

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4041299号  
(P4041299)

(45) 発行日 平成20年1月30日(2008.1.30)

(24) 登録日 平成19年11月16日(2007.11.16)

(51) Int.Cl.

F 1

B23H 9/14 (2006.01)

B23H 9/14

B23H 7/26 (2006.01)

B23H 7/26

B23H 7/32 (2006.01)

B23H 7/32

C

請求項の数 1 (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願2001-310795 (P2001-310795)

(22) 出願日

平成13年10月9日 (2001.10.9)

(65) 公開番号

特開2003-117734 (P2003-117734A)

(43) 公開日

平成15年4月23日 (2003.4.23)

審査請求日

平成16年9月16日 (2004.9.16)

(73) 特許権者 000132725

株式会社ソディック

神奈川県横浜市都筑区仲町台3丁目12番  
1号

(72) 発明者 中島 宣洋

神奈川県横浜市都筑区仲町台3-12-1  
株式会社ソディック本社・技術研修セン  
ター内

審査官 小野田 達志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】放電加工方法および放電加工機

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

回転手段を有する加工ヘッドに軸状電極を装着して被加工体と相対向させ、前記回転する軸状電極の先端側を被加工体の表面に近接した位置で電極ガイドに案内させて位置決めし、対向間隙に加工液を供給介在させた状態で両者間に間歇的な電圧パルスを印加し、繰り返し放電を発生させると共に、対向方向の、または対向および該対向方向と直角な平面方向の相対的な加工送りを与えて被加工体に穴または所定のキャビティを加工する放電加工方法において、

加工機のコラムに前記電極ガイドを保持するW軸スライダを、また、該W軸スライダに前記加工ヘッドを保持するZ軸スライダを、案内、バランサを含む送り機構、および各駆動源のモータとの組み合わせからなる夫々の昇降軸送り機構を介して夫々独立に軸送り可能に取り付けるとともに、前記コラムに対するW軸スライダの昇降軸方向の位置と、また、該W軸に対するZ軸スライダの昇降軸方向の位置とを夫々検出する位置検出装置を夫々に設けておき、

加工開始前に、前記軸状電極の先端を、加工すべき加工穴またはキャビティの前記対向方向の深さと同じ長さ前記電極ガイドから突出させた状態に設定しておいて、前記電極を所定回転数で回転させ、前記軸状電極の先端の回転振れ量を測定して加工プログラムを修正しておき、この修正プログラムにより加工を開始した後は、前記軸状電極先端の電極ガイドからの突出長さが、前記設定長さを維持しつつ加工が進行するように、前記W軸とZ軸の位置検出装置からのフィードバックされる各検出位置信号によりW軸の位置を連続

的に制御しつつ加工を進行させることを特徴とする放電加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、細管、細線、または細棒状等の細くて長い軸状電極を用い、該軸状電極を中心軸または該中心軸に平行な軸の廻りに回転させた状態で、被加工体と放電間隙を介して相対向させ、該放電間隙に加工液等の加工媒体を流通介在させた状態で、両者間に間歇的な電圧パルスを印加して繰り返し放電パルスを発生させると共に、両者間に對向方向の、または對向方向および該對向方向と直角な平面方向の相対的な加工送りを与えて被加工体に穴または所定若しくは何等かのキャビティを加工形成する放電加工方法および放電加工機に關し、特に回転軸状電極の回転による振れにより加工穴等の寸法、精度等が低下することが無いようにしたものである。 10

【0002】

【従来の技術】

斯種の放電加工は、通常軸状電極として、外径が 0.1 mm 程度から 3 mm 程度で、長さが 300 mm 程度以内の円柱状のパイプ電極、または線状乃至は棒状電極を用い、前記パイプ電極の場合には、水系または油系の加工液を 1.96 MPa (20 kgf/cm<sup>2</sup>) 以上の高圧で中空部を通して先端開口部の放電間隙に供給して加工が行われ、そしてその放電が分散して発生することにより安定に加工が行なわれ、加工屑を含む加工液の排出が円滑に行われるよう、軸状電極に数 1000 回転以内程度の回転が付与されている。 20 そして近時には、細深穴の加工だけでなく、電極外径に対するはるかに大きい寸法の何等かのキャビティの加工成形を、軸方向の對向方向と、該對向方向と直角な水平方向の加工送り、即ち、軸方向の送りに対して揺動運動とか、輪郭線形状に沿う並進運動の加工送りを組み合わせ併用することによって実現される創成加工も盛んになってきており、特に外形寸法が 1 mm 程度以内の軸状電極による微細高精度加工の需要が増大してきている。

【0003】

この加工の加工進行の態様を側断面より見ると、穴加工の場合は図 9 に、何等かのキャビティの創成加工の場合は図 8 に夫々示すが如くである。即ち、図 8 および図 9 において、11 は前記回転軸状電極、30 は被加工体で、16 が電極 11 の先端を挿通し、被加工体 30 の表面に近接した位置で位置決めする電極ガイドである。そして両図は、何れも被加工体 30 の上面から加工を開始してある程度加工時間が経過したときのもので、図 8 の創成加工の場合には、前記電極 11 と電極ガイド 16 は、実線図のもの（左側）と仮想の破線図（右側）とで示すように、被加工体 30 表面上の水平方向の位置は、加工するキャビティの輪郭形状に応じて相対的に移動するが、表面上からの離隔した高さ位置には、一定の固定した位置であるから、軸状電極 11 の電極ガイド 16 からの下方への突出長さは、加工時間と共に大きくなっている。 30

