(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3662677号
(P3662677)
(45)発行日　平成17年6月22日(2005.6.22)　(24)登録日　平成17年4月1日(2005.4.1)

(51)Int.Cl.[7]　F I
B23H　7/02　B23H　7/02　R

請求項の数 6　(全 20 頁)

(21)出願番号　特願平8-185119
(22)出願日　平成8年7月15日(1996.7.15)
(65)公開番号　特開平10-29117
(43)公開日　平成10年2月3日(1998.2.3)
審査請求日　平成14年1月18日(2002.1.18)

(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　佐藤　清侍
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　特公平０２－０２９４５３（ＪＰ，Ｂ２）
特開平０５－３０５５１７（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ワイヤ放電加工機およびワイヤ放電加工方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

被加工物の板厚に応じて加工条件を選択し、その選択した加工条件でもってワイヤ電極と被加工物との間にパルス電圧を印加して放電パルスを発生させることにより、被加工物の放電加工を行うワイヤ放電加工機において、

前記被加工物と前記ワイヤ電極との相対的な送り速度を検出する加工速度検出手段と、

前記放電パルスのエネルギーを算出するエネルギー演算手段と、

前記加工速度検出手段により検出された前記加工速度と前記エネルギー演算手段により算出された前記エネルギーとの比を算出するとともに、該比の値に基づいて前記被加工物の板厚を演算する関数を算出する加工速度エネルギー比演算手段と、

前記加工速度エネルギー比演算手段により算出された前記板厚、前記比の値及び前記関数を記憶する記憶手段と

を備えたことを特徴とするワイヤ放電加工機。

【請求項２】

前記ワイヤ電極と前記被加工物との間に印加されたパルス電圧を平均してなる平均加工電圧に基づいて、前記被加工物と前記ワイヤ電極との相対的な送り速度を演算するようにした

ことを特徴とする請求項１に記載のワイヤ放電加工機。

【請求項３】

一放電パルス毎に、放電電流パルスの積分値とアーク電位との積により前記エネルギー

を求め、その一放電パルス毎のエネルギーを所定の期間毎に加算するようにした
ことを特徴とする請求項１または２に記載のワイヤ放電加工機。
【請求項４】
前記記憶手段に記憶された前記比の値および特定された被加工物の板厚を演算するための前記関数に基づいて、被加工物の板厚を判定して加工条件の選択を行う
ことを特徴とする請求項１から３のいずれか１項に記載のワイヤ放電加工機。
【請求項５】
被加工物の板厚に応じて加工条件を選択し、その選択した加工条件でもってワイヤ電極と被加工物との間にパルス電圧を印加して放電パルスを発生させることにより、被加工物の放電加工を行うワイヤ放電加工方法において、
前記被加工物と前記ワイヤ電極との相対的な送り速度を検出する第１の工程と、
前記放電パルスのエネルギーを算出する第２の工程と、
検出された前記加工速度と算出された前記エネルギーとの比を算出するとともに、該比の値に基づいて前記被加工物の板厚を演算する関数を算出する第３の工程と、
前記板厚、前記比の値及び前記関数を記憶する第４の工程と
を含むことを特徴とするワイヤ放電加工方法。
【請求項６】
さらに、前記比の値および特定された前記関数に基づいて被加工物の板厚を判定する工程と、判定した板厚に対応する加工条件を選択する工程とを含む
ことを特徴とする請求項５に記載のワイヤ放電加工方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、放電加工技術、さらにはワイヤ電極と被加工物との間に放電を発生させて加工を行うワイヤ放電加工機に係り、例えば、被加工物の板厚および加工状況の変化に応じて電気的な加工条件を切り替えて、効率のよい放電加工を行うことができるようにしたワイヤ放電加工機およびワイヤ放電加工方法に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
被加工物とその被加工物に対向して配置されたワイヤ電極との間にパルス電圧を印加して放電を発生させ、それによって被加工物の加工を行うワイヤ放電加工機では、一般に、細いワイヤ電極に数百ｇ～数kgの張力を付与して加工を行うことにより、所望の加工精度が得られるようになっている。従って、加工の際にワイヤ電極に流すことができる電流（加工電流）には上限があり、その上限を超える電流がワイヤ電極に流れた状態で加工を行うとワイヤ電極が断線してしまう。
【０００３】
ワイヤ電極に流れる加工電流の上限値すなわちワイヤ電極の断線限界の電流値はワイヤ電極の長さに依存しているので、加工電流の大きさには被加工物の板厚に応じた最適な範囲がある。一般には、被加工物の板厚が４０～６０㎜の範囲で最も断線限界が高く、それよりも被加工物が薄いと電流密度が高くなりすぎて断線限界が低下してしまい、一方前記範囲よりも被加工物が厚いと加工中の冷却効率が低下して断線限界も低下してしまう。従って、ワイヤ電極を断線させずに効率よく放電加工を行うためには、被加工物の板厚に応じて加工電流値等の電気的な加工条件を制御する必要がある。
【０００４】
従来、被加工物の板厚に応じて電気的な加工条件の制御を行うようにされたワイヤ放電加工機として、ワイヤ電極と被加工物との相対的な送り速度すなわち加工速度と加工電流値とに基づいて被加工物の板厚を求め、その求めた板厚に応じて電気的な加工条件の切り替えを行うようにされたものが提案されている（特公平２－２９４５３号公報）。
【０００５】
ところで、一般に、ワイヤ放電加工機の単位時間当たりの加工体積は、次式に基づいて計

算して求められる。すなわち、

（単位時間当たりの加工体積）＝（加工溝幅）×（被加工物の板厚）×（加工速度）

である。

【０００６】

また、単位時間当たりの加工体積は、ワイヤ電極および被加工物の材料固有の値等と加工エネルギー（加工電流値）との関数で表される。従って、加工体積に関するそれら２つの関係より、実際の加工中に加工速度および加工電流値を測定することにより、被加工物の板厚を計算して求めることができる。加工溝幅については、予備実験や試し加工（通常、本加工の前に行われる）などにより予め測定しておく。また、ワイヤ電極および被加工物の材料固有の値等については、キーボード等の外部の入力装置から入力する。

【０００７】

なお、通常、ワイヤ放電加工機の電源回路には高速でオン・オフの切替え動作を行うスイッチング素子が設けられている。そして、そのスイッチング素子が極めて短い周期でオン・オフを繰り返すことにより、ワイヤ電極に高ピーク値を有する加工電流が供給され、加工速度の向上が図られるようになっている。従って、被加工物の板厚を計算するに当たって、加工電流値として、スイッチング素子のオン・オフによる高ピーク値を有する加工電流を平滑化した値を用いる。

【０００８】

図９には、従来のワイヤ放電加工機の構成が示されている。このワイヤ放電加工機は、ワイヤ電極１、被加工物２、それらワイヤ電極１と被加工物２との間にパルス電圧を印加して放電電流パルスを供給する加工電源３、加工電源３によりワイヤ電極１と被加工物２との間に印加されたパルス電圧の分圧を平滑化する第１の積分器４、その第１の積分器４で平滑化された電圧（平均加工電圧に対応した電圧である）と外部から入力された基準となる電圧（基準電圧）Ｖ１との差を増幅する差動増幅器５を備えている。

【０００９】

また、上記差動増幅器５の出力電圧に基づいて発振周波数を制御してパルス信号を出力する電圧周波数変換器６、外部から入力された前記基準電圧Ｖ１とは異なる別の基準となる電圧（基準電圧）Ｖ２と前記第１の積分器４の出力電圧とを比較する比較器７、比較器７の出力信号に基づいてオン・オフの切替え動作を行うアナログスイッチ８、アナログスイッチ８がオン状態の時にアナログスイッチ８を介して加工電源３より供給された電流信号を平滑化する第２の積分器９、その第２の積分器９で平滑化された電流（真加工電流に対応した電流であり、アナログ信号である）をディジタル信号に変換するＡＤ変換器１０を備えている。

【００１０】

さらに、前記電圧周波数変換器６の出力信号Ｓ１と比較器７の出力信号Ｓ２とＡＤ変換器１０の出力信号Ｓ３と外部からの入力信号Ｓ４，Ｓ５に基づいて、ワイヤ電極１と被加工物２との相対的な送り速度（加工速度）の制御を行う２つの制御信号Ｓ６ｘ，Ｓ６ｙおよび電気的な加工条件の制御を行う３つの制御信号Ｓ７，Ｓ８，Ｓ９を生成する数値制御装置（ＮＣ装置）１１、ＮＣ装置１１から出力された制御信号Ｓ６ｘ，Ｓ６ｙをそれぞれ受け取ってＸ方向およびＹ方向のサーボ制御を行うＸサーボユニット１２ＸおよびＹサーボユニット１２Ｙ、並びにＸ方向およびＹ方向の各サーボユニット１２Ｘ,１２Ｙによりそれぞれ駆動制御されてワイヤ電極１と被加工物２とをＸ方向およびＹ方向にそれぞれ相対的に移動させるＸモータ１３ＸおよびＹモータ１３Ｙを備えた構成となっている。ＮＣ装置１１により生成された電気的な加工条件の制御信号Ｓ７，Ｓ８，Ｓ９は加工電源３に送られる。

