(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3587968号
(P3587968)
(45)発行日　平成16年11月10日(2004.11.10)　(24)登録日　平成16年8月20日(2004.8.20)

(51)Int.Cl.[7]　F I
B23H 7/04　B23H 7/04 D

請求項の数 3　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願平9-276248
(22)出願日　平成9年10月8日(1997.10.8)
(65)公開番号　特開平11-114726
(43)公開日　平成11年4月27日(1999.4.27)
審査請求日　平成12年9月18日(2000.9.18)

(73)特許権者　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号
(74)代理人　100089118
弁理士　酒井　宏明
(72)発明者　木村　宗雅
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内

審査官　紀本　孝

(56)参考文献　特開昭６０－０６７０３１（ＪＰ，Ａ）
特開昭５３－０２４７００（ＪＰ，Ａ）
実開昭５９－１６７６２６（ＪＰ，Ｕ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ワイヤカット放電加工装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ワイヤ電極と被加工物との微少間隙に加工液を供給しながら加工電源から電圧を印加し、前記ワイヤ電極と被加工物との位置を制御しながら放電加工を行うワイヤカット放電加工装置において、

被加工物と対向する加工液供給ノズルに、被加工物に対する延出長が相互に異なり、加工電源と導通接続されている弾性材料性の導電体片が複数個設けられ、被加工物に対する加工液供給ノズルの距離に応じて被加工物と接触する導電体片の枚数が変化することを特徴とするワイヤカット放電加工装置。

【請求項２】

ワイヤ電極と被加工物との微少間隙に加工液を供給しながら加工電源から電圧を印加し、前記ワイヤ電極と被加工物との位置を制御しながら放電加工を行うワイヤカット放電加工装置において、

ワイヤ電極の走行方向進み側の加工液噴射ノズルに加工電源と導通接続されている導電体片が設けられ、ワイヤ電極の走行方向進み側の加工液噴射ノズルに設けられている導電体片によってのみ加工電源と被加工物とを導通接続するとともに、前記導電体片は、弾性材料性で複数個設けられていて被加工物に対する延出長が相互に異なり、被加工物に対する加工液供給ノズルの距離に応じて被加工物と接触する導電体片の枚数が変化することを特徴するワイヤカット放電加工装置。

【請求項３】

加工液噴射ノズルは、被加工物を挟む両側にそれぞれ配置されてその両加工液噴射ノズルに導電体片が取り付けられ、両加工液噴射ノズルの導電体片が開閉器によりそれぞれ加工電源と選択的に導通接続されることを特徴する請求項１または２に記載のワイヤカット放電加工装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ワイヤ電極と被加工物との微少間隙に加工液を供給しながら加工電源から電圧を印加し、前記ワイヤ電極と被加工物との位置を制御しながら放電加工を行うワイヤカット放電加工装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

図５は、ワイヤカット放電加工装置の概要を示している。ワイヤカット放電加工装置は、ワイヤ電極供給系として、ワイヤ電極１を送り出す供給ボビン２と、電磁ブレーキ３ａに連結されワイヤ電極１に所定の張力を与えるブレーキローラ３と、ワイヤ電極１の走行方向を変更させるアイドルローラ４ａ、４ｂ、４ｃと、ワイヤ送出ローラ５とを有し、これらローラ間にワイヤ電極１が掛け渡されている。ワイヤ電極１はアイドルローラ４ｂと４ｃとの間で垂直に延在している。

【０００３】

ワイヤ電極１の垂直延在部には上部加工液供給ノズル６と下部加工液供給ノズル７とがそれぞれ被加工物Ｗに対して対向配置されており、ワイヤ電極１は上部加工液供給ノズル６内と下部加工液供給ノズル７内をそれぞれ貫通している。上部加工液供給ノズル６と下部加工液供給ノズル７には加工液ポンプ８より加工液が供給される。