【0004】

ところで、之等の軸状電極 11 は、外周の偏奇消耗対策上や加工穴の真円度保持上、および前述加工中の短絡防止や加工屑等の排出能向上対策上等から、通常軸を中心とする回転、例えば 1000 rpm、が与えられた状態で加工が進行せしめられていることから、加工の進行と共に電極ガイド 16 から先端突出長さが長くなる電極先端の回転振れ量は、一般的に言って増大し、加工穴やキャビティの側面 30A は逆テーパに拡大することになる。 40

【0005】

図 10 乃至図 12 は、径の異なる軸状電極 11 の電極ガイド 16 からの突出長さ 0.5 mm を基準として、1 mm から全長 20 mm まで、各 1 mm と 2 mm 毎、突出長さを長くして行ったときの電極先端の径方向の回転振れ量 (μm) を測定した特性曲線図で、電極材料は Cu (または CuW) の中実細棒状材で、図 10 は 0.2 mm、図 11 は 0.3 mm、また図 12 は 0.5 mm のものの各実測例である。即ち、同一径の電極でも、各電極により、また電極ガイド 16 との組み合わせや位置決め等により、前記電極突出長さ 50

に対する先端振れ量の特性は微妙に相違するものである。

**【0006】**

**【発明が解決しようとする課題】**

そして、前記図9の穴加工の場合は、加工済穴部分の関係で、電極先端の回転振れ量が、前述図10乃至12のものより抑制されて小さくなることもあるが、図8の創成加工の場合には、電極側面の片側乃至は半分以上が開放空間となっているところから、前述図10乃至図12に夫々を示した振れ量の逆テー<sup>バ</sup>の加工となり、これが金型の場合には成形樹脂等の離形の問題が生じる。

**【0007】**

この問題を解決するための従来の手法としては、電極1と被加工体30間の対向方向と、直角方向の平面上における相対的移動である所謂懸垂加工機能を利用するか、或いは輪郭線軌跡を加工途中で変更することなどが行なわれていたが、加工効率が悪く、また輪郭加工プログラムの修正の工数が増えるなどの問題があった。 10

**【0008】**

**【課題を解決するための手段】**

回転手段を有する加工ヘッドに軸状電極を装着して被加工体と相対向させ、前記回転する軸状電極の先端側を被加工体の表面に近接した位置で電極ガイドに案内させて位置決めし、対向間隙に加工液を供給介在させた状態で両者間に間歇的な電圧パルスを印加し、繰り返し放電を発生させると共に、対向方向の、または対向および該対向方向と直角な平面方向の相対的な加工送りを与えて被加工体に穴または所定のキャビティを加工する放電加工方法において、 20

加工機のコラムに前記電極ガイドを保持するW軸スライダを、また、該W軸スライダに前記加工ヘッドを保持するZ軸スライダを、案内、バランサを含む送り機構、および各駆動源のモータとの組み合わせからなる夫々の昇降軸送り機構を介して夫々独立に軸送り可能に取り付けるとともに、前記コラムに対するW軸スライダの昇降軸方向の位置と、また、該W軸に対するZ軸スライダの昇降軸方向の位置とを夫々検出する位置検出装置を夫々に設けておき、

加工開始前に、前記軸状電極の先端を、加工すべき加工穴またはキャビティイの前記対向方向の深さと同じ長さ前記電極ガイドから突出させた状態に設定しておいて、前記電極を所定回転数で回転させ、前記軸状電極の先端の回転振れ量を測定して加工プログラムを修正しておき、この修正プログラムにより加工を開始した後は、前記軸状電極先端の電極ガイドからの突出長さが、前記設定長さを維持しつつ加工が進行するように、前記W軸とZ軸の位置検出装置からのフィードバックされる各検出位置信号によりW軸の位置を連続的に制御しつつ加工を進行させる放電加工方法とすることにより達成される。 30

**【0009】**

また、前述の本発明の目的は、(2)前記回転軸状電極先端の前記電極ガイドから突出長さである前記所定長が、前記加工すべき加工穴またはキャビティの前記対向方向の深さと略同一の長さである前記(1)記載の放電加工方法とすることにより達成される。

**【0010】**

また、前述の本発明の目的は、(3)前記軸状電極または交換装着された新しい軸状電極による目的とする穴またはキャビティの加工開始に際し、前記軸状電極の先端を前記穴またはキャビティの所要加工深さに応ずる長さ電極ガイドから挿通突出させると共に所定回転数で回転させ、この軸状電極先端の回転振れ量を前記被加工体設置テーブル上に設置した測定装置によって測定し、この測定振れ量に応じて加工プログラムを修正する前記(1)、または(2)に記載の放電加工方法とすることにより達成される。 40

**【0011】**

また、前述の本発明の目的は、(4)回転手段を有する加工ヘッドに軸状電極を装着して被加工体と相対向させ、対向間隙に加工液を供給介在させた状態で両者間に間歇的な電圧パルスを印加し、繰り返し放電を発生させると共に、対向方向の、または対向方向および対向方向と直角な平面方向の相対的な加工送りを与えて被加工体に穴または所定のキャビ 50

ティを加工する放電加工機において、

前記加工機のコラムにW軸スライダを、また該W軸スライダにZ軸スライダを、夫々同種、同一または別異のものであってもよい案内、バランサを含む送り機構、および駆動源のモータとの組み合わせからなる夫々の昇降軸送り機構を介して取り付け、前記加工ヘッドを前記Z軸スライダに取り付ける一方で、該加工ヘッドに装着された軸状電極の先端側を被加工体に近い位置で挿通案内して位置決めする電極ガイドを前記W軸スライダの下方に取り付けて保持させ、前記コラムに対するW軸スライダの昇降軸方向の位置を、また該W軸スライダに対するZ軸スライダの昇降軸方向の位置を検出する夫々同種、同一、または別異のものであってもよい位置検出装置を夫々設け、前記軸状電極先端の前記電極ガイドからの突出長さを加工すべき穴またはキャビティの前記対向方向の深さに応じた所定値に設定し、前記W軸スライダのコラムに対する昇降軸位置と、前記Z軸スライダのW軸位置に対する昇降軸位置とを前記各位置検出装置の検出位置フィードバック信号によって前記所定値に保つよう制御する制御装置を設けてなる放電加工機とすることにより達成される。