【００１１】

加工電源３は、ＮＣ装置１１から送られてきた３つの制御信号Ｓ７，Ｓ８，Ｓ９を受け取り、各制御信号Ｓ７，Ｓ８，Ｓ９に基づく無負荷電圧値、ピーク電流値、電圧のオン・オ

フタイム（印加時間および休止時間）でもってパルス電圧を出力する。

【００１２】

第１の積分器４は、ワイヤ電極１と接地点との間に直列に接続された一対の抵抗Ｒ１，Ｒ２によってワイヤ電極１の電位を分圧してなる電圧を入力とし、それを平滑化して平均加工電圧に対応した電圧信号を生成し、その電圧信号を差動増幅器５および比較器７に分岐して出力する。

【００１３】

第１の積分器４から差動増幅器５に送られた電圧信号は、該差動増幅器５および電圧周波数変換器６を介して、加工電圧の大きさに基づく信号Ｓ１としてＮＣ装置１１に供給される。

【００１４】

比較器７は、基準電圧Ｖ２と第１の積分器４の出力との比較を行った結果、積分器４の出力の方が基準電圧Ｖ２よりも大きい間、出力信号Ｓ２として、相対的に高電位レベル（“１”）の信号をアナログスイッチ８およびＮＣ装置１１に出力する。一方、比較の結果、第１の積分器４の出力の方が基準電圧Ｖ２よりも小さい間は、比較器７の出力信号Ｓ２は相対的に低電位レベル（“０”）の信号となる。

【００１５】

ここで、基準電圧Ｖ２は、ワイヤ電極１と被加工物２との間で正常に放電が発生し得る場合の第１の積分器４の出力電圧の下限値である。従って、このワイヤ放電加工機では、ＮＣ装置１１において、比較器７の出力信号Ｓ２が“１”の場合にはワイヤ電極１と被加工物２との間で放電が起こっており、一方、比較器７の出力信号Ｓ２が“０”の場合にはワイヤ電極１と被加工物２との間がアーク状態であると判断されるようになっている。つまり、比較器７の出力信号Ｓ２は、放電状態の検出信号として作用している。

【００１６】

アナログスイッチ８は、比較器７の出力信号Ｓ２が“１”の場合すなわちワイヤ電極１と被加工物２との間で放電が起こっていると判断されるような場合にオン状態となり、一方、比較器７の出力信号Ｓ２が“０”の場合すなわちワイヤ電極１と被加工物２との間がアーク状態であると判断されるような場合にオフ状態となる。従って、放電が起こっていると判断される場合にのみ、電流検出用の抵抗Ｒ３からの加工電流信号がアナログスイッチ８を通過して第２の積分器９に送られる。

【００１７】

第２の積分器９に送られた電流信号は、該第２の積分器９およびＡＤ変換器１０を介して、加工電流の大きさに基づく信号Ｓ３としてＮＣ装置１１に供給される。

【００１８】

ＮＣ装置１１は、電圧周波数変換器６から送られてきたパルス信号Ｓ１を分配してモータ制御用の信号Ｓ６ｘ，Ｓ６ｙを生成し、Ｘ方向およびＹ方向の各サーボユニット１２Ｘ，１２Ｙにそれぞれ出力する。それによって、平均加工電圧が一定となるような速度で、ワイヤ電極１と被加工物２との相対的な送りが行なわれる。すなわち、加工速度の制御が行われる。なお、ワイヤ放電加工機では、上述したような動作は周知の事であるので、詳細な説明を省略する。

【００１９】

また、ＮＣ装置１１は、電圧周波数変換器６の出力信号Ｓ１、比較器７の出力信号Ｓ２、ＡＤ変換器１０の出力信号Ｓ３、外部のキーボード（図示省略）等から入力された被加工物２とワイヤ電極１との材質によって定まる定数Ｋのデータ信号Ｓ４および加工溝幅ｄのデータ信号Ｓ５に基づいて、図１０のフローチャートに示す電気加工条件の切替え処理（詳細については後述する）を一定時間おきに行なうように構成されている。

【００２０】

なお、加工溝幅ｄについては、本加工前に試し加工を行ない、予め測定して求めておく。ＮＣ装置１１には、図示省略したが、被加工物２とワイヤ電極１との材質によって定まる定数Ｋのデータおよび加工溝幅ｄのデータを格納するメモリが設けられており、そのメモ

リに定数Ｋおよび加工溝幅ｄの各データが記憶される。

【００２１】

さらに、ＮＣ装置１１内には、不揮発性メモリ（図示省略）が設けられている。そのメモリには、図１１に示すように、被加工物２の各板厚ｈ１，ｈ２，・・・，ｈ（ｎ－１），ｈｎ（但し、ｈ（ｍ－１）＜ｈｍ）に対応して、それぞれ無負荷電圧Ｖｓ１，Ｖｓ２，・・・，Ｖｓ（ｎ－１），Ｖｓｎ、ピーク電流Ｉｐ１，Ｉｐ２，…，Ｉｐ（ｎ－１），Ｉｐｎ、パルス電圧を印加する時間（オンタイム）Ｔｏｎ１，Ｔｏｎ２，・・・，Ｔｏｎ（ｎ－１），Ｔｏｎｎ、およびパルス電圧の印加を休止する時間（オフタイム）Ｔｏｆｆ１，Ｔｏｆｆ２，・・・，Ｔｏｆｆ（ｎ－１），Ｔｏｆｆｎのデータが格納されている。

【００２２】

それら各データについては、予め本加工を行う前に、種々の板厚ｈ１，ｈ２，…，ｈ（ｎ－１），ｈｎの被加工物２を用いて実際に放電加工を行い、各板厚毎に最適な加工条件を求めておき、前記不揮発性メモリに記憶させておく。

【００２３】

つぎに、上記従来のワイヤ放電加工機の作用について、図１０のフローチャートに従って説明する。まず、ワイヤ電極１および被加工物２を設置してそれらを加工電源３に接続し、加工液を入れ、被加工物２とワイヤ電極１との材質によって定まる定数Ｋおよび試し加工に基づいて求めた加工溝幅ｄの各データを外部から入力した後、放電加工を開始する。ＮＣ装置１１は、図示省略したタイマ回路等により計時を行い、一定時間経過する毎に（ステップＳ１）、比較器７から送られてきた制御信号Ｓ２が“１”であるか否かの判断を行う（ステップＳ２）。

【００２４】

その後、制御信号Ｓ２が“１”である場合には、ＮＣ装置１１は、電圧周波数変換器６の出力信号Ｓ１に基づいてワイヤ電極１と被加工物２との相対的な送り速度（加工速度）Ｆを演算して求める（ステップＳ３）。次いで、ＮＣ装置１１は、ＡＤ変換器１０の出力信号Ｓ３に基づいて真加工電流ＩＴを演算して求める（ステップＳ４）。それら真加工電流ＩＴ、ワイヤ電極１と被加工物２との相対的な送り速度Ｆ、加工溝幅ｄおよび被加工物２とワイヤ電極１との材質によって定まる定数Ｋに基づいて、ＮＣ装置１１はつぎの（１）式で表される演算を行い、被加工物２の板厚ｈを求める（ステップＳ５）。すなわち、

ｈ＝Ｋ×ＩＴ／（Ｆ・ｄ）　・・・（１）

である。

【００２５】

ＮＣ装置１１は、被加工物２の板厚ｈを求めると、前記不揮発性メモリに記憶された板厚ｈ１～ｈｎを順次読み出し、求めた板厚ｈと比較する。そして、その比較結果に基づいて、ＮＣ装置１１は電気加工条件の切替えを行なう（ステップＳ６）。具体的には、例えば被加工物２の板厚ｈがｈ１＜ｈ＜ｈ２を満たす場合、ＮＣ装置１１は板厚ｈ１に対応した電気加工条件Ｖｓ１、Ｉｐ１、Ｔｏｎ１、Ｔｏｆｆ１を前記不揮発性メモリから読み出し、それらの条件に基づいて無負荷電圧、ピーク電流およびオン・オフタイムの各制御信号Ｓ７，Ｓ８，Ｓ９を生成して加工電源３に出力する。

