

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7442753号
(P7442753)

(45)発行日 令和6年3月4日(2024.3.4)

(24)登録日 令和6年2月22日(2024.2.22)

(51)国際特許分類		F I		
B 2 3 H	1/00 (2006.01)	B 2 3 H	1/00	B
B 2 3 H	7/26 (2006.01)	B 2 3 H	7/26	D
B 2 3 H	11/00 (2006.01)	B 2 3 H	11/00	Z

請求項の数 5 (全22頁)

(21)出願番号	特願2023-565634(P2023-565634)	(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7番3号
(86)(22)出願日	令和5年6月7日(2023.6.7)	(74)代理人	100118762 弁理士 高村 順
(86)国際出願番号	PCT/JP2023/021244	(72)発明者	清水 大輔 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
審査請求日	令和5年10月25日(2023.10.25)	(72)発明者	中川 孝幸 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
早期審査対象出願		審査官	黒石 孝志

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 形彫放電加工機

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

主軸と、

前記主軸に着脱可能に装着され、絶縁性を有する加工液の中に置かれた被加工物に対して非接触で放電を行うことで前記被加工物を加工する加工電極と、

前記加工電極と交換されて前記主軸に着脱可能に装着され、前記加工電極によって加工された前記被加工物を撮影し、加工後の前記被加工物の形状を示す撮像データを取得する撮像装置と、

前記主軸に接続され、前記撮像装置が前記主軸に装着されているときに、前記撮像装置と前記被加工物とが接触した場合に、前記接触を検知する接触検知部と、

前記主軸の移動および停止を制御するNC装置と、
外部の電源からの電力を用いて前記主軸を介して前記撮像装置に給電を行うとともに、前記撮像装置が取得した前記撮像データを前記主軸を介して受信して、前記撮像データを画像処理して画像データを生成するコントロールボックスと、

を備え、

前記主軸に前記撮像装置を装着したときに、前記撮像装置、前記コントロールボックス、前記接触検知部、および前記主軸で1つの電気回路が形成されないように、前記接触検知部と前記コントロールボックスとが絶縁され、

前記NC装置は、前記接触検知部が前記接触を検知した場合に、前記主軸の移動を緊急停止させる、

ことを特徴とする形彫放電加工機。

【請求項 2】

前記撮像装置は、前記撮像装置を覆うように装着され、前記接触検知部に接続された、導電性を有する撮像装置カバーを有し、

前記接触検知部は、前記撮像装置が前記主軸に装着されているときに、前記撮像装置カバー、前記被加工物、および、前記接触検知部で形成される 1 つの電気回路の導通状態に基づいて、前記撮像装置と前記被加工物との前記接触の有無を検知する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の形彫放電加工機。

【請求項 3】

前記撮像装置に設けられた第 1 コネクタ端子と、

前記主軸に設けられ、前記第 1 コネクタ端子に接続されたときにコネクタ接続を成立させる第 2 コネクタ端子と、

を備え、

前記撮像装置と前記コントロールボックスとの接続、および、前記撮像装置カバーと前記接触検知部との接続は、前記コネクタ接続によって行われる、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の形彫放電加工機。

【請求項 4】

外部から入力される信号に応じて、前記主軸に対して前記加工電極と前記撮像装置との交換を行う自動工具交換装置を、

備えたことを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 つに記載の形彫放電加工機。

【請求項 5】

前記撮像装置が前記被加工物の撮影を行う場合に、

前記 NC 装置が前記被加工物における予め設定された第 1 測定点に合わせるように前記主軸を移動させたときに、前記コントロールボックスは、前記主軸の位置が前記第 1 測定点に合致したときの前記主軸の座標を第 1 座標として記憶し、

前記 NC 装置が前記被加工物における予め設定された第 2 測定点に合わせるように前記主軸を移動させたときに、前記コントロールボックスは、前記主軸の位置が前記第 2 測定点に合致したときの前記主軸の座標を第 2 座標として記憶し、

前記コントロールボックスは、前記第 1 座標および前記第 2 座標に基づいて、前記第 1 測定点と前記第 2 測定点との距離を演算する、

ことを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 つに記載の形彫放電加工機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、形彫放電加工機に関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に、形彫放電加工機は、加工電極の形状をワークと呼ばれる被加工物に転写する形彫放電加工を行う装置である。形彫放電加工では、まず、油または水などの絶縁性のある加工液が入った加工槽の中に設置された加工機定盤に対して、被加工物をセットする。次に、加工電極と被加工物とを向かい合わせた状態で、高精度加工された加工電極を被加工物に近づけていき、加工電極に電流を流して放電させる。このとき、被加工物と加工電極との間に例えば約数 10 μm 程度の僅かな距離を一定に保ちながら被加工物の加工を行う。この被加工物と加工電極との間の隙間のことを放電ギャップと呼ぶ。以上の工程によって、被加工物は、加工電極の形状が反転された 3 次元形状に加工される。

【0003】

形彫放電加工では、加工後に加工機定盤から被加工物を取り外し、被加工物の形状および寸法精度が要求を満たしているかどうかの確認を行う。確認の結果、要求を満たしていない場合、被加工物に対して追加工を実施する。追加工を行う場合、再度、被加工物を加工機定盤上にセットするため、被加工物の再加工の開始までに時間がかかってしまう。ま

10

20

30

40

50

た、被加工物を、一度、加工機定盤から取り外すと、高精度に当時の状態を再現して、全く同じ位置に被加工物を取り付ける作業は非常に困難である。また、被加工物の位置を完全に再現できたとしても、時間が経過していれば、機械および工具の位置変化が発生し、寸法補正のために被加工物を再加工しても、正しく補正されない場合があった。

【0004】

そこで、被加工物の形状および寸法を、被加工物を加工機定盤から取り外すことなく確認できる方法が求められており、その方法として、例えば特許文献1に記載の方法が提案されている。特許文献1では、工具が取り付けられた主軸に対して、工具と並んで、カメラが取り付けられている。カメラは、工具と同期して移動する。カメラによって得られた画像は、認識装置で自動認識処理されることにより、モニタ上に表示される。ユーザは、表示画像から、被加工物の形状および寸法を確認することができる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開平4-93150号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に記載のNC(Numerical Control)工作機械は、主に、研削加工を行う加工装置であり、被加工物を加工液に浸した状態で加工を行うことは、あまり意図していない。

20

【0007】

一方、形彫放電加工機における形彫放電加工中は、加工液から油煙が発生するため、特許文献1に記載のように、カメラが主軸に取り付けられたままであると、カメラのレンズが油煙で汚れたり、カメラの内部基板が油煙で劣化して故障したりする可能性がある。

【0008】

このように、特許文献1に記載のカメラを、一般的な工作機械ではなく、形彫放電加工機に適用させた場合、形彫放電加工時の油煙により、カメラのレンズが汚れて鮮明な画像が撮影できず、さらに、カメラの内部基板が故障する可能性があるという課題があった。

【0009】

本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、撮像装置のレンズの汚れおよび撮像装置の故障を防止しながら、被加工物を定盤から取り外すことなく、被加工物の形状および寸法の確認が可能な形彫放電加工機を得ることを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示に係る形彫放電加工機は、主軸と、主軸に着脱可能に装着され、絶縁性を有する加工液の中に置かれた被加工物に対して非接触で放電を行うことで被加工物を加工する加工電極と、加工電極と交換されて主軸に着脱可能に装着され、加工電極によって加工された被加工物を撮影し、加工後の被加工物の形状を示す撮像データを取得する撮像装置と、主軸に接続され、撮像装置が主軸に装着されているときに、撮像装置と被加工物とが接触した場合に、接触を検知する接触検知部と、主軸の移動および停止を制御するNC装置と、外部の電源からの電力を用いて主軸を介して撮像装置に給電を行うとともに、撮像装置が取得した撮像データを主軸を介して受信して、撮像データを画像処理して画像データを生成するコントロールボックスと、を備え、主軸に撮像装置を装着したときに、撮像装置、コントロールボックス、接触検知部、および主軸で1つの電気回路が形成されないように、接触検知部とコントロールボックスとが絶縁され、NC装置は、接触検知部が接触を検知した場合に、主軸の移動を緊急停止させることを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0011】

50

本開示にかかる形彫放電加工機は、撮像装置のレンズの汚れおよび撮像装置の故障を防止しながら、被加工物を定盤から取り外すことなく、被加工物の形状および寸法の確認が可能であるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】実施の形態1に係る形彫放電加工機の構成を示す図