【０００４】

上部加工液供給ノズル６内と下部加工液供給ノズル７内にはそれぞれワイヤ電極１と導通接触する上部通電子９と下部通電子１０とが設けられている。上部通電子９と下部通電子１０は加工電源としてのパルス電源ユニット１１に電気的に接続されている。ワイヤ電極１は上部通電子９と下部通電子１０によって支持され、被加工物Ｗと所定の距離を保っている。

【０００５】

つぎに、動作について説明する。上部加工液供給ノズル６と下部加工液供給ノズル７より加工液を噴射しつつ、上部通電子９と下部通電子１０によってワイヤ電極１と被加工物Ｗとの間にパルス電圧を印加すると、ワイヤ電極１と被加工物Ｗ間に存在する微少間隙において、加工液の気化熱に伴う放電時の熱エネルギにより被加工物Ｗが溶融飛散される。

【０００６】

また、ワイヤ電極１と被加工物Ｗとの微少間隙を一定に保って放電を継続的に行うためのワイヤ電極１と被加工物Ｗの相対移動は、通常、Ｘ－Ｙクロステーブル（図示せず）を位置制御することによって行われている。上部加工液供給ノズル６と被加工物Ｗの相対距離は、被加工物Ｗの凹凸等に応じて、通常、Ｚ軸制御により上部加工液供給ノズル６が上下移動することにより所定値に保たれる。

【０００７】

このようにして、放電を繰り返し、Ｘ－Ｙクロステーブルが位置制御されることにより、加工溝が連続的に形成され、被加工物Ｗが任意の形状に加工される。さらに、１回の加工で終わらず、加工間隙に供給するエネルギを小さくして、一度加工した位置にわずかのオフセットを持たせて倣い加工することにより、加工形状を整えたり、加工面粗さを細かくしたりもする。

【０００８】

図６は、ワイヤカット放電加工装置の電気系統を示している。パルス電源ユニット１１は、電源本体１２と、端子台１３と、電源本体１２と端子台１３とを導通接続する内部同軸ケーブル１４とを備えている。