【００２６】

それによって、加工電源３の駆動が制御され、被加工物２の板厚ｈに応じて電気加工条件が切り替わり、能率のよい放電加工が行われる。ステップＳ６の処理が終了したらステップＳ１に戻り、上述した処理を繰り返す。なお、ステップＳ２で制御信号Ｓ２が“０”である場合にもステップＳ１に戻り、上述した処理を繰り返す。

【００２７】

なお、被加工物２とワイヤ電極１との材質によって定まる定数Ｋの値をその都度キーボード等から入力する代わりに、ＮＣ装置１１内の不揮発性メモリに、種々の被加工物２について該被加工物２とワイヤ電極１との材質によって定まる定数Ｋ１，Ｋ２，・・，Ｋｎを予め記憶させておき、放電加工の実施の際にそれら定数Ｋ１，Ｋ２，・・，Ｋｎのなかから適当なものを選択するような構成とすることもできる。

【００２８】
また、ＮＣ装置１１内の不揮発性メモリに、被加工物２とワイヤ電極１との材質によって定まる定数Ｋが予め記憶されていないような被加工物２については、加工溝幅ｄの測定や加工の安定性を確認するためにワイヤ放電加工の本加工前に行う試し加工の際に、その被加工物２とワイヤ電極１との材質によって定まる定数ＫをＮＣ装置１１が演算して求め、その求めたＫの値をＮＣ装置１１内の不揮発性メモリに自動的に記憶するようになっていてもよい。その場合には、人為的に電気的な加工条件を適宜選択して設定するとともに、被加工物２の板厚ｈをキーボード等から入力して試し加工を行う。
【００２９】
試し加工の実施中に、ＮＣ装置１１は、電圧周波数変換器６の出力信号Ｓ１に基づいてワイヤ電極１と被加工物２との相対的な送り速度Ｆを演算して求めるとともに、ＡＤ変換器１０の出力信号Ｓ３に基づいて真加工電流ＩＴを演算して求め、それらの値をＮＣ装置１１の不揮発性メモリに記憶する。加工溝幅ｄについては、試し加工終了後に被加工物２を取り出して測定し、その値をキーボード等から入力する。加工溝幅ｄのデータが入力されると、ＮＣ装置１１は、上記（１）式を変形して得られる（２）式に従って演算を行い、Ｋの値を求めてＮＣ装置１１の不揮発性メモリに記憶する。すなわち、
Ｋ＝（Ｆ・ｄ・ｈ）／ＩＴ　　・・・（２）
である。
【００３０】
上述したように、ＮＣ装置１１が被加工物２とワイヤ電極１との材質によって定まる定数Ｋを演算して不揮発性メモリに自動的に記憶するようになっていることにより、一度その定数Ｋを求めて記憶してしまえば、以後、被加工物２の材質とワイヤ電極１の材質の組合わせが同じであれば、ＮＣ装置１１はその記憶してあるＫの値を読み出して使用することができる。
【００３１】
従って、被加工物２の板厚ｈが前回の加工時の板厚と異なっている場合、ＮＣ装置１１は不揮発性メモリからＫの値を読み出し、その読み出したＫの値に基づいて上記（１）式の演算を行い、得られた被加工物２の板厚ｈに基づいて電気的な加工条件（無負荷電圧、ピーク電流およびオン・オフタイム）の切替えを行うことができる。
【００３２】
【発明が解決しようとする課題】
しかし、ワイヤ電極１の材質や径および被加工物２の材質が同じであっても、被加工物２の板厚ｈや加工液の供給ノズルと被加工物２との密着状態などの要因により、従来被加工物２とワイヤ電極１との材質によって定まるとされていたＫの値が変化する。すなわち、図８に示すように、被加工物２の板厚ｈと［加工速度Ｆ／真加工電流ＩＴ（加工速度／加工エネルギーと等価である）］の関係は、同図の直線Ａに示すような線形の関係ではなく、曲線Ｂのような関係であり、被加工物２の板厚ｈは［加工速度／加工エネルギー］の関数で表される。
【００３３】
従って、従来のワイヤ放電加工機では、被加工物の板厚ｈに関係なくＫの値を定数として扱っていたため、ＮＣ装置１１において精度よく被加工物２の板厚ｈを求めることは困難であり、被加工物２の板厚ｈが誤って判定され、それによって電気的な加工条件が誤って選択されてしまい、ワイヤ電極１が断線し易いという問題点があった。
【００３４】
この問題点を解決するには、被加工物２の板厚ｈと加工液の供給ノズルの位置と電気的な加工条件との組合わせを種々変更し、全ての組合わせについて加工速度と真加工電流ＩＴを測定する予備実験を行ってデータを蓄積し、そのデータに基づいてワイヤ電極１の径および材質と被加工物２の材質とによって特定される関数を求めておくことが考えられる。
【００３５】
しかしながら、被加工物２の板厚ｈと加工液の供給ノズルの位置と電気的な加工条件との

組合わせの数は莫大な数になり、予備実験に極めて多大な時間と労力と費用を要し、到底実行不可能である。しかも、予備実験においては、すべての被加工物２について、逐一、放電加工後、被加工物２を取り出して人為的に加工溝幅ｄの測定を行なわなければならず、極めて面倒であるという問題点があった。

【００３６】

本発明は、上記に鑑みてなされたもので、本加工に先だって複数種の板厚の被加工物の加工を行ってデータ取りを行い、得られたデータから被加工物の板厚を演算するための関数を求め、これらを記憶することで、以降の本加工において被加工物の板厚を精度よく求めることができるワイヤ放電加工機およびワイヤ放電加工方法を得ることを目的とする。

【００３７】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、この発明に係るワイヤ放電加工機は、被加工物の板厚に応じて加工条件を選択し、その選択した加工条件でもってワイヤ電極と被加工物との間にパルス電圧を印加して放電パルスを発生させることにより、被加工物の放電加工を行うワイヤ放電加工機であって、被加工物とワイヤ電極との相対的な送り速度を検出する加工速度検出手段と、放電パルスのエネルギーを算出するエネルギー演算手段と、加工速度検出手段により検出された加工速度とエネルギー演算手段により算出されたエネルギーとの比すなわち［加工速度／エネルギー］の値及びこの比の値に基づいて被加工物の板厚を演算する関数を算出する加工速度エネルギー比演算手段と、加工速度エネルギー比演算手段により算出された板厚、比の値及び関数を記憶する記憶手段とを備えている。

【００３８】

上記構成のワイヤ放電加工機では、加工速度検出手段により加工速度を検出するとともにエネルギー演算手段により放電エネルギーを演算し、それらの比すなわち［加工速度／エネルギー］を加工速度エネルギー比演算手段により演算して求め、その求めた［加工速度／エネルギー］の値から被加工物の板厚を演算する関数を演算し、これを記憶手段に記憶する。これにより、本加工に先だって複数種の板厚の被加工物の加工を行ってデータ取りを行い、得られたデータから被加工物の板厚を演算するための関数を求め、これらを記憶することで、以降の本加工において被加工物の板厚を精度よく求めることができる。

【００３９】

つぎの発明に係るワイヤ放電加工機は、ワイヤ電極と被加工物との間に印加されたパルス電圧の平均値すなわち平均加工電圧を検出し、その検出した平均加工電圧に基づいて、被加工物とワイヤ電極との相対的な送り速度の演算を行うようにしたものである。

【００４０】

従って、検出した平均加工電圧が所定値よりも高い場合には、ワイヤ電極もしくは被加工物の送り速度は所定の速度よりも遅く、一方、平均加工電圧が所定値よりも低い場合には、ワイヤ電極もしくは被加工物の送り速度は所定の速度よりも速いと判断され、さらに検出した平均加工電圧と所定値との差から所定速度からのずれ量が演算される。

【００４１】

つぎの発明に係るワイヤ放電加工機は、一放電パルス毎に、放電電流パルスの積分値とアーク電位との積により放電パルスのエネルギーを求め、その一放電パルス毎のエネルギーを所定の期間毎に加算するようにしたものである。

【００４２】

従って、放電電流パルスの電流値を積分するとともにアーク電位を検出し、それら電流パルスの積分値とアーク電位との積を演算することにより一パルス毎のエネルギーが求まり、さらにそれら一パルス毎のエネルギーを所定期間毎に加算することにより、所定の演算周期毎に放電のエネルギーが求まる。

【００４３】

つぎの発明に係るワイヤ放電加工機は、前記記憶手段に記憶された［加工速度／エネルギー］の値に基づいて、被加工物の板厚を演算するための関数の特定を行うようにしたものである。