【図2】実施の形態1に係る形彫放電加工機に設けられたコントロールボックスの内部の構成を示す図

【図3】実施の形態1に係る形彫放電加工機における被加工物の撮像方法および確認方法を示す模式図

【図4】実施の形態1に係る形彫放電加工機に設けられたNC装置とコントロールボックスとの処理の流れを示すフローチャート

【図5】実施の形態1に係る形彫放電加工機に設けられたATCの構成の一例を示す図

【図6】実施の形態1に係る形彫放電加工機に設けられたATCによって撮像装置と加工電極とが交換される様子を示す模式図

【図7】実施の形態1に係る形彫放電加工機に設けられたコネクタ接続の構成の一例を示す図

【図8】実施の形態1に係る形彫放電加工機に設けられた第2コネクタ端子における落下防止のころ軸受け構造を示す図

【図9】実施の形態1に係る形彫放電加工機における接触検知機能の構成を示す図

【図10】実施の形態1に係る形彫放電加工機における絶縁機能の構成を示す図

【図11】実施の形態1に係るコントロールボックスが備える処理回路をプロセッサおよびメモリで実現する場合の処理回路の構成の一例を示す図

【図12】実施の形態1に係るコントロールボックスが備える処理回路を専用のハードウェアで構成する場合の処理回路の例を示す図

【図13】実施の形態1に係る形彫放電加工機に設けられた電源盤の内部の構成を示す図

【図14】実施の形態1に係る形彫放電加工機に設けられた数値制御装置（NC装置）の内部の構成を示す図

【図15】実施の形態1に係る形彫放電加工機において加工電極を装着したときの配線構成を示す図

【図16】実施の形態1に係る形彫放電加工機において撮像装置とコントロールボックスを装着したときの配線構成を示す図

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に、本開示の実施の形態にかかる形彫放電加工機を図面に基づいて詳細に説明する。

【0014】

実施の形態1.

（構成要素）

図1は、実施の形態1に係る形彫放電加工機の構成を示す図である。形彫放電加工機100は、主軸1と、電極チャック2と、撮像装置3と、コントロールボックス4と、加工電極5と、接触検知回路7と、ATC（Automatic Tool Changer）9と、電源盤10と、定盤21と、を備えている。電源盤10は、接触検知部70を有している。

【0015】

図1に示すように、形彫放電加工機100の主軸1には、電極チャック2が設けられている。電極チャック2は、撮像装置3または加工電極5を主軸1に装着させる取付具である。撮像装置3または加工電極5は、電極チャック2により、主軸1に着脱可能に固定される。撮像装置3および加工電極5は、同時に両方が主軸1に装着されることはなく、常に、何れか一方が主軸1に装着される。図1の例では、電極チャック2に撮像装置3が装着されている状態を示している。

【0016】

10

20

30

40

50

撮像装置 3 は下端部にレンズ 3 a が設けられている。レンズ 3 a は、被加工物 1 6 に対して配置される。撮像装置 3 は、コントロールボックス 4 を介して給電される。撮像装置 3 とコントロールボックス 4 とは、電力を供給するための電源線 4 1、および、撮像データを送信するための信号線 4 5 を介して、接続されている。形彫放電加工機 1 0 0 が被加工物 1 6 の形彫放電加工を行った後に、撮像装置 3 は、被加工物 1 6 を撮影する。そして、撮像装置 3 は、当該撮影によって取得した撮像データを、信号線 4 5 を介して、コントロールボックス 4 に向けて送信する。撮像装置 3 への給電は、電源 3 0 からコントロールボックス 4 を介して行われる。電源 3 0 は、例えばコンセントなどの外部の電源である。電源 3 0 は、例えば商用電源などの交流電源から構成されるが、蓄電池など直流電源であってもよい。撮像装置 3 は、例えばカメラから構成される。

10

【 0 0 1 7 】

コントロールボックス 4 は、電源線 4 0 を介して、電源 3 0 に接続されている。コントロールボックス 4 は、撮像装置 3 に対して、電源 3 0 からの電力を供給する。また、コントロールボックス 4 は、撮像装置 3 から受信した撮像データを画像処理して、画像データ 1 5 を生成する。画像データ 1 5 は、信号線 4 2 を介して、P C (Personal Computer) 8 に入力される。ユーザは、P C 8 の画面に画像データ 1 5 を表示させて、画像データ 1 5 に基づいて被加工物 1 6 の形状および寸法などを確認する。このように、画像データ 1 5 をコントロールボックス 4 から P C 8 に順次転送することで、ユーザは、P C 8 を用いて被加工物 1 6 の加工状態を、撮像装置 3 の撮影時にリアルタイムに確認することができる。また、コントロールボックス 4 は、アース線 4 3 を介して、アース 1 1 に接続されている。

20

【 0 0 1 8 】

図 2 は、実施の形態 1 に係る形彫放電加工機に設けられたコントロールボックスの内部の構成を示す図である。図 2 に示すように、コントロールボックス 4 は、給電部 4 a と、画像処理部 4 b と、記憶部 4 c と、演算部 4 d と、を有している。給電部 4 a は、電源 3 0 からの電力を用いて、撮像装置 3 に対して給電を行う。画像処理部 4 b は、撮像装置 3 が取得した撮像データを画像処理して画像データ 1 5 を生成する。記憶部 4 c は、コントロールボックス 4 の動作プログラムを格納するとともに、コントロールボックス 4 の演算結果などの種々のデータを記憶する。演算部 4 d は、被加工物 1 6 の形状および寸法を確認するための各種演算を行う。図 2 は、コントロールボックス 4 の一例であり、これに限定されない。コントロールボックス 4 は、図 2 に示す各部の全てを必ずしも有している必要はなく、また、図 2 に示す各部以外の他の構成を有していてもよい。さらに、図 2 のコントロールボックス 4 の各部のうち、一部または全部がクラウドサーバから構成されていてもよい。また、コントロールボックス 4 は、サーバから構成されていてもよい。その場合、コントロールボックス 4 は、形彫放電加工機 1 0 0 の近くに設置されていてもよいが、遠隔地に設置されていてもよい。コントロールボックス 4 が遠隔地に設置されている場合、コントロールボックス 4 と形彫放電加工機 1 0 0 とは、インターネット等のネットワークを介して接続されていてもよい。また、図 1 の例では、コントロールボックス 4 と電源盤 1 0 とが別々に構成されているが、図 1 の例に限定されない。すなわち、コントロールボックス 4 は、電源盤 1 0 の内部に搭載されていてもよいし、電源盤 1 0 の外部に設けられていてもよい。

30

40

【 0 0 1 9 】

図 1 の説明に戻る。加工電極 5 は、電極チャック 2 により、主軸 1 に装着される。加工電極 5 は、被加工物 1 6 の仕上がり形状を反転させた形状に高精度に加工されている。加工電極 5 は、例えば、銅、グラファイトなどが用いられ、導電性を有している。また、加工電極 5 は、或る一定の温度よりも高い温度の状態でのみ導電性を有するタングステンなどの他の材料から構成されていてもよい。加工電極 5 は、絶縁性を有する加工液の中に置かれた被加工物 1 6 に対して非接触で放電を行うことで、被加工物 1 6 を加工する。

【 0 0 2 0 】

形彫放電加工についてさらに詳細に説明する。まず、加工液が入った加工槽の中に被加

50

工物 16 をセットする。次に、被加工物 16 に対して、加工電極 5 を近づけていき、加工電極 5 に電流を流して放電させる。これにより、被加工物 16 が、加工電極 5 の形状が反転された 3 次元形状に加工される。被加工物 16 の加工後の形状は、製品形状と呼ばれることがある。なお、加工電極 5 と撮像装置 3 とは、A T C 9 を用いることで、ユーザが手作業で交換することなく、プログラム運転により、主軸 1 に対して自動的に交換される。

【 0 0 2 1 】

形彫放電加工で用いられる加工液は、水または油などの絶縁性を有する液体から構成されている。加工液によって被加工物 16 と加工電極 5 との間が絶縁状態になっているときに、被加工物 16 と加工電極 5 とが接近すると、被加工物 16 と加工電極 5 との間で絶縁破壊が起きる。絶縁破壊とは、絶縁体への電場が閾値を超えた際に、電気抵抗が急激に低下し、大きな電流が流れる現象のことである。絶縁破壊によって、パルス電流が瞬時に流れ込むことで、アーク柱という高密度の放電状態が発生し、被加工物 16 の表面は局部的に例えば 6 0 0 0 ~ 7 0 0 0 ° C 程度の高温となる。これによって、金属から構成された被加工物 16 が溶融する。被加工物 16 の加工領域ごとに絶縁破壊と溶融の各工程を実行することで、被加工物 16 が最終的に製品形状になるまで加工が行われる。