【０００９】
端子台１３には上部用同軸ケーブル１５ａと下部用同軸ケーブル１５ｂとが並列に接続されている。上部用同軸ケーブル１５ａの芯線または被覆線の一方は極間配線コード１６ａによって上部通電子９の通電端子９ａと導通接続され、上部用同軸ケーブル１５ａの芯線または被覆線のうち、上部通電子９の通電端子９ａに接続されていない方が、Ｊ点で極間配線コード１６ｂによって被加工物Ｗと同電位であるＸ－Ｙクロステーブル１９上の定盤２０に導通接続されている。下部用同軸ケーブル１５ｂは、極間配線コードによって同様に下部通端子１０の通電端子１０ａと定盤２０に導通接続されている。
【００１０】
図７は、電源本体１２から加工部までの等価回路を示している。図７において、２２は定電圧源、２３はワイヤ電極１と被加工物Ｗで形成される加工間隙、２４は定電圧源２２から加工間隙２３への電流の供給を制御するスイッチング部、２５、２６、２７、２８はそれぞれ同軸ケーブル１４、１５ａ、１５ｂ、極間配線コード１６、通電端子９ａ、１０ａ、通電子９、１０、ワイヤ電極１、定盤２０および被加工物Ｗによって生じる回路のインダクタンス成分と抵抗成分を示している。
【００１１】
上記２５、２６、２７、２８のうち２５、２６が、上部用同軸ケーブル１５ａ、極間配線コード１６ａ、１６ｂ、通電端子９ａ、上部通電子９、ワイヤ電極１、定盤２０および被加工物Ｗで形成される回路のインダクタンス成分と抵抗成分であり、ここで、インダクタンス成分値をＬ１、抵抗成分値をＲ１とする。一方、２７、２８が、下部用同軸ケーブル１５ｂ、極間配線コード１６ａ、１６ｂ、通電端子１０ａ、上部通電子１０、ワイヤ電極１、定盤２０および被加工物Ｗで形成される回路のインダクタンス成分と抵抗成分であり、インダクタンス成分値をＬ２、抵抗成分値をＲ２とする。
【００１２】
また、定電圧源２２の電圧値をＥ、抵抗成分２６、２８の並列合成抵抗値をＲ、インダクタンス成分２５、２７の並列合成インダクタンス値をＬ、スイッチング部２４のオン時間をｔとすると、加工電流Ｉは、次式のようになり、図８に示されるような変化を示す。
【００１３】
Ｉ∞（Ｅ／Ｒ）｛１－ｅｘｐ（－Ｒｔ／Ｌ｝
【００１４】
図８において、点線部分が下部用同軸ケーブル１５ｂより加工間隙に供給される加工電流の変化を示し、実線部分が下部用同軸ケーブル１５ｂと上部用同軸ケーブル１５ａより加工間隙に供給される加工電流の和の変化を示す。
【００１５】
つぎに、加工電源回路のインダクタンス成分について説明する。例えば、上部用同軸ケーブル１５ａから供給される加工電流に関し説明すると、上部用同軸ケーブル１５ａと通電端子１０ａとを接続する極間配線コード１６ａと、上部用同軸ケーブル１５ａと定盤２０を接続する極間配線コード１６ｂとは、互いに値が同じで逆向きに電流（図６に矢印Ｉで示す）が流れているが、相互の距離が離れているため、その電流によって発生する磁界の極間配線コード１６ａ、１６ｂで囲まれた部分を通過する部分は相互に打ち消し合わず、極間配線コード１６ａ、１６ｂも長いため、大きなインダクタンス成分を持つことになり、図７におけるインダクタンス成分２５の大部分を占めることなる。
【００１６】
また、下部用同軸ケーブル１５ｂと極間配線コード１６ａ、通電端子１０ａ、および、下部用同軸ケーブル１５ｂと極間配線コード１６ｂ、定盤２０で形成される部分についても同様のことが云える。
【００１７】
【発明が解決しようとする課題】
上述のように構成されたワイヤカット放電加工装置では、加工電源回路の給電用配線によって形成されるインダクタンス成分や抵抗成分を変化させることが不可能であるため、例

えば、図９に示されているような板厚の大きい被加工物Ｗを加工した場合などは、ワイヤ電極１が加工部の入口では全く消耗していないにも拘わらず、加工部の出口部では放電による消耗が大きくなっているため、加工溝幅について、ワイヤ電極の排出部は導入部に比べ大きくなってしまう。この結果、２度、３度と加工エネルギを下げながら倣い加工を行っても、被加工物の真直精度が悪くなる。

【００１８】

また、ワイヤ電極１の排出部は導入部に比べ細くなっているため、加工速度を上げるために加工電流を大きくし過ぎと、ワイヤ電極１が排出部付近で断線を起こしたりするなどの問題もあった。

【００１９】

この発明は、上述の如き問題点を解消するためになされたもので、真直精度がよく、トータル加工時間を短くして、しかも高精度な放電加工を行うことができるワイヤカット放電加工装置を得ることを目的としている。

【００２０】

【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、この発明によるワイヤカット放電加工装置は、ワイヤ電極と被加工物との微少間隙に加工液を供給しながら加工電源から電圧を印加し、前記ワイヤ電極と被加工物との位置を制御しながら放電加工を行うワイヤカット放電加工装置において、被加工物と対向する加工液供給ノズルに、被加工物に対する延出長が相互に異なり、加工電源と導通接続されている弾性材料性の導電体片が複数個設けられ、被加工物に対する加工液供給ノズルの距離に応じて被加工物と接触する導電体片の枚数が変化するものである。

