである。

[0102] 具体的には、傾斜度算出部６８は、切り残し部分７を加工する際のＰ番目（Ｐは自然数）のカット時の放電周波数の変化をメモリに記憶させておき、この放電周波数の変化に基づいて、中子５の傾斜度合いを算出する。そして、傾斜度算出部６８は、算出結果（傾斜度）を加工経路設定部６７に送る。加工経路設定部６７は、中子５の傾き度合いに応じて、切り残し部分７のＱ番目以降（ＱはＰよりも大きな自然数）のカット時の加工経路を修正する。

[0103] ワイヤ放電加工装置１は、例えば、切り残し部分７を加工する際の２ｎｄカット時の放電周波数の変化に基づいて、中子５の傾斜度合いを算出する。そして、ワイヤ放電加工装置１は、中子５の傾き度合いに応じて、３ｒｄ以降のカット時の加工経路を修正する。

[0104] 図１６は、中子のずれが無い場合の加工パルスを説明するための図であり、図１７は、中子のずれが有る場合の加工パルスを説明するための図である。傾斜度算出部６８は、助走区間を仕上げ加工した際の加工パルスをカウントし、カウント結果に基づいて中子５の傾き度合いを判定する。

[0105] 中子５にずれが無ければ、図１６に示すように、切り残し部分７の手前の助走区間ＲＡと、切り残し部分７の後方の助走区間ＲＢとで放電周波数の変化（放電周波数の推移）（パルスタイミング）が同一である。

[0106] ところが、中子５が外枠部分６（ワイヤ３の加工経路）に対して傾いている場合、前記両者の放電周波数に差が生じる。換言すると、中子５にずれが有れば、図１７に示すように、切り残し部分７の手前の助走区間ＲＡと、切り残し部分７の後方の助走区間ＲＢとで放電周波数の変化が異なる。

[0107] 傾斜度算出部６８は、この時間的な変化（放電周波数の差）に基づいて、中子５の傾きを算出する。傾斜度算出部６８は、切り残し部分７の手前の助走区間ＲＡにおけるパルス放電数をＰａとし、切り残し部分７の後方の助走区間ＲＢにおけるパルス放電数をＰｂとした場合に、以下の式（１）に基づいて、中子５の傾きを算出する。

｜Ｐａ－Ｐｂ｜／｛（Ｐａ＋Ｐｂ）／２｝∝（傾き）・・・（１）

[0108] 加工経路設定部６７は、切り残し部分７に用いる仕上げプログラムの加工経路を必要に応じて変更する。図１７では、切り残し部分７への加工経路として中子５の傾斜に応じた加工経路ＲＣを設定した場合を示している。

[0109] なお、加工経路設定部６７が加工経路を修正する代わりに、仕上げ加工条件設定部６６が切り残し部分７のＱ番目以降のカット時の加工エネルギーを修正してもよい。この場合、仕上げ加工条件設定部６６は、中子５の傾き度合いに応じた加工エネルギーを設定する。

[0110] また、ワイヤ放電加工装置１は、助走区間を加工した際の放電周波数の変化と、残部加工を行なった際の放電周波数の変化とが異なる場合、残部加工に用いた加工条件で、残部加工部分の追加加工を行なってもよい。換言すると、ワイヤ放電加工装置１は、助走区間の加工時と残部加工時とで、放電周波数の変化を検出した場合には、残部加工に用いた加工条件で、残部加工部分および助走区間への追加加工を行なってもよい。この場合、ワイヤ放電加工装置１は、助走区間の加工時と残部加工時とで、放電周波数の差が無くなるまで追加加工を繰り返す。ワイヤ放電加工装置１は、追加加工の際に、当初条件からパルス幅を固定のまま段階的に休止パルス幅を増加させる。例えば、仕上げ加工条件設定部６６は、追加加工の際に、図１３で示した領域Ａ～Ｃの何れかのパルスを用いる。

[0111] また、ワイヤ放電加工装置１は、助走区間を形成しなくてもよい。この場合であっても、傾斜度算出部６８は、切り残し部分７の放電周波数の変化に基づいて、中子５の傾き度合いを算出することができる。

[0112] このように、中子５の傾き度合いに応じて残部加工を行う際の加工経路を修正するので、中子５が傾いた場合であっても、中子５を精度良く所望の形状に形成することが可能となる。

[0113] なお、（２）の処理では、残部形状加工の加工条件として、電気条件を補正する場合について説明したが、他の加工条件を補正してもよい。例えば、仕上げ加工条件設定部６６は、加工条件として、寄せ量を補正してもよいし、加工速度を補正してもよい。したがって、仕上げ加工条件設定部６６は、加工条件として、電気条件、寄せ量および加工速度の少なくとも１つを変更する。ここでの寄せ量は、Ｓ回目（Ｓは自然数）の加工におけるワイヤ３の位置から（Ｓ＋１）回目の加工におけるワイヤ３の位置までの距離である。

[0114] また、（２）の処理において、ワイヤ放電加工装置１は、Ｃ字型形状加工時と残部加工時とで同一電圧値を用いたうえで残部加工時における抵抗値を下げることによって、電流を流れやすくしてもよい。

[0115] 図１８は、抵抗値の調整を用いた電流調整を説明するための図である。図１８では、例えば、３ｒｄ加工以降で使用される仕上げ加工用電源の例を示している。ワイヤ３と被加工物４との間の極間７０と、加工電源３０との間には、オン／オフの切替えが可能な抵抗を配置しておく。

[0116] 図１８では、極間７０と加工電源３０との間にオン／オフの切替えが可能な抵抗７１～７３が配置されている場合を示している。ワイヤ放電加工装置１は、抵抗７１～７３のオン／オフを切替えることによって、残部加工時における抵抗値をＣ字型形状加工時の抵抗値よりも下げる。また、ワイヤ放電加工装置１は、ＦＥＴ（Field Effect Transistor）などで構成されるスイッチング素子ＳＷ１をオン／オフさせ、あるいは群パルス状に発振させることで極間７０に電力を供給する。

[0117] なお、ワイヤ放電加工装置１は、（１）～（６）の少なくとも１つを実行

できるよう構成しておけばよい。例えば、（２）の処理を実行しない場合には、ワイヤ放電加工装置１の構成要素から放電電流検出部５１、放電電流入力部６１およびインピーダンス算出部６５を除外してもよい。また、（３）の処理を実行しない場合には、ワイヤ放電加工装置１の構成要素から段差検出部５２、段差情報入力部６２を除外してもよい。

[0118] 図１９は、制御装置のハードウェア構成を示す図である。制御装置２は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）９１、ＲＯＭ（Read Only Memory）９２、ＲＡＭ（Random Access Memory）９３、表示部９４、入力部９５を有している。制御装置２では、これらのＣＰＵ９１、ＲＯＭ９２、ＲＡＭ９３、表示部９４、入力部９５がバスラインＢを介して接続されている。

[0119] ＣＰＵ９１は、コンピュータプログラムである加工設定プログラム９０を用いて仕上げ加工条件または加工経路の設定を行う。表示部９４は、液晶モニタなどの表示装置であり、ＣＰＵ９１からの指示に基づいて、仕上げ加工条件、加工経路などを表示する。入力部９５は、マウスやキーボードを備えて構成され、使用者から外部入力される指示情報（仕上げ加工条件または加工経路に必要なパラメータ等）を入力する。入力部９５へ入力された指示情報は、ＣＰＵ９１へ送られる。

[0120] 加工設定プログラム９０は、ＲＯＭ９２内に格納されており、バスラインＢを介してＲＡＭ９３へロードされる。ＣＰＵ９１はＲＡＭ９３内にロードされた加工設定プログラム９０を実行する。具体的には、制御装置２では、使用者による入力部９５からの指示入力に従って、ＣＰＵ９１がＲＯＭ９２内から加工設定プログラム９０を読み出してＲＡＭ９３内のプログラム格納領域に展開して各種処理を実行する。ＣＰＵ９１は、この各種処理に際して生じる各種データをＲＡＭ９３内に形成されるデータ格納領域に一時的に記憶させておく。

[0121] 制御装置２で実行される加工設定プログラム９０は、インピーダンス算出部６５、仕上げ加工条件設定部６６、加工経路設定部６７、傾斜度算出部６８および指示出力部６９の少なくとも１つを含むモジュール構成となってお

り、これらが主記憶装置上にロードされ、これらが主記憶装置上に生成される。

[0122] このように実施の形態によれば、架橋部２１Ａ～２１Ｄとは離れた側の位置に配置された給電子９Ｂからワイヤ３に電力を給電するので、容易に被加工物４の板厚方向の加工エネルギーを安定させることができる。

[0123] また、Ｃ字型形状加工時の電流に基づいて、残部加工時における電流を設定するので、Ｃ字型形状加工における中子５の面粗さと、残部加工における中子５の面粗さとを容易に揃えることができる。

[0124] また、Ｃ字型形状加工部分と残部加工部分との間に段差が検出された場合には、パルス幅を固定のまま段階的に休止パルス幅を増加させて追加加工を行うので、容易に段差を解消することが可能となる。