【 0 0 2 2 】

撮像装置 3 は、図示しない筐体と、当該筐体を覆うように装着された撮像装置カバー 6 と、レンズ 3 a と、電気部 3 b (図 9 参照) と、を有している。当該筐体は、撮像装置 3 の外郭を構成している。電気部 3 b は、撮像装置 3 の種々の機能を実現させる内部基板を含んでいる。撮像装置カバー 6 は、導電性を有している。撮像装置カバー 6 は、図 1 に示すように、例えば筒状形状を有している。撮像装置カバー 6 の下端部は開口している。撮像装置 3 の下端部に設けられたレンズ 3 a は、撮像装置カバー 6 の当該開口から外部に向かって露出している。撮像装置 3 が主軸 1 に装着されたときに、レンズ 3 a と被加工物 16 とが対向する状態になる。撮像装置カバー 6 は、形彫放電加工機 1 0 0 の接触検知回路 7 に接続されている。

【 0 0 2 3 】

接触検知回路 7 は、第 1 接触検知線 7 a と、第 2 接触検知線 7 b と、を有している。第 1 接触検知線 7 a は、図示しない加工槽の中に設置された定盤 2 1 と接触検知部 7 0 とを接続している。第 2 接触検知線 7 b は、撮像装置カバー 6 と接触検知部 7 0 とを接続している。撮像装置カバー 6 と被加工物 16 とが接触した場合に、接触検知回路 7 を介して、撮像装置カバー 6 と、被加工物 16 と、定盤 2 1 と、接触検知部 7 0 と、で 1 つの電気回路が形成される。接触検知部 7 0 は、当該電気回路の導通状態に基づいて、すなわち、当該電気回路に電流が流れたことを検知したときに、撮像装置カバー 6 と被加工物 16 とが接触したと検知する。接触検知部 7 0 が当該接触を検知した場合、電源盤 1 0 に設けられた後述する数値制御装置 (以下、N C 装置とする) 7 2 内の主軸制御部 7 2 a (図 1 4 参照) は、瞬時に主軸 1 を緊急停止させる。これにより、撮像装置 3 および被加工物 16 の破損を最小限に抑えることができる。なお、撮像装置カバー 6 の下端部は、撮像装置 3 のレンズ 3 a の高さ位置と同じか、あるいは、レンズ 3 a よりも下方の位置まで延設されていることが望ましい。なお、実施の形態 1 の説明においては、「撮像装置 3 の撮像装置カバー 6 と被加工物 16 との接触」を、説明を簡単にするために、「撮像装置 3 と被加工物 16 との接触」と呼ぶことがある。

【 0 0 2 4 】

形彫放電加工機 1 0 0 には、主軸 1 に対して加工電極 5 と撮像装置 3 との交換を行う A T C 9 が備えられている。A T C 9 は、外部から入力される信号に応じて、主軸 1 に対して、加工電極 5 と撮像装置 3 との交換を行う。外部から入力される信号は、例えば、電源盤 1 0 に設けられた後述する N C 装置 7 2 内の A T C 制御部 7 2 b からの指令である。N C 装置 7 2 は、被加工物 16 の加工が終了したと判断したときに、A T C 9 に対して、加工電極 5 を主軸 1 から外して、加工電極 5 の代わりに撮像装置 3 を主軸 1 に装着させる指令を出力する。また、N C 装置 7 2 は、P C 8 から被加工物 16 の再加工を行う指令を受信したときに、A T C 9 に対して、撮像装置 3 を主軸 1 から外して、撮像装置 3 の代わり

10

20

30

40

50

に加工電極 5 を主軸 1 に装着させる指令を出力する。A T C 9 は、N C 装置 7 2 からのこれらの指令に基づいて、加工電極 5 または撮像装置 3 を主軸 1 に対して自動で着脱させる。主軸 1 から外された加工電極 5 または撮像装置 3 は、A T C 9 のマガジン 9 a に返却される。A T C 9 は、自動工具交換装置と呼ばれることがある。

【 0 0 2 5 】

撮像装置 3 には、図 1 に示すように、コネクタ接続用の第 1 コネクタ端子 1 2 が設けられている。また、主軸 1 には、コネクタ接続用の第 2 コネクタ端子 1 3 が設けられている。撮像装置 3 の第 1 コネクタ端子 1 2 を、主軸 1 の第 2 コネクタ端子 1 3 に接続することで、撮像装置 3 とコントロールボックス 4 との有線接続、並びに、撮像装置カバー 6 と接触検知部 7 0 との有線接続が可能となる。なお、第 1 コネクタ端子 1 2 の本体は、撮像装置 3 ではなく、撮像装置カバー 6 に取り付けられていてもよい。一方、第 1 コネクタ端子 1 2 は、加工電極 5 には設けられていない。

10

【 0 0 2 6 】

電源盤 1 0 には、図 1 に示すように、内部に、接触検知部 7 0 が設けられている。ここで、図 1 3 は、実施の形態 1 に係る形彫放電加工機に設けられた電源盤の内部の構成を示す図である。図 1 3 を用いてさらに詳細に説明すると、電源盤 1 0 には、接触検知部 7 0 と、電源供給部 7 1 と、N C 装置 7 2 と、が設けられている。接触検知部 7 0 は、撮像装置カバー 6 と被加工物 1 6 との接触を検知するとともに、加工電極 5 と被加工物 1 6 との接触を検知する。接触検知部 7 0 は、これらの接触のいずれかを検知したときに、N C 装置 7 2 に対して、接触検知信号を出力する。N C 装置 7 2 は、接触検知信号を受信すると、後述する主軸制御部 7 2 a (図 1 4 参照) を介して、瞬時に主軸 1 を緊急停止させる。これにより、撮像装置 3、加工電極 5、および、被加工物 1 6 の破損を最小限に抑えることができる。図 1 3 に示す電源供給部 7 1 は、電源 3 0 からの電力を用いて、A T C 9、加工電極 5、および、駆動装置 5 0 への給電を行う。図 1 3 に示す N C 装置 7 2 は、主軸 1、A T C 9、および、加工電極 5 の制御を行って、被加工物 1 6 の加工の制御を行う。図 1 4 は、実施の形態 1 に係る形彫放電加工機に設けられた数値制御装置 (N C 装置) の内部の構成を示す図である。図 1 4 に示すように、N C 装置 7 2 には、主軸制御部 7 2 a と、A T C 制御部 7 2 b と、加工制御部 7 2 c と、が設けられている。主軸制御部 7 2 a は、主軸 1 の移動および停止の動作の制御、および、主軸 1 の緊急時の緊急停止を行う。A T C 制御部 7 2 b は、A T C 9 の動作を制御して、A T C 9 に加工電極 5 と撮像装置 3 との交換を行わせる。加工制御部 7 2 c は、電源盤 1 0 内の電源供給部 7 1 に電源指令を出力することによって、加工電極 5 への給電を行う。また、加工制御部 7 2 c は、加工電極 5 における加工電圧の値の制御も行う。図 1 に示すように、電源盤 1 0 は、電源 3 0 に接続されている。また、電源盤 1 0 は、アース線 4 4 により、アース 1 1 に接続されている。

20

30

【 0 0 2 7 】

図 1 の説明に戻る。定盤 2 1 は、図示しない加工槽の中に設置されている。定盤 2 1 は、図 1 に示すように、平板形状を有している。定盤 2 1 の形状は、平面視で、矩形であっても、円形であってもよい。定盤 2 1 の上面は、例えば水平になるように設置される。定盤 2 1 の上面には、図 1 に示すように、被加工物 1 6 が載置される。定盤 2 1 は、第 1 接触検知線 7 a を介して、接触検知部 7 0 に接続されている。定盤 2 1 は、導電性を有している。定盤 2 1 は、加工機定盤と呼ばれることがある。

40

【 0 0 2 8 】

形彫放電加工機 1 0 0 には、P C 8 が接続されている。P C 8 は、形彫放電加工機 1 0 0 の構成要素の 1 つであってもよいし、形彫放電加工機 1 0 0 の外部に設置されていてもよい。P C 8 は、ディスプレイ等の表示装置を有している。また、P C 8 は、ユーザの操作により、各種入力を受け付けるユーザインタフェースを有している。ユーザインタフェースは、例えば、キーボード、マウスである。P C 8 は、ユーザからの入力等に従って、N C 装置 7 2 に対して指令を出力する。

【 0 0 2 9 】

50

(撮像装置 3 の撮像方法)

図 3 は、実施の形態 1 に係る形彫放電加工機における被加工物の撮像方法および確認方法を示す模式図である。図 3 の上段は、被加工物 1 6 の撮像データを示している。図 3 の上段の撮像データでは、被加工物 1 6 全体の様子が撮影されている。図 3 の下段の左側の図は、主軸 1 の位置が後述する第 1 測定点 A に合致しているときの被加工物 1 6 の局所的な画像 6 0 を示し、下段の右側の図は、主軸 1 の位置が後述する第 2 測定点 B に合致しているときの被加工物 1 6 の局所的な画像 6 1 を示している。画像 6 0 および画像 6 1 は、例えば、画像データ 1 5 に基づいて P C 8 の画面に表示される画像の一例である。