【００２１】

つぎの発明によるワイヤカット放電加工装置は、ワイヤ電極と被加工物との微少間隙に加工液を供給しながら加工電源から電圧を印加し、前記ワイヤ電極と被加工物との位置を制御しながら放電加工を行うワイヤカット放電加工装置において、ワイヤ電極の走行方向進み側の加工液噴射ノズルに加工電源と導通接続されている導電体片が設けられ、ワイヤ電極の走行方向進み側の加工液噴射ノズルに設けられている導電体片によってのみ加工電源と被加工物とを導通接続するとともに、前記導電体片が弾性材料性で複数個設けられていて被加工物に対する延出長が相互に異なり、被加工物に対する加工液供給ノズルの距離に応じて被加工物と接触する導電体片の枚数が変化するものである。

【００２３】

つぎの発明によるワイヤカット放電加工装置は、上述の発明によるワイヤカット放電加工装置において、加工液噴射ノズルは被加工物を挟む両側にそれぞれ配置されてその両加工液噴射ノズルに導電体片が取り付けられ、両加工液噴射ノズルの導電体片が開閉器によりそれぞれ加工電源と選択的に導通接続されるものである。

【００２４】

【発明の実施の形態】

以下に添付の図を参照してこの発明に係るワイヤカット放電加工装置の実施の形態を詳細に説明する。なお、以下に説明するこの発明の実施の形態において、上述の従来例と同一構成の部分は、上述の従来例に付した符号と同一の符号を付してその説明を省略する。

【００２５】

実施の形態１.

図１、図２はこの発明によるワイヤカット放電加工装置の実施の形態１を示している。上部加工液噴射ノズル６の外周部に複数個のねじ３０によって導電体リング３１が取り付けられている。ねじ３０は上部加工液噴射ノズル６の周方向に等間隔に設けられており、そのねじ３０のそれぞれに板ばね等による弾性導電体片３２が取り付けられている。この実施の形態では、弾性導電体片３２は、４個設けられており、それぞれ被加工物Ｗの上面に向けて垂下した垂直片部３２ａと、垂直片部３２ａの先端にて折曲して被加工物Ｗの上面に当接する水平片部３２ｂとを有している。また、ねじ３０の一つには給電配線コード（

極間配線コード）１６ｂが接続されている。

【００２６】

上述の構成により、上部用同軸ケーブル１５ａと被加工物Ｗは定盤２０を介することなく導通接続され、極間配線コード１６ｂのコード長が極めて短くなる。また、上部用同軸ケーブル１５ａと上部の通電端子９ａとを導通接続する極間配線コード１６ａも短くできる。この結果、極間配線コード１６ａ、上部の通電端子９ａ、上部通電子９、ワイヤ電極１、被加工物Ｗ、弾性導電体片３２、導電体リング３１、極間配線コード１６ｂで囲まれた部分の面積が小さくなり、図７に示されている上部側のインダクタンス成分２５は小さくなる。

【００２７】

ここで、特徴的なことは、各弾性導電体片３２の垂直片部３２ａの長さ、換言すれば、被加工物Ｗに対する弾性導電体片３２の延出長が相互に異なっていることである。このことにより、被加工物Ｗに対して上部加工液噴射ノズル６を近づけると、まず、垂直片部３２ａの長さが最も長い弾性導電体片３２の水平片部３２ｂが被加工物Ｗの上面に当接して上部用同軸ケーブル１５ａと被加工物Ｗとが導通接続され、これにより、さらに上部加工液噴射ノズル６を被加工物Ｗに近づけると、垂直片部３２ａの長さが最も長い弾性導電体片３２が復元可能に弾性変形し、垂直片部３２ａの長さが２番目に長い弾性導電体片３２の水平片部３２ｂが被加工物Ｗの上面に当接することになり、被加工物Ｗに対する上部加工液噴射ノズル６の高さ位置によって被加工物Ｗと接触する弾性導電体片３２の枚数が変化する。この弾性導電体片３２の接触枚数により加工電流値が変化する。

【００２８】

これにより、加工エネルギを小さくしながら加工位置にオフセットを持たせて倣い加工を行い、加工寸法精度や面粗さを向上させる場合などにおいて、最初の荒加工時には上部加工液噴射ノズル６に固定された弾性導電体片３２の被加工物Ｗへの接触枚数を増やして大きい加工電流をもって加工速度を大きくし、２度目以後の仕上げ加工時には弾性導電体片３２の被加工物Ｗへの接触枚数を減らすことによって、真直精度をよくするなどすれば、トータル加工時間を短くし、しかも高精度な加工が可能となる。