#### 【0012】

また、前述の本発明の目的は、(5)前記Z軸スライダをW軸スライダに取り付け保持させる昇降軸送り機構の案内が直線案内装置、バランサを含む送り機構がエアバランサ装置または高圧ガスダンパー、そして駆動源のモータがリニアモータである前記(4)に記載の放電加工機とすることにより達成される。

#### 【0013】

また、前述の本発明の目的は、(6)前記Z軸スライダとW軸スライダ間の相対向する面に取り付けられた前記リニアモータが、永久磁石片を移動方向に列設した軟磁性材からなる磁石板と、ヨーク鉄芯と巻回励磁コイルからなる電磁石とを間隙を置いて相対向配置したものである前記(5)に記載の放電加工機とすることにより達成される。

#### 【0014】

また、前述の本発明の目的は、(7)前記W軸スライダとコラムに取り付け保持させる昇降軸送り機構の案内が直線案内装置、バランサを含む送り機構が必要に応じて設けられるカウンタバランサとナットがW軸に固着されたボールねじ、そして駆動源のモータが回転出力軸を前記ボールねじに連結した回転形の交流サーボモータである前記(4)、(5)、または(6)に記載の放電加工機とすることにより達成される。

#### 【0015】

また、前述の本発明の目的は、(8)前記W軸スライダに対するZ軸スライダの昇降軸方向の位置検出装置が、両者間に取り付けられるリニアスケールとセンサとの組み合わせからなる直線位置検出装置である前記(4)、(5)、(6)、または(7)に記載の放電加工機とすることにより達成される。

#### 【0016】

また、前述の本発明の目的は、(9)前記コラムに対するW軸スライダの昇降軸方向の位置検出装置が、前記交流サーボモータの回転軸に連結されたロータリエンコーダである前記(7)、または(8)に記載の放電加工機とすることにより達成される。

#### 【0017】

また、前述の本発明の目的は、(10)前記被加工体を設置する加工テーブル上に、前記軸状電極先端の軸方向と直角な平面方向の回転振れ量を測定する測定装置を並設した前記(4)、(5)、(6)、(7)、(8)、または(9)に記載の放電加工機とすることにより達成される。

#### 【0018】

#### 【発明の実施の形態】

図1に於いて、軸状電極11は、図示しない加工ヘッドに回転駆動されるように設けられた電極ホルダ12に取り付けられ、後述する図示しない昇降制御可能なW軸に取り付けられたガイド支持体下端のガイドホルダ17に保持された電極ガイド16に挿通して位置決めし、被加工体30表面の加工開始位置と相対向する。

10

20

30

40

50

## 【0019】

軸状電極11が、電極11、または電極11が取り付けられた電極ホルダ12ごと新しいものと交換して取り付けられ、次の加工に際し、電極11先端の電極ガイド16からの挿通長さ位置が設定されたとき、または、次の加工に際し、前の加工に対し電極ガイド16の軸状電極11に対する軸方向の挿通位置決め位置が変化するか変更設定されたとき、回転による電極11先端部の中心軸に対する径方法の振れ量を、被加工体30を設置した加工テーブル31に並置した測定装置32により測定する。

## 【0020】

前記測定装置32としては、例えば図示するように、断面32A、32Bとして示した内径Dの測定リング電極を備え、電極ガイド16から先端を、所望最大加工深さ(Hmax)に応じて所定長挿通して突出させた外径dの軸状電極11の垂下先端を、リング電極32A、32Bの中に位置させ、必要に応じて軸状電極11の中心位置出しをして中心に位置させ、所定の回転数の回転をさせ、これをリング電極の中心を通る水平一軸方向に移動させてする接触感知により、往復移動させたときの計測移動距離をDaとする。回転による振れ量を含む電極11の見掛けの外径dxは、 $dx = D - Da$ で、振れ量dは、 $d = (dx - d) / 2$ となり、振れ量dを検知することができる。

10

## 【0021】

なお、図中17Aは、ガイドホルダ17の下端面、またはガイドホルダ17の下端面から所定長突出して取り付けられた電極ガイド16の下端面に設けた接触感知の電極で、該電極17Aに、ガイド16またはホルダ17の降下移動で、測定リング電極32A、32Bと接触感知されることにより、電極ガイド16のW軸高さ座標位置を検知して、軸状電極11の電極ガイド16からの挿通突出長さの調整設定、および引き上げての図示状態での振れ量測定位置への自動設定、そして当然ながら放電加工を開始する際の、電極ガイド16の被加工体30上面上からの所定離隔位置への自動設定の移動も可能となる。

20

## 【0022】

前記測定装置32は、例えば、次のような構成のものとすることができます。装置32の上面に各水平方向の直交2軸方向に隔離して平行に相対向し、同期した中心に対する近接と開離移動が可能なバー電極32A、32Bを有し、相対移動により両バー電極32A、32Bの中央位置に挿設された軸状電極11に対し、該電極11との間に接触検知電圧が印加されたバー電極32A、32Bが同期して近接移動し、両バー電極32A、32Bの接触検知が均衡した位置で、先端振れ量の検知測定が行なわれる。そして、好ましくは、さらに前記近接移動と直交する方向の振れ量の検知測定を行ない、この検出した振れ量の信号または情報により加工プログラムや加工軌跡を修正または変更し、また場合によっては、電極11先端の電極ガイド16からの挿通突出長さを変更または調整し、また更に必要ならば、軸状電極11の中心軸位置座標を修正するが如くである。