【 0 0 3 0 】

はじめに、被加工物 1 6 の形状の確認を行う場合について説明する。撮像装置 3 は、被加工物 1 6 の表面の微細な形状をサブミクロンオーダの精度で鮮明に撮像することが可能である。撮像装置 3 によって取得される被加工物 1 6 の各部の形状を示す撮像データは、コントロールボックス 4 にリアルタイムに転送される。コントロールボックス 4 は、画像処理部 4 b で撮像データを画像処理することで、撮像データを画像データ 1 5 に変換する。画像データ 1 5 はコントロールボックス 4 から P C 8 に転送される。これにより、ユーザは、P C 8 の画面に画像データ 1 5 を表示させることで、被加工物 1 6 の形状および寸法を順次確認することが可能である。

【 0 0 3 1 】

また、撮像装置 3 は主軸 1 に装着されているため、主軸 1 の移動に伴い、撮像装置 3 も移動させることが可能である。そのため、被加工物 1 6 と撮像装置 3 との距離が大きくなるように、高さ方向に撮像装置 3 を移動させることで、被加工物 1 6 の広範囲の撮影が可能になる。逆に、被加工物 1 6 と撮像装置 3 との距離が小さくなるように、撮像装置 3 を高さ方向に移動させることで、被加工物 1 6 の局所的な微細な箇所の撮影が可能になる。このように、撮像装置 3 の移動が可能であるため、被加工物 1 6 の広い範囲の撮影および狭い範囲の撮影のいずれも可能となり、撮像装置 3 のピント調整域が広大になる。さらに、撮像装置 3 は、主軸 1 とともに、図 1 の X 方向に移動させることも可能である。そのため、被加工物 1 6 において、予め第 1 測定点 A および第 2 測定点 B の位置を決めておき、主軸 1 を第 1 測定点 A および第 2 測定点 B に順に移動させて、それぞれの測定点の位置で局所的な撮像データを取得することも可能である。

【 0 0 3 2 】

次に、被加工物 1 6 の寸法測定を行う場合について説明する。主軸 1 は、上述したように、例えば駆動装置 5 0 により X 方向の移動が可能である。X 方向は、例えば水平方向である。駆動装置 5 0 は、例えばモータなどから構成される。駆動装置 5 0 の動作は、N C 装置 7 2 の主軸制御部 7 2 a により制御される。駆動装置 5 0 への給電は、電源盤 1 0 内の電源供給部 7 1 が、電源 3 0 からの電力を用いて、電源線 4 6 を介して行う。電源線 4 6 は、後述する図 1 5 および図 1 6 に示すように、主軸 1 内を通るように配置され、駆動装置 5 0 と電源供給部 7 1 とを接続している。駆動装置 5 0 は、主軸 1 の内部または外部に設置される。ここでは、主軸 1 が駆動装置 5 0 により高さ方向および水平方向に移動する場合を例に挙げて説明するが、主軸 1 を移動させる構成は、他の構成であってもよい。以下の説明のため、ここでは、被加工物 1 6 の左側の端辺を第 1 エッジ 1 6 a と呼び、被加工物 1 6 の右側の端辺を第 2 エッジ 1 6 b と呼ぶ。また、第 1 エッジ 1 6 a 上の予め設定された 1 点を第 1 測定点 A と呼び、第 2 エッジ 1 6 b 上の予め設定された 1 点を第 2 測定点 B と呼ぶ。

【 0 0 3 3 】

まず、N C 装置 7 2 の主軸制御部 7 2 a が、被加工物 1 6 の第 1 エッジ 1 6 a または第 1 測定点 A に合わせるように、主軸 1 を動かす。そして、主軸 1 に取り付けられた撮像装置 3 の位置が、第 1 エッジ 1 6 a または第 1 測定点 A の位置に合致したときに、コントロールボックス 4 は、主軸 1 の現在の機械座標、すなわち、主軸 1 の位置が図 3 の第 1 測定点 A に合致したときの座標 (x_a , y_a) を、記憶部 4 c に記憶する。なお、「主軸 1 の位置が第 1 測定点 A に合致したときの座標」は、単に、「第 1 測定点 A の座標」または「

10

20

30

40

50

第 1 座標」と呼ばれることがある。

【 0 0 3 4 】

次に、NC 装置 7 2 の主軸制御部 7 2 a が、被加工物 1 6 の第 2 エッジ 1 6 b または第 2 測定点 B に合わせるように、主軸 1 を動かす。そして、主軸 1 に取り付けられた撮像装置 3 の位置が、第 2 エッジ 1 6 b または第 2 測定点 B の位置に合致したときに、コントロールボックス 4 は、主軸 1 の現在の機械座標、すなわち、主軸 1 の位置が図 3 の第 2 測定点 B に合致したときの座標 (x_b, y_b) を、記憶部 4 c に記憶する。なお、「主軸 1 の位置が第 2 測定点 B に合致したときの座標」は、単に、「第 2 測定点 B の座標」または「第 2 座標」と呼ばれることがある。

【 0 0 3 5 】

コントロールボックス 4 の演算部 4 d は、記憶部 4 c に記憶した第 1 測定点 A の座標 (x_a, y_a) および第 2 測定点 B の座標 (x_b, y_b) に基づいて、第 1 エッジ 1 6 a と第 2 エッジ 1 6 b との間の距離、および、第 1 測定点 A と第 2 測定点 B との間の距離を演算する。これらの距離は、例えば、下記の (1) 式により、演算できる。

【 0 0 3 6 】

$$AB \text{ の距離} = \{ (x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2 \}^{1/2} \quad \dots (1)$$

【 0 0 3 7 】

このように、コントロールボックス 4 は、所望の 2 つのエッジの距離、または、所望の 2 つ測定点の距離を演算することが可能である。なお、ここでは、コントロールボックス 4 の演算部 4 d がこれらの距離を演算する例を挙げて説明したが、その場合に限定されない。これらの距離は、例えば、PC 8 が演算してもよい。

【 0 0 3 8 】

ユーザは、PC 8 を用いて、2 つのエッジ間の距離または 2 つの測定点間の距離に基づいて、被加工物 1 6 の各部の形状および寸法を設計データと照合させて、被加工物 1 6 が最終的な製品形状に精度よく加工されているか、寸法の精度が予め設定された要件を満たしているか、などを確認する。また、確認の結果、被加工物 1 6 が、最終的な製品形状に精度よく加工されていなかった場合には、ユーザは、撮像装置 3 と加工電極 5 とを交換して、再度、被加工物 1 6 の形彫放電加工を行う。

【 0 0 3 9 】

図 4 は、実施の形態 1 に係る形彫放電加工機に設けられた NC 装置とコントロールボックスとの処理の流れを示すフローチャートである。図 4 では、NC 装置 7 2 とコントロールボックス 4 との処理のうち、第 1 測定点 A と第 2 測定点 B との間の距離を求める処理の流れを示している。図 4 のフローの処理を、被加工物 1 6 の加工領域ごとに繰り返し行うことで、被加工物 1 6 全体の形状および寸法を確認することができる。また、寸法と設計データとを照合させることで、寸法精度が要件を満たしているかを確認することができる。以下、図 4 のフローについて説明する。

【 0 0 4 0 】

ステップ S 1 で、NC 装置 7 2 の主軸制御部 7 2 a が、主軸 1 を第 1 測定点 A に向けて移動させる。

【 0 0 4 1 】

ステップ S 2 で、主軸 1 の位置が第 1 測定点 A に合致した時点で、コントロールボックス 4 は、主軸 1 の座標、すなわち、第 1 測定点 A の座標 (x_a, y_a) を、第 1 座標として、記憶部 4 c に記憶する。

【 0 0 4 2 】

ステップ S 3 で、NC 装置 7 2 の主軸制御部 7 2 a が、主軸 1 を第 2 測定点 B に向けて移動させる。

【 0 0 4 3 】

ステップ S 4 で、主軸 1 の位置が第 2 測定点 B に合致した時点で、コントロールボックス 4 は、主軸 1 の座標、すなわち、第 2 測定点 B の座標 (x_b, y_b) を、第 2 座標として、記憶部 4 c に記憶する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

ステップ S 5 で、コントロールボックス 4 の演算部 4 d が、第 1 座標および第 2 座標に基づいて、第 1 測定点 A と第 2 測定点 B との距離を演算する。

【 0 0 4 5 】

(A T C 9 による撮像装置 3 の自動交換)