【００２９】

なお、弾性導電体片３２の形状は、垂直片部３２ａと水平片部３２ｂとによるＬ形に特定されることはなく、円弧状（髭状）などであってもよく、ここで重要なことは、複数個の弾性導電体片３２において垂直片部３２ａの長さが相互に異なることと同様に、複数個の弾性導電体片３２において円弧長（垂れ下がり実効長＝被加工物に対する延出長）が相互に異なっていることである。

【００３０】

実施の形態２.

図３は、この発明によるワイヤカット放電加工装置の実施の形態２を示している。なお、図３において、図１に示されているものと同等あるいは同一の構成要件には、図１に付けた符号と同一の符号を付けてその説明を省略する。

【００３１】

この実施の形態では、ワイヤ電極１の走行方向進み側の加工液噴射ノズルである下部加工液噴射ノズル７の外周部に複数個のねじ４０によって導電体リング４１が取り付けられている。ねじ４０は下部加工液噴射ノズル７の周方向に等間隔に設けられており、そのねじ４０のそれぞれに板ばね等による弾性導電体片４２が取り付けられている。弾性導電体片４２は略円弧状をなし、先端側で被加工物Ｗの下面に当接している。弾性導電体片４２は複数個の弾性導電体片４２において円弧長（被加工物に対する延出長）が相互に異なっている。また、ねじ４０の一つには給電配線コード（極間配線コード）１６ｂが接続されている。

【００３２】

図３は、上部加工液噴射ノズル６と被加工物Ｗとの距離を大きくし、上部加工液噴射ノズル６に固定された弾性導電体片３２と被加工物Ｗとは全く接触しておらず、下部加工液噴

射ノズル７に固定された弾性導電体片４２と被加工物Ｗとは接触しており、加工電流は下部通電子１０によって供給されている加工部の状態を示している。

【００３３】

この図において、被加工物Ｗの上部で放電が飛んだ場合と、被加工物Ｗの下部で放電が飛んだ場合とを比較する。放電の位置によるインダクタンス成分を比較すると、インダクタンス成分は、極間配線コード１６ｂ、弾性導電体片４２、放電位置、ワイヤ電極１、下部通電子１０、下部の通電端子１０ａ、極間配線コード１６ａで囲まれる面積に比例するので、被加工物Ｗの上部で放電が飛んだ場合に比べ被加工物Ｗの下部で放電が飛んだ場合には、加工電源回路のインダクタンス成分が小さくなり、加工電流が大きくなる。すなわち、被加工物Ｗの上部で放電が飛んだ場合に比べて被加工物Ｗの下部で放電が飛んだ場合には加工量が大きくなる。したがって、被加工物Ｗの上部に比べて被加工物Ｗの下部では加工間隙が大きくなり、ワイヤ電極１の消耗があるにも拘わらず被加工物Ｗの上下での加工溝幅の差は小さくなる。これにより、被加工物Ｗの真直精度が改善される。

【００３４】

図３では、上部加工液噴射ノズル６に固定された弾性導電体片３２と被加工物Ｗとは全く接触していない場合が示されているが、被加工物Ｗの板厚が小さい場合などは、被加工物Ｗの上下部でのワイヤ電極１の消耗量の差が小さく、被加工物Ｗの上下での加工溝幅の差が小さくなるので、加工溝幅が問題にならない程度で、上部加工液噴射ノズル６に固定された弾性導電体片３２の被加工物Ｗに対する接触枚数を増やし、加工電流を増加させて加工速度を大きくすることも可能である。