【００４４】
従って、［加工速度／エネルギー］の値と被加工物の板厚との関係を表す関数が求まり、ワイヤ電極と被加工物の組合わせが同じ場合に、被加工物の板厚の判定時にその求めた関数を用いることができる。
【００４５】
つぎの発明に係るワイヤ放電加工機は、前記記憶手段に記憶された［加工速度／エネルギー］の値および特定された被加工物の板厚を演算するための関数に基づいて、被加工物の板厚を判定して加工条件の選択を行うようにしたものである。
【００４６】
従って、被加工物の板厚の判定精度が向上し、ワイヤ電極と被加工物の組合わせが同じ場合に、より正確に被加工物の板厚が求まるので、最適な加工条件の選択が可能となる。
【００４７】
つぎの発明に係るワイヤ放電加工方法は、被加工物の板厚に応じて加工条件を選択し、その選択した加工条件でもってワイヤ電極と被加工物との間にパルス電圧を印加して放電パルスを発生させることにより、被加工物の放電加工を行うワイヤ放電加工方法であって、被加工物とワイヤ電極との相対的な送り速度を検出する第１の工程と、放電パルスのエネルギーを算出する第２の工程と、検出された加工速度と算出されたエネルギーとの比を算出するとともに、この比の値に基づいて被加工物の板厚を演算する関数を算出する第３の工程と、演算して求められた板厚、比の値及び関数を記憶する第４の工程とを含む。
【００４８】
この方法によれば、加工条件のデータを蓄積するデータ取りの際に、加工中の加工速度の検出および放電エネルギーの演算、並びにそれらの比すなわち［加工速度／エネルギー］の値が算出され、また、この比の値に基づいて被加工物の板厚を演算する関数が算出され記憶する。これにより、本加工に先だって複数種の板厚の被加工物の加工を行ってデータ取りを行い、得られたデータから被加工物の板厚を演算するための関数を求め、これらを記憶することで、以降の本加工において被加工物の板厚を精度よく求めることができる。
【００４９】
つぎの発明に係るワイヤ放電加工方法は、さらに、［加工速度／エネルギー］の値に基づいて、被加工物の板厚を演算するための関数の特定を行う工程を含むものである。
【００５０】
従って、加工条件のデータを蓄積するデータ取りに続いて、蓄積されたデータに基づいて［加工速度／エネルギー］の値と被加工物の板厚との関係を表す関数が自動的に求まる。
【００５１】
つぎの発明に係るワイヤ放電加工方法は、さらに、［加工速度／エネルギー］の値および特定された前記関数に基づいて被加工物の板厚を判定する工程と、判定した板厚に対応する加工条件を選択する工程とを含むものである。
【００５２】
従って、ワイヤ電極と被加工物の組合わせが同じ場合に、加工の際に加工速度と放電のエネルギーを求めることにより、［加工速度／エネルギー］の値と被加工物の板厚との関係を表す関数に基づいて被加工物の板厚をより精度よく判定でき、最適な加工条件の選択が可能となる。
【００５３】
【発明の実施の形態】
以下に、本発明に係るワイヤ放電加工機およびワイヤ放電加工方法の実施の形態について図１～図７に基づいて詳細に説明する。
【００５４】
図１には、本発明に係るワイヤ放電加工機の一例が示されている。この放電加工機は、ワイヤ電極１、被加工物２、それらワイヤ電極１と被加工物２との間にパルス電圧を印加して放電電流パルスを供給する加工電源２０、加工電源２０を制御して加工電源２０にパル

ス電圧および放電電流パルスを生成させるパルス制御回路２１、パルス制御回路２１の出力信号に基づいて加工エネルギーの演算を行うエネルギー演算部（エネルギー演算手段）２２を備えている。

【００５５】

また、加工電源２０により印加された加工電圧の平均値（平均加工電圧）を検出する平均加工電圧検出装置２３、ワイヤ電極１と被加工物２との間の印加電圧を監視して放電開始時点の検出を行いパルス制御回路２１にタイミング信号を出力する放電開始検出回路２４、平均加工電圧検出装置２３およびエネルギー演算部２２の各出力信号と図示省略した操作盤等から入力された加工経路情報および電気的な加工条件のパラメータに基づいてワイヤ電極１と被加工物２との相対移動の制御を行う信号を生成するとともに、パルス制御回路２１に加工条件パラメータを出力するＮＣ装置２５を備えている。

【００５６】

さらに、ＮＣ装置２５で生成されたワイヤ電極１と被加工物２との相対移動の制御信号を受け取ってＸ方向およびＹ方向の各駆動モータ２７Ｘ，２７Ｙに駆動信号を生成して出力する軸駆動制御装置２６、Ｘ方向の駆動モータ２７ＸおよびＹ方向の駆動モータ２７Ｙ、並びに被加工物２が載置されＸ方向およびＹ方向の各駆動モータ２７Ｘ，２７Ｙにより移動自在にされたテーブル２８を備えている。

【００５７】

このワイヤ放電加工機は、ワイヤ電極１と被加工物２との相対的な加工送り速度すなわち加工速度を平均加工電圧検出装置２３およびＮＣ装置２５により検出して制御するとともに、エネルギー演算部２２により放電パルスのエネルギーを演算して求め、さらに検出した加工速度と放電パルスのエネルギーの比をＮＣ装置２５により演算し、その比の値を例えばＮＣ装置２５の内部に記憶手段として設けられた不揮発性の半導体メモリ２５０に記憶するようになっている。

【００５８】

それによって、このワイヤ放電加工機にあっては、図６のフローチャートに示す処理（詳細については後述する）を行うことにより自動的に加工条件のデータの蓄積を行い得るようになっている。そして、蓄積したデータに基づいて、被加工物２の板厚を演算するための関数が特定される。なお、平均加工電圧検出装置２３およびＮＣ装置２５は加工速度検出手段としての機能を有しており、ＮＣ装置２５は加工速度エネルギー比演算手段としての機能も有している。

【００５９】

また、このワイヤ放電加工機は、データ蓄積後の放電加工の実施に際しては、ＮＣ装置２５により加工中の加工速度とエネルギーの比を演算して求め、その比の値と被加工物２の板厚を特定するための関数に基づいて、被加工物２の板厚を精度よく求め、その求めた板厚に基づいて、不揮発性メモリに蓄積されたデータ群の中から最適な加工条件を選択することにより、ワイヤ電極の断線の発生頻度を著しく低減させて効率よく放電加工を行うことができるようになっている。

【００６０】

ＮＣ装置２５は、パルス制御回路２１に電気的な加工条件のパラメータを出力する。この加工条件パラメータは、ワイヤ放電の本加工前の予備実験等によるデータ蓄積時には外部の操作盤により入力されて供給され、また本加工時にはＮＣ装置２５の内部の不揮発性メモリ２５０から読み出される。

【００６１】

また、ＮＣ装置２５は、ＮＣプログラムに記述された加工経路情報もしくは操作盤から入力された加工経路情報および平均加工電圧検出装置２３から送られてきた加工中の平均電圧信号に基づいて、電極１もしくは被加工物２の送り速度の演算を行い、電極１と被加工物２との相対位置関係を一定に維持するように軸駆動制御装置２６に位置決め指令の制御信号を出力する。

【００６２】

具体的には、平均加工電圧検出装置２３により検出された平均加工電圧が所定値よりも高い場合には、電極１もしくは被加工物２の送り速度が増大するように制御される。一方、平均加工電圧が所定値よりも低い場合には、電極１もしくは被加工物２の送り速度が減少するように制御される。なお、電極１もしくは被加工物２の送り速度は、平均加工電圧と前記所定値との差に基づいて演算される。

【００６３】

パルス制御回路２１は、ＮＣ装置２５から送られてきた電気的な加工条件のパラメータに基づいて所定の電流ピーク、パルス幅および休止時間を有する駆動信号を生成して加工電源２０に出力し、加工電源２０の制御を行う。

【００６４】

加工電源２０は、パルス制御回路２１から送られてきた駆動信号によって駆動される。そして、被加工物２の上方および下方においてワイヤガイドにより保持されたワイヤ電極１と被加工物２との加工間隙に、加工電源２０により所定の電流パルスが供給されるとともに、その加工間隙に、特に限定しないが水もしくは水系の加工液が供給されることによって放電加工が行われる。

【００６５】

図２には、ワイヤ電極１と被加工物２との間に加工電圧および加工電流を供給する電源装置の実施例が示されている。この電源装置は、主として、加工電源２０、パルス制御回路２１および放電開始検出回路２４から構成されている。

【００６６】

加工電源２０は、パルス制御回路２１から駆動信号として出力される２つのパルス信号Ｓ１１，Ｓ１２によりそれぞれオン・オフされる２つのスイッチング素子ＴＲ１，ＴＲ２と、第１のスイッチング素子ＴＲ１、電流制限抵抗Ｒ１１およびダイオードＤ１を介してワイヤ電極１および被加工物２にそれぞれ負極および正極が電気的に接続された第１の直流電源Ｅ１と、第２のスイッチング素子ＴＲ２およびダイオードＤ２を介してワイヤ電極１および被加工物２にそれぞれ負極および正極が電気的に接続された第２の直流電源Ｅ２と、ダイオードＤ３を介してワイヤ電極１および被加工物２にそれぞれ正極および負極が電気的に接続された第３の直流電源Ｅ３とを備えている。

