

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 1)

(11) 特許番号

特許第3078546号
(P3078546)

(45) 発行日 平成12年8月21日(2000.8.21)

(24) 登録日 平成12年6月16日(2000.6.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	
B 2 3 H	7/04	B 2 3 H	7/04
	7/02		7/02
			E
			S

請求項の数10(全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-282148

(22) 出願日 平成11年10月1日(1999.10.1)

審査請求日 平成11年10月4日(1999.10.4)

(73) 特許権者 594110170

宮城 稜威男

町田市小山田桜台1-10-1、50-406

(72) 発明者 宮城 稜威男

町田市小山田桜台1-10-1、50-406

(74) 代理人 100099704

弁理士 久寶 聡博

審査官 八木 誠

(56) 参考文献 特開 平1-103228 (J P , A)

特開 平1-109023 (J P , A)

特開 平9-123024 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl.⁷ , D B名)

B23H 7/02 - 7/20

(54) 【発明の名称】 ワイヤカット放電加工機及びそれに用いるワイヤ断線防止装置並びにワイヤ断線防止方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 加工電源の一方の極性端子を加工電極に他方の極性端子を被加工物にそれぞれ電気接続した加工電源を備えたワイヤカット放電加工機において、前記加工電極と前記被加工物との間の電圧を計測する電圧検出回路と、前記加工電極と前記被加工物との間に配置されたバイパス用スイッチ手段と、該バイパス用スイッチ手段を制御するとともに前記電圧検出回路で計測された電圧が正常時の下降電圧値を下回ったときを開始時刻として所定の監視時間を計時する監視時間タイマーが設けられた制御回路とからなるワイヤ断線防止回路を備え、前記監視時間の間に前記電圧が正常時の上昇電圧下限値を上回らなかつたとき、前記バイパス用スイッチ手段が所定のバイパス時間にわたってオン状態に維持されるように該バイパス用スイッチ手段を前記制御回路で制

御することを特徴とするワイヤカット放電加工機。

【請求項2】 加工電源の一方の極性端子を加工電極に他方の極性端子を被加工物にそれぞれ電気接続した加工電源を備えたワイヤカット放電加工機において、前記加工電極から前記被加工物に流れる電流を計測する電流検出回路と、前記加工電極と前記被加工物との間に配置されたバイパス用スイッチ手段と、該バイパス用スイッチ手段を制御するとともに前記電流検出回路で計測された電流が正常時の下降電流値を下回ったときを開始時刻として所定の監視時間を計時する監視時間タイマーが設けられた制御回路とからなるワイヤ断線防止回路を備え、前記監視時間の間に前記電流が正常時の上昇電流上限値を上回ったとき、前記バイパス用スイッチ手段が所定のバイパス時間にわたってオン状態に維持されるように該バイパス用スイッチ手段を前記制御回路で制御す

ることを特徴とするワイヤカット放電加工機。

【請求項3】 前記監視時間を複数の時間セグメントに分割するとともに、該時間セグメントごとにかつそれらの進行に伴って増加するように前記バイパス時間を設定し、かかる設定状態で前記バイパス用スイッチ手段の制御が前記時間セグメントごとに行なわれるように前記バイパス用スイッチ手段を前記制御回路で制御する請求項1若しくは請求項2記載のワイヤカット放電加工機。

【請求項4】 前記加工電極若しくは前記被加工物と前記バイパス用スイッチ手段との間に介在され前記制御回路で制御可能な可変抵抗を備えるとともに、該可変抵抗の抵抗値が前記時間セグメントの進行に伴って減少するように前記可変抵抗を前記制御回路で制御する請求項3記載のワイヤカット放電加工機。

【請求項5】 前記監視時間を前記時間セグメントの個数若しくは時間間隔が異なる複数の監視モードとして記憶した記憶部と、該監視モードを選択する選択部とを備えた請求項3若しくは請求項4記載のワイヤカット放電加工機。

【請求項6】 ワイヤカット放電加工機の加工電極と被加工物にそれぞれ電気接続される一対の入力端子と、該入力端子間の電圧を計測する電圧検出回路と、前記入力端子間に配置されたバイパス用スイッチ手段と、該バイパス用スイッチ手段を制御するとともに前記電圧検出回路で計測された電圧が正常時の下降電圧値を下回ったときを開始時刻として所定の監視時間を計時する監視時間タイマーが設けられた制御回路とからなり、前記監視時間の間に前記電圧が正常時の上昇電圧下限値を上回らなかったとき、前記バイパス用スイッチ手段が所定のバイパス時間にわたってオン状態に維持されるように該バイパス用スイッチ手段を前記制御回路で制御することを特徴とするワイヤカット放電加工機用ワイヤ断線防止装置。

【請求項7】 前記監視時間を複数の時間セグメントに分割するとともに、該時間セグメントごとにかつそれらの進行に伴って増加するように前記バイパス時間を設定し、かかる設定状態で前記バイパス用スイッチ手段の制御が前記時間セグメントごとに行なわれるように前記バイパス用スイッチ手段を前記制御回路で制御する請求項6記載のワイヤカット放電加工機用ワイヤ断線防止装置。

【請求項8】 前記入力端子と前記バイパス用スイッチ手段との間に介在され前記制御回路で制御可能な可変抵抗を備えるとともに、該可変抵抗の抵抗値が前記時間セグメントの進行に伴って減少するように前記可変抵抗を前記制御回路で制御する請求項7記載のワイヤカット放電加工機用ワイヤ断線防止装置。

【請求項9】 前記監視時間を前記時間セグメントの個数若しくは時間間隔が異なる複数の監視モードとして記憶した記憶部と、該監視モードを選択する選択部とを

備えた請求項7若しくは請求項8記載のワイヤカット放電加工機用ワイヤ断線防止装置。

【請求項10】 加工電極と被加工物との間の電圧若しくはそれらを通る電流を計測し、所定の監視時間の間に前記電圧が正常時の上昇電圧下限値を上回らなかったとき、若しくは前記電流が正常時の上昇電流上限値を上回ったとき、前記加工電極と前記被加工物との間に設けたバイパス用スイッチ手段をオンにし、前記加工電極と前記被加工物との間を通るパルス加工電流を前記バイパス用スイッチ手段にバイパスさせることを特徴とするワイヤ断線防止方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、放電加工機、特にきわめて細い金属線を加工電極とするワイヤカット放電加工機及びそれに用いるワイヤ断線防止装置並びにワイヤ断線防止方法に関する。