[0125] また、切り残し部分７を所望寸法よりも大きく仕上げ加工しておくので、助走区間領域８を用いて切り残し部分７の仕上げ加工を開始することができる。このため、Ｃ字型形状加工部分と残部加工部分との間に発生する加工誤差を軽減させることができる。この結果、筋状の加工跡を軽減させることができる。

[0126] また、切り残し部分７の仕上げ加工条件と比較して、パルス幅が同じで休止パルス幅が異なるものを、助走区間の仕上げ加工条件に用いるので、Ｃ字型形状加工部分と残部加工部分との間に発生する加工誤差を軽減させることができる。この結果、筋状の加工跡を軽減させることができる。

[0127] また、中子５の仕上げ面に対して、助走区間に傾斜を設けた加工経路を用いるので、中子５の傾き度合いを容易に算出することが可能となる。そして、中子５の傾き度合いに応じて残部加工を行う際の加工経路を修正するので、中子５が傾いた場合であっても、中子５を精度良く所望の形状に形成することが可能となる。

[0128] このように、Ｃ字型形状加工の後に、中子５の切り残し部分７に対して適切な加工を行うので、被加工物４から高品質な所望形状の中子５を容易に形成することが可能になる。

産業上の利用可能性

[0129] 以上のように、本発明に係るワイヤ放電加工装置、ワイヤ放電加工方法および制御装置は、ワイヤ放電加工による被加工物からの所望形状の形成に適している。

符号の説明

[0130] １　ワイヤ放電加工装置、２　制御装置、３　ワイヤ、４　被加工物、５　中子、６　外枠部分、７　切り残し部分、８　助走区間領域、９Ａ，９Ｂ　給電子、１０　Ｃ字型加工経路、２０　残部加工経路、２１Ａ～２１Ｄ　架橋部、３０　加工電源、５１　放電電流検出部、５２　段差検出部、５３　放電周波数検出部、６５　インピーダンス算出部、６６　仕上げ加工条件設定部、６７　加工経路設定部、６８　傾斜度算出部、ＲＡ，ＲＢ　助走区間。

請求の範囲

[請求項1] ワイヤと被加工物との間に電圧を印加する電源装置と、

前記ワイヤと前記被加工物とを相対移動させることによって前記被加工物を加工し、前記被加工物から外枠部分を切り離すことによって前記被加工物の内側部分である製品部位を形成する加工部と、

前記電源装置および前記加工部を制御する制御装置と、

を備え、

前記加工部は、

前記外枠部分と前記製品部位との境界のうちの一部が切り残し部分として残されるよう前記境界のうちの第１の境界領域を加工し、その後、前記製品部位になる部材と前記外枠部分になる部材とが導電性部材で接続された後に、前記境界のうちの前記切り残し部分である第２の境界領域を加工することによって前記外枠部分から前記製品部位を切り離すとともに、前記被加工物を加工する際には、前記第１の境界領域に対して複数回の加工を繰り返すとともに、前記第２の境界領域に対して複数回の加工を繰り返し、

前記制御装置は、ｎを２以上の自然数とした場合に、

前記第１の境界領域を加工した際の加工状況に基づいて、前記第１の境界領域をｎ回目に加工する際の第１の加工条件と、前記第２の境界領域をｎ回目に加工する際の第２の加工条件と、で異なる加工条件を設定することを特徴とするワイヤ放電加工装置。

[請求項2] 前記制御装置は、

前記第１の境界領域に対して行われた前記ｎ回目の加工における第１の加工パルスと、前記第２の境界領域に対して行われた前記ｎ回目の加工における第２の加工パルスと、を比較し、比較結果に基づいて、前記第２の境界領域に対して行う前記ｎ回目の途中からの加工または（ｎ＋１）回目以降の加工における加工条件を変更することを特徴とする請求項１に記載のワイヤ放電加工装置。

[請求項3] 前記制御装置は、

前記比較の際に、前記第１の加工パルスの電流ピーク値と前記第２の加工パルスの電流ピーク値とを比較することを特徴とする請求項２に記載のワイヤ放電加工装置。

[請求項4] 前記制御装置は、

前記異なる加工条件を設定する際に、前記第２の加工条件のうちの、電気条件、前記ワイヤの前記被加工物への寄せ量および加工速度の少なくとも１つを変更することを特徴とする請求項２または３に記載のワイヤ放電加工装置。

[請求項5] 前記導電性部材は、前記被加工物上であって且つ前記被加工物から見て前記ワイヤの主軸方向における一方の端部側に配置され、

前記第２の境界領域に対する２回目以降の加工の際には、前記ワイヤ上であって且つ前記被加工物から見て前記ワイヤの主軸方向における他方の端部側に配置された給電子から、前記電源装置からの電圧を前記ワイヤに供給することを特徴とする請求項１から４のいずれか１つに記載のワイヤ放電加工装置。

[請求項6] ワイヤと被加工物との間に電圧を印加する電源装置と、

前記ワイヤと前記被加工物とを相対移動させることによって前記被加工物を加工し、前記被加工物から外枠部分を切り離すことによって前記被加工物の内側部分である製品部位を形成する加工部と、

前記電源装置および前記加工部を制御する制御装置と、

を備え、

前記加工部は、

前記外枠部分と前記製品部位との境界のうちの一部が切り残し部分として残されるよう前記境界のうちの第１の境界領域を加工し、その後、前記製品部位になる部材と前記外枠部分になる部材とが導電性部材で接続された後に、前記境界のうちの前記切り残し部分である第２の境界領域を加工することによって前記外枠部分から前記製品部位を

切り離すとともに、前記被加工物を加工する際には、前記第１の境界領域に対して複数回の加工を繰り返すとともに、前記第２の境界領域に対して複数回の加工を繰り返し、

前記制御装置は、ｎを２以上の自然数とした場合に、

前記第２の境界領域に対するｎ回目の加工中における加工状態の変化に基づいて、前記第２の境界領域に対する（ｎ＋１）回目の加工における加工条件を変更することを特徴とするワイヤ放電加工装置。

[請求項7] 前記加工条件は、加工経路または加工エネルギーであることを特徴とする請求項６に記載のワイヤ放電加工装置。

[請求項8] 前記加工状態の変化は、放電周波数の変化であることを特徴とする請求項６に記載のワイヤ放電加工装置。

[請求項9] 前記被加工物を前記ワイヤの主軸方向から見た場合の、前記第１の境界領域と前記第２の境界領域との間の段差を検出する段差検出部をさらに備え、

前記加工部が前記複数回の加工を繰り返した後に、前記段差検出部が前記段差を検出すると、前記制御装置は、前記段差が無くなるまで、前記加工部に追加加工を行わせることを特徴とする請求項６から８のいずれか１つに記載のワイヤ放電加工装置。

[請求項10] 前記制御装置は、

前記第２の境界領域に対して複数回の加工を繰り返した際に用いた加工パルス幅と同じ加工パルス幅で、かつ前記第２の境界領域に対して複数回の加工を繰り返した際に用いた休止パルス幅を段階的に増加させながら、前記加工部に前記追加加工を行わせることを特徴とする請求項９に記載のワイヤ放電加工装置。

[請求項11] 電源装置が、ワイヤと被加工物との間に電圧を印加する電圧印加ステップと、

加工部が、前記ワイヤと前記被加工物とを相対移動させることによって前記被加工物を加工し、前記被加工物から外枠部分を切り離すこ

とによって前記被加工物の内側部分である製品部位を形成する加工ステップと、

前記電源装置および前記加工部を制御する制御ステップと、

を含み、

前記加工ステップでは、

前記外枠部分と前記製品部位との境界のうちの一部が切り残し部分として残されるよう前記境界のうちの第１の境界領域を加工し、その後、前記製品部位になる部材と前記外枠部分になる部材とが導電性部材で接続された後に、前記境界のうちの前記切り残し部分である第２の境界領域を加工することによって前記外枠部分から前記製品部位を切り離すとともに、前記被加工物を加工する際には、前記第１の境界領域に対して複数回の加工を繰り返すとともに、前記第２の境界領域に対して複数回の加工を繰り返し、

前記制御ステップでは、ｎを２以上の自然数とした場合に、

前記第１の境界領域を加工した際の加工状況に基づいて、前記第１の境界領域をｎ回目に加工する際の第１の加工条件と、前記第２の境界領域をｎ回目に加工する際の第２の加工条件と、で異なる加工条件を設定することを特徴とするワイヤ放電加工方法。

