

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2024年12月12日(12.12.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/252592 A1

(51) 国際特許分類:  
B23H 1/00 (2006.01) B23H 11/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/021244

(22) 国際出願日: 2023年6月7日(07.06.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 清水 大輔 (SHIMIZU, Daisuke); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 中

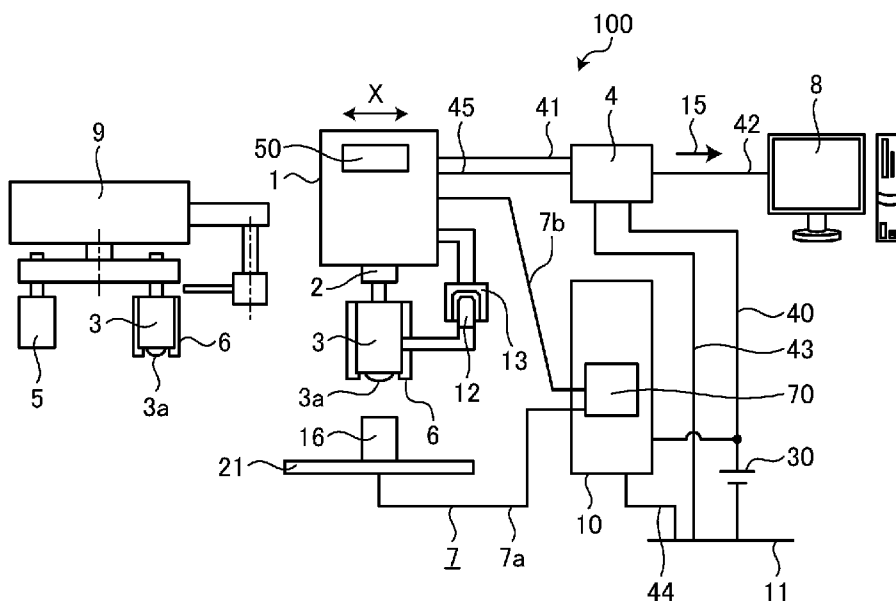
川 孝幸 (NAKAGAWA, Takayuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 高村 順 (TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎ノ門ダイビルイースト 弁理士法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,

(54) Title: DIE-SINKING ELECTRICAL DISCHARGE MACHINE

(54) 発明の名称: 形彫放電加工機



(57) Abstract: A die-sinking electrical discharge machine (100) comprises: a main shaft (1); a machining electrode (5) that is detachably mounted to the main shaft (1) and machines a workpiece (16) by performing discharge in a non-contact manner with respect to the workpiece (16) placed in a machining liquid having insulating properties; an imaging device (3) that is interchanged with the machining electrode (5), is detachably mounted to the main shaft (1), images the workpiece (16) machined by the machining electrode (5), and acquires imaging data indicating the shape of the workpiece (16) after machining; a contact detection unit (70) that is connected to the main shaft (1) and detects contact when the imaging device (3) and the workpiece (16) are in contact with each other when the imaging device (3) is mounted to the main shaft (1); and a NC device (72) that controls the movement and stopping of the main shaft (1). The NC device (72) causes



WO 2024/252592 A1

LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,  
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,  
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,  
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

movement of the main shaft (1) to be immediately stopped when the contact detection unit (70) has detected the contact. A user inspects the shape and dimensions of the workpiece (16) on the basis of the imaging data.

(57) 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。

## 明 細 書

発明の名称：形彫放電加工機

### 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 $\mu$ m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。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0005] 特許文献1：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。

[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。

#### 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、を備え、NC装置は、接触検知部が当該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。

### 発明の効果

[0011] 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] 撮像装置3は下端部にレンズ3aが設けられている。レンズ3aは、被加工物16に対向して配置される。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41、および、撮像データを送信するための信号線45を介して、接続されている。形彫放電加工機100が被加工物16の形彫放電加工を行った後に、撮像装置3は、被加工物16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45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30からコントロールボックス4を介して行われる。電源30は、例えばコンセントなどの外部の電源である。電源30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。

[0017] コントロールボックス4は、電源線40を介して、電源30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30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15を生成する。画像データ15は、信号線42を介して、PC(Personal Computer)8に入力される。ユーザは、PC8の画面に画像データ15を表示させて、画像データ15に基づいて被加工物16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15をコントロールボックス4からPC8に順次転送することで、ユーザは、PC8を用いて被加工物16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43を介して、アース11に接続されている。

[0018] 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4aと、画像処理部4bと、記憶部4cと、演算部4dと、を有している。給電部4aは、電源30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4b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15を生成する。記憶部4c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4dは、被加工物16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100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100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10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10の内部に搭載されていてもよいし、電源盤10の外部に設けられていてもよい。