30

## 【0023】

前記のように構成され加工に供される軸状電極11は、電極ガイド16からの挿通突出長さを同一に設定するものとして、同一種類の同一径の電極であっても、電極毎に振れ量が相違することがあるのに対し、一旦加工ヘッドに電極ホルダ12等を介して取り付けた軸状電極11に於いては、電極11の加工による消耗により、電極ガイド16の電極11軸方向の位置が移動したとしても、電極11先端の電極ガイド16から挿通突出長さを一定にしておくかぎり、電極11先端の回転振れ量がほぼ一定に保たれることが判った。

40

## 【0024】

これを図2の創成加工と図3の穴加工の場合につき説明する。軸状電極11の先端が、被加工体30上面から図示の位置11-1迄加工して掘り込んだとき、電極ガイド位置16は、位置16-1にあり、電極ガイド位置16-1と電極先端の位置11-1迄の長さL1は、前述加工の開始に際して、加工すべき穴またはキャビティの加工深さと、電極11の電極ガイド16からの突出長さ(加工可能な深さ)と振れ量との関係とから設定した前記突出長さと同一の値で、この長さを保った状態に制御して加工が進められて来ているのである。

50

**【 0 0 2 5 】**

そしてこのことは、更に加工を進行させて電極 1 1 の先端が位置 1 1 - 2 まで加工して掘り進んできたときも同様で、電極ガイド 1 6 は位置 1 6 - 2 にあり、この時のガイド位置 1 6 - 2 と電極先端の位置 1 1 - 2 迄の長さ L 2 は、 $L_2 = L_1$  の関係に保たれており、従って更に目的とする加工深さの、電極 1 1 の先端が位置 1 1 - 3 に掘り進んで到達する迄同様にして加工は継続して行なわれるものである。

**【 0 0 2 6 】**

以上の結果、加工して形成された穴またはキャビティの側壁または側面は、穴径が電極 1 1 径と振れ量の 2 倍との和と同等程度以内である以上、電極 1 1 の振れまたは振れ量には無関係のテーパ度のない鉛直な面 3 0 B に加工形成され、目的とする寸法、形状精度の穴またはキャビティの加工が目的通りに行なわれるようになるものである。

10

**【 0 0 2 7 】**

図 4、図 5、及び図 6 は、本発明放電加工方法の実施に使用して好適な放電加工機の 1 実施例の加工ヘッド周りの構成を説明するための各部分図であつて、カバーを取り外した状態で示した正面図、一部切り欠き側面図、および図 5 X - X 線横断矢視図である。1 は図示しないベッド上の後方中央部に立てられたコラムの上方前方部分を示しているもので、前方に迫り出した中空状の加工ヘッド取り付け部をなしている。この取り付け部に後述する加工ヘッド部が、ベッド上の前方に配置され、被加工体 3 0 を取り付けた加工テーブル 3 1 を収納する上方開放の加工槽と鉛直 Z 軸方向に相対向させるように取り付けられている。

20

**【 0 0 2 8 】**

2 はコラム 1 頂部の前端部にブラケットを介して取り付けられた W 軸サーボモータ、3 は同じく W 軸スライダで、該スライダ 3 はコラム 1 の前面に水平方向に 2 条が間隔を置いて鉛直 W 軸方向に沿って取り付けられた直線案内装置の W 軸レール 4 A と、スライダ 3 の背面に取り付けられた前記レール 4 A に嵌り合う W 軸ガイド 4 B とにより、鉛直な W 軸に沿って直線に移動するように案内保持されている。しかして前記 W 軸スライダ 3 の前面側には、Z 軸ユニット等を装架するための、中空柱状で、比較的長尺の W 軸スライダ本体 3 A が一体に固着して設けられている。そして、この W 軸スライダ 3 の背面と対向するコラム 1 前面の前記一対の W 軸レール 4 A 間には、前記スライダ 3 の背面ほぼ中央部に後方へ突出するように設けられた送り軸のナット 2 A が、前記モータ 2 の回転軸に連結され鉛直下方に垂下して設けられる送り軸の回転軸 2 B に螺合していて、前記 W 軸スライダ 3 は直線案内装置 4 に沿って移動し位置決めされる。また、前記 W 軸スライダ 3、またはスライダ本体 3 A の設置位置は、前記モータ 2 の回転軸に連結したロータリエンコーダ 2 C、または、図示しないコラム 1 とスライダ 3 とに設けられるリニアスケールとセンサとから成る直線位置検出装置により検出され、図示しない表示装置によって表示される。

30

**【 0 0 2 9 】**

前記 W 軸スライダ本体 3 A の下端には、後述する電極ガイド 1 6 が備えられており、この電極ガイド 1 6 を被加工体 3 0 の上面に対して所定の開離状態から加工に伴って順次に近接させるために、前記 W 軸スライダ 3 の軸移動が制御される。細穴等の放電加工の終了時には、電極ガイド 1 6 が被加工体 3 0 の上面に殆ど接触する位置迄降下して来るよう W 軸スライダ 3 が制御送りで位置決めされる。この W 軸サーボモーター 2 は、所望の位置で停止制御することにより、W 軸スライダ 3 をその位置に保持することもできる。