【0002】

【従来の技術】放電加工機は、被加工物と加工電極とを絶縁性の加工液の中にきわめて小さい間隙で対向させ、両者の間で短時間のパルス性アーク放電を繰り返し発生させることによって被加工物を除去加工するものであり、超合金など高硬度・強靱金属材料が容易に加工できること、複雑な形状の加工が容易であること、加工精度が高いこと等のため、金型などの精密加工に広く利用されている。

【0003】このような放電加工機のうち、ワイヤカット放電加工機は、きわめて細い金属線を加工電極とし、かかる加工電極若しくは被加工物を目的の形状に移動しながら放電加工を行うものであり、加工精度が高いこと、加工液として不燃性の高純度水をを用いるため、火災の心配がないことなどの利点がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ここで、ワイヤカット放電加工機には、加工電極と被加工物との間に加工液を噴出するためのノズルを設けてあり、該ノズルから噴出される加工液によって加工電極と被加工物との間に生じる加工屑をスムーズに排除するようになっている。

【0005】しかしながら、このような加工屑がスムーズに排出されずに加工電極と被加工物との間に残留したり、加工条件の設定が適切でなかったりすると、特定の箇所に放電が発生し続けるいわゆる放電集中が発生し、それが原因で加工電極すなわちワイヤ電極に過大な電流が流れ、該ワイヤ電極が熱溶解で断線してしまうという問題を生じていた。

【0006】このような問題は、電源から出力されるパルス加工電流の休止時間を大きくしたり平均加工電流を小さくしたりすることによって解決できるが、この場合には、加工効率の低下ひいては生産性の低下を余儀なくされる。

【0007】本発明は、上述した事情を考慮してなされたもので、放電加工における加工効率を何ら低下させることなくワイヤ電極の熱溶解を未然に防止可能なワイヤカット放電加工機及びそれに用いるワイヤ断線防止装置並びにワイヤ断線防止方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明に係るワイヤカット放電加工機は請求項1に記載したように、加工電源の一方の極性端子を加工電極に他方の極性端子を被加工物にそれぞれ電気接続した加工電源を備えたワイヤカット放電加工機において、前記加工電極と前記被加工物との間の電圧を計測する電圧検出回路と、前記加工電極と前記被加工物との間に配置されたバイパス用スイッチ手段と、該バイパス用スイッチ手段を制御するとともに前記電圧検出回路で計測された電圧が正常時の下降電圧値を下回ったときを開始時刻として所定の監視時間を計時する監視時間タイマーが設けられた制御回路とからなるワイヤ断線防止回路を備え、前記監視時間の中に前記電圧が正常時の上昇電圧下限値を上回らなかったとき、前記バイパス用スイッチ手段が所定のバイパス時間にわたってオン状態に維持されるように該バイパス用スイッチ手段を前記制御回路で制御するものである。

【0009】また、本発明に係るワイヤカット放電加工機は請求項2に記載したように、加工電源の一方の極性端子を加工電極に他方の極性端子を被加工物にそれぞれ電気接続した加工電源を備えたワイヤカット放電加工機において、前記加工電極から前記被加工物に流れる電流を計測する電流検出回路と、前記加工電極と前記被加工物との間に配置されたバイパス用スイッチ手段と、該バイパス用スイッチ手段を制御するとともに前記電流検出回路で計測された電流が正常時の下降電流値を下回ったときを開始時刻として所定の監視時間を計時する監視時間タイマーが設けられた制御回路とからなるワイヤ断線防止回路を備え、前記監視時間の中に前記電流が正常時の上昇電流上限値を上回ったとき、前記バイパス用スイッチ手段が所定のバイパス時間にわたってオン状態に維持されるように該バイパス用スイッチ手段を前記制御回路で制御するものである。

【0010】また、本発明に係るワイヤカット放電加工機は、前記監視時間を複数の時間セグメントに分割するとともに、該時間セグメントごとにかつそれらの進行に伴って増加するように前記バイパス時間を設定し、かかる設定状態で前記バイパス用スイッチ手段の制御が前記時間セグメントごとに行なわれるように前記バイパス用スイッチ手段を前記制御回路で制御するものである。

【0011】また、本発明に係るワイヤカット放電加工機は、前記加工電極若しくは前記被加工物と前記バイパス用スイッチ手段との間に介在され前記制御回路で制御

可能な可変抵抗を備えるとともに、該可変抵抗の抵抗値が前記時間セグメントの進行に伴って減少するように前記可変抵抗を前記制御回路で制御するものである。

【0012】また、本発明に係るワイヤカット放電加工機は、前記監視時間を前記時間セグメントの個数若しくは時間間隔が異なる複数の監視モードとして記憶した記憶部と、該監視モードを選択する選択部とを備えたものである。

【0013】また、本発明に係るワイヤカット放電加工機用断線防止装置は請求項6に記載したように、ワイヤカット放電加工機の加工電極と被加工物にそれぞれ電気接続される一対の入力端子と、該入力端子間の電圧を計測する電圧検出回路と、前記入力端子間に配置されたバイパス用スイッチ手段と、該バイパス用スイッチ手段を制御するとともに前記電圧検出回路で計測された電圧が正常時の下降電圧値を下回ったときを開始時刻として所定の監視時間を計時する監視時間タイマーが設けられた制御回路とからなり、前記監視時間の中に前記電圧が正常時の上昇電圧下限値を上回らなかったとき、前記バイパス用スイッチ手段が所定のバイパス時間にわたってオン状態に維持されるように該バイパス用スイッチ手段を前記制御回路で制御するものである。

【0014】また、本発明に係るワイヤカット放電加工機用断線防止装置は、前記監視時間を複数の時間セグメントに分割するとともに、該時間セグメントごとにかつそれらの進行に伴って増加するように前記バイパス時間を設定し、かかる設定状態で前記バイパス用スイッチ手段の制御が前記時間セグメントごとに行なわれるように前記バイパス用スイッチ手段を前記制御回路で制御するものである。

【0015】また、本発明に係るワイヤカット放電加工機用断線防止装置は、前記入力端子と前記バイパス用スイッチ手段との間に介在され前記制御回路で制御可能な可変抵抗を備えるとともに、該可変抵抗の抵抗値が前記時間セグメントの進行に伴って減少するように前記可変抵抗を前記制御回路で制御するものである。