[0019] 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16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。

[0020] 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工物 1 6 をセットする。次に、被加工物 1 6 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 1 6 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 1 6 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。

[0021] 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 1 6 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 1 6 と加工電極 5 とが接近すると、被加工物 1 6 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 1 6 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 1 6 が溶融する。被加工物 1 6 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 1 6 が最終的に製品形状になるまで加工が行われる。

[0022] 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 1 6 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。

[0023] 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 1 6 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 1 6 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 1 6 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、NC 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 1 6 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 1 6 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 1 6 との接触」と呼ぶことがある。

[0024] 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 NC 装置 7 2 内の A T C 制御部 7 2 b からの指令である。NC 装置 7 2 は、被加工物 1 6 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、NC 装置 7 2 は、P C 8 から被加工物 1 6 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。

[0025] 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。

[0026] 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（NC装置）の内部の構成を示す図である。図14に示すように、NC装置72には、主軸制御部72aと、ATC制御部72bと、加工制御部72cと、が設けられている。主軸制御部72a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。ATC制御部72bは、ATC9の動作を制御して、ATC9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72cは、電源盤10内の電源供給部71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72c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10は、電源30に接続されている。また、電源盤10は、アース線44により、アース11に接続されている。

[0027] 図1の説明に戻る。定盤21は、図示しない加工槽の中に設置されている。定盤21は、図1に示すように、平板形状を有している。定盤21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21の上面は、例えば水平になるように設置される。定盤21の上面には、図1に示すように、被加工物16が載置される。定盤21は、第1接触検知線7aを介して、接触検知部70に接続されている。定盤21は、導電性を有している。定盤21は、加工機定盤と呼ばれることがある。

[0028] 形彫放電加工機100には、PC8が接続されている。PC8は、形彫放電加工機100の構成要素の1つであってもよいし、形彫放電加工機100の外部に設置されていてもよい。PC8は、ディスプレイ等の表示装置を有している。また、PC8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。PC8は、ユーザからの入力等に従って、NC装置72に対して指令を出力する。

[0029] （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16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16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16の局所的な画像60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16の局所的な画像61を示している。画像60および画像61は、例えば、画像データ15に基づいてPC8の画面に表示される画像の一例である。

[0030] はじめに、被加工物16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16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16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4b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15に変換する。画像データ15はコントロールボックス4からPC8に転送される。これにより、ユーザは、PC8の画面に画像データ15を表示させることで、被加工物16の形状および寸法を順次確認することが可能である。

[0031] 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16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16の広範囲の撮影が可能になる。逆に、被加工物16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16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16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16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。

[0032] 次に、被加工物 16 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 50 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 50 は、例えばモータなどから構成される。駆動装置 50 の動作は、NC 装置 72 の主軸制御部 72 a により制御される。駆動装置 50 への給電は、電源盤 10 内の電源供給部 71 が、電源 30 からの電力を用いて、電源線 46 を介して行う。電源線 46 は、後述する図 15 および図 16 に示すように、主軸 1 内を通るように配置され、駆動装置 50 と電源供給部 71 とを接続している。駆動装置 50 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 50 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 16 の左側の端辺を第 1 エッジ 16 a と呼び、被加工物 16 の右側の端辺を第 2 エッジ 16 b と呼ぶ。また、第 1 エッジ 16 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 16 b 上の予め設定された 1 点を第 2 測定点 B と呼ぶ。

[0033] まず、NC 装置 72 の主軸制御部 72 a が、被加工物 16 の第 1 エッジ 16 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 16 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「第 1 座標」と呼ばれることがある。

[0034] 次に、NC 装置 72 の主軸制御部 72 a が、被加工物 16 の第 2 エッジ 16 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 16 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。

[0035] 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。

$$[0036] \quad AB \text{ の距離} = \{ (x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2 \}^{1/2} \quad \dots (1)$$

[0037] 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。

[0038] 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い場合には、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。

[0039] 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。

- [0040] ステップS1で、NC装置72の主軸制御部72aが、主軸1を第1測定点Aに向けて移動させる。
- [0041] ステップS2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4cに記憶する。
- [0042] ステップS3で、NC装置72の主軸制御部72aが、主軸1を第2測定点Bに向けて移動させる。
- [0043] ステップS4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( $x_a$ ,  $y_a$ )を、第2座標として、記憶部4cに記憶する。
- [0044] ステップS5で、コントロールボックス4の演算部4d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。
- [0045] (ATC9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ATC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である。