40

**【 0 0 3 0 】**

1 6 は、細径の軸状電極 1 1 の先端を挿通して所定長さ突出させ、被加工体 3 0 の上面から所定隔離した位置で挿通案内して位置決めする電極ガイドで、ガイドホルダ 1 7 に着脱変換可能に取り付けられており、該ガイドホルダ 1 7 は、前記 W 軸スライダ 3、3 A に固定保持されたガイド配置体 1 8 に位置調整可能に取り付けられるようにしてある。

**【 0 0 3 1 】**

7 は、前記軸状電極 1 1 を取り付けた加工ヘッド部を搭載して鉛直方向に加工送りする Z 軸スライダで、該 Z 軸スライダ 7 は、前記 W 軸スライダ 3 がコラム 1 前面に対して装架さ

50

れるのと同様に、W軸スライダ3の前面に水平方向に間隔を置いて鉛直平行に設けた直線案内装置8のZ軸レール8Aに、Z軸スライダ7の背面側に設けたZ軸ガイド8Bを嵌め合わせて鉛直なZ軸方向にZ軸スライダ7が直線に移動するように装架され、この状態でZ軸スライダ7は、後述するようにガスダンパ5を介してW軸スライダ本体3Aに支持されて前記の加工送り装置となるものである。

#### 【0032】

前記Z軸スライダ7の背面とW軸スライダ3の前面とには、前者を可動子9A、後者を固定子9Bとして前者をZ軸に直線に移動送りするリニアモータ9が設けられてあって、図示の場合、W軸スライダ本体3Aの前面、幅方向の中央部分に設けられた固定子9Bヨーク磁石板には、短冊板状の永久磁石片9Cが所定個数移動Z軸方向に接着等して取り付けられており、これに対向するZ軸スライダ7の部分には窓7Bが形成されていて、該窓7Bには、所定寸法、形状の積層硅素鋼板等からなる磁極を移動Z軸方向に所定個数間隔を置いて形成し、該磁極に励磁コイルを単巻きまたは複巻き等により巻回して配置した電磁石形に形成した電機子鉄芯の可動子9Aが嵌め込み固設されている。図示の固定子9Bと可動子9Aとの組み合わせから成る永久磁石形のリニア交流同期モータが設けられたZ軸スライダ7は、前記固定子となるW軸スライダ3、3Aに対し可動子として高応答、高加減速でZ軸に駆動されることになる。このリニアモータ9による駆動制御送りに対し、W軸スライダ3、3Aの制御現在位置に対するZ軸スライダ7の位置は、前記両スライダ3、7に設けられるリニアスケール20Aとセンサ20Bとの組み合わせから成る直線位置検出装置20によって検出され、駆動装置にフィードバックされている。20

#### 【0033】

10は、前記Z軸スライダ7の下端部近くに取り付けられた加工ヘッドの取り付け台で、該取り付け台10には、図示の場合、細径の長尺パイプ電極11を予め取り付けたパイプ電極ホルダ12を着脱する電極取付装置13を回転伝達機構14Aと絶縁部10Aとを介して取り付けると共に、前記回転伝達機構14Aを介して前記電極ホルダ12を回転させる回転モータ14が設けられている状態を示している。前記パイプ電極11に電極取付装置13内通路を介して高圧力の加工液を供給する加工液供給手段が図示では省略したホースを介して接続口15に接続されている。そして、同様に、前記回転モータ14に対する配線、リニアモータ9の電磁石可動子9Aに対する配線と冷却配管、パイプ電極11に対する放電加工電源の接続リード線や通電ブラシ、および前述Z軸スライダ7の位置検出装置20やW軸サーボモータ2の配線等は省略されているものである。30

#### 【0034】

5は、前記W軸スライダ本体3Aの下部に、図示の場合ピストンロッド5Aの先端を固定ピン5Hによりを固定して設けた高圧力のガスダンパで、上に押し上げられるシリンダ5Bの他端頂部に適宜の連結杆6を介して、Z軸スライダ7のステム7Aが連結され、該Z軸スライダ7はガスダンパ5を介してW軸スライダ3またはスライダ本体3Aに保持されていることになる。このように、W軸スライダ3は、高負荷を負担しているところから、該W軸スライダ3を重力に抗してコラム1に保持される重錘等を含むカウンタバランサ1Aを設けることは好ましいが、本発明の実施におけるW軸の位置制御は精度を必要とするが、格別高応答である必要はないので、前記カウンタバランサ1Aは、必須要件ではない。40

#### 【0035】

軸状電極11を取り付けた加工ヘッド部を搭載するZ軸スライダ7のユニット全体は、リニアモータ9による駆動送りに対して慣性質量となり、さらにリニアモータ9の磁気吸引力やダンパ5および直線案内装置8の摩擦抵抗も作用しているので、前記慣性質量となる部分は、出来るだけ小型、軽量に、そして更に、小比重体により、例えば、前記スライダ7と台10とをA12O3系のセラミックまたはSi3N4やSiC等の非酸化物系のセラミック、或いは、Al合金系やMg合金系の軽量合金製のもの、または炭素繊維強化プラスチック製のものを用いるのが好ましい。

#### 【0036】

10

20

30

40

50

図7の(A)は、高圧ガスタンパの構造を説明する説明図、(B)は、ガスタンパの全長(mm)に対するガス反力、即ち発生推力(kg)の特性図の例を示すものである。図に於いて、ピストンロッド5Aのシリンダ5B内側端部に固設されたピストン5Cは、図示の状態に於いて、シリンダ5B内を、ピストン5C上部のA室と下部のB室とに分離しているが、前記ピストン5CにはA室とB室とを繋ぐ小孔5Dが明けられていて、A、B室のガス流体、例えば通常高圧のN<sub>2</sub>(窒素)ガスと僅かな量の油5Eが封入されていて、ピストン5CのA室側の受圧面積とB室側のピストンロッド5B断面積を除く受圧面積との差によりA室側よりピストン5Cが押圧され、ピストンロッド5Aがシリンダ5Bから伸長する方向に推力を付与される。なお、5Fはシール、5Gはロッドガイドである。