【0016】また、本発明に係るワイヤカット放電加工機用断線防止装置は、前記監視時間を前記時間セグメントの個数若しくは時間間隔が異なる複数の監視モードとして記憶した記憶部と、該監視モードを選択する選択部とを備えたものである。

【0017】また、本発明に係るワイヤ断線防止方法は請求項10に記載したように、加工電極と被加工物との間の電圧若しくはそれらを流れる電流を計測し、所定の監視時間の中に前記電圧が正常時の上昇電圧下限値を上回らなかったとき、若しくは前記電流が正常時の上昇電流上限値を上回ったとき、前記加工電極と前記被加工物との間に設けたバイパス用スイッチ手段をオンにし、前記加工電極と前記被加工物との間を流れるパルス加工電流を前記バイパス用スイッチ手段にバイパスさせるもの

である。

【0018】本発明に係るワイヤカット放電加工機及びそれに用いるワイヤ断線防止装置並びにワイヤ断線防止方法においては、従来と同様、ワイヤカット放電加工機に備えられた加工電源によって加工電極であるワイヤ電極と被加工物との間にパルス加工電流が通電されるが、本発明では、放電加工時、ワイヤ電極と被加工物との間の電圧を電圧検出回路で監視し、若しくはワイヤ電極から被加工物に流れる電流を電流検出回路で監視する。

【0019】電圧や電流の監視を行うにあたっては、計測された電圧や電流が正常時の下降電圧値や正常時の下降電流値を下回ったとき、監視時間タイマーをリセットするとともに該時刻を開始時刻として監視時間を計時し、その間の電圧や電流の変化を監視する。なお、監視時間が終了すれば、上述したと同様の状況になったとき、監視時間タイマーがリセットされ、あらためて監視時間の計時が再開される。

【0020】ここで、放電加工が正常に行われている、すなわちパルス加工電流のオンオフの繰り返しが正常なサイクルで繰り返されているときには、計測電圧が正常時の上昇電圧下限値を上回らないということはないし、計測電流が正常時の上昇電流上限値を上回るといってもない。そのため、バイパス用スイッチ手段は、制御回路で制御されることなく、初期状態すなわちオフ状態が続き、パルス加工電流はバイパスされることなく、正常に加工電極から被加工物へと流れる。

【0021】一方、監視時間における監視中、計測された電圧が正常時の上昇電圧下限値を上回らなかったときや計測された電流が正常時の上昇電流上限値を上回ったときには、加工電極と被加工物との間に過大な電流が流れて異常放電が発生しているものと判断できるので、バイパス用スイッチ手段が所定のバイパス時間にわたってオン状態に維持されるように該バイパス用スイッチ手段を制御回路で制御する。すなわち、オフ状態（初期状態やバイパス時間終了直後）であればこれをオンに切り換え、オン状態（バイパス時間中）であれば、バイパス時間の起算時刻を再設定した上でオン状態が維持されるようにバイパス用スイッチ手段を制御回路で制御する。

【0022】このようにすると、加工電極と被加工物との間に流れるパルス加工電流は、バイパス時間中、バイパス用スイッチ手段の側にバイパスされることとなり、加工電極に流れる電流が減少する。

【0023】したがって、加工電極であるワイヤ電極の熱溶融が未然に防止されるとともに、バイパス用スイッチ手段の側にパルス加工電流がバイパスされている間、ワイヤ電極と被加工物との間に流れる電流が低減されて放電加工がいったん中断されるため、例えば、異常の原因となっていた加工屑が速やかに除去されることにより、あるいはワイヤ電極の異常箇所が移動して被加工物から遠ざかることにより、放電加工の異常状態は正常な

状態へと戻りやすくなる。そして、パルス加工電流の供給は、停止されるのではなくて一定時間バイパスされるだけなので、放電加工の効率が低下する懸念はほとんどない。

【0024】ここで、正常時の上昇電圧下限値とは、パルス加工電流が正常であれば、該パルス加工電流がオフからオンに移行する際に必ず超えるであろう電圧値を意味し、正常時の上昇電流上限値とは、パルス加工電流が正常であれば、該パルス加工電流がオフからオンに移行する際に必ず超えないであろう電流値を意味するものとする。

【0025】監視時間は任意に設定してよいが、かかる監視時間を複数の時間セグメントに分割する、例えば、全体が3200 μ sの監視時間を400 μ sごとの8つの時間セグメントに分割するとともに、該時間セグメントごとにかつそれらの進行に伴って増加するようにバイパス時間を設定し、かかる設定状態でバイパス用スイッチ手段の制御が時間セグメントごとに行なわれるようにバイパス用スイッチ手段を制御回路で制御する構成が考えられる。

【0026】かかる構成において放電加工が正常に行われている場合には、時間セグメントに分割しないときと同様、バイパス用スイッチ手段は、制御回路で制御されることなく、初期状態すなわちオフ状態が続き、パルス加工電流はバイパスされることなく、正常に加工電極から被加工物へと流れる。

【0027】次に、例えば、複数の時間セグメントのうち、最初の時間セグメントから第3の時間セグメントまで異常放電が続き、第4の時間セグメントではじめて正常放電に復旧する場合、まず、最初の時間セグメントの間に計測電圧が正常時の上昇電圧下限値を上回らず、若しくは計測電流が正常時の上昇電流上限値を上回るため、バイパス用スイッチ手段がオンとなり、放電加工パルス電流は、第1の時間セグメントに対して予め設定されたバイパス時間中、バイパス用スイッチ手段側にバイパスされる。

【0028】一方、監視時間はリセットされることなく継続して計時されるため、第2の時間セグメント、第3の時間セグメントというように時間が進行するが、これらの時間セグメントにおいても、計測電圧が正常時の上昇電圧下限値を上回らず、若しくは計測電流が正常時の上昇電流上限値を上回るため、バイパス用スイッチ手段がオンとなり、放電加工パルス電流は、各時間セグメントに対して予め設定されたバイパス時間中、バイパス用スイッチ手段側にバイパスされる。なお、いずれかの時間セグメントにおいて、バイパス用スイッチ手段がオン状態（バイパス時間中）になっている場合には、バイパス時間の起算時刻を再設定した上でオン状態を維持する。