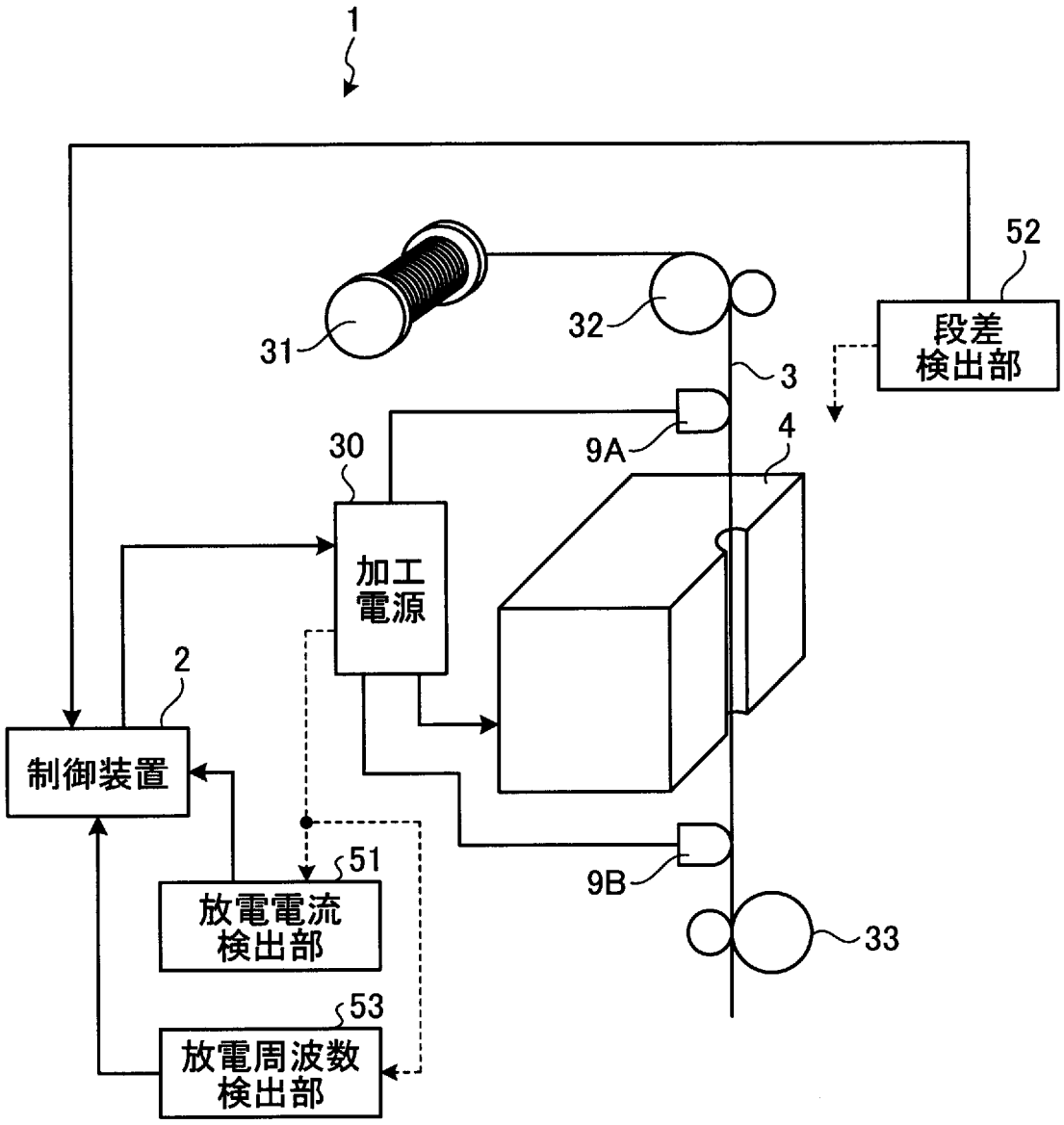
[請求項12] ワイヤと被加工物との間に電圧を印加する電源装置と、前記ワイヤと前記被加工物とを相対移動させることによって前記被加工物を加工し前記被加工物から外枠部分を切り離すことによって前記被加工物の内側部分である製品部位を形成する加工部と、を制御し、

かつ前記外枠部分と前記製品部位との境界のうちの一部が切り残し部分として残されるよう前記境界のうちの第１の境界領域を前記加工部に加工させ、その後、前記製品部位になる部材と前記外枠部分になる部材とが導電性部材で接続された後に、前記境界のうちの前記切り残し部分である第２の境界領域を前記加工部に加工させることによって前記外枠部分から前記製品部位を切り離すとともに、前記被加工物

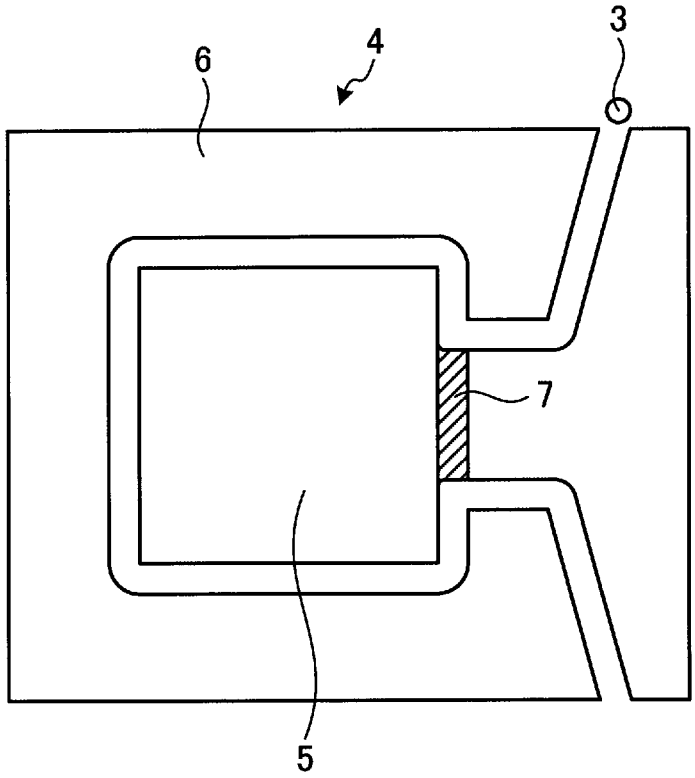
を加工する際には、前記加工部に前記第１の境界領域に対して複数回の加工を繰り返させるとともに、前記加工部に前記第２の境界領域に対して複数回の加工を繰り返させ、

かつ前記第１の境界領域を加工した際の加工状況に基づいて、ｎを２以上の自然数とした場合に、前記第１の境界領域をｎ回目に加工する際の第１の加工条件と、前記第２の境界領域をｎ回目に加工する際の第２の加工条件と、で異なる加工条件を設定することを特徴とする制御装置。

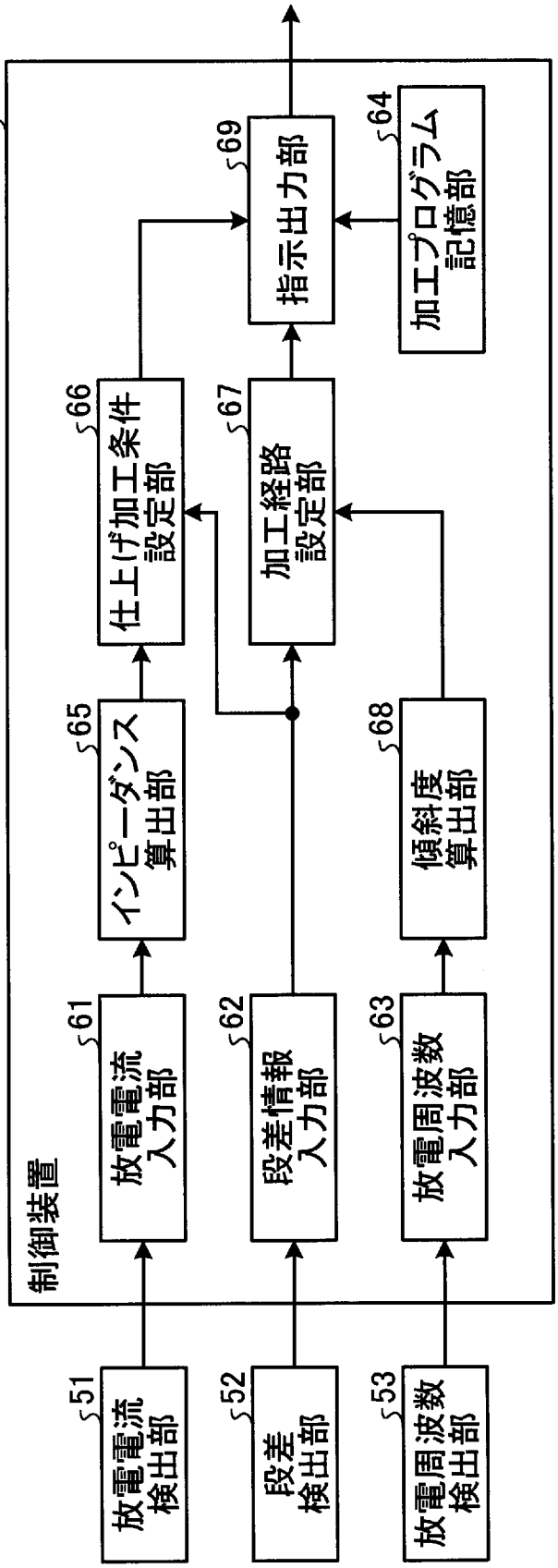
[図1]