## 【0037】

10

ガスタンパ5の全長が外力によって伸縮するときには、高圧の窒素ガスは、小孔5Cを通過して一方の室からもう一方の室に移動する。そして、ガスタンパ5の全長が最大であるときのガス室の容積は、全長が最小であるときの容積より大きい。それで図7(B)のように推力は若干変化する。上記のようなガスタンパ5は、そのロッド5Aのストロークの中間位置での推力(図7(B)の×印)が、Z軸スライダ7および加工ヘッド部の全重量(慣性質量)に等しいものが選定される。

## 【0038】

こうすることにより、前記図4~6の放電加工機において、Z軸スライダ7がそのストロークの如何なる位置にあっても、該Z軸スライダユニットは略等しいカウンタバランス力を受けるので、軸状電極11の消耗長さに関係なく、全ストローク位置において、サーボ制御送り条件を変更することなく均一な加工状態を得ることができる。

20

また、以上説明の放電加工機は、微細軸状電極を使用する細穴加工や創成加工による微小キャビティ加工の専用機であるから、前記Z軸スライダユニット部分の慣性質量は、微細径の軸状電極11が、交換等して新しい時と、加工の用に供して消耗した交換前の時とに僅かな差しかなく、その差は、設けられるガスタンパ5の推力に対しても充分小さいので、加工中のZ軸スライダユニットに対するカウンタバランス力の作用効果の変化は少なく、この面からも加工状態は均一を保ち得る。

## 【0039】

以上図示説明の、微細軸状電極を使用する放電加工機によれば、Z軸スライダユニットには、整合したカウンタバランス力が与えられる。従って細穴等を放電加工中の軸状電極11と被加工体30との間の加工間隙のサーボ送り制御において、リニアモータ9によるZ軸スライダユニット部の高応答、高加減速のサーボ制御送りは、通常数μmから数10μm以内の微動的移動送りの高周波的繰り返しであるから、リニアモータ9の作動特性を殆ど損なうことなく作動させることができ、細穴等の放電加工を性能高く行なわせることができる。なお、前記Z軸スライダユニットをZ軸スライダに軸送り駆動するリニアモータとしては、図示実施例の所謂片面励磁構造のものに替え、前記磁気吸引力をキャンセルする両面励磁構造のリニアモータを用いる構成とすることができる。

30

## 【0040】

以上によれば、W軸スライダ3をコラム1に対して昇降軸送りする機構の案内は、レール4Aとガイド4Bとの組み合わせからなる直線案内装置4、バランサを含む送り機構は、前述省略可能なカウンタバランサ1Aおよびナット2Aと回転軸2Bとの組み合わせから成るボールねじ、および駆動源のモータは、W軸サーボモータ2が夫々対応することになる。そして同様に、Z軸スライダ7をW軸スライダ本体3Aに対して昇降軸送りする機構の案内は、レール8Aとガイド8Bとの組み合わせからなる直線案内装置8、バランサを含む送り機構は、高圧ガスタンパ5のみで前述W軸のボールねじに対応するものではなく、そして駆動源のモータは、送り機構としての役を一部担う可動子9Aと固定子9Bとの組み合わせから成るリニアモータ9が対応する。

40

## 【0041】

この場合、Z軸スライダ7の駆動源のモータとしては、W軸スライダ3側のそのように回転形のサーボモータを使用して、バランサを含む送り機構にボールねじを設けるように

50

構成しても良い。しかしてZ軸のスライダ7の駆動源のモータとしてリニアモータ9を使用する場合には、そのバランサを含む送り機構のバランサとしては、図示説明した高圧ガスダンパ5、より好ましくは精密レギュレータを有する圧力気体供給源とシリンドルピストンとピストンロッドから成る所謂エアバランサを使用するのが良い。また、前記W軸とZ軸の各位置検出装置2C、2Oとしては、Z軸スライダ7の駆動源のモータが、図示説明のようなリニアモータ9である場合には、直線位置検出装置2Oとするのが望ましく、またW軸スライダ3側のロータリエンコーダ2Cに代えて直線位置検出装置とすれば、より精密級のものとすることができます。

#### 【0042】

なお、図示および説明では省略してあるが、図2や図8の所謂創成加工には、軸状電極11と被加工体3O間に、軸方向と直角方向の揺動や輪郭線等を含み、加工プログラムに依る相対的加工送りを直角平面2軸方向に与える送り機構とその制御装置等が設けられているものであること当然である。

#### 【0043】

そして、本発明に依れば、使用するために用意した軸状電極11の回転振れ特性が、前述図10～12に示したものであったとすると、例えば、図10の0.2mmの電極を使用する場合、電極ガイド16からの電極11先端の突出長さを約12mmに設定し、この電極ガイド16からの電極先端の突出長さを一定に保つようにW軸スライダ7を送り制御しつつ加工を行なうようにすると、加工穴等の外郭寸法は、水平方向の各片側に、電極11半径よりも、最大で約20μm拡大する（なお、放電間隙長はここでは無視している）ことになる。このため加工の開始に先立って、加工プログラムまたは加工軌跡制御手段等を修正または調整等をする比較的簡単な操作処理で、目的とする精度の加工を確実に行なえるようになる。勿論、この場合、貫通または底つき状態で加工する穴の深さや、創成加工のキャビティの最も深い部分の深さは、各約10～12mm程度またはそれ以内のものの加工とすることが望ましく、加工穴の径も最も小さくて約0.23mm程度となるものである。