【0029】そして、第4の時間セグメントではじめて

計測電圧が正常時の上昇電圧下限値を上回り、若しくは計測電流が正常時の上昇電流上限値を上回らないため、バイパス用スイッチ手段の制御は行われぬ。したがって、その直前に設定されたバイパス時間、すなわち第3の時間セグメントで設定されたバイパス時間が終了した時点で、パルス加工電流のバイパス動作が終了する。

【0030】ここで、バイパス時間を、時間セグメントごとにかつそれらの進行に伴って増加するように設定してあるため、異常放電の回復が遅れば遅れるほど、設定されるバイパス時間はより長くなる。

【0031】これがどのような意味を持っているかは、エネルギーの観点から考えると容易に把握できる。すなわち、異常放電の症状が軽い場合には、それを復旧するためにバイパスさせるべきパルス加工電流のエネルギーも小さくて足りるのに対し、異常放電の症状が重い場合には、より大きなエネルギーをバイパスさせる必要がある。一方、このようなパルス加工電流のバイパス動作は、加工側から見ればエネルギー損失に他ならず、異常放電の症状が軽いのに最初からいつも大きなエネルギーをバイパスさせていたのでは、加工効率の低下が懸念される。

【0032】上述した構成はこれを解決したものであり、時間セグメントが進行するにつれてバイパス時間を長くする、言い換えればバイパスさせるパルス加工電流のエネルギーを順次大きくすることにより、異常放電の症状が軽い場合には、小さなエネルギーをバイパスさせるだけで速やかに正常放電に戻してやり、症状が重い場合でも、バイパスされるエネルギーが順次増えていくので、結果的に、症状に応じた必要十分なエネルギーだけがバイパスされることとなり、かくして、放電加工効率の低下を最小限に抑えつつ、加工電極の溶融破断を未然に防止することができるという優れた作用効果を奏する。

【0033】なお、可変抵抗の抵抗値が時間セグメントの進行に伴って減少するように該可変抵抗を制御してやれば、バイパス時間と適宜組み合わせることによって、バイパスさせるエネルギーをより詳細に設定することが可能となる。

【0034】以上の構成において、時間セグメントの個数や該時間セグメントの時間間隔をどのように設定するかは任意であるが、前記監視時間を前記時間セグメントの個数若しくは時間間隔が異なる複数の監視モードとして記憶した記憶部と、該監視モードを選択する選択部とを備えた場合、該選択部を介して監視モードを選択することにより、加工効率と加工電極の破断リスクとの兼ね合いをユーザが設定することが可能となる。すなわち、時間セグメントの個数が少なく時間間隔も長い監視モードを選択すれば、加工電極が溶融破断するリスクは大きくなるものの、加工効率を上げることができるし、逆に、時間セグメントの個数が多く時間間隔も短い監視

モードを選択すれば、加工効率は若干低下するものの、加工電極が溶融破断するリスクをできるだけ抑えることが可能となる。

【0035】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るワイヤカット放電加工機及びそれに用いるワイヤ断線防止装置並びにワイヤ断線防止方法の実施の形態について、添付図面を参照して説明する。なお、従来技術と実質的に同一の部品等については同一の符号を付してその説明を省略する。

【0036】(第1実施形態)

【0037】図1は、本実施形態に係るワイヤカット放電加工機を示した全体ブロック図である。同図でわかるように、本実施形態に係るワイヤカット放電加工機1は、加工電極であるワイヤ電極2と、一方の極性端子が給電子3を介してワイヤ電極2に電気接続され他方の極性端子が被加工物4に電気接続された加工電源5と、該加工電源を制御するNC制御部6とを備え、該NC制御部からの制御信号に応じて所望のパルス加工電流を加工電源5からワイヤ電極2と被加工物4の間に流し、放電加工を行うようになっている。

【0038】ワイヤ電極2は、収納リール7から引き出された後、ガイドローラ8、ガイドローラ9を経由してワイヤ巻取りリール10に巻き付けてあり、該ワイヤ巻取りリールを回転駆動することによって、ワイヤ電極2を同図矢印方向に走行させることができるようになっている。

【0039】なお、ワイヤカット放電加工機1には、被加工物4を載置してこれをX軸方向及びY軸方向に自在に移動させるXYテーブルやワイヤ電極2と被加工物4との間に加工液を供給する加工液供給機構を備えるが、これらについては公知のものと同様であるので、ここではその説明を省略する。

【0040】ここで、本実施形態に係るワイヤカット放電加工機1には、ワイヤ電極2の熱溶融による断線を防止するためのワイヤ断線防止回路11を設けてある。

【0041】ワイヤ断線防止回路11は、ワイヤ電極2と被加工物4との間の電圧を計測する電圧検出回路12と、ワイヤ電極2と被加工物4との間に配置されたバイパス用スイッチ手段としてのスイッチング素子15と、該スイッチング素子を制御する制御回路13とからなり、該制御回路には、電圧検出回路12で計測された電圧が正常時の下降電圧値を下回ったときを開始時刻として所定の監視時間を計時する監視時間タイマー16が設けてある。

【0042】ここで、制御回路13は、電圧検出回路12で計測された電圧が監視時間の間に正常時の上昇電圧下限値を上回らなかったとき、スイッチング素子15が所定のバイパス時間にわたってオン状態に維持されるように該スイッチング素子を制御するようになっている。

【0043】上述の監視時間は複数の時間セグメントに分割してあり、制御回路13は、該時間セグメントごとにかつそれらの進行に伴って増加するように上述のバイパス時間を設定するとともに、かかる設定状態でスイッチング素子15の制御が時間セグメントごとに行なわれるように該スイッチング素子を制御するようになっている。

【0044】また、ワイヤ断線防止回路11には、このような監視時間を、時間セグメントの個数若しくは時間間隔が相異なる複数の監視モードとして記憶した記憶部17と、該監視モードを選択する選択部14とを備えている。

【0045】図2(a)は、記憶部17に記憶された監視モードの一例をテーブル形式で示したものであり、放電加工を行う際には、0~7の合計8つの監視モードから所望の監視モードを選択部14にて選択することができる。

【0046】監視時間と時間セグメントとの関係については、同図(b)でよくわかるように、例えば監視モード「0」は、3200 μ sの監視時間を400 μ sの時間間隔を有する8つの時間セグメントに分割したものである。これは、異常放電が生じているかどうかの監視を400 μ s間隔で行うものであり、加工効率が多少犠牲になってもかまわないから、ワイヤ電極2の破断防止を最優先したい場合に適したモードである。