図 5 は、実施の形態 1 に係る形彫放電加工機に設けられた A T C の構成の一例を示す図である。図 6 は、実施の形態 1 に係る形彫放電加工機に設けられた A T C によって撮像装置と加工電極とが交換される様子を示す模式図である。

【 0 0 4 6 】

図 5 に示すように、A T C 9 は、マガジン 9 a と、回転軸 9 b と、支部 9 c と、ガイド 9 d と、を有している。マガジン 9 a は、使用していない加工電極 5 および撮像装置 3 を保管する。マガジン 9 a は、図 5 に示すように、加工電極 5 および撮像装置 3 を懸架して保管する。回転軸 9 b は、マガジン 9 a と支部 9 c とを連結している。回転軸 9 b は、矢印 C で示す方向に回転可能である。回転軸 9 b の中心軸は、例えば垂直方向または鉛直方向に延びている。矢印 C で示す方向は、回転軸 9 b の中心軸の位置を、中心とする周方向である。回転軸 9 b の矢印 C の方向の回転に同期して、マガジン 9 a も矢印 C の方向に回転する。支部 9 c は、回転軸 9 b を介して、マガジン 9 a を支持している。支部 9 c は、ガイド 9 d にガイドされて、矢印 D の方向に移動可能である。ガイド 9 d は、矢印 D の方向に延びた棒状部材である。支部 9 c の移動、および、回転軸 9 b の回転によって、加工電極 5 および撮像装置 3 が自動的に主軸 1 に装着される位置まで移動する。なお、矢印 D の方向は、図 1 の X 方向と同じ方向でもよいし、異なってもよい。

【 0 0 4 7 】

通常、形彫放電加工機 1 0 0 の主軸 1 には、電極チャック 2 を介して、加工電極 5 が装着される。A T C 9 を使用することで、電極チャック 2 に対して、N C 装置 7 2 のプログラム運転により自動で加工電極 5 を着脱することができる。また、形彫放電加工機 1 0 0 の主軸 1 から外した加工電極 5 は、A T C 9 のマガジン 9 a に戻される。A T C 9 による加工電極自動交換機構を使用することで、撮像装置 3 も自動で形彫放電加工機 1 0 0 の主軸 1 に着脱することが可能である。

【 0 0 4 8 】

図 6 において、図 6 (a) は撮像装置 3 が主軸 1 に装着された状態を示し、図 6 (b) は加工電極 5 が主軸 1 に装着された状態を示している。図 6 (a) に示されるように、撮像装置 3 は、主軸 1 に対して、コネクタ接続されている。コネクタ接続は、第 1 コネクタ端子 1 2 と第 2 コネクタ端子 1 3 とが接続されることによって成立する。このように、実施の形態 1 では、撮像装置 3 を主軸 1 に接続するために、ケーブル等は使用していない。

【 0 0 4 9 】

一方、特許文献 1 等の従来の加工装置のカメラは、認識装置または演算装置にケーブルにより有線接続されている。仮に、特許文献 1 等の従来の加工装置のカメラを、A T C 9 によって自動的に着脱できるようにした場合、A T C 9 のマガジンからカメラを搬入出する際に、カメラのケーブルが、主軸 1 に絡まる、加工液に浸かる、あるいは、断線するといった課題が発生する。

【 0 0 5 0 】

実施の形態 1 においては、撮像装置 3 が、主軸 1 に対してコネクタ接続されているため、このようなケーブルに起因する課題は発生しない。以下、コネクタ接続について説明する。

【 0 0 5 1 】

(撮像装置 3 のコネクタ接続)

図 7 は、実施の形態 1 に係る形彫放電加工機に設けられたコネクタ接続の構成の一例を示す図である。図 1 6 は、実施の形態 1 に係る形彫放電加工機において撮像装置とコントロールボックスを装着したときの配線構成を示す図である。なお、図 1 6 においては、説明を分かりやすくするために、説明に不要な一部の配線の図示は省略している。図 1、図

10

20

30

40

50

7および図16に示すように、撮像装置3には第1コネクタ端子12が設けられ、主軸1には第2コネクタ端子13が設けられている。第1コネクタ端子12をオス型とし、第2コネクタ端子13をメス型とする。第1コネクタ端子12を、メス型の第2コネクタ端子13の凹部に差し込むことで、第1コネクタ端子12と第2コネクタ端子13とが電氣的に接続されて、コネクタ接続が成立する。なお、第1コネクタ端子12をメス型とし、第2コネクタ端子13をオス型としてもよい。

【0052】

図7および図16に示すように、第1コネクタ端子12および第2コネクタ端子13の内部には、第2接触検知線7b、電源線41、および、信号線45が、通っている。撮像装置3が主軸1に装着されている場合に、第2接触検知線7bは、撮像装置カバー6と接触検知部70とを接続する。電源線41は、コントロールボックス4を介して、撮像装置3に電源30からの電力を供給する。信号線45は、撮像装置3によって得られた撮像データをコントロールボックス4に送信する。

10

【0053】

従って、撮像装置3が主軸1に装着されている場合には、コネクタ接続により、撮像装置3とコントロールボックス4との接続、および、撮像装置カバー6と接触検知部70との接続が可能となる。

【0054】

実施の形態1では、このように、撮像装置3とコントロールボックス4との有線接続が、自動で成立するように、コネクタ接続で実施する。実施の形態1では、NC装置72の制御に従って、プログラム運転により、撮像装置3が主軸1に設けられた電極チャック2に装着されるのと同時に、コネクタ接続も自動で行われる。従って、加工電極5と撮像装置3との交換時において、ユーザの作業負荷を低減することができる。なお、コネクタ接続を自動で行う場合、例えば、第1コネクタ端子12を高剛性を有する部材で支持しておく。当該部材は、図1に示すように、第1コネクタ端子12と撮像装置3との間に設けられ、第1コネクタ端子12を保持する部材で、例えば平面視でL字形状を有している。あるいは、第1コネクタ端子12および第2コネクタ端子13のそれぞれを高剛性を有する部材で支持しておく。こうすることで、第1コネクタ端子12の姿勢が維持されて、垂直方向に伸びた状態に保たれるため、ユーザが操作しなくても、撮像装置3の移動に伴って、自動的に、第1コネクタ端子12が第2コネクタ端子13内に装着される。なお、コネクタ接続を自動で行う別の方法として、ロボットを使用してもよい。その場合、ATC9に第1コネクタ端子12を保持し搬送するロボットアームなどの治具を設けておく。そして、当該治具で第1コネクタ端子12を保持して、第2コネクタ端子13まで搬送して、第1コネクタ端子12を第2コネクタ端子13内に挿入して接続させる。

20

30

【0055】

図8は、実施の形態1に係る形彫放電加工機に設けられた第2コネクタ端子における落下防止のころ軸受け構造を示す図である。図7および図8に示すように、主軸1側の第2コネクタ端子13には、ころ17が設けられている。ころ17は、側面視で、円形状を有している。ころ17は、円柱形状の部材、または、球形状の部材である。また、図7に示すように、撮像装置3側の第1コネクタ端子12には、ころ17を受けるくぼみ18が設けられている。くぼみ18は、凹部から構成されており、図7に示すように、第1コネクタ端子12の表面から内部に向かって凹むように形成されている。くぼみ18は、ころ17に対して相補形状を有している。くぼみ18は、ころ17のころ軸受けとして機能する。第1コネクタ端子12が第2コネクタ端子13に装着されているときには、ころ17がくぼみ18の内壁に当接することで引っ掛かり、第1コネクタ端子12が第2コネクタ端子13から抜け落ちることが防止される。

40

【0056】

図8に示すように、ころ17には、ばね19が連結されている。ばね19の一端は、ころ17に接合され、ばね19の他端は、第2コネクタ端子13に接合されている。通常時は、図8に示すように、ばね19が収縮しておらず、ころ17の一部が、第2コネクタ端

50

子 1 3 の内壁から、第 2 コネクタ端子 1 3 の内側の空間に向かって飛び出している状態になっている。一方、撮像装置 3 を電極チャック 2 を介して主軸 1 に装着する際には、ころ 1 7 が第 1 コネクタ端子 1 2 の挿入圧によって押されて、ばね 1 9 が収縮する。これにより、ころ 1 7 の全体が、第 2 コネクタ端子 1 3 内に完全に収まる。これにより、第 1 コネクタ端子 1 2 が第 2 コネクタ端子 1 3 に挿入可能となる。そして、第 1 コネクタ端子 1 2 の第 2 コネクタ端子 1 3 への挿入が完了すると、ばね 1 9 の弾性力により、ばね 1 9 の収縮が元に戻り、ころ 1 7 がくぼみ 1 8 内に挿入され、第 1 コネクタ端子 1 2 が第 2 コネクタ端子 1 3 に固定される。このように、いったん、ころ 1 7 がくぼみ 1 8 に挿入されると、ころ 1 7 がくぼみ 1 8 に係合されるため、第 1 コネクタ端子 1 2 が第 2 コネクタ端子 1 3 から脱落することを防止できる。