1
52
段差
検出部
31
32
3
9A
4
30
加工
電源
2
制御装置
51
放電電流
検出部
9B
33
53
放電周波数
検出部

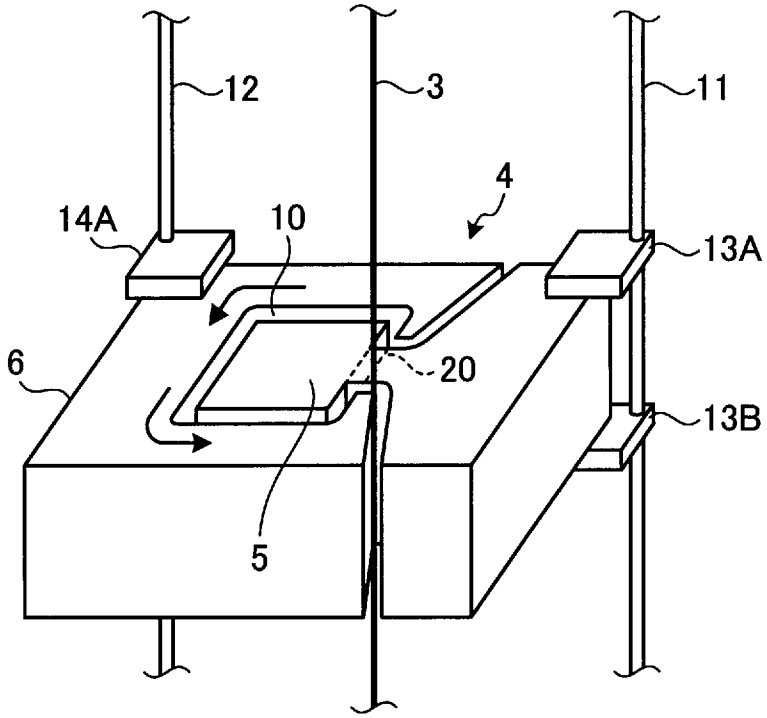
[図2]



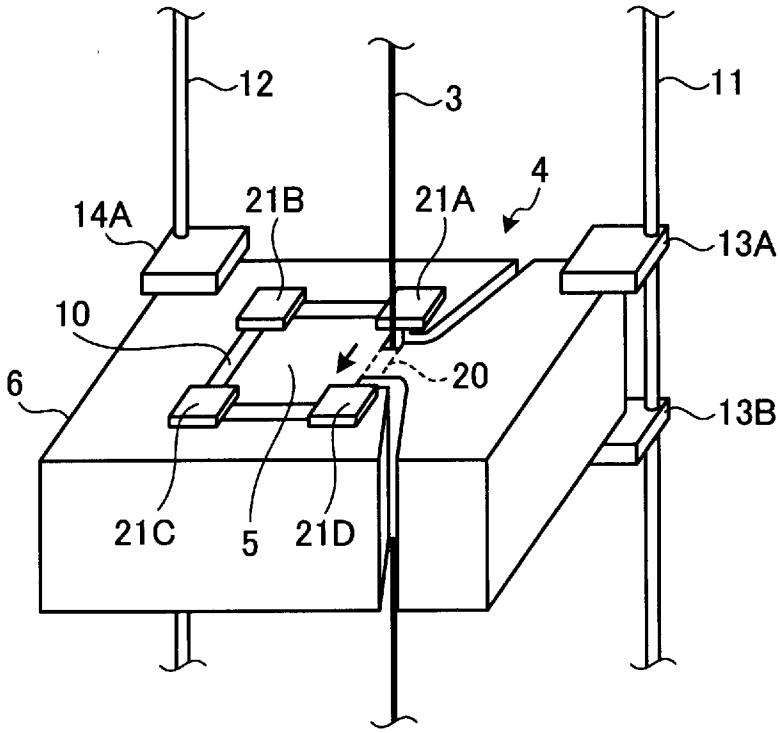
[図3]


2
制御装置
51
放電電流検出部
52
段差検出部
53
放電周波数検出部
61
放電電流入力部
62
段差情報入力部
63
放電周波数入力部
65
インピーダンス算出部
66
仕上げ加工条件設定部
67
加工経路設定部
68
傾斜度算出部
69
指示出力部
64
加工プログラム記憶部

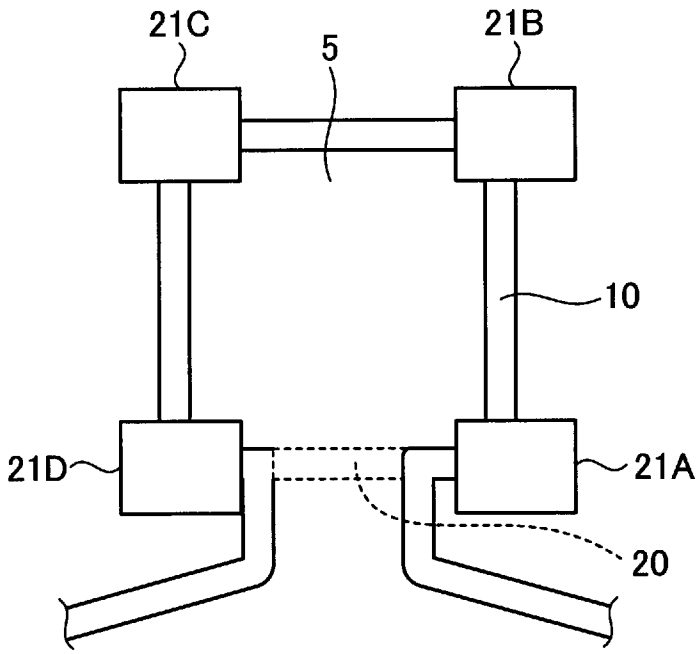
[図4]


12
3
11
4
14A
10
13A
6
20
13B
5

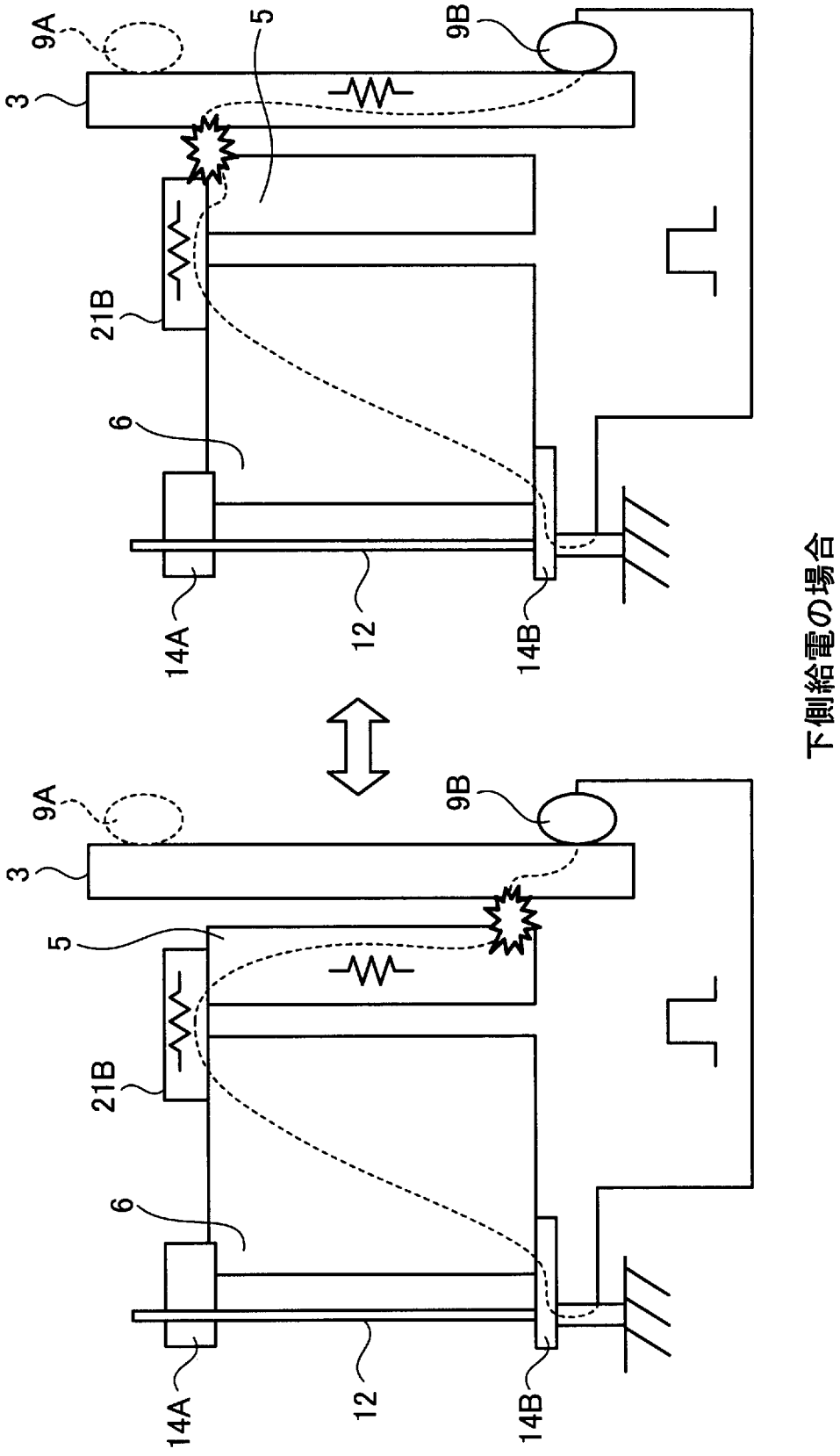
[図5]