【0047】また、例えば監視モード「3」は、3200 μ sの監視時間を、1600 μ sの時間間隔を有する時間セグメントとそれぞれ400 μ sの時間間隔を有する4つの時間セグメントに分割したものである。これは、異常放電が生じているかどうかの監視を当初200 μ sの間で行い、それ以降は400 μ s間隔で行うものであり、加工効率をある程度確保しつつ、加工電極の溶融破断もある程度優先したい場合に適したモードである。

【0048】ちなみに、監視モード「7」は、3200 μ sの監視時間を1つの時間セグメントに分割したもので、すなわち3200 μ sの監視時間そのものである。これは、ワイヤ電極2の破断リスクが大きくなってよいから、加工効率を最優先したい場合に適したモードである。

【0049】次に、本実施形態に係るワイヤカット放電加工機1の動作並びにワイヤ断線防止方法について説明するが、簡単のため、まずは監視モードを「7」に設定した場合について説明する。

【0050】ワイヤカット放電加工機1においては、従来と同様、NC制御部6による制御の下、加工電源5によってワイヤ電極2と被加工物4との間にパルス加工電流が通電供給されるが、本実施形態では、放電加工時、ワイヤ電極2と被加工物4との間の電圧を電圧検出回路12で監視する。

【0051】電圧の監視を行うにあたっては、図3(a)に示すように、計測された電圧Vが正常時の下降電圧値V₂を下回ったとき、監視時間タイマー16をリセットするとともに該時刻を開始時刻として監視時間を計時し、その間の電圧の変化を監視する。また、監視時間中か終了後かに関わらず、上述したと同様、計測された電圧Vが正常時の下降電圧値V₂を下回ったとき、監視時間タイマー16がリセットされ、あらためて監視時間の計時が再開される。なお、同図は、異常放電がない場合の正常な電圧波形を示したものであり、放電時間T_{on}と休止時間T_{off}とが規則正しく繰り返されているのがわかる。

【0052】ここで、図3(a)のように放電加工が正常に行われている、すなわちパルス加工電流のオンオフの繰り返しは正常なサイクルで繰り返されているときには、計測電圧Vが正常時の上昇電圧下限値V₁を上回らないということはない。そのため、スイッチング素子15は、制御回路13で制御されることなく、初期状態すなわちオフ状態が続き、パルス加工電流はバイパスされることなく、正常に加工電極2から被加工物4へと流れる。

【0053】一方、監視時間における監視中、図3(b)に示すように計測された電圧Vが正常時の上昇電圧下限値V₂を一度も上回らなかったときには、加工電極2と被加工物4との間に過大な電流が流れて異常放電が発生しているものと判断できるので、監視時間が終了した時刻t₁において制御回路13でスイッチング素子15をオンに切り換えるとともに該オン状態を所定のバイパス時間にわたって維持制御する。

【0054】このようにすると、ワイヤ電極2と被加工物4との間に流れるパルス加工電流は、バイパス時間中、スイッチング素子15の側にバイパスされることとなり、ワイヤ電極2に流れる電流が減少する。

【0055】なお、パルス加工電流をバイパスさせることによって、図3(b)に示すように異常放電が速やかに復旧し、バイパス時間の終了を待たずに電圧が正常な値に戻ることがあるが、このような場合にも確実性を期すべく、スイッチング素子15の状態を切り換えずにバイパス動作を続行するのが望ましい。

【0056】バイパス時間をどのように設定するかは、ワイヤ電極2の巻取り速度や被加工物4の厚み等を適宜考慮して設定すればよいが、監視モードが「7」の場合には、3200 μ sという長い監視時間に一度も電圧が復旧しなかったのであるから、異常放電の症状としてはかなり重く、ワイヤ電極2が断線するリスクが非常に大きいと考えることができるので、この監視モードでは、バイパス時間を例えば14秒程度に設定することが考えられる。

【0057】次に、例えば監視モードを「0」に設定した場合について説明する。かかる場合においても、放電

加工が正常に行われている場合には、時間セグメントに分割しないとき、すなわち上述した監視モード「7」の場合と同様、スイッチング素子15は、制御回路13で制御されることなく、初期状態すなわちオフ状態が続き、パルス加工電流はバイパスされることなく、正常にワイヤ電極2から被加工物4へと流れる。

【0058】次に、例えば、複数の時間セグメントのうち、図4に示すように、最初の時間セグメントから第3の時間セグメントまで異常放電が続き、第4の時間セグメントではじめて正常放電に復旧する場合、まず、最初の時間セグメントの間に計測電圧Vが正常時の上昇電圧下限値 V_1 を上回らないため、制御回路13は、時刻 t_2 においてスイッチング素子15をオンにし、放電加工パルス電流は、第1の時間セグメントに対して予め設定されたバイパス時間、例えば2秒間、スイッチング素子15側にバイパスされる。

【0059】一方、監視時間はリセットされることなく継続して計時されるため、第2の時間セグメントに時間が進行するが、該時間セグメントにおいても、計測電圧Vが正常時の上昇電圧下限値 V_1 を上回らないため、時刻 t_3 においてスイッチング素子15がオンのまま維持される。このとき、2秒間のバイパス動作が継続中であるが、該バイパス時間についてはクリアされ、第2の時間セグメントに対して予め設定されたバイパス時間、例えば4秒間が時刻 t_3 を開始時刻としてあらためて設定され、パルス加工電流がスイッチング素子15側にバイパスされる。

【0060】同様に、第3の時間セグメントに時間が進行するが、該時間セグメントにおいても、計測電圧Vが正常時の上昇電圧下限値 V_1 を上回らないため、時刻 t_4 においてスイッチング素子15がオンのまま維持される。このとき、4秒間のバイパス動作が継続中であるが、該バイパス時間についてはクリアされ、第3の時間セグメントに対して予め設定されたバイパス時間、例えば6秒間が時刻 t_4 を開始時刻としてあらためて設定され、パルス加工電流がスイッチング素子15側にバイパスされる。