【００３５】

また、上部加工液噴射ノズル６と被加工物Ｗとの距離により被加工物Ｗと接触する弾性導電体片３２の枚数を変化させるだけでなく、下部加工液噴射ノズル７と被加工物Ｗとの距離により、被加工物Ｗと接触する弾性導電体片４２の枚数を変化させることも可能であるし、さらには加工液噴射ノズルに取り付ける弾性導電体片３２、４２の枚数を変化させることによっても、当然、被加工物Ｗと接触する弾性導電体片３２、４２の枚数を変化させることができる。

【００３６】

なお、上述の実施の形態では、被加工物Ｗへの加工電流の供給は加工液供給ノズル６、７に設けられた弾性導電体片３２、４２からのみの場合を述べたが、被加工物Ｗへの加工電流の供給が従来のＸ－Ｙテーブルを介する形態のものに、上述した弾性導電体片３２、４２からも行えるように付加して構成することも可能である。

【００３７】

また、実施の形態２では、図４に示されているように、端子台１３と上部用給電ケーブル１５ａとの間と、端子台１３と下部用給電ケーブル１５ｂとの間に、それぞれＮＣからの指令により開閉を制御可能な電磁開閉器５０、５１の接点ＲＡ１、ＲＡ２が設けられている。

【００３８】

この電磁開閉器５０、５１の開閉により、上部用給電ケーブル１５ａから加工間隙に供給する加工電流と、下部用給電ケーブル１５ｂから加工間隙に供給する加工電流とをそれぞれ個別にオン・オフでき、被加工物Ｗに対する給電パターン加工、電流の供給バランスを、加工状態に従いＮＣから簡単に変化させることができる。

【００３９】

【発明の効果】

以上の説明から理解される如く、この発明によるワイヤカット放電加工装置によれば、被加工物に対する加工液供給ノズルの距離に応じて被加工物と接触する導電体片の枚数が変化し、加工電流値を変化させることができるから、加工エネルギを小さくしながら加工位置にオフセットを持たせて倣い加工を行い、加工寸法精度や面粗さを向上させる場合などにおいて、最初の荒加工時には加工液噴射ノズルに固定された導電体片の被加工物への接触枚数を増やして大きい加工電流をもって加工速度を大きくし、２度目以後の仕上げ加工

時には導電体片の被加工物への接触枚数を減らすことによって、真直精度をよくするなどすれば、トータル加工時間を短くし、しかも高精度な加工が可能となる。

【００４１】

つぎの発明によるワイヤカット放電加工装置によれば、ワイヤ電極の走行方向進み側の加工液噴射ノズルに設けられている導電体片によってのみ加工電源と被加工物とが導通接続されることによる上述の効果に加えて、被加工物に対する加工液供給ノズルの距離に応じて被加工物と接触する導電体片の枚数が変化するから、被加工物に対する加工液供給ノズルの距離に応じて被加工物と接触する導電体片の枚数が変化し、加工電流値を変化させることができるから、加工エネルギを小さくしながら加工位置にオフセットを持たせて倣い加工を行い、加工寸法精度や面粗さを向上させる場合などにおいて、最初の荒加工時には加工液噴射ノズルに固定された導電体片の被加工物への接触枚数を増やして大きい加工電流をもって加工速度を大きくし、２度目以後の仕上げ加工時には導電体片の被加工物への接触枚数を減らすことによって、真直精度をよくするなどすれば、トータル加工時間を短くし、しかもさらに高精度な加工が可能となる。

【００４２】

つぎの発明によるワイヤカット放電加工装置によれば、被加工物を挟む両側にそれぞれ配置された加工液噴射ノズルの導電体片が開閉器によりそれぞれ加工電源と選択的に導通接続されるから、被加工物に対する給電パターン、加工電流の供給バランスを加工状態に応じて簡単に変化させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】この発明によるワイヤカット放電加工装置の実施の形態１を示す上部加工液供給ノズル部分の縦断面図である。