#### 【0044】

また、前記軸状電極11は、加工に供されるのに伴って消耗し、電極長さが短くなるので、加工中に前述のように電極11先端の電極ガイド16からの突出長さを設定された所定値に一定に保つには、制御操作が必要となる。

先ず加工開始時には、Z軸昇降軸送り機構の操作により降下させて電極11先端と被加工体3O表面の所定部位とを接触乃至は近接放電させて検知し、当該位置または微小距離引き上げ離隔させて停止させる。この時のZ軸スライダ7のW軸スライダ3に対する位置検出2Oによる検出位置と、前記W軸スライダ3のコラム1に対する位置検出装置2Cによる検出位置とから電極11先端の位置を知ることが出来、該電極11先端の位置に対して電極ガイド16を所定の指令により設定すべき突出長さ位置に来るようW軸昇降軸送り機構を作動させてW軸スライダ3を、位置検出装置2Cが指令位置合致信号を検知フィードバックして来る迄昇降移動させる。

#### 【0045】

加工が開始された加工中は、前記加工開始時の各W軸およびZ軸スライダ3、7の設定位置や、電極11先端の接触等検知位置を基準として制御が行なわれる。先ずZ軸昇降軸送り機構は、電極11先端および先端外周廻りと被加工体3O間の対向加工間隙を、正常な間歇放電の繰り返しが維持されるように高応答で維持制御するものであるが、後述する電極11消耗の如何にかかわらず、加工終了の電極送り込み位置の決定には、W軸スライダ3の送り量が補正されたZ軸スライダ7の送り量に関する位置検出装置2Oの位置信号と、加工終了時までの電極11消耗の信号も検知されているものである。

#### 【0046】

しかして、加工が開始されて加工中は、前述加工開始時の電極11先端位置（通常被加工体3O表面位置）を基準として、所定単位時間毎の、各種の設定加工条件やその加工期間に於ける加工状態等から演算等によって求められる加工深さと、電極消耗長さとの和であ

10

20

30

40

50

る電極 11 の加工送り込み長さに応じて、W 軸スライダ 3、即ち電極ガイド 16 は下降送りされ、電極 11 先端の電極ガイド 16 からの突出長さは一定に保たれるのである。

#### 【0047】

被加工体 30 に対する独立した多数の穴の加工の場合には、各穴の加工の開始に際し、消耗した電極 11 先端の位置を正確に検知することができるが、前述創成加工のような場合には、水平方向の位置に所定輪郭線等に沿って移動する加工などもあって、電極 11 先端位置や既加工済キャビティの加工深さ等の検知や制御を難しくしないよう、例えば所定期間毎に、電極 11 の消耗長さまたは電極 11 先端位置および加工穴やキャビティ所定位置の深さを検出監視し、必要に応じて警報するサンプリング・タイムや手段を講じておくのが望ましい。

10

#### 【0048】

以上詳述したように、本発明によれば、細径の回転軸状電極による穴または創成加工等によるキャビティの加工を、回転電極の振れを一定の状態に保って加工を進め得るので、加工穴等が逆テーパに加工成形されることがなくなり、予定した寸法でテーパの無い加工が目的通りに行なわれるようになる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の放電加工方法を説明するための電極、被加工体部分の説明図。