10

【 0 0 5 7 】

(加工電極を装着したときの配線構成)

図 1 5 は、実施の形態 1 に係る形彫放電加工機において加工電極を装着したときの配線構成を示す図である。なお、図 1 5 においては、説明を分かりやすくするために、説明に不要な一部の配線の図示は省略している。図 6 (b) および図 1 5 に示すように、加工電極 5 の接続には、コネクタ接続は用いない。加工電極 5 への電源供給は、NC 装置 7 2 の加工制御部 7 2 c を介して、電源盤 1 0 の電源供給部 7 1 によって行われる。具体的には、NC 装置 7 2 が、加工制御部 7 2 c を用いて、図 1 3 に示すように、電源供給部 7 1 に対して、加工電極 5 への電源供給を指示する電源指令を出力する。これにより、電源供給部 7 1 は、電源線 4 7 を介して、加工電極 5 へ給電する。電源線 4 7 は、図 1 5 に示すように、主軸 1 の内部を通るように配置され、加工電極 5 と電源供給部 7 1 とを接続している。駆動装置 5 0 への電源供給は、電源供給部 7 1 が、電源 3 0 の電力を用いて、電源線 4 6 を介して行う。また、加工電極 5 が主軸 1 に装着されている場合、第 2 接触検知線 7 b が、加工電極 5 と接触検知部 7 0 とを接続する。

20

【 0 0 5 8 】

(接触検知機能)

図 9 は、実施の形態 1 に係る形彫放電加工機における接触検知機能の構成を示す図である。図 9 においては、撮像装置 3 の撮像装置カバー 6 と被加工物 1 6 との接触を検知する接触検知回路を示している。

【 0 0 5 9 】

撮像装置 3 がサブミクロンオーダの精度の画像を得るために、撮像装置 3 を被加工物 1 6 に対して接近させる必要がある。一般的に、既存の従来の形彫放電加工機では、加工電極 5 と被加工物 1 6 との接触を検知する接触検知機能が設けられている。しかしながら、既存の従来の形彫放電加工機では、撮像装置 3 と被加工物 1 6 との接触を検知する接触検知機能は設けられていない。そのため、撮像装置 3 と被加工物 1 6 とが接触した際には、撮像装置 3 と被加工物 1 6 との両者が破損する事例が実際に起こっている。

30

【 0 0 6 0 】

そこで、実施の形態 1 においては、形彫放電加工機 1 0 0 特有の加工電極 5 と被加工物 1 6 との接触検知回路 7 を、撮像装置 3 にも適用させる。そのために、実施の形態 1 では、撮像装置 3 に導通可能な撮像装置カバー 6 を装着させている。これにより、図 9 から分かるように、被加工物 1 6 と撮像装置カバー 6 とが接触した際には、撮像装置カバー 6、被加工物 1 6、定盤 2 1、第 1 接触検知線 7 a、接触検知部 7 0、および、第 2 接触検知線 7 b で、1 つの電気回路が形成される。接触検知部 7 0 は、当該電気回路に電流が流れたことを検知することで、被加工物 1 6 と撮像装置カバー 6 との接触を検知する。そして、接触検知部 7 0 は、当該接触を検知した場合、瞬時に、NC 装置 7 2 に接触検知信号を出力する。NC 装置 7 2 は、接触検知信号を受信すると、主軸制御部 7 2 a から、主軸 1 を駆動する駆動装置 5 0 に対し、主軸 1 の動作を緊急停止させる指令を出力する。

40

【 0 0 6 1 】

加工電極 5 と被加工物 1 6 とが接触した際の動作も同様である。すなわち、被加工物 1 6 と加工電極 5 とが接触した際に、加工電極 5、被加工物 1 6、定盤 2 1、第 1 接触検知

50

線 7 a、接触検知部 7 0、および、第 2 接触検知線 7 b で、1 つの電気回路が形成される。接触検知部 7 0 は、当該電気回路に電流が流れたことを検知することで、被加工物 1 6 と加工電極 5 との接触を検知する。そして、接触検知部 7 0 は、接触を検知した場合、瞬時に、NC 装置 7 2 に接触検知信号を出力する。NC 装置 7 2 は、接触検知信号を受信すると、主軸制御部 7 2 a から、主軸 1 を駆動する駆動装置 5 0 に対し、主軸 1 の動作を緊急停止させる指令を出力する。

【 0 0 6 2 】

このように、実施の形態 1 では、第 1 接触検知線 7 a および第 2 接触検知線 7 b から構成された接触検知回路 7 を設けたため、加工電極 5 と被加工物 1 6 との接触だけでなく、撮像装置 3 と被加工物 1 6 との接触も検知することができる。これにより、撮像装置 3 が被加工物 1 6 に接触した際には、電源盤 1 0 内の接触検知部 7 0 が即座に当該接触を検知して、NC 装置 7 2 を介して、主軸 1 を緊急停止させることができる。これにより、撮像装置 3 および被加工物 1 6 の破損を最小限に抑えることができる。

【 0 0 6 3 】

(撮像装置カバー 6 のコネクタ接続)

撮像装置カバー 6 と接触検知部 7 0 とは、撮像装置 3 と同様に有線接続される必要がある。撮像装置カバー 6 と接触検知部 7 0 との有線接続は、プログラム運転により自動で着脱可能であることが望ましい。そのため、実施の形態 1 では、上述したように、図 7 に示すコネクタ接続により、撮像装置カバー 6 と接触検知部 7 0 との有線接続を実施する。

【 0 0 6 4 】

(絶縁機能)

図 1 0 は、実施の形態 1 に係る形彫放電加工機における絶縁機能の構成を示す図である。図 1 0 においては、形彫放電加工機 1 0 0 の電源盤 1 0 内の接触検知部 7 0 と、コントロールボックス 4 との間を絶縁する絶縁機能を示している。実施の形態 1 では、絶縁機能を設けることで、撮像装置 3 を主軸 1 に装着した際に、撮像装置 3 と被加工物 1 6 とが接触したと誤検知することで、常に、主軸 1 が停止状態になってしまうことを防止する。

【 0 0 6 5 】

撮像装置 3 の機種によっては、撮像装置 3 の電気部 3 b のアースが、撮像装置 3 の図示しない筐体に接続されている場合がある。その場合、主軸 1 に撮像装置 3 を装着した瞬間に、電極チャック 2 を介して、撮像装置 3 と、コントロールボックス 4 と、接触検知部 7 0 と、主軸 1 とで、1 つの電気回路を形成してしまい、接触検知部 7 0 が、被加工物 1 6 と撮像装置 3 とが接触していると、常に、誤検知してしまうことになる。このとき、形彫放電加工機 1 0 0 においては、主軸 1 が緊急停止の状態を続けることになり、主軸 1 の移動がインタロックされてしまう。これを避けるために、実施の形態 1 では、撮像装置 3 内において、筐体とは接しないところにアース 2 0 を設けて、撮像装置 3 の電気部 3 b をアース 2 0 に接続する。すなわち、アース 2 0 は、撮像装置 3 の筐体、および、撮像装置カバー 6 には、電氣的に接触していない。このように、実施の形態 1 では、アース 2 0 を設けることで、撮像装置カバー 6 に接続されている接触検知部 7 0 と、撮像装置 3 の電気部 3 b に接続されているコントロールボックス 4 との間を、絶縁することができる。アース 2 0 は、絶縁部と呼ばれることがある。これにより、実施の形態 1 では、撮像装置 3 を主軸 1 に取り付けの際に、接触検知部 7 0 が、被加工物 1 6 と撮像装置 3 とが接触していると誤検知することを防止することができる。

【 0 0 6 6 】

(ハードウェア構成)

ここで、コントロールボックス 4 のハードウェア構成について説明する。

【 0 0 6 7 】

実施の形態 1 に係るコントロールボックス 4 において、給電部 4 a、画像処理部 4 b、および、演算部 4 d は、処理回路により実現される。処理回路は、メモリに格納されるプログラムを実行するプロセッサおよびメモリであってもよいし、専用のハードウェアであってもよい。処理回路は制御回路とも呼ばれる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 8 】