【００６７】

詳しくは、第１の直流電源Ｅ１の負極はダイオードＤ１のカソードに接続され、そのダイオードＤ１のアノードはワイヤ電極１に接続されている。一方、第１の直流電源Ｅ１の正極は電流制限抵抗Ｒ１１の一端に接続されている。第１のスイッチング素子ＴＲ１は例えばｎ形の絶縁ゲート型電界効果トランジスタ（ＮＭＯＳＦＥＴ）でできている。

【００６８】

そのＭＯＳＦＥＴ（第１のスイッチング素子ＴＲ１）のドレインに電流制限抵抗Ｒ１１の他端が接続されている。そのＭＯＳＦＥＴのソースは被加工物２に接続され、ゲートはパルス制御回路２１の第１のパルス信号Ｓ１１の出力端子に接続されている。第１のパルス信号Ｓ１１が“１”の時、第１のスイッチング素子ＴＲ１はオン状態となり、ワイヤ電極１と被加工物２との間に加工電圧が印加される。第１のパルス信号Ｓ１１が“０”の時、第１のスイッチング素子ＴＲ１はオフ状態となり、加工電圧の印加が停止される。

【００６９】

第２の直流電源Ｅ２の負極はダイオードＤ２のカソードに接続され、そのダイオードＤ２のアノードはワイヤ電極１に接続されている。第２のスイッチング素子ＴＲ２は例えばＮＭＯＳＦＥＴでできている。そのＭＯＳＦＥＴ（第２のスイッチング素子ＴＲ２）のドレインに第２の直流電源Ｅ２の正極が接続されている。そのＭＯＳＦＥＴのソースは被加工物２に接続され、ゲートはパルス制御回路２１の第２のパルス信号Ｓ１２の出力端子に接続されている。

【００７０】

第２のパルス信号Ｓ１２が“１”の時、第２のスイッチング素子ＴＲ２はオン状態となり、ワイヤ電極１と被加工物２との間に放電加工電流が供給される。第２のパルス信号Ｓ１

２が“０”の時、第２のスイッチング素子ＴＲ２はオフ状態となり、放電加工電流の供給が停止される。

【００７１】

第３の直流電源Ｅ３の正極はダイオードＤ３のアノードに接続され、そのダイオードＤ３のカソードはワイヤ電極１に接続されている。第３の直流電源Ｅ３の負極は被加工物２に接続されている。

【００７２】

放電開始検出回路２４は、ワイヤ電極１と被加工物２との間の電圧を分圧する２つの抵抗Ｒ１２，Ｒ１３を有しており、ワイヤ電極１とそれら２つの抵抗Ｒ１２，Ｒ１３の接続点との間の電圧が分圧値Ｖｇとして得られるようになっている。

【００７３】

図３には、図２に示す電源装置の動作タイミングの一例が示されている。４０ａは加工電圧波形、４０ｂは加工電流波形、４０ｃは第１のスイッチング素子ＴＲ１を駆動する第１のパルス信号Ｓ１１、４０ｄは第２のスイッチング素子ＴＲ２を駆動する第２のパルス信号Ｓ１２、４０ｅは第１のパルス信号Ｓ１１が“０”から“１”に切り替わった後に放電が開始されるまでの時間と所定時間Ｔｃとの大小を判別する信号Ｓ３である。

【００７４】

まず、加工開始のタイミングで第１のパルス信号Ｓ１１が立ち上がって“１”となるとともにその立上りエッジに同期して判別信号Ｓ３が“０”となる。第１のパルス信号Ｓ１１が“１”となったことにより第１のスイッチング素子ＴＲ１がオン状態となり、ワイヤ電極１と被加工物２との間に第１の直流電源Ｅ１の電圧（Ｅ１）が印加される。その際、第２のパルス信号Ｓ１２は“０”であるので、第２のスイッチング素子ＴＲ２はオフ状態のままであり、ワイヤ電極１と被加工物２との間に加工電流は供給されない。

【００７５】

ワイヤ電極１と被加工物２との間に放電が開始されると、ワイヤ電極１と被加工物２との間の印加電圧の、抵抗Ｒ１２および抵抗Ｒ１３による分圧値Ｖｇと基準となる設定電圧Ｖ１１との比較により放電開始のタイミングが検出される。その放電開始のタイミングに同期して第１のパルス信号Ｓ１１が立ち下がって“０”に切り替わるとともに第２のパルス信号Ｓ１２が立ち上がって“１”に切り替わる。

【００７６】

それによって、第１のスイッチング素子ＴＲ１はオフ状態となって第１の直流電源Ｅ１による加工電圧の印加が停止される。それと同時に、第２のスイッチング素子ＴＲ２がオン状態となって第２の直流電源Ｅ２によりワイヤ電極１と被加工物２との間に加工電流が供給され始める。

【００７７】

なお、判別信号Ｓ３は、加工電圧の印加開始タイミングから所定時間Ｔｃが経過した後、立ち上がって“１”となる。この判別信号Ｓ３が“０”の時に加工電流の供給が開始された場合（図３の第１番目および第３番目のパルス群）には、第２のパルス信号Ｓ２は所定時間ＯＮ１の間だけ“１”の状態を保持した後“０”に切り替わり、加工電流の供給が停止される。

【００７８】

また、加工電流の供給が開始された時に判別信号Ｓ３が“１”の場合（図３の第２番目のパルス群）には、第２のパルス信号Ｓ２は所定時間ＯＮ２の間だけ“１”の状態を保持した後“０”に切り替わり、加工電流の供給が停止される。そして、加工電流の供給が停止したら休止時間ＯＦＦの期間経過後、再び第１のパルス信号Ｓ１を立ち上げて“１”とし、加工電圧を印加するという動作が繰り返される。

【００７９】

一般に、第１のパルス信号Ｓ１が“１”となる期間すなわちワイヤ電極１と被加工物２との間に加工電圧を印加している期間Ｔｄが所定時間Ｔｃ以下の時にＯＮ１を選択して放電がすぐに起こる（即放電パルスモード）ようにし、ＴｄがＴｃよりも大きい時にＯＮ２（

ＯＮ１＜ＯＮ２）を選択して放電が正常に起こる（正常放電パルスモード）ように制御することによって、加工速度の向上を図ることができる。

【００８０】

なお、放電電流の波形は４０ｂに示すようにピーク値が高く幅の短いパルス波形となる。これは、第１のスイッチング素子ＴＲ１がオン状態となって第１の直流電源Ｅ１によりワイヤ電極１と被加工物２との間に加工電圧が印加された後、抵抗Ｒ１１により制限された微小電流が放電開始とともに加工間隙に流れて放電の発生が検出されると、第２のスイッチング素子ＴＲ２がオン状態となって第２の直流電源Ｅ２から低インピーダンス回路上を電流が流れて立ち上る。その後、第２のスイッチング素子ＴＲ２がオフ状態に切り替わると、第３の直流電源Ｅ３により加工電流と逆向きの電流が流れるため瞬時に立ち下がるからである。

【００８１】

図４には、エネルギー演算部２２の実施例が示されている。このエネルギー演算部２２は、パルス制御回路２１から送られてきた第２のパルス信号Ｓ１２を受け取って一パルス毎に放電加工のエネルギー値のデータに変換するエネルギー値変換回路２２０、エネルギー値変換回路２２０により変換された一パルス毎のエネルギー値のデータを所定周期毎に加算する加工エネルギー値加算回路２２１、加工エネルギー値加算回路２２１により加算された加算値のデータをラッチして所定のタイミングでＮＣ装置２５にエネルギーデータｅとして出力するラッチ回路２２２、並びに加工エネルギー値加算回路２２１およびラッチ回路２２２に所定の周期でタイミング信号を出力するタイマ２２３から構成されている。

【００８２】

エネルギー値変換回路２２０は、第２のパルス信号Ｓ１２が“１”である時の時間（図３のＯＮ１またはＯＮ２）と電流波形に基づき、電流パルス一個毎の加工エネルギー値を演算して得る。すなわち、図４に示すように、電流波形には、回路中のインピーダンスと電流パルス幅に対応した回路固有の電流ピーク値があるので、アーク電位（図３のＶ１２）と電流パルスの積分値との積から放電パルス１個当たりの加工エネルギー値を求めることができる。なお、放電パルス１個当たりの加工エネルギー値は、図２に示す構成の加工電源２０に限らず、種々の構成の電源においても、アーク電位と電流パルスの積分値との積により求められるのはいうまでもない。