12
3
11
4
14A
21B
21A
13A
10
6
20
13B
21C
5
21D

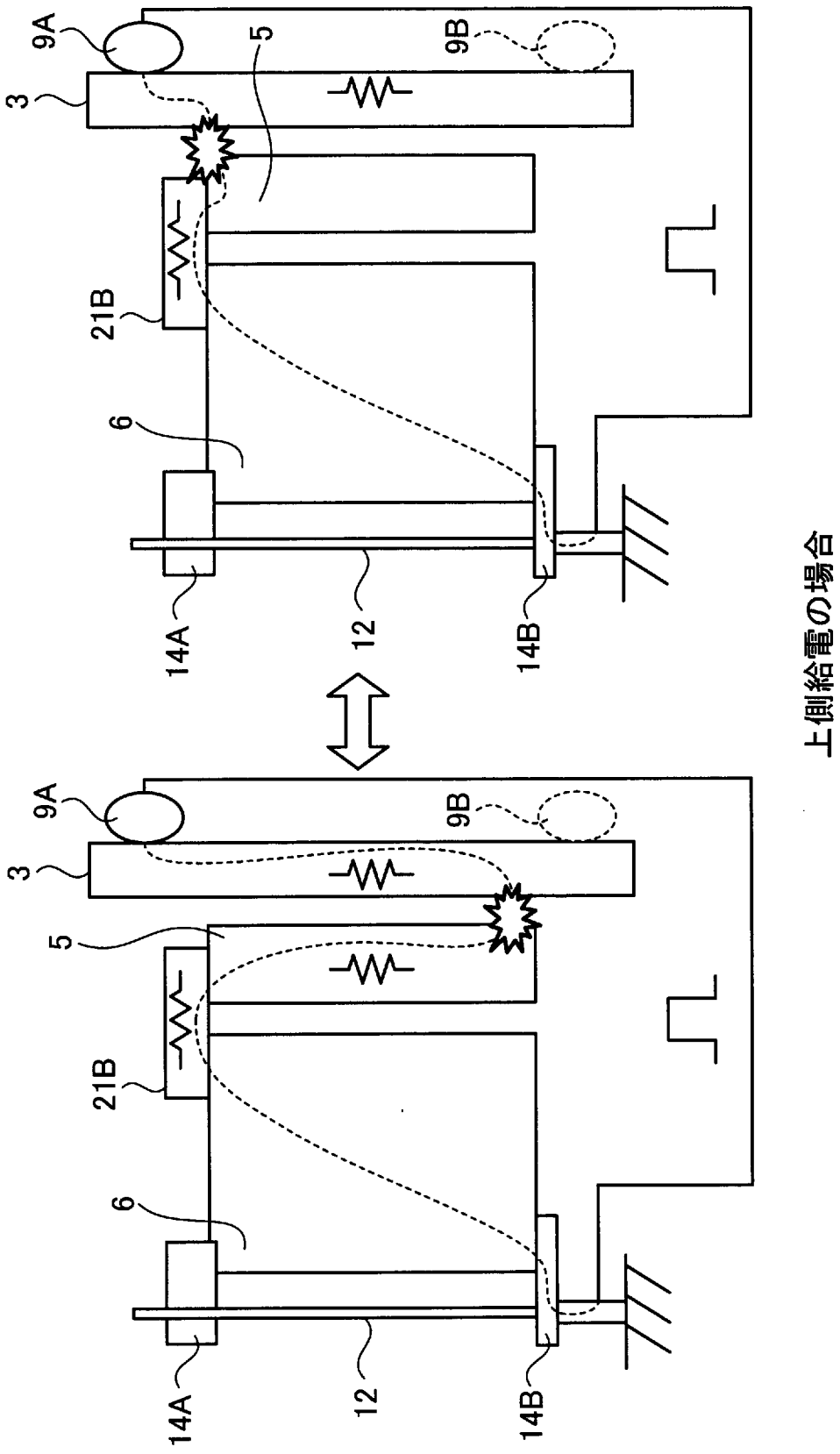
[図6]



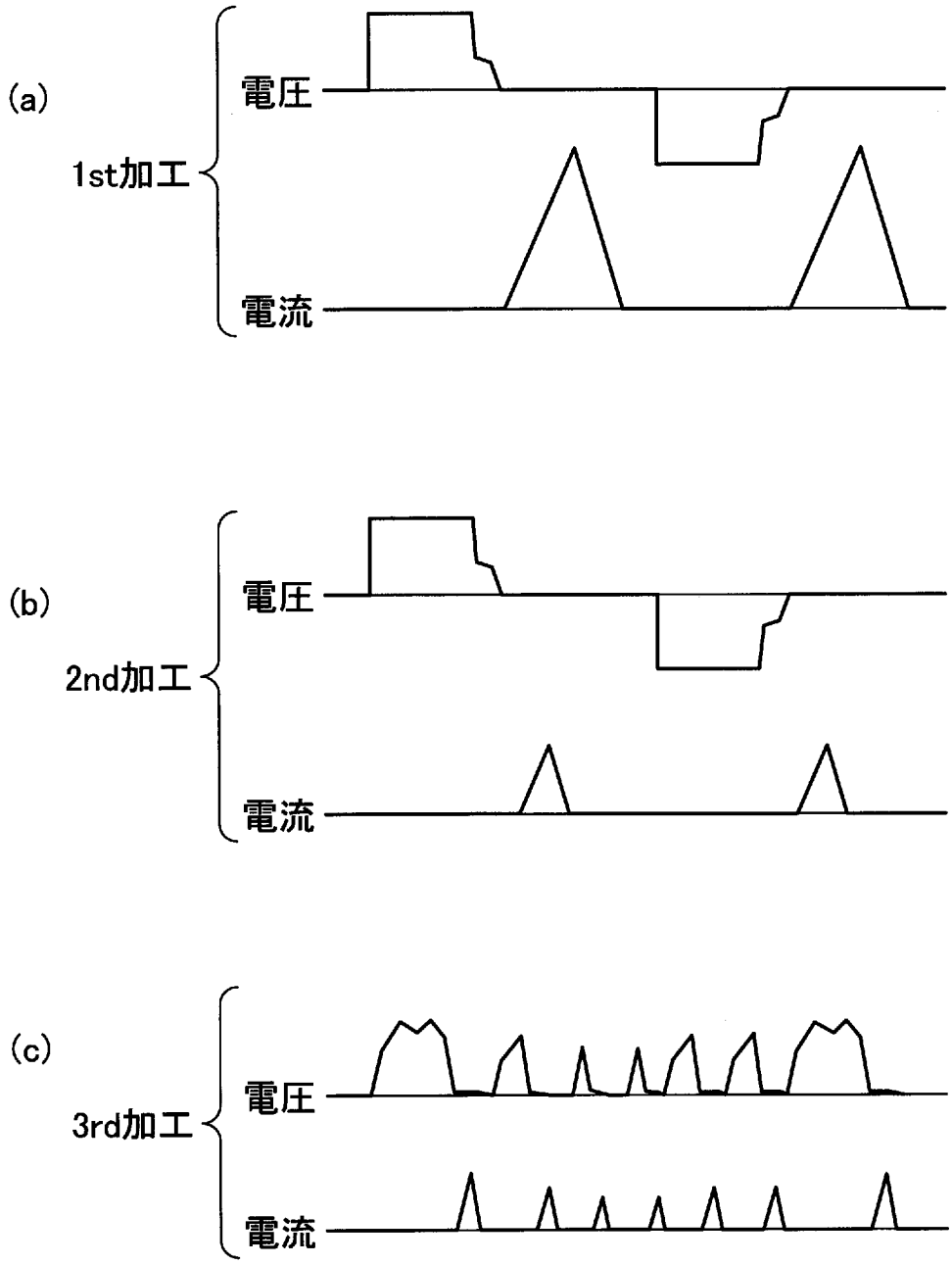
[図7]



[図8]