【図２】図１のＡ－Ａ矢視図である。

【図３】この発明によるワイヤカット放電加工装置の実施の形態２を示す加工液供給ノズル部分の縦断面図である。

【図４】この発明によるワイヤカット放電加工装置における給電バランス制御部を示す概要図である。

【図５】従来におけるワイヤカット放電加工装置の全体概要を示す構成図である。

【図６】従来におけるワイヤカット放電加工装置の電気系統を示す説明図である。

【図７】ワイヤカット放電加工装置の放電回路図である。

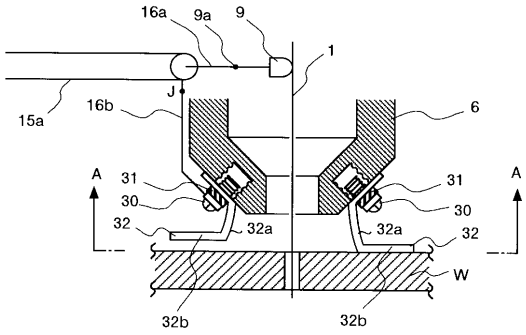
【図８】ワイヤカット放電加工装置の加工電流特性を示すグラフである。

【図９】従来におけるワイヤカット放電加工装置における加工間隙を示す説明図である。

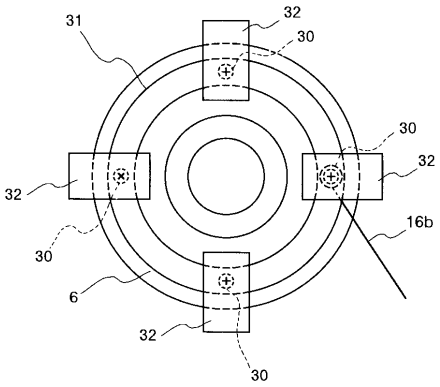
【符号の説明】

１　ワイヤ電極，６　上部加工液供給ノズル，７　下部加工液供給ノズル，９上部通電子，１０　下部通電子，１５ａ，１５ｂ同軸ケーブル，３１，４１　導電体リング，３２，４２　弾性導電体片，５０，５１　開閉器。