【００８３】

加工エネルギー値加算回路２２１は、そのリセット端子／ＲＥＳ（端子名の前の“／”は入力信号が“０”の時に有効となる端子であることを表している）にタイマ２２３から所定の演算周期Ｔ（図５参照）で出力されるタイミング信号が入力されるようになっている。そして、加工エネルギー値加算回路２２１は、入力されたタイミング信号の立下りに同期してリセットされ、新たにエネルギー値変換回路２２０から送られてくる加工エネルギー値の加算を開始するようになっている。すなわち、加工エネルギー値加算回路２２１により得られた加算値のデータをラッチ回路２２２がラッチした後に、加工エネルギー値加算回路２２１はその加算値をクリアするようになっている。

【００８４】

ラッチ回路２２２は、そのトリガー入力端子Ｔｇにタイマ２２３のタイミング信号が入力されるようになっており、加工エネルギー値加算回路２２１から出力されデータ入力端子Ｄに入力された加算値のデータを、タイマ２２３から入力されるタイミング信号の立上りに同期してホールドする。

【００８５】

図５には、図４に示すエネルギー演算部２２の動作タイミングの一例が示されている。５０ａはタイマ２２３から出力される周期Ｔのタイミング信号、５０ｂは加工エネルギー値加算回路２２１における放電パルス１個当たりの加工エネルギー値の加算値データ、５０ｃはラッチ回路２２２におけるホールドデータすなわちエネルギーデータｅである。

【００８６】

タイマ２２３からは演算周期Ｔでタイミング信号が出力されている。加工エネルギー値加

算回路２２１では、タイミング信号の立下りエッジに同期して加算値データがクリアされ、つぎのタイミング信号の立下りにより再びクリアされるまでの間、新たに加算処理が行われる。ラッチ回路２２２は、タイミング信号の立上りエッジに同期して、一周期前の加算値データをラッチし、タイミング信号の一周期間ホールドしエネルギーデータｅとしてＮＣ装置２５に出力する。

【００８７】

本発明に係るワイヤ放電加工機の動作について説明する。図６には、本加工前に行われる電気的な加工条件の蓄積処理（データ取り）の流れの一例が示されている。予め、種々の板厚ｈ１，ｈ２，…，ｈｎの被加工物２を用意する。放電加工機にワイヤ電極１と板厚ｈ１の被加工物２をそれぞれ取り付け、加工液を入れる。加工開始の準備が整ったら、ＮＣ装置２５のキーボード等（図示省略）から被加工物２の板厚ｈ（すなわちｈ１）を入力する（ステップＡ１）。

【００８８】

その後、予め作成されたＮＣプログラムに従って、ＮＣ装置２５は初期電気条件Ｅ０を選択し、その条件Ｅ０に従って放電加工を開始する（ステップＡ２）。放電加工が開始されると、ＮＣ装置２５は、一定時間経過後（ステップＡ３）、平均加工電圧検出装置２３の出力信号に基づいてワイヤ電極１と被加工物２との相対的な送り速度すなわち加工速度ｆの算出を行う（ステップＡ４）。

【００８９】

次いで、ＮＣ装置２５は、エネルギー演算部２２から出力されたエネルギーデータｅを受け取り（ステップＡ５）、そのエネルギーデータｅとステップＡ４で算出した加工速度ｆとから［ｆ／ｅ］の値を演算して求める（ステップＡ６）。［ｆ／ｅ］の値が求まったら、ＮＣ装置２５は、内部の不揮発性メモリ２５０に板厚ｈ１と［ｆ／ｅ］の値を記憶する（ステップＡ７）。そして、初期電気条件Ｅ０による加工を終了し、新たに電気条件をＥ１に設定する（ステップＡ８）。

【００９０】

電気条件をＥ１に変更したら、ＮＣ装置２５は上記ステップＡ３に戻り、電気条件Ｅ１でもって放電加工を行い、一定時間経過後に加工速度ｆとエネルギーデータｅとから［ｆ／ｅ］の値を演算して記憶し、さらに電気条件をＥ２に変更する。以上のようにして、ＮＣ装置２５は、板厚ｈ１について、Ｅ０～Ｅｎの複数の電気条件を変更パラメータとして［ｆ／ｅ］の値を求めてメモリに記憶する。

【００９１】

板厚ｈ１についてのデータ取りが終了したら、続いて被加工物２を板厚ｈ２のものに交換し、上記ステップＡ１～ステップＡ８の処理を行って、板厚ｈ２についてのデータ取りを行う。同様にして、他の板厚ｈ３～ｈｎについてもデータ取りを行う。

【００９２】

全部の板厚についてデータ取りが終了したら、ＮＣ装置２５は、内部の演算回路（図示省略）により［ｆ／ｅ］の値と板厚ｈとの関係を表す関数を求める演算を行う。図７には、縦軸を板厚ｈとし、横軸を［ｆ／ｅ］の値として、［ｆ／ｅ］の値と板厚ｈとの関係を表したグラフの一例が示されている。なお、グラフが繁雑になるのを避けるために、図７では便宜上Ｅ０～Ｅ２の電気条件についてプロットした。図７に示すグラフの場合には、（３）式で表される回帰曲線の定数Ｋを算出する計算を行い、被加工物２の板厚を演算するための関数を特定する。すなわち、

ｈ＝Ｋ（ｆ／ｅ）　・・・（３）

である。

【００９３】

そして、ＮＣ装置２５は、特定した関数をＮＣ装置２５内の不揮発性メモリ２５０に記憶する。なお、回帰曲線の関数については、指数関数、累乗で表される関数もしくは多項式で表される関数またはそれらを組み合わせた関数などを適宜用いることができる。

【００９４】

以上の処理により、種々の板厚ｈ１～ｈｎの被加工物２についてのデータ取りおよび被加工物２の板厚ｈを演算するための関数を求めることができたので、以後行う本加工においては、ワイヤ電極１と被加工物２の組合わせが同じであれば、放電加工中に加工速度ｆおよびエネルギーｅを求め、その比をＮＣ装置２５により演算して求めることにより、被加工物２の板厚を演算するための関数を用いて被加工物の板厚ｈを精度よく判定することができる。

【００９５】

そして、ＮＣ装置２５は、予め不揮発性メモリ２５０あるいは外部記憶装置などに記憶された複数の電気的な加工条件の中から、加工速度ｆとエネルギーｅとの比に基づいて判定した板厚ｈに対応する加工条件を選択して放電加工を行う。

【００９６】

なお、同じ板厚ｈの被加工物２について複数の電気条件Ｅ０～Ｅｎでもってデータ取りを行うのは、デー多数を増やして回帰曲線の精度を向上させるためである。従って、電気条件の数は複数に限らず一つでもよい。

【００９７】

上記実施の形態によれば、ワイヤ電極１と被加工物２との相対的な加工送り速度ｆを平均加工電圧検出装置２３およびＮＣ装置２５により検出するとともに、エネルギー演算部２２により放電パルスのエネルギーｅを演算して求め、それら加工速度ｆと放電パルスのエネルギーｅの比［加工速度ｆ／エネルギーｅ］の値をＮＣ装置２５により演算し、その［加工速度ｆ／エネルギーｅ］の値を不揮発性の半導体メモリ２５０に記憶してデータ取りを行い、蓄積したデータに基づいて被加工物２の板厚を演算するための関数の特定を行うようにしたため、ワイヤ電極１の材質および径と被加工物２の材質との組合わせがデータ取りの際の組合わせと同じであれば、実際に放電加工を行うだけで、加工速度ｆおよびエネルギーｅが求まり、それらの値と特定された板厚の演算のための関数とにより板厚が精度よく求められる。従って、最適な加工条件が正確に求まり、ワイヤ電極の断線の発生頻度が著しく低減され、効率よく放電加工を行うことができる。

【００９８】

また、種々の板厚の被加工物を用意し、板厚の異なる被加工物を順次放電加工機に取り付け、各板厚について種々の電気的な加工条件でもって放電加工を行うだけで、［加工速度ｆ／エネルギーｅ］の値がメモリ２５０に自動的に記憶されるので、労力や時間や費用をかけずにデータ取りを効率よく行うことができる。特に、従来のように加工後に逐一被加工物２を取り出して加工溝幅を測定しなくても済むので、データ取りの労力が著しく軽減され、効率が飛躍的に向上する。