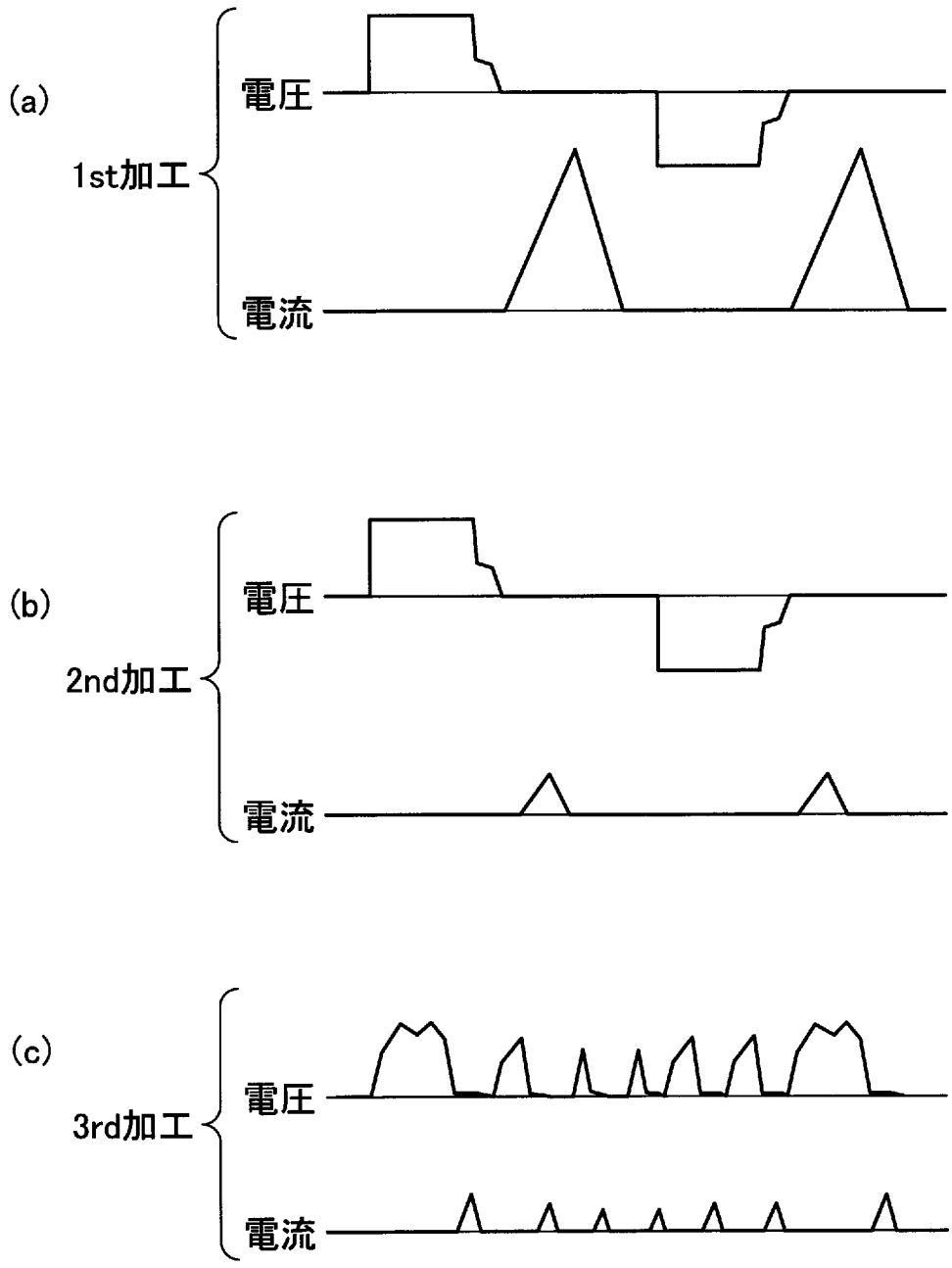


[図9]



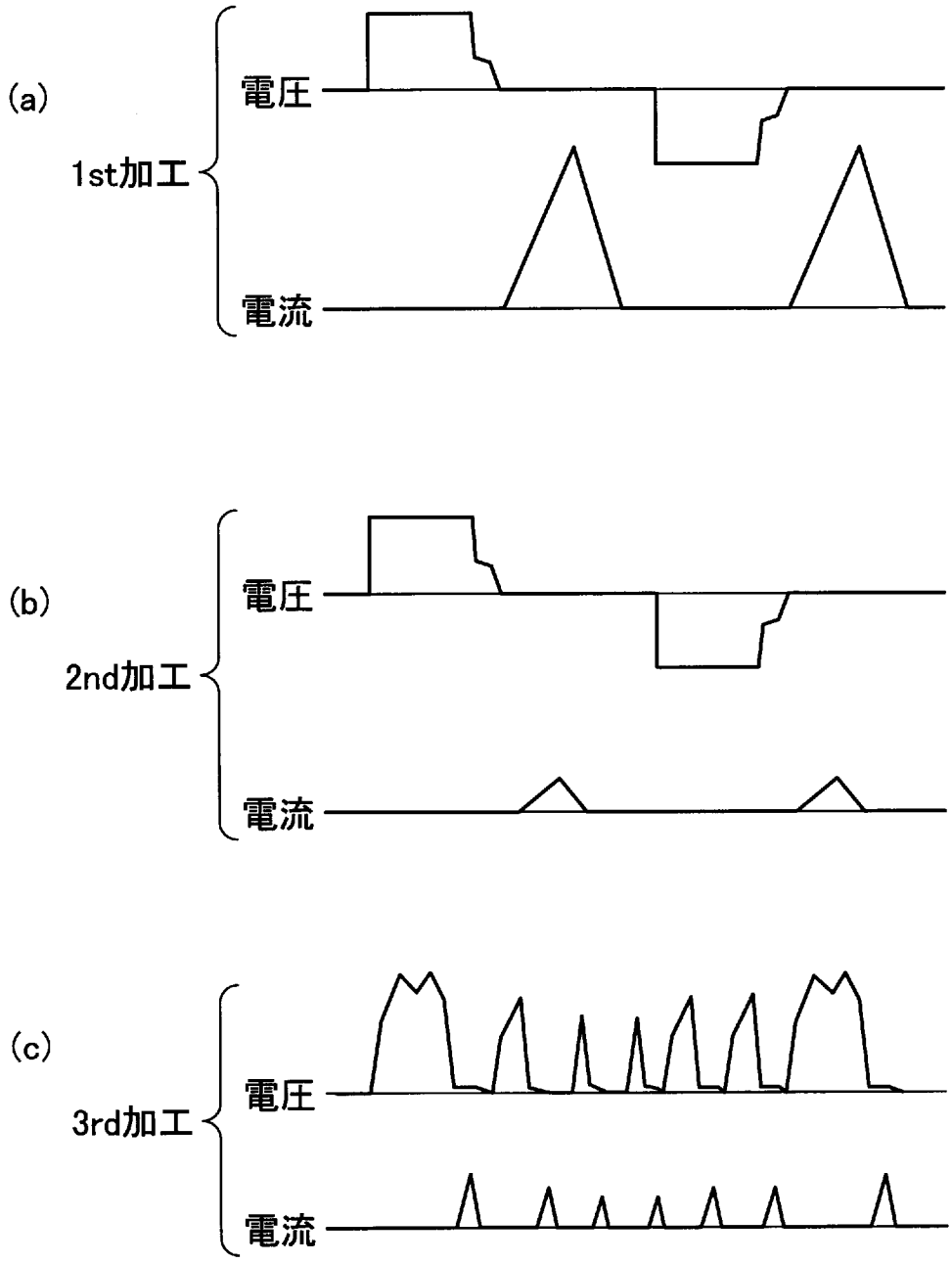
C字型形状加工の電圧電流波形

[図10]



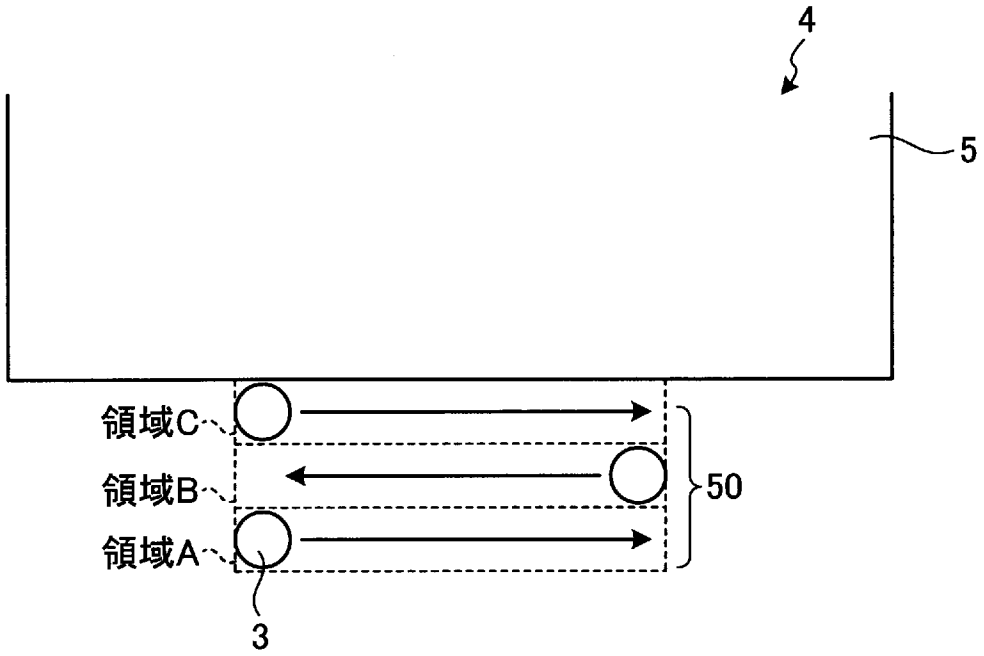
切り残し部分の電圧電流波形
(補正前)

[図11]