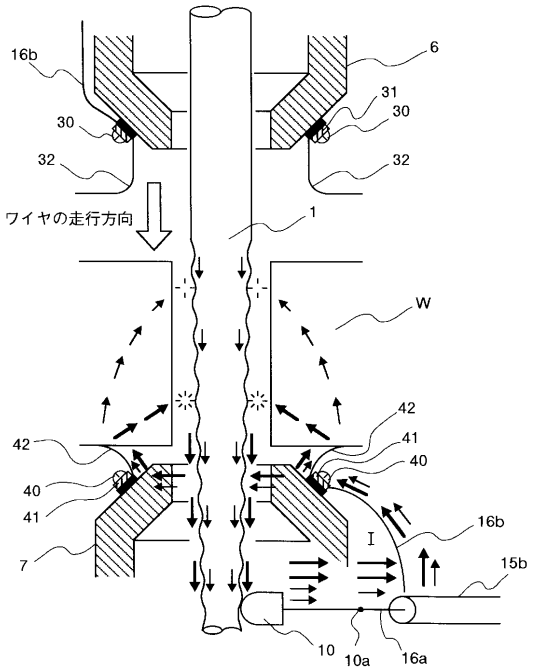
【図１】


16a
9a
9
1
15a
J
16b
6
A
31
30
32
32a
31
30
32a
32
A
W
32b
32b

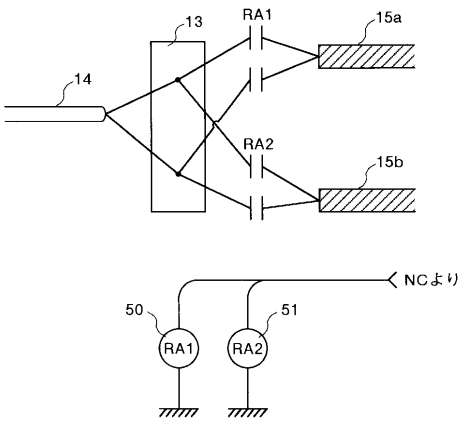
【図２】


31
32
30
30
32
32
16b
30
6
32
30

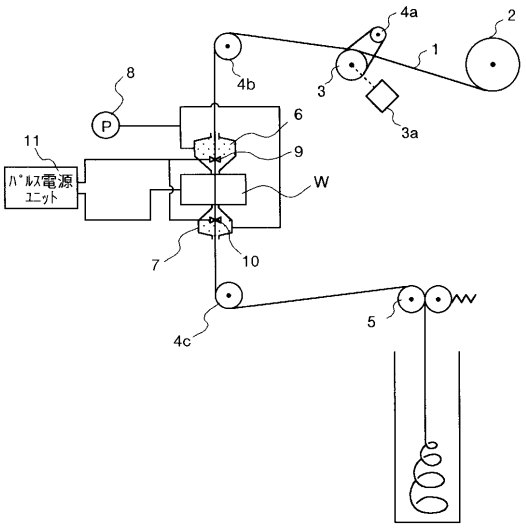
【図３】


16b
6
31
30
30
32
32
ワイヤの走行方向
1
W
42
42
41
40
40
41
16b
I
7
15b
10
10a
16a

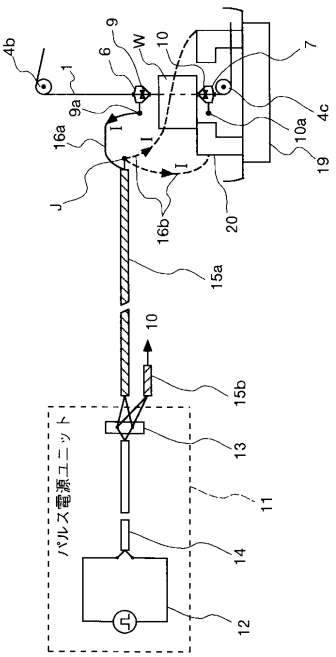
【図４】


13
RA1
15a
14
RA2
15b
NCより
50
51
RA1
RA2

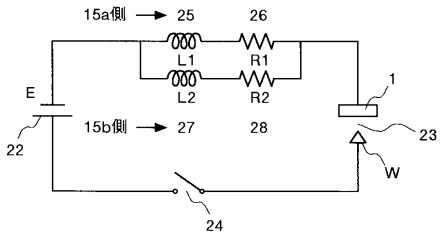
【図５】


4a
2
1
4b
3
3a
8
P
6
11
9
パルス電源ユニット
W
7
10
4c
5

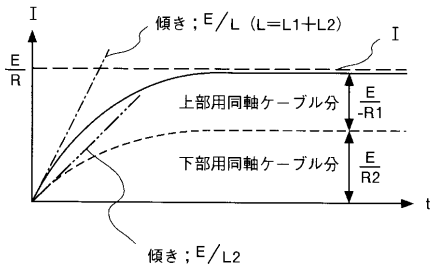
【図６】


4b
9
W
10
6
1
7
9a
16a
10a
4c
19
J
16b
20
15a
10
15b
パルス電源ユニット
13
11
14
12

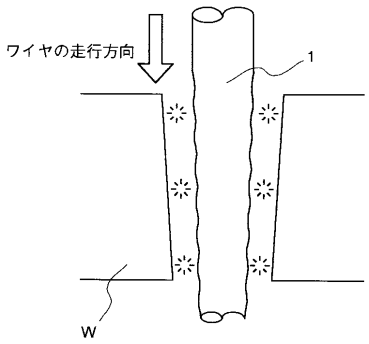
【図７】


15a側
25
26
L1
R1
L2
R2
E
15b側
27
28
1
23
22
W
24

【図８】


I
傾き；E／L（L=L1+L2）
I
E
R
上部用同軸ケーブル分
E
-R1
下部用同軸ケーブル分
E
R2
t
傾き；E／L2

【図９】


ワイヤの走行方向
1
W

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.[7], ＤＢ名)
B23H 7/04
B23H 7/14