【００９９】

なお、加工電源２０およびエネルギー演算部２２は、それぞれ上記実施形態の構成のものに限らず、種々設計変更可能である。

【０１００】

また、上記実施形態においては、回帰曲線を特定する演算をＮＣ装置２５内の演算回路により行うとしたが、これに限らず、ＮＣ装置２５の外部の計算機により行ってもよい。ただし、その場合には、ＮＣ装置２５に蓄積されたデータをフロッピーディスク等の記憶媒体にコピーして外部の計算機に入力し、外部の計算機により求めた回帰曲線の関数を再びフロッピーディスク等に格納してＮＣ装置２５に戻す作業が必要となる。従って、回帰曲線を特定する演算をＮＣ装置２５内の演算回路で行う方が、データ取り終了後、すぐに同じワイヤ電極１と被加工物２との組合わせによる本加工を実施することができる、という迅速性の点で優れる。

【０１０１】

さらに、上記実施形態においては、加工速度ｆとエネルギーｅの比を［ｆ／ｅ］として表したが、［ｅ／ｆ］であってもよいのはいうまでもない。

【０１０２】

さらにまた、上記実施形態においては、ＮＣ装置２５内の不揮発性メモリ２５０に板厚ｈ

と［ｆ／ｅ］の値を記憶するとしたが、これに限らず、［ｆ／ｅ］の値に代えてもしくは［ｆ／ｅ］の値とともに、加工速度ｆおよびエネルギーｅを対にして記憶するようにしてもよい。

【０１０３】

また、上記実施形態においては、板厚ｈと［ｆ／ｅ］の値をＮＣ装置２５内の不揮発性メモリ２５０に記憶するとしたが、これに限らず、ＮＣ装置に外付けされたフロッピーディスク等の磁気記憶装置に記憶するようにしてもよい。

【０１０４】

【発明の効果】

以上、説明したとおり、この発明に係るワイヤ放電加工機によれば、加工速度検出手段により加工速度を検出するとともにエネルギー演算手段により放電エネルギーを演算し、それらの比すなわち［加工速度／エネルギー］を加工速度エネルギー比演算手段により演算して求め、その求めた［加工速度／エネルギー］の値を電気的な加工条件に対応させて記憶手段に記憶するため、放電加工機に種々の材質および径のワイヤ電極と種々の材質および板厚の被加工物を組合わせて取り付け、放電加工を行うことによって、［加工速度／エネルギー］の値の算出およびその記憶が自動的に行われるので、［加工速度／エネルギー］のデータ取りを効率よく行うことができる。

【０１０５】

つぎの発明に係るワイヤ放電加工機によれば、検出した平均加工電圧が所定値よりも高い場合には、ワイヤ電極もしくは被加工物の送り速度は所定の速度よりも遅く、一方、平均加工電圧が所定値よりも低い場合には、ワイヤ電極もしくは被加工物の送り速度は所定の速度よりも速いと判断され、さらに検出した平均加工電圧と所定値との差から所定速度からのずれ量が演算されるため、ワイヤ電極もしくは被加工物の送り速度すなわち加工速度が容易に求まり、［加工速度／エネルギー］の値を容易に求めることができる。

【０１０６】

つぎの発明に係るワイヤ放電加工機によれば、放電電流パルスの電流値を積分するとともにアーク電位を検出し、それら電流パルスの積分値とアーク電位との積を演算することにより一パルス毎のエネルギーが求まり、さらにそれら一パルス毎のエネルギーを所定期間毎に加算することにより、所定の演算周期毎に放電のエネルギーが求まるため、放電エネルギーの値が容易に求まり、［加工速度／エネルギー］の値をさらに容易に求めることができる。

【０１０７】

つぎの発明に係るワイヤ放電加工機によれば、［加工速度／エネルギー］の値と被加工物の板厚との関係を表す関数が求まり、ワイヤ電極と被加工物の組合わせが同じ場合に、被加工物の板厚の判定時にその求めた関数を用いることができるため、被加工物の板厚の判定精度が向上する。

【０１０８】

つぎの発明に係るワイヤ放電加工機によれば、被加工物の板厚の判定精度が向上し、ワイヤ電極と被加工物の組合わせが同じ場合に、より正確に被加工物の板厚が求まるので、最適な加工条件の選択が可能となり、ワイヤ電極の断線の発生頻度が著しく低減し、効率よく放電加工を行うことができる。

【０１０９】

つぎの発明に係るワイヤ放電加工方法によれば、加工条件のデータを蓄積するデータ取りの際に、加工中の加工速度の検出および放電エネルギーの演算、並びにそれらの比すなわち［加工速度／エネルギー］の値を演算して電気的な加工条件に対応させて記憶する一連の動作が自動的に行われるため、種々の板厚の被加工物について種々の加工条件でもって放電加工を行い、［加工速度／エネルギー］の値を求めて記憶するというデータ取りを容易に行うことができる。

【０１１０】

つぎの発明に係るワイヤ放電加工方法によれば、加工条件のデータを蓄積するデータ取り

に続いて、蓄積されたデータに基づいて［加工速度／エネルギー］の値と被加工物の板厚との関係を表す関数が自動的に求まるので、種々の板厚の被加工物について種々の加工条件でもって放電加工を行うだけで、［加工速度／エネルギー］の値のデータ取りが自動的に行われるだけでなく、［加工速度／エネルギー］の値と被加工物の板厚との関係を表す関数も求めることができる。

【０１１１】

つぎの発明に係るワイヤ放電加工方法によれば、ワイヤ電極と被加工物の組合わせが同じ場合に、加工の際に加工速度と放電のエネルギーを求めることにより被加工物の板厚をより精度よく判定でき、最適な加工条件の選択が可能となるため、効率よく放電加工を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　この発明に係るワイヤ放電加工機の概略構成を示すブロック図である。

【図２】　この発明に係るワイヤ放電加工機における電源装置の概略構成を示す回路図である。

【図３】　この発明に係る電源装置の動作タイミングの一例を示すタイミングチャートである。

【図４】　この発明に係るワイヤ放電加工機におけるエネルギー演算部の概略構成を示すブロック図である。

【図５】　エネルギー演算部の動作タイミングの一例を示すタイミングチャートである。

【図６】　この発明に係るワイヤ放電加工機を使用して電気的な加工条件の蓄積処理を行う際の手順の一例を示すフローチャートである。

【図７】　蓄積処理により得られたデータについて［加工速度／エネルギー］の値と被加工物の板厚との関係を示す特性図である。

【図８】　［加工速度／エネルギー］の値と被加工物の板厚との関係を示す特性図である。

【図９】　従来におけるワイヤ放電加工機の概略構成を示すブロック図である。

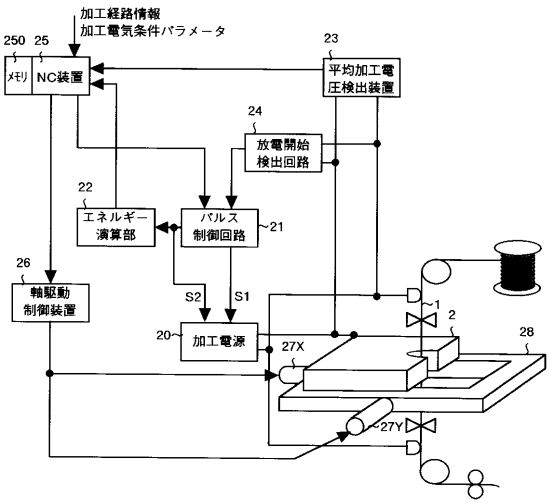
【図１０】　従来におけるワイヤ放電加工機における放電加工手順を示すフローチャートである。

【図１１】　電気的な加工条件が記憶されたメモリの記憶内容を示す説明図である。

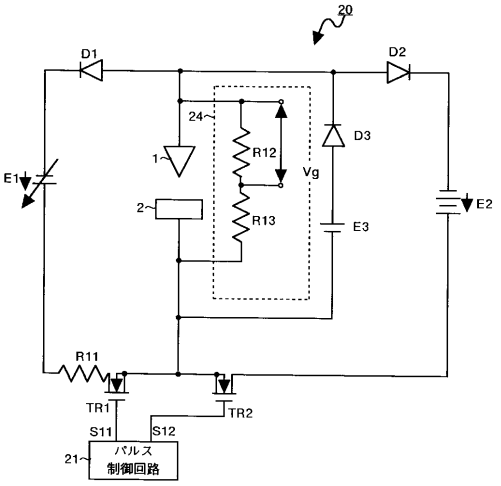
【符号の説明】

１　ワイヤ電極，２　被加工物，２０　加工電源，２１　パルス制御回路，２２　エネルギー演算部，２３　平均加工電圧検出装置，２４　放電開始検出回路，２５　ＮＣ装置，２６　軸駆動制御装置，２２０　エネルギー値変換回路，２２１　加工エネルギー値加算回路，２２２　Ｄラッチ回路，２２３　タイマ，２５０　半導体メモリ