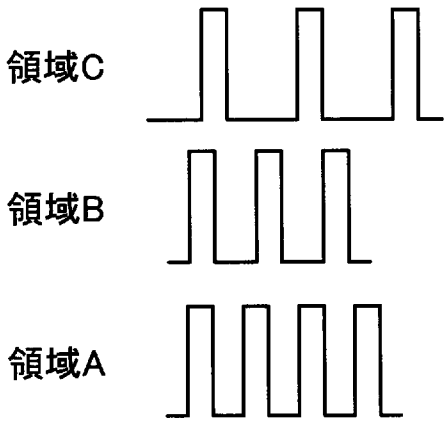


切り残し部分の電圧電流波形
(補正後)

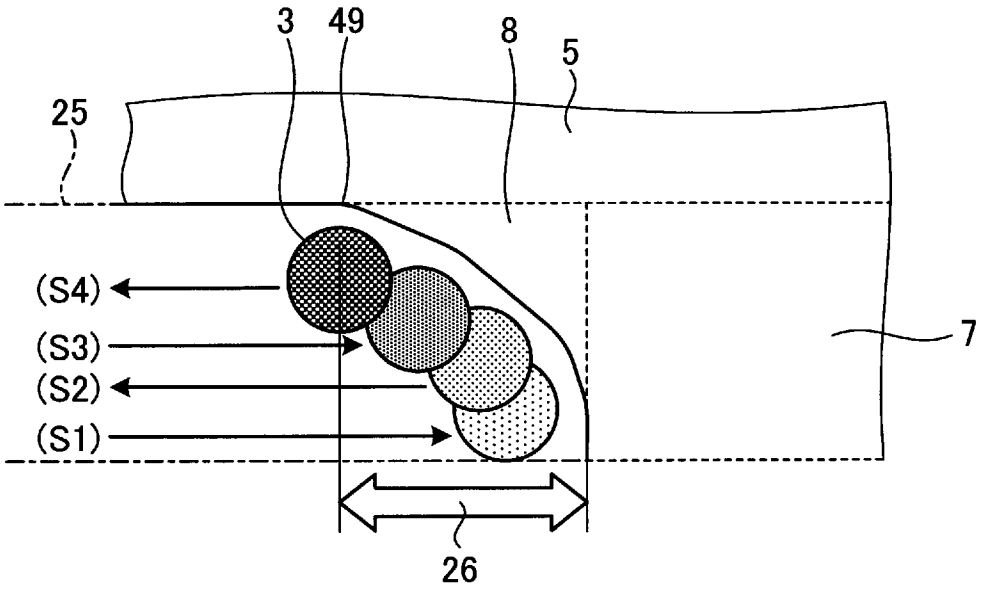
[図12]



[図13]

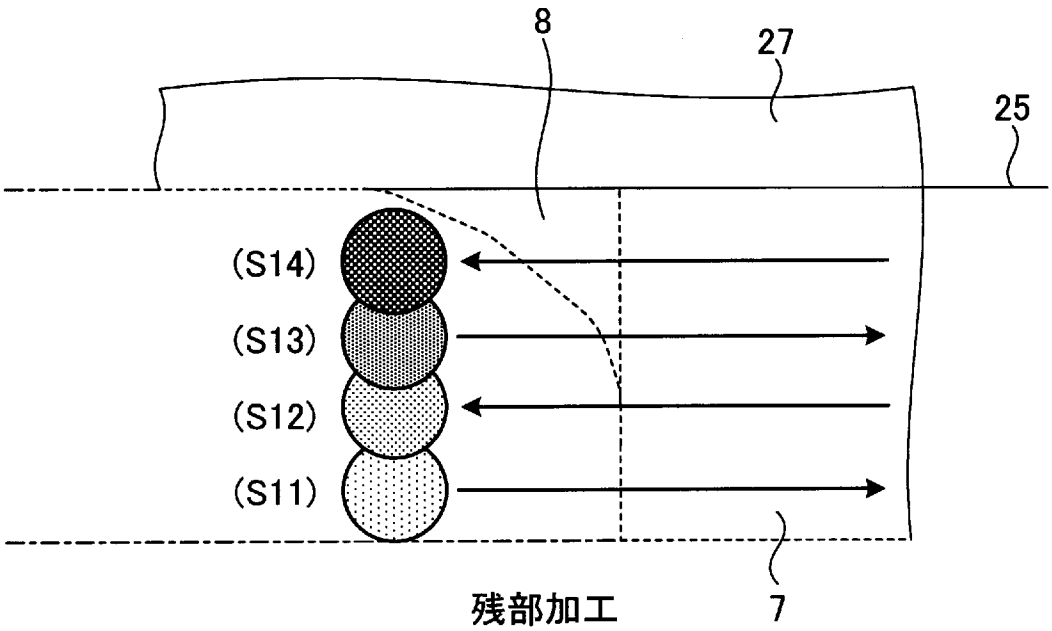


[図14]



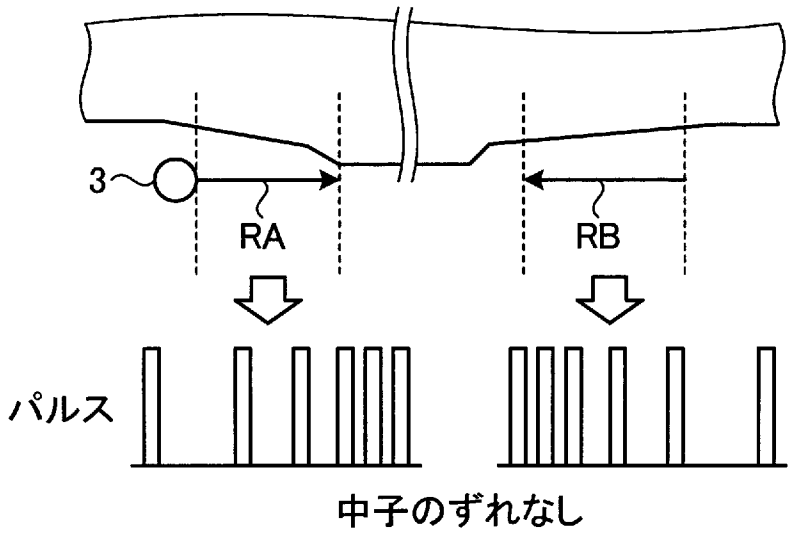
C字型形状加工

[図15]