【図 2】本発明の放電加工方法を創成加工によるキャビティ加工に適用した場合の説明図。

【図 3】本発明の放電加工方法を穴加工に適用した場合の説明図。

20

【図 4】本発明の放電加工方法の実施に好適な放電加工機の加工ヘッド廻りの構成説明図。

【図 5】図 4 に同じく、部分の一部切り欠き側面図。

【図 6】図 4 に同じく、図 5 の X-X 線断面矢視図。

【図 7】(A) は一実施例ガスダンパの構造を説明するための断面説明図。

(B) は、(A) 一実施例の具体例の作動特性曲線図。

【図 8】従来例の放電加工方法による創成加工の場合の問題点を説明するための説明図。

【図 9】従来例の放電加工方法による穴加工の場合の問題点を説明するための説明図。

【図 10】軸状電極の回転による振れ特性を測定した特性図。

【図 11】図 10 とは異径の軸状電極の回転振れ特性図。

30

【図 12】図 11 とさらに異径のものの特性図。

#### 【符号の説明】

1 : コラム

1 A : カウンタバランサ

2 : W 軸サーボモータ

2 C : 回転形位置検出装置

3 : W 軸スライダ

3 A : W 軸スライダ本体

4、8 : W 軸と Z 軸の直線案内

4 A、8 A : W 軸と Z 軸の直線案内のレール

40

4 B、8 B : W 軸と Z 軸の直線案内のガイド

5 : ガスダンパ

5 A : ピストンロッド

5 B : シリンダ

5 C : ピストン

5 D : 小孔

5 E : 油

5 F : シール

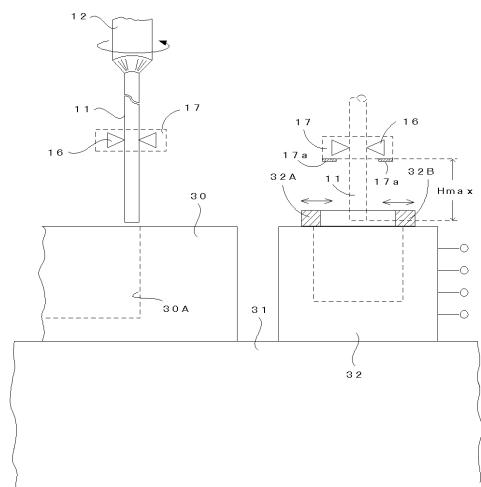
5 G : ロッドガイド

6 : 連結杆

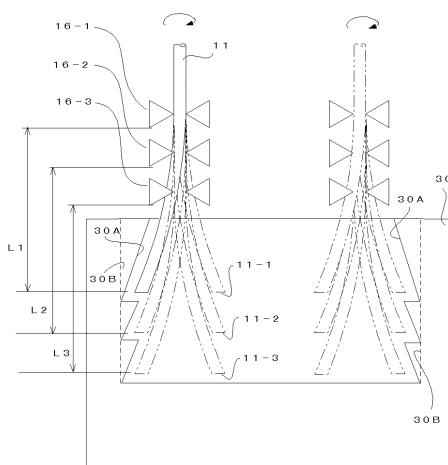
50

- 7 : Z 軸スライダ  
 7 a : ステム  
 9 : リニアモータ  
 9 A : 電磁石側可動子  
 9 B : 磁石片側固定子  
 10 : 加工ヘッド取り付け台  
 11 : パイプ電極  
 12 : 電極ホルダ  
 13 : 電極取付装置  
 14 : 回転モータ  
 15 : 頂部  
 16 : 電極ガイド  
 17 : ガイドホルダ  
 18 : ガイド支持体  
 20 : 直線位置検出装置  
 30 : 被加工体  
 31 : テーブル  
 32 : 測定装置 10

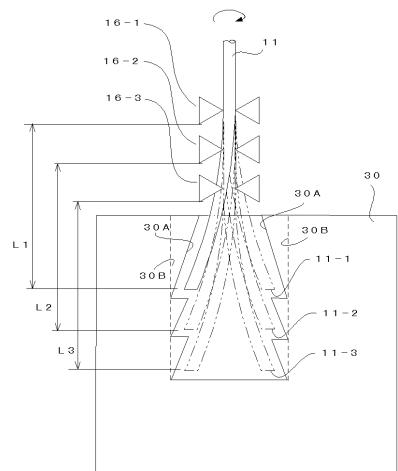
【図 1】



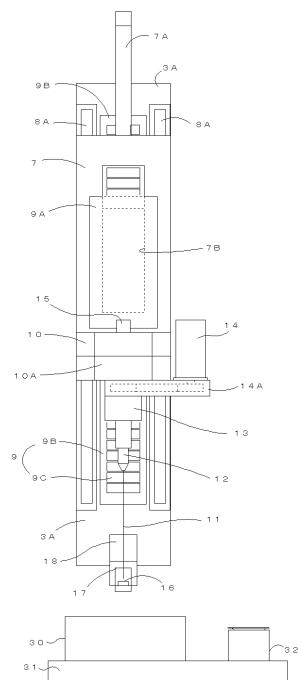
【図 2】



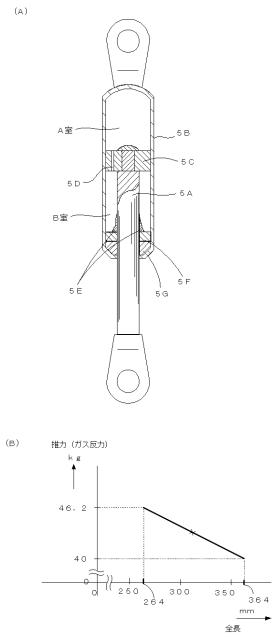
【図3】



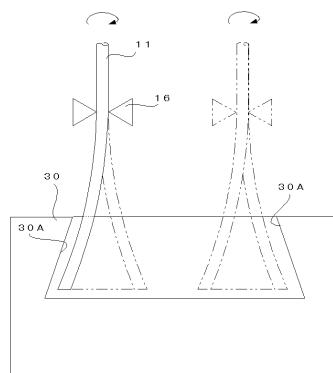
【図4】



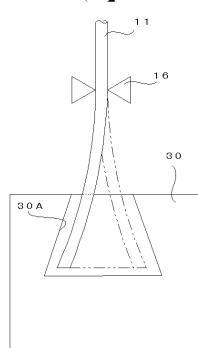
【図7】



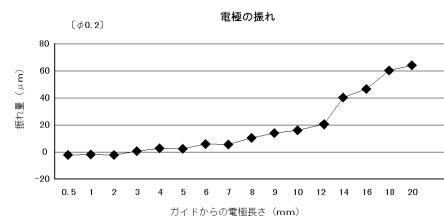
【図8】



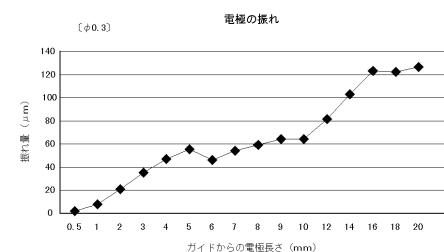
【図9】



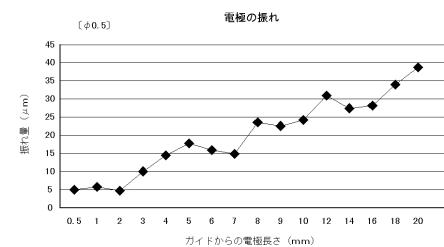
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平05-177448(JP,A)  
特開平10-006138(JP,A)  
特開2000-225527(JP,A)  
特開平05-177450(JP,A)  
特開平01-115523(JP,A)  
特開2000-126939(JP,A)  
特開平02-071933(JP,A)  
特開昭61-100324(JP,A)  
特開平05-177449(JP,A)  
特開昭61-111859(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23H 9/14

B23H 7/26

B23H 7/32