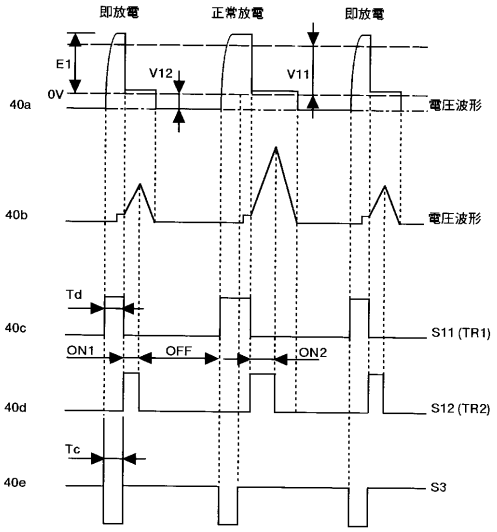
【図１】


加工経路情報
加工電気条件パラメータ
250
25
メモリ
NC装置
23
平均加工電圧検出装置
24
放電開始検出回路
22
エネルギー演算部
パルス制御回路
21
26
軸駆動制御装置
S2
S1
20
加工電源
27X
1
2
28
27Y

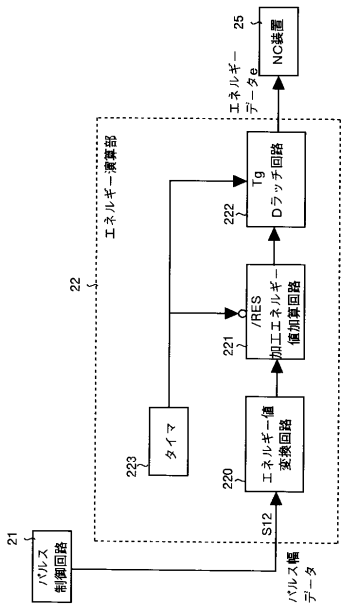
【図２】


20
D1
D2
24
1
R12
Vg
D3
E1
2
R13
E3
E2
R11
TR1
TR2
S11
S12
21
パルス制御回路

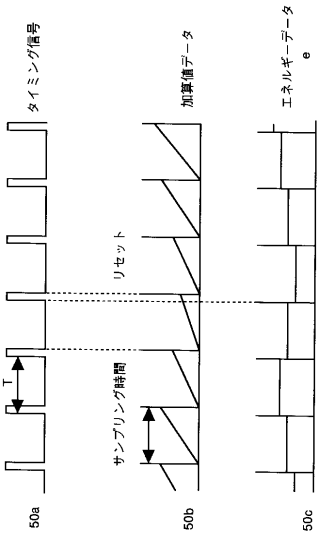
【図３】


即放電
正常放電
即放電
E1
0V
V12
V11
40a
電圧波形
40b
電圧波形
Td
40c
S11 (TR1)
ON1
OFF
ON2
40d
S12 (TR2)
Tc
40e
S3

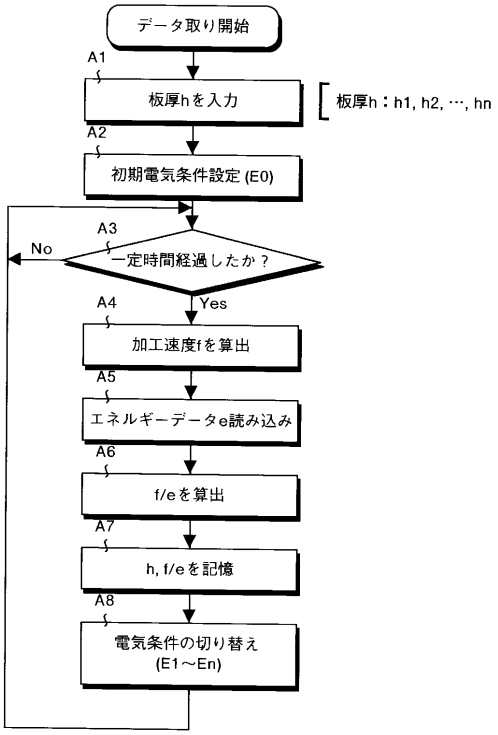
【図４】


25
NC装置
エネルギーデータe
エネルギー演算部
22
Tg
Dラッチ回路
222
/RES
加工エネルギー値加算回路
221
タイマ
223
エネルギー値変換回路
220
S12
21
パルス制御回路
パルス幅データ

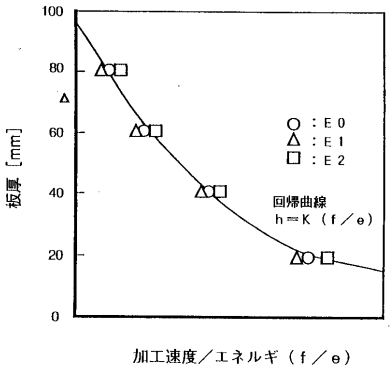
【図５】


タイミング信号
加算値データ
エネルギーデータ e
リセット
T
サンプリング時間
50a
50b
50c

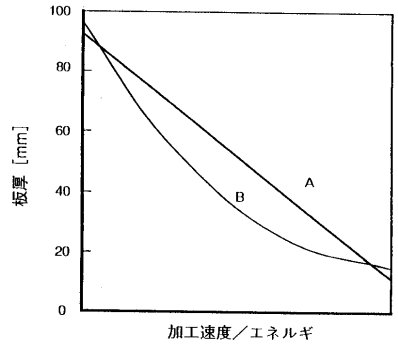
【図６】


データ取り開始
A1
板厚hを入力
板厚h：h1, h2, …, hn
A2
初期電気条件設定 (E0)
A3
No
一定時間経過したか？
Yes
A4
加工速度fを算出
A5
エネルギーデータe読み込み
A6
f/eを算出
A7
h, f/eを記憶
A8
電気条件の切り替え
(E1～En)

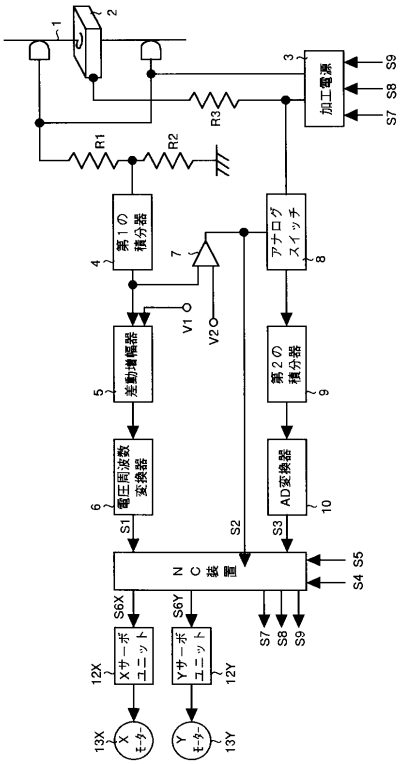
【図７】


100
80
60
40
20
0
板厚［mm］
○：E0
△：E1
□：E2
回帰曲線
h＝K（f／e）
加工速度／エネルギ（f／e）

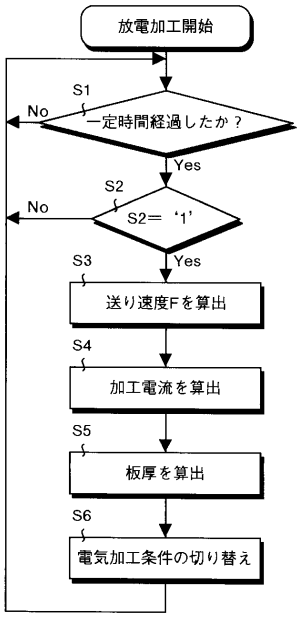
【図８】


100
80
60
40
20
0
板厚［mm］
A
B
加工速度／エネルギ

【図９】


1
2
3
加工電源
S9
S8
S7
R3
R1
R2
4
第1の積分器
7
アナログスイッチ
8
V1
V2
5
差動増幅器
第2の積分器
9
6
電圧周波数変換器
AD変換器
10
S1
S2
S3
NC装置
S4 S5
S6X
S6Y
S7
S8
S9
12X
Xサーボユニット
Yサーボユニット
12Y
13X
Xモータ
Yモータ
13Y

【図１０】



【図１１】

被加工物の板厚	無負荷電圧	ピーク電流	オンタイム	オフタイム
h1	Vs1	Ip1	Ton1	Toff1
h2	Vs2	Ip2	Ton2	Toff2
h3	Vs3	Ip3	Ton3	Toff3
h4	Vs4	Ip4	Ton4	Toff4
・	・	・	・	・
・	・	・	・	・
・	・	・	・	・
h (n-1)	Vs (n-1)	Ip (n-1)	Ton (n-1)	Toff (n-1)
hn	Vsn	Ipn	Tonn	Toffn

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.[7], ＤＢ名)
B23H 7/02