【0061】そして、第4の時間セグメントではじめて計測電圧Vが正常時の上昇電圧下限値 V_1 を上回るため、該セグメントが終了する時刻 t_5 においては、スイッチング素子13の制御は行われぬ。したがって、その直前に設定されたバイパス時間、すなわち第3の時間セグメントで設定されたバイパス時間(6秒間)が終了した時点で、パルス加工電流のバイパス動作が終了する。なお、図4では、6秒のバイパス時間中に異常放電が復旧し、バイパス時間の終了を待たずに電圧が正常な値に戻っているが、このような場合にも確実性を期すべく、スイッチング素子15の状態を切り換えずにバイパス動作を続行するのが望ましい。

【0062】以上説明したように、本実施形態に係るワ

イヤカット放電加工機1及びワイヤ断線防止方法によれば、ワイヤ電極2と被加工物4との間に過大電流が流れる直前に該電流をスイッチング素子15側に瞬時にバイパスさせることが可能となり、ワイヤ電極2の熱溶融が未然に防止されるとともに、スイッチング素子15の側にパルス加工電流がバイパスされている間、ワイヤ電極2と被加工物4との間に流れる電流が低減されて放電加工がいったん中断されるため、例えば、異常の原因となっていた加工屑が速やかに除去されることにより、あるいはワイヤ電極2の異常箇所が移動して被加工物4から遠ざかることにより、放電加工の異常状態は正常な状態へと戻りやすくなる。そして、パルス加工電流の供給は、停止されるのではなくて一定時間バイパスされるだけなので、放電加工の効率が低下する懸念はほとんどない。

【0063】また、本実施形態に係るワイヤカット放電加工機1によれば、監視時間を複数の時間セグメントに分割するとともに、該時間セグメントごとにかつそれらの進行に伴って増加するように、例えば2秒、4秒、6秒・・・というようにバイパス時間を設定し、かかる設定状態でスイッチング素子15の制御が時間セグメントごとに行なわれるように該スイッチング素子15を制御回路13で制御するように構成したので、時間セグメントが進行するにつれてバイパスさせるパルス加工電流のエネルギーが順次大きくなる。

【0064】したがって、異常放電の症状が軽い場合には、小さなエネルギーをバイパスさせるだけで速やかに正常放電に戻してやり、症状が重い場合でも、バイパスされるエネルギーが順次増えていくので、結果的に、症状に応じた必要十分なエネルギーだけがバイパスされることとなり、かくして、放電加工効率の低下を最小限に抑えつつ、ワイヤ電極2の溶融破断を未然に防止することができるという優れた作用効果を奏する。

【0065】また、本実施形態に係るワイヤカット放電加工機1によれば、監視時間を時間セグメントの個数若しくは時間間隔が異なる複数の監視モード、本実施形態では「0」～「7」の監視モードとして記憶した記憶部17と、該監視モードを選択する選択部14とを備えるようにしたので、該選択部を介して監視モードを選択することにより、加工効率とワイヤ電極2の破断リスクとの兼ね合いをユーザが設定することが可能となる。

【0066】すなわち、時間セグメントの個数が少なく時間間隔も長い監視モード、例えば監視モード「7」を選択すれば、ワイヤ電極2が溶融破断するリスクは大きくなるものの、加工効率を上げることができるし、逆に、時間セグメントの個数も多く時間間隔も短い監視モード、例えば監視モード「0」を選択すれば、加工効率は若干低下するものの、加工電極が溶融破断するリスクをできるだけ抑えることが可能となる。

【0067】本実施形態では、監視時間を時間セグメン

トに分割するようにしたが、必ずしも時間セグメントに分割する必要はなく、加工効率や断線リスクを考慮して適切な監視時間を設定し、該監視時間で上述した電圧監視を行うようにしてもよい。

【0068】また、監視時間を複数の時間セグメントに分割する場合においても、必ずしも複数の監視モード、上述した例では「0」～「7」といった複数の監視モードを設ける必要はなく、加工効率や断線リスクを考慮して最適な時間セグメントを一組だけ設定し、かかる設定状態で電圧監視を行うようにしてもよい。なお、この場合には選択部及び記憶部を省略することができる。

【0069】また、本実施形態では特に言及しなかったが、図5に示すように、被加工物4とスイッチング素子15との間に可変抵抗22を介在させ、該可変抵抗の抵抗値が時間セグメントの進行に伴って減少するように可変抵抗22を制御回路13で制御するようにすれば、バイパス時間と適宜組み合わせることによって、バイパスさせるパルス加工電流のエネルギーをより詳細に設定することが可能となる。

【0070】また、本実施形態では、ワイヤ電極2と被加工物4との間の電圧を計測するようにしたが、ワイヤ電極2に過大電流が流れているかどうかを電圧ではなく、電流計測によって判断してもよいことは言うまでもない。

【0071】図6は、このような変形例に係るワイヤカット放電加工機を示した全体ブロック図であり、該ワイヤカット放電加工機のワイヤ断線防止回路31は、ワイヤ電極2から被加工物4に流れる電流を計測する電流検出回路32と、ワイヤ電極2と被加工物4との間に配置されたスイッチング素子15と、該スイッチング素子を制御する制御回路33とからなり、該制御回路は、電流検出回路32で計測された電流が正常時の下降電流値を下回ったときを開始時刻として所定の監視時間を計時する監視時間タイマー16を設けてあるとともに、電流検出回路32で計測された電流が監視時間の中に正常時の上昇電流上限値を上回ったとき、スイッチング素子15が所定のバイパス時間にわたってオン状態に維持されるように該スイッチング素子を制御するようになっている。また、ワイヤ断線防止回路31には、このような監視時間を、時間セグメントの個数若しくは時間間隔が異なる複数の監視モードとして記憶した記憶部17と、該監視モードを選択する選択部14とを備えてある。

【0072】本変形例の動作並びに作用効果については、計測対象が電圧か電流かという違いを除き、実質的に同一であるので、ここではその説明を省略する。

【0073】(第2実施形態)