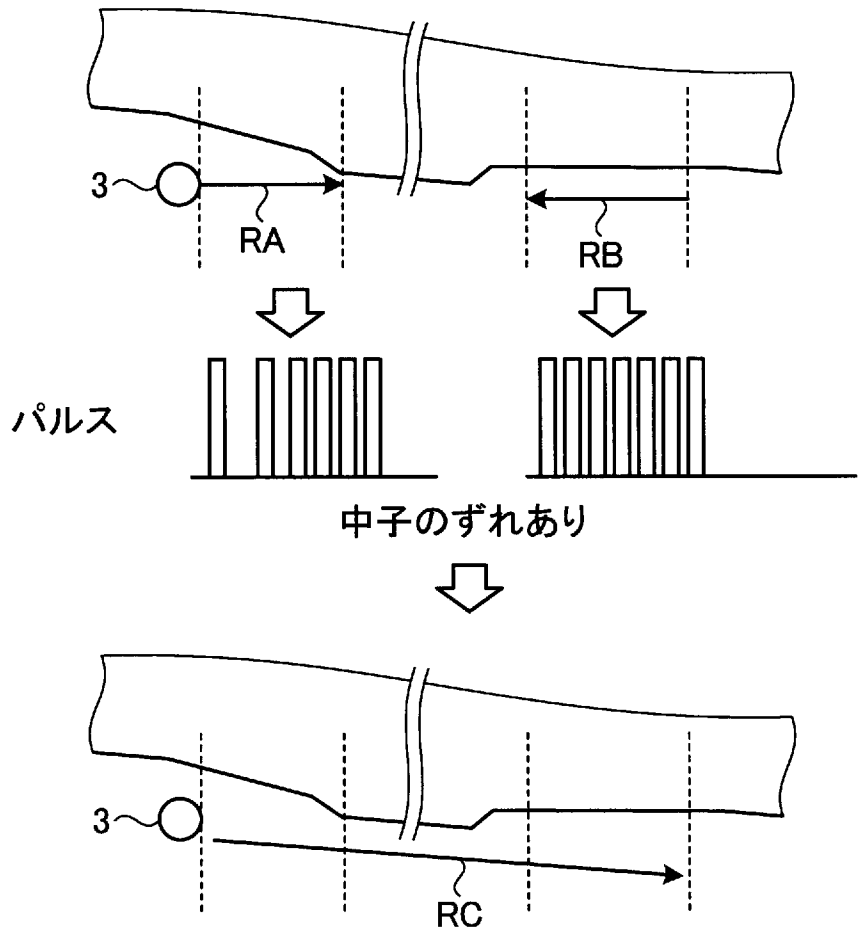


残部加工

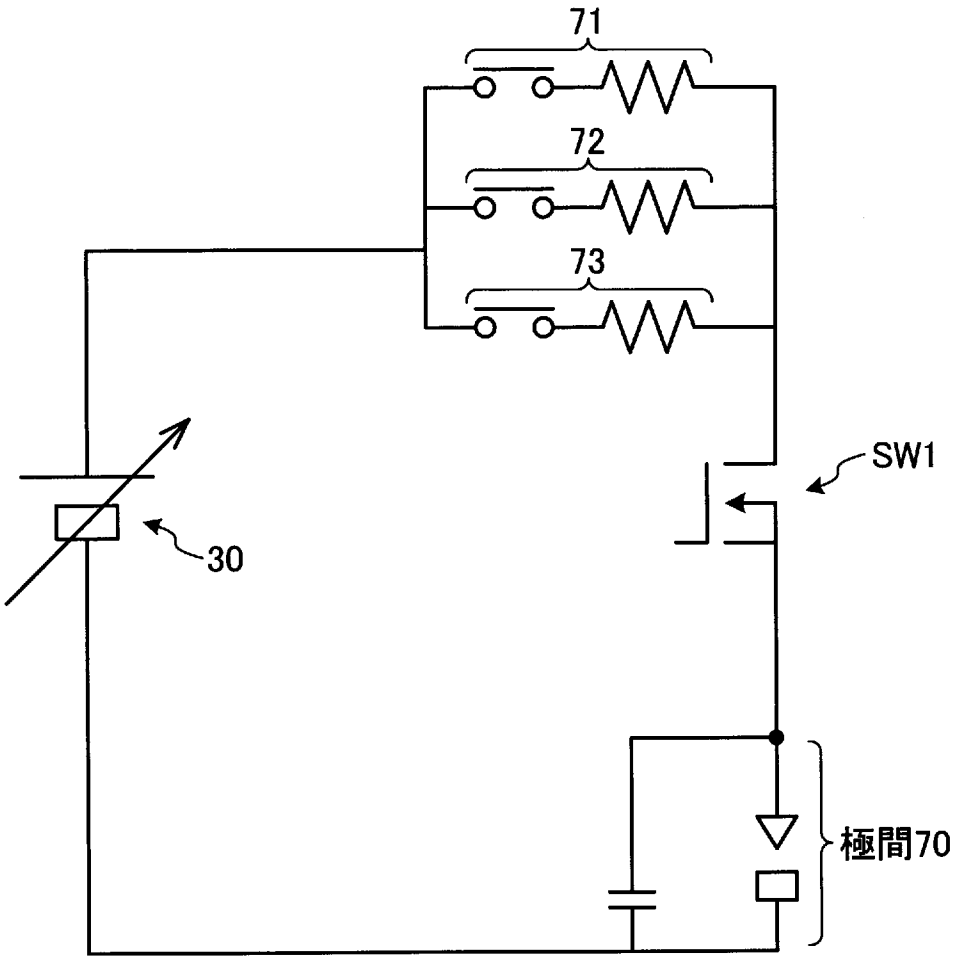
[図16]



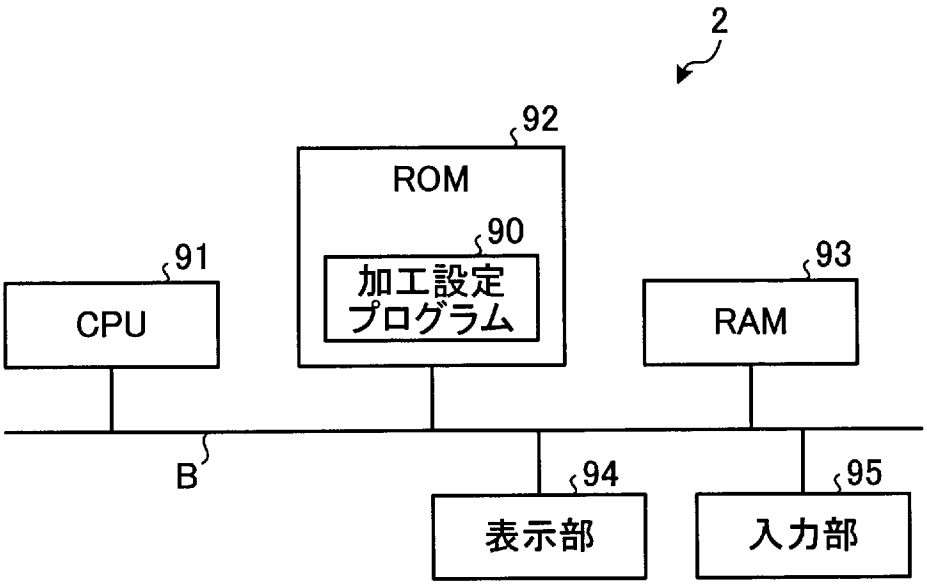
[図17]



[図18]



[図19]



PATENT COOPERATION TREATY

PCT

DECLARATION OF NON-ESTABLISHMENT OF INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 17(2)(a), Rules 13*ter*.1(c) and 39)

Applicant's or agent's file reference 632863WO01	**IMPORTANT DECLARATION**	Date of mailing *(day/month/year)* 04 March 2014 (04.03.2014)
International application No. PCT/JP2013/084132	International filing date *(day/month/year)* 19 December 2013 (19.12.2013)	(Earliest) Priority Date *(day/month/year)*
International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC *B23H7/02*(2006.01)i		
Applicant Mitsubishi Electric Corp.		

This International Searching Authority hereby declares, according to Article 17(2)(a), that **no international search report will be established** on the international application for the reasons indicated below.

1. ☐ The subject matter of the international application relates to:
   - a. ☐ scientific theories.
   - b. ☐ mathematical theories.
   - c. ☐ plant varieties.
   - d. ☐ animal varieties.
   - e. ☐ essentially biological processes for the production of plants and animals, other than microbiological processes and the products of such processes.
   - f. ☐ schemes, rules or methods of doing business.
   - g. ☐ schemes, rules or methods of performing purely mental acts.
   - h. ☐ schemes, rules or methods of playing games.
   - i. ☐ methods for treatment of the human body by surgery or therapy.
   - j. ☐ methods for treatment of the animal body by surgery or therapy.
   - k. ☐ diagnostic methods practised on the human or animal body.
   - l. ☐ mere presentations of information.
   - m. ☐ computer programs for which this International Searching Authority is not equipped to search prior art.
2. ☒ The failure of the following parts of the international application to comply with prescribed requirements prevents a meaningful search from being carried out:
   ☒ the description ☒ the claims ☐ the drawings
3. ☐ A meaningful search could not be carried out without the sequence listing; the applicant did not, within the prescribed time limit:
   - ☐ furnish a sequence listing on paper complying with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions, and such listing was not available to the International Searching Authority in a form and manner acceptable to it.
   - ☐ furnish a sequence listing in electronic form complying with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions, and such listing was not available to the International Searching Authority in a form and manner acceptable to it.
   - ☐ pay the required late furnishing fee for the furnishing of a sequence listing in response to an invitation under Rule 13ter.1(a) or (b).
4. Further comments:

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

特 許 協 力 条 約

ＰＣＴ

国際調査報告を作成しない旨の決定

（法第８条第２項、法施行規則第42条、第50条の３第７項）
〔ＰＣＴ17条(2)(a)、ＰＣＴ規則13の3.1(c) 及び(d)、39〕

出願人又は代理人 の書類記号 632863W001	重要決定	発送日 （日.月.年）　０４．０３．２０１４
国際出願番号 ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０８４１３２	国際出願日 （日.月.年）　１９．１２．２０１３	優先日 （日.月.年）
国際特許分類（ＩＰＣ）Int.Cl. B23H7/02(2006.01)i		
出願人（氏名又は名称） 三菱電機株式会社		

この出願については、法第８条第２項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定に基づき、次の理由により国際調査報告を作成しない旨の決定をする。

１．☐ この国際出願は、次の事項を内容としている。
- a．☐ 科学の理論
- b．☐ 数学の理論
- c．☐ 植物の品種
- d．☐ 動物の品種
- e．☐ 植物及び動物の生産の本質的に生物学的な方法（微生物学的方法による生産物及び微生物学的方法を除く。）
- f．☐ 事業活動に関する計画、法則又は方法
- g．☐ 純粋に精神的な行為の遂行に関する計画、法則又は方法
- h．☐ 遊戯に関する計画、法則又は方法
- i．☐ 人の身体の手術又は治療による処置方法
- j．☐ 動物の身体の手術又は治療による処置方法
- k．☐ 人又は動物の身体の診断方法
- l．☐ 情報の単なる提示
- m．☐ この国際調査機関が先行技術を調査できないコンピューター・プログラム

２．☑ この国際出願の次の部分が所定の要件を満たしていないので、有効な国際調査をすることができない。
☑ 明細書　☑ 請求の範囲　☐ 図面

３．☐ 入手可能な配列表が存在せず、有意義な調査を行うことができなかった。
出願人は所定の期間内に、
- ☐ 実施細則の附属書Ｃに定める基準を満たす紙形式の配列表を提出しなかったため、国際調査機関は、認められた形式及び方法で配列表を入手することができなかった。
- ☐ 実施細則の附属書Ｃに定める基準を満たす電子形式の配列表を提出しなかったため、国際調査機関は、認められた形式及び方法で配列表を入手することができなかった。
- ☐ ＰＣＴ規則13の3.1(a)又は(b)に基づく命令に応じた、要求された配列表の遅延提出手数料を支払わなかった。

４．附記

名称及びあて名
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）
山崎　孔徳
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６４

３Ｐ	４０２５