図 1 1 は、実施の形態 1 に係るコントロールボックスが備える処理回路をプロセッサおよびメモリで実現する場合の処理回路の構成の一例を示す図である。図 1 1 に示す処理回路 9 0 は制御回路であり、プロセッサ 9 1 およびメモリ 9 2 を備える。処理回路 9 0 がプロセッサ 9 1 およびメモリ 9 2 で構成される場合、処理回路 9 0 の各機能は、ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェアまたはファームウェアはプログラムとして記述され、メモリ 9 2 に格納される。処理回路 9 0 では、メモリ 9 2 に記憶されたプログラムをプロセッサ 9 1 が読み出して実行することにより、各機能を実現する。すなわち、処理回路 9 0 は、コントロールボックス 4 の処理が結果的に実行されることになるプログラムを格納するためのメモリ 9 2 を備える。このプログラムは、処理回路 9 0 により実現される各機能をコントロールボックス 4 に実行させるためのプログラムであるともいえる。このプログラムは、プログラムが記憶された記憶媒体により提供されてもよいし、通信媒体など他の手段により提供されてもよい。

10

【 0 0 6 9 】

上記プログラムは、例えば図 4 のステップ S 2、S 4、S 5 の処理をコントロールボックス 4 に実行させるプログラムであるとも言える。すなわち、上記プログラムは、第 1 座標を記憶するステップと、第 2 座標を記憶するステップと、第 1 座標および第 2 座標に基づいて第 1 測定点 A と第 2 測定点 B との距離を演算するステップとを、コントロールボックス 4 に実行させるプログラムであるとも言える。

20

【 0 0 7 0 】

ここで、プロセッサ 9 1 は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、または DSP (Digital Signal Processor) などである。また、メモリ 9 2 は、例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable ROM)、EEPROM (登録商標) (Electrically EPROM) などの、不揮発性または揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、または DVD (Digital Versatile Disc) などが該当する。

【 0 0 7 1 】

図 1 2 は、実施の形態 1 に係るコントロールボックスが備える処理回路を専用のハードウェアで構成する場合の処理回路の例を示す図である。図 1 2 に示す処理回路 9 3 は、例えば、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、またはこれらを組み合わせたものが該当する。処理回路 9 3 については、一部を専用のハードウェアで実現し、一部をソフトウェアまたはファームウェアで実現するようにしてもよい。このように、処理回路 9 3 は、専用のハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはこれらの組み合わせによって、上述の各機能を実現することができる。

30

【 0 0 7 2 】

PC 8 も、コントロールボックス 4 と同様に、図 1 1 に示す処理回路 9 0、または、図 1 2 に示す処理回路 9 3 から構成される。また、同様に、NC 装置 7 2 の主軸制御部 7 2 a、ATC 制御部 7 2 b、および、加工制御部 7 2 c も、例えば、図 1 1 に示す処理回路 9 0、または、図 1 2 に示す処理回路 9 3 から構成される。これらの場合の処理回路 9 0 および処理回路 9 3 は、コントロールボックス 4 の場合と同様の構成であるため、ここでは、その説明を省略する。

40

【 0 0 7 3 】

(効果)

以上のように、実施の形態 1 においては、主軸 1 に装着可能な撮像装置 3 を備えたため、定盤 2 1 から被加工物 1 6 を取り外すことなく、加工後の被加工物 1 6 の表面形状およ

50

び寸法を確認することができる。そのため、確認の結果、被加工物 16 に対する追加の加工が必要な場合においても、被加工物 16 を、再度、定盤 21 に載置するという段取りを行う手間を削減することができる。また、被加工物 16 を再載置することによる微小な位置ずれの発生も防止できる。さらに、撮像装置 3 が主軸 1 に装着されているため、主軸 1 とともに撮像装置 3 を移動させることができる。そのため、被加工物 16 に対して広範囲から狭範囲までの所望の範囲での撮影が可能になり、撮像装置 3 のピント調整域を広くすることができる。

【0074】

また、実施の形態 1 においては、撮像装置 3 内において、撮像装置 3 の筐体および撮像装置カバー 6 とは接しない箇所に、アース 20 を設けている。このように、アース 11 とは別のアース 20 に、撮像装置 3 の電気部 3b を接続させることで、コントロールボックス 4 と電源盤 10 内の接触検知部 70 との間を絶縁させている。そのため、主軸 1 に撮像装置 3 を装着したときに、撮像装置 3、コントロールボックス 4、接触検知部 70、および、主軸 1 で 1 つの電気回路が形成されることを回避できる。その結果、主軸 1 に撮像装置 3 を装着したときに、接触検知部 70 が被加工物 16 と撮像装置 3 とが接触していると誤検出することを防止できる。その結果、主軸 1 の移動が誤検知によってインタロックされて、主軸 1 が移動できなくなることを回避することができる。そのため、主軸 1 に撮像装置 3 を装着した後に、撮像装置 3 を主軸 1 とともに自由に移動させることができる。

【0075】

さらに、実施の形態 1 においては、撮像装置 3 が、導電性を有する撮像装置カバー 6 を有している。例えばユーザの操作ミスまたはプログラムの誤動作により、撮像装置 3 と被加工物 16 とが接触する可能性がある。実施の形態 1 においては、導電性を有する撮像装置カバー 6 を設けたことで、被加工物 16 と撮像装置 3 と接触した場合においても、撮像装置カバー 6、被加工物 16、および、接触検知部 70 で形成される 1 つの電気回路の導通状態に基づいて、接触検知部 70 が、直ちに、当該接触を検知することができる。また、接触検知部 70 の検知結果に基づいて、NC 装置 72 が瞬時に主軸 1 の移動を停止するため、撮像装置 3 と被加工物 16 との破損を最小限に抑えることができる。

【0076】

また、実施の形態 1 においては、ATC 9 を用いることで、加工電極 5 および撮像装置 3 を主軸 1 に対して自動で取り付けおよび取り外しが可能である。取り外した加工電極 5 および撮像装置 3 は、ATC 9 のマガジン 9a に保管される。マガジン 9a は、加工槽から離間して設置されているため、マガジン 9a に保管されている加工電極 5 および撮像装置 3 に、加工液から発生する油煙がかかることを防止できる。その結果、油煙による撮像装置 3 のレンズ 3a の汚れ、並びに、油煙による撮像装置 3 の電気部 3b の内部基板の劣化を防ぐことができる。

【0077】

実施の形態 1 においては、撮像装置 3 とコントロールボックス 4 との接続、および、撮像装置カバー 6 と接触検知部 70 との接続を、第 1 コネクタ端子 12 および第 2 コネクタ端子 13 とから構成されるコネクタ接続で行っている。仮に、撮像装置 3 とコントロールボックス 4、あるいは、撮像装置カバー 6 と接触検知部 70 が、ケーブルなどを用いた有線接続で接続されていると仮定する。その場合には、撮像装置 3 の主軸 1 への着脱時に、ケーブルが主軸 1 または ATC 9 に引っ掛かったり絡まったりして、ケーブルが引っ張られて断線する可能性がある。さらに、ケーブルが加工液に浸かってしまう可能性もある。実施の形態 1 では、コネクタ接続を用いているため、ケーブルに起因するこれらの問題は発生しない。

【0078】

撮像装置 3 で被加工物 16 の撮像データを取得することで、コントロールボックス 4 は、被加工物 16 における第 1 測定点 A および第 2 測定点 B の座標を取得することができる。そのため、被加工物 16 の各部の寸法を容易に計測することができる。ユーザは、PC 8 を用いて、被加工物 16 の画像データ 15 をリアルタイムに確認することができるため

10

20

30

40

50

、被加工物 16 の形状および寸法が精度よく正しい値であることを検査することができる。

【0079】

上述した特許文献 1 に記載のカメラを、一般的な NC 工作機械ではなく、実施の形態 1 で示したような形彫放電加工機に適用させた場合、下記のような課題が発生する。

(1) 形彫放電加工時の油煙により、カメラのレンズが汚れ、鮮明な画像が撮影できない。

(2) 形彫放電加工時の油煙により、カメラの内部基板が劣化して、内部基板が故障する可能性がある。

(3) たとえカメラを取り外し可能な構成にしたとしても、カメラと NC 工作機械との接続は有線接続になるため、カメラの交換時のケーブルの取り回しが難しい。その結果、ケーブルが断線する可能性がある。

(4) カメラには接触時の緊急停止機能が設けられていないため、カメラと被加工物とが接触し続けてカメラまたは被加工物が破損する可能性がある。

(5) たとえカメラに接触時の緊急停止機能を設けたとしても、カメラの筐体にカメラの内部基板のアースを接続している場合、カメラを主軸に装着した瞬間に、主軸が緊急停止状態となってしまう。その結果、主軸が固定されて、カメラを移動させることができず、所望の範囲で被加工物を撮影することが出来なくなり、カメラのピント調整域も狭くなる。

これに対して、実施の形態 1 に係る形彫放電加工機 100 においては、上述したように、これらの課題 (1) ~ (5) をすべて解決することができる。

【0080】

以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、実施の形態で説明した各種変形例を組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