【0074】次に、第2実施形態について説明する。なお、第1実施形態と実質的に同一の部品等については同一の符号を付してその説明を省略する。

【0075】図7は、本実施形態に係るワイヤカット放

電加工機用ワイヤ断線防止装置41をそれが適用されるワイヤカット放電加工機44とともに示した全体ブロック図である。

【0076】本実施形態に係るワイヤカット放電加工機用ワイヤ断線防止装置41は、ワイヤカット放電加工機44のワイヤ電極2と被加工物4にそれぞれ電気接続される一対の入力端子42、43と、該入力端子間の電圧を計測する電圧検出回路12と、入力端子42、43の間に配置されたスイッチング素子15と、該スイッチング素子を制御する制御回路13とからなり、該制御回路には、電圧検出回路12で計測された電圧が正常時の下降電圧値を下回ったときを開始時刻として所定の監視時間を計時する監視時間タイマー16が設けてある。また、ワイヤ断線防止装置41には、このような監視時間を、時間セグメントの個数若しくは時間間隔が異なる複数の監視モードとして記憶した記憶部17と、該監視モードを選択する選択部14とを備えてある。

【0077】なお、本実施形態に係るワイヤカット放電加工機用ワイヤ断線防止装置41が、入力端子42、43を介してワイヤカット放電加工機44側に電気接続して使用される、いわば着脱型の周辺機器であるのに対し、第1実施形態に係るワイヤカット放電加工機1が、本実施形態のワイヤカット放電加工機用ワイヤ断線防止装置41に相当するワイヤ断線防止回路11が組み込まれた、いわば内蔵型であるという点を除けば、両実施形態の構成は実質的に同一であり、その動作及び効果については第1実施形態と同様であるので、ここではその説明を省略する。

【0078】なお、本実施形態に係るワイヤカット放電加工機用ワイヤ断線防止装置を試作して実験したみたく、該断線防止装置を使用しない場合にはワイヤ電極が断線して継続加工ができない状況であっても、断線することなく良好な加工を行うことができた。

【0079】また、第2実施形態についても、第1実施形態と同様、図8に示すように、入力端子42とスイッチング素子15との間に可変抵抗22を介在させ、該可変抵抗の抵抗値が時間セグメントの進行に伴って減少するように可変抵抗22を制御回路13で制御するようにしたワイヤカット放電加工機用ワイヤ断線防止装置51が考えられる。

【0080】かかる構成によれば、バイパス時間と適宜組み合わせることによって、バイパスさせるパルス加工電流のエネルギーをより詳細に設定することが可能となる。

【0081】

【発明の効果】以上述べたように、本発明のワイヤカット放電加工機及びそれに用いるワイヤ断線防止装置並びにワイヤ断線防止方法によれば、放電加工の加工効率を何ら低下させることなく、ワイヤ電極の熱溶融による断線を防止することが可能となる。

【0082】

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態に係るワイヤカット放電加工機の全体ブロック図。

【図2】監視モードを説明した図。

【図3】第1実施形態に係るワイヤカット放電加工機の作用を示した図。

【図4】同じく第1実施形態に係るワイヤカット放電加工機の作用を示した図。

【図5】変形例に係るワイヤカット放電加工機の全体ブロック図。

【図6】別の変形例に係るワイヤカット放電加工機の全体ブロック図。

【図7】第2実施形態に係るワイヤカット放電加工機用ワイヤ断線防止装置の全体ブロック図。

【図8】変形例に係るワイヤカット放電加工機用ワイヤ断線防止装置の全体ブロック図。

【符号の説明】

- 1 ワイヤカット放電加工機
- 2 ワイヤ電極（加工電極）
- 4 被加工物
- 5 加工電源
- 11、21、31 ワイヤ断線防止回路
- 12 電圧検出回路
- 13、33 制御回路

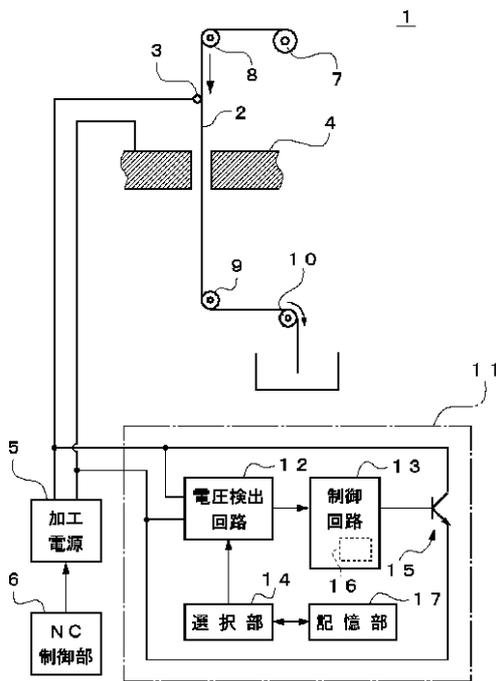
- 14 選択部
- 15 スイッチング素子（バイパス用スイッチ手段）
- 16 監視時間タイマー
- 17 記憶部
- 22 可変抵抗
- 32 電流検出回路
- 41、51 ワイヤカット放電加工機用ワイヤ断線防止装置
- 42、43 入力端子

【要約】

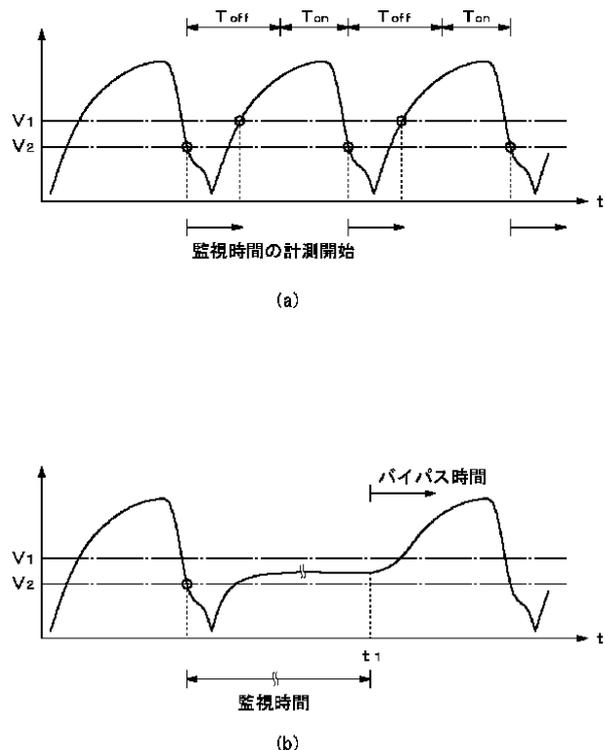
【目的】放電加工における加工効率を何ら低下させることなくワイヤ電極の熱溶解を未然に防止する。