【符号の説明】

【0081】

1 主軸、2 電極チャック、3 撮像装置、3 a レンズ、3 b 電気部、4 コントロールボックス、4 a 給電部、4 b 画像処理部、4 c 記憶部、4 d 演算部、5 加工電極、6 撮像装置カバー、7 接触検知回路、7 a 第 1 接触検知線、7 b 第 2 接触検知線、8 PC、9 ATC、9 a マガジン、9 b 回転軸、9 c 支部、9 d ガイド、10 電源盤、11, 20 アース、12 第 1 コネクタ端子、13 第 2 コネクタ端子、15 画像データ、16 被加工物、16 a 第 1 エッジ、16 b 第 2 エッジ、17 ころ、18 くぼみ、19 ばね、21 定盤、30 電源、40, 41, 46, 47 電源線、42, 45 信号線、43, 44 アース線、50 駆動装置、60, 61 画像、70 接触検知部、71 電源供給部、72 数値制御装置 (NC 装置)、72 a 主軸制御部、72 b ATC 制御部、72 c 加工制御部、90, 93 処理回路、91 プロセッサ、92 メモリ、100 形彫放電加工機、A 第 1 測定点、B 第 2 測定点、C, D 矢印。

10

20

30

40

50

【要約】

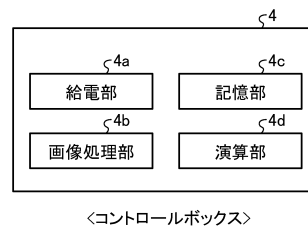
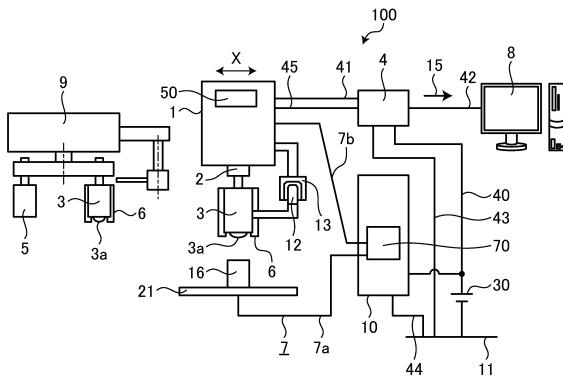
形彫放電加工機（100）は、主軸（1）と、主軸（1）に着脱可能に装着され、絶縁性を有する加工液の中に置かれた被加工物（16）に対して非接触で放電を行うことで被加工物（16）を加工する加工電極（5）と、加工電極（5）と交換されて主軸（1）に着脱可能に装着され、加工電極（5）によって加工された被加工物（16）を撮影し、加工後の被加工物（16）の形状を示す撮像データを取得する撮像装置（3）と、主軸（1）に接続され、撮像装置（3）が主軸（1）に装着されているときに、撮像装置（3）と被加工物（16）とが接触した場合に、当該接触を検知する接触検知部（70）と、主軸（1）の移動および停止を制御するNC装置（72）と、を備え、NC装置（72）は、接触検知部（70）が当該接触を検知した場合に、主軸（1）の移動を緊急停止させる。ユーザは、撮像データに基づいて被加工物（16）の形状および寸法を検査する。

10

【図面】

【図1】

【図2】



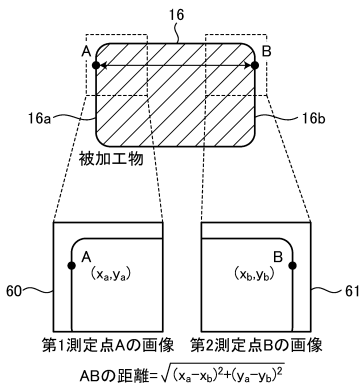
20

30

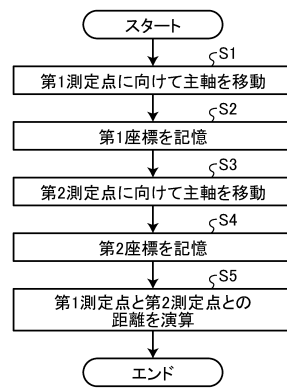
40

50

【 図 3 】



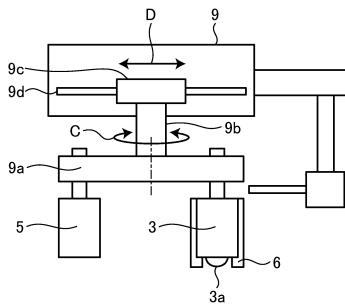
【 図 4 】



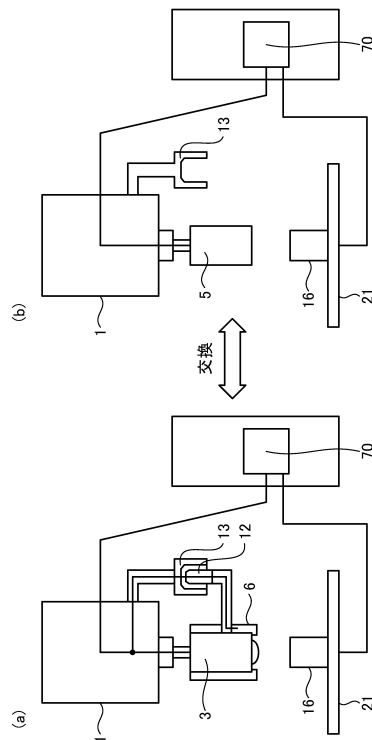
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

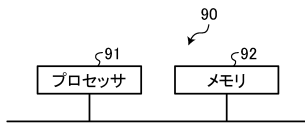


30

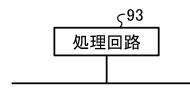
40

50

【図 1 1】

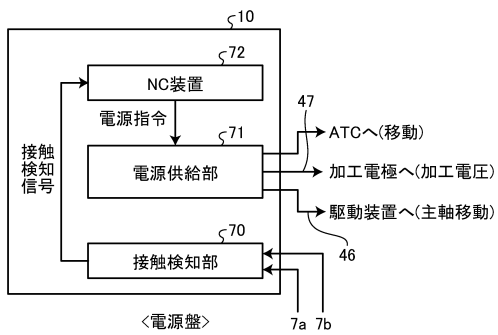


【図 1 2】

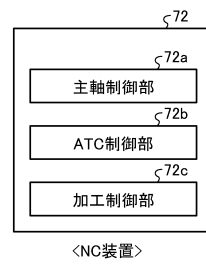


10

【図 1 3】



【図 1 4】



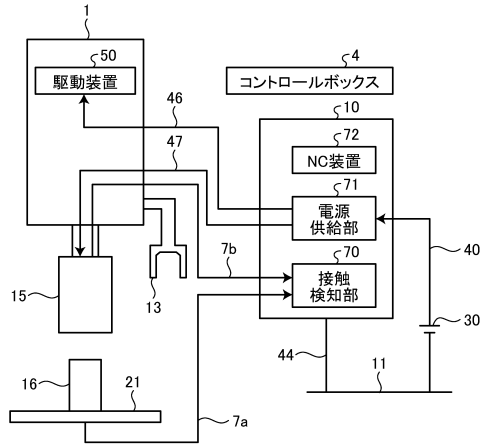
20

30

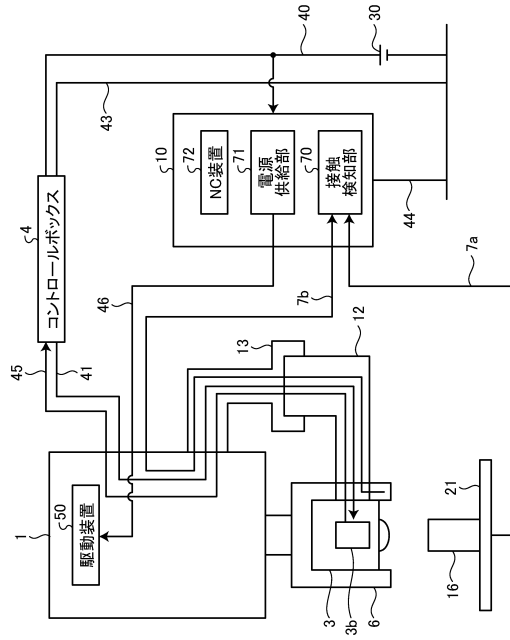
40

50

【図 15】



【図 16】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 1 4 7 6 4 5 (U S , A 1)
特開 2 0 0 1 - 1 4 7 1 1 5 (J P , A)
国際公開第 2 0 2 2 / 1 8 1 4 4 1 (W O , A 1)
特開 2 0 0 1 - 5 9 7 0 5 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
B 2 3 H 1 / 0 0 - 1 1 / 0 0