【構成】本発明に係るワイヤカット放電加工機1には、ワイヤ電極2の熱溶解による断線を防止するためのワイヤ断線防止回路11を設けてあり、該ワイヤ断線防止回路11は、ワイヤ電極2と被加工物4との間の電圧を計測する電圧検出回路12と、ワイヤ電極2と被加工物4との間に配置されたスイッチング素子15と、該スイッチング素子を制御する制御回路13とからなり、制御回路13は、電圧検出回路12で計測された電圧が監視時間の間に正常時の上昇電圧下限値を上回らなかったとき、スイッチング素子15が所定のバイパス時間にわたってオン状態に維持されるように該スイッチング素子を制御するようになっている。

【図1】



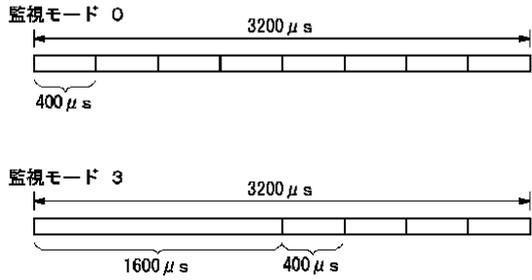
【図3】



【図2】

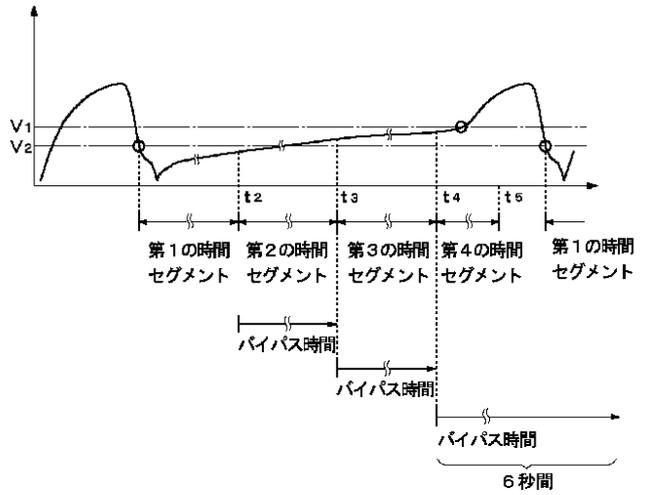
監視モード	監視時間(合計)	時間セグメント	時間セグメント数
0	3200 μ s	400 \times 8 μ s	8
1	"	(800+400 \times 6) μ s	7
2	"	(1200+400 \times 5) μ s	6
3	"	(1600+400 \times 4) μ s	5
4	"	(2000+400 \times 3) μ s	4
5	"	(2400+400 \times 2) μ s	3
6	"	(2800+400 \times 1) μ s	2
7	"	3200 μ s	1

(a)

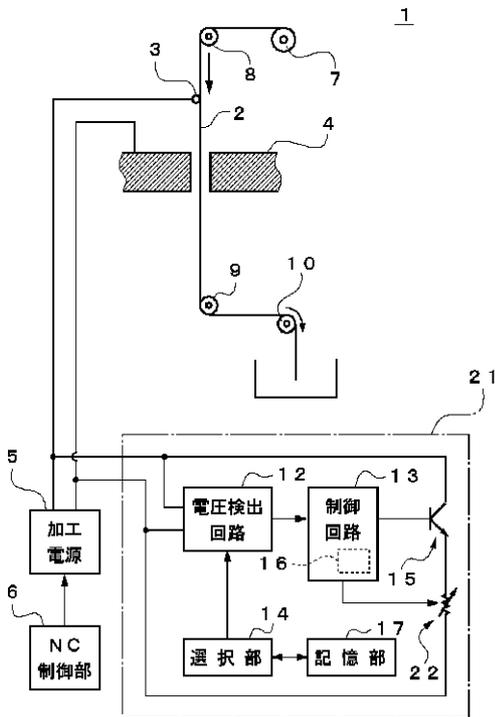


(b)

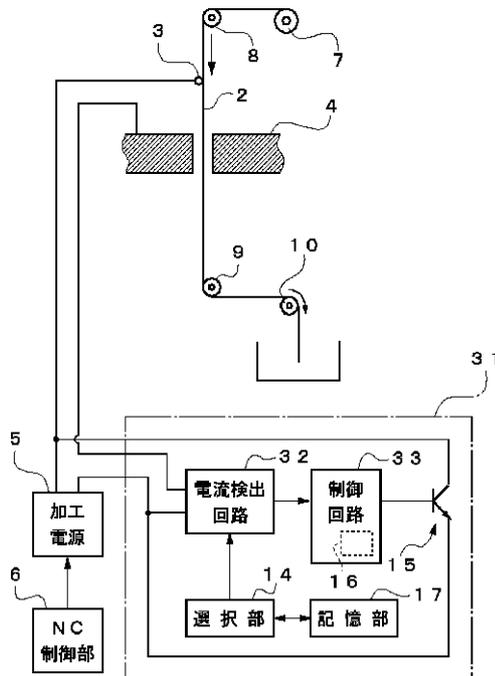
【図4】



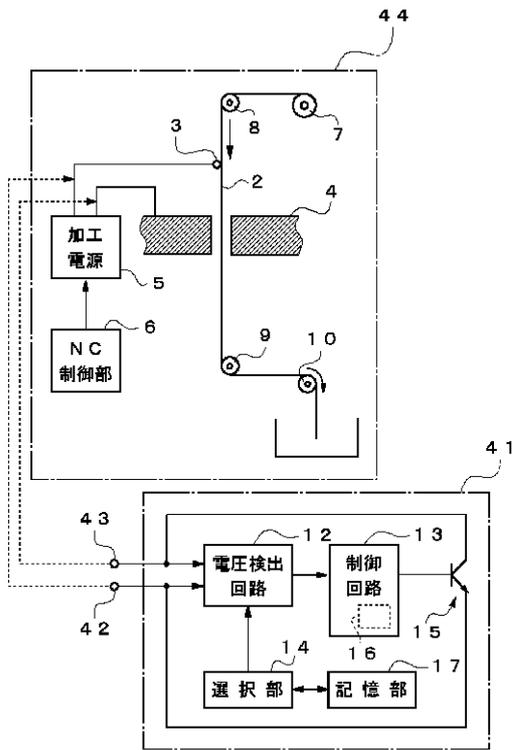
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