- [0046] 図5に示すように、ATC9は、マガジン9aと、回転軸9bと、支部9cと、ガイド9dと、を有している。マガジン9a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9a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9bは、マガジン9aと支部9cとを連結している。回転軸9bは、矢印Cで示す方向に回転可能である。回転軸9b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9bの中心軸の位置を、中心とする周方向である。回転軸9bの矢印Cの方向の回転に同期して、マガジン9aも矢印Cの方向に回転する。支部9cは、回転軸9bを介して、マガジン9aを支持している。支部9cは、ガイド9d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。

[0047] 通常、形彫放電加工機100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。ATC9を使用することで、電極チャック2に対して、NC装置72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100の主軸1から外した加工電極5は、ATC9のマガジン9 aに戻される。ATC9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100の主軸1に着脱することが可能である。

[0048] 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12と第2コネクタ端子13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。

[0049] 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、ATC9によって自動的に着脱できるようにした場合、ATC9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。

[0050] 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。

[0051] (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16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16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。

[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。

[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。

[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コネクタ端子13の内壁から、第2コネクタ端子13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17が第1コネクタ端子12の挿入圧によって押されて、ばね19が収縮する。これにより、ころ17の全体が、第2コネクタ端子13内に完全に収まる。これにより、第1コネクタ端子12が第2コネクタ端子13に挿入可能となる。そして、第1コネクタ端子12の第2コネクタ端子13への挿入が完了すると、ばね19の弾性力により、ばね19の収縮が元に戻り、ころ17がくぼみ18内に挿入され、第1コネクタ端子12が第2コネクタ端子13に固定される。このように、いったん、ころ17がくぼみ18に挿入されると、ころ17がくぼみ18に係合されるため、第1コネクタ端子12が第2コネクタ端子13から脱落することを防止できる。

[0057] (加工電極を装着したときの配線構成)

図15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15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15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72の加工制御部72cを介して、電源盤10の電源供給部71によって行われる。具体的には、NC装置72が、加工制御部72cを用いて、図13に示すように、電源供給部71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71は、電源線47を介して、加工電極5へ給電する。電源線47は、図15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71とを接続している。駆動装置50への電源供給は、電源供給部71が、電源30の電力を用いて、電源線46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7bが、加工電極5と接触検知部70とを接続する。

[0058] (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16との接触を検知する接触検知回路を示している。

[0059] 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16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16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16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16とが接触した際には、撮像装置3と被加工物16との両者が破損する事例が実際に起こっている。

[0060] そこで、実施の形態1においては、形彫放電加工機100特有の加工電極5と被加工物16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16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16、定盤21、第1接触検知線7a、接触検知部70、および、第2接触検知線7bで、1つの電気回路が形成される。接触検知部70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16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70は、当該接触を検知した場合、瞬時に、NC装置72に接触検知信号を出力する。NC装置72は、接触検知信号を受信すると、主軸制御部72aから、主軸1を駆動する駆動装置50に対し、主軸1の動作を緊急停止させる指令を出力する。

[0061] 加工電極5と被加工物16とが接触した際の動作も同様である。すなわち、被加工物16と加工電極5とが接触した際に、加工電極5、被加工物16、定盤21、第1接触検知線7a、接触検知部70、および、第2接触検知線7bで、1つの電気回路が形成される。接触検知部70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16と加工電極5との接触を検知する。そして、接触検知部70は、接触を検知した場合、瞬時に、N

C装置72に接触検知信号を出力する。NC装置72は、接触検知信号を受信すると、主軸制御部72aから、主軸1を駆動する駆動装置50に対し、主軸1の動作を緊急停止させる指令を出力する。

[0062] このように、実施の形態1では、第1接触検知線7aおよび第2接触検知線7b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16との接触だけでなく、撮像装置3と被加工物16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16に接触した際には、電源盤10内の接触検知部70が即座に当該接触を検知して、NC装置72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16の破損を最小限に抑えることができる。

[0063] (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70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70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70との有線接続を実施する。

[0064] (絶縁機能)

図10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10においては、形彫放電加工機100の電源盤10内の接触検知部70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16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。

[0065] 撮像装置3の機種によっては、撮像装置3の電気部3b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70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70が、被加工物16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100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20を設けて、撮像装置3の電気部3bをアース20に接続する。すなわち、アース20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20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70と、撮像装置3の電気部3b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20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に取り付けた際に、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知することを防止することができる。

[0066] (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。

[0067] 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4a、画像処理部4b、および、演算部4d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。

[0068] 図11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11に示す処理回路90は制御回路であり、プロセッサ91およびメモリ92を備える。処理回路90がプロセッサ91およびメモリ92で構成される場合、処理回路90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92に格納される。処理回路90では、メモリ92に記憶されたプログラムをP

ロセッサ 91 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 90 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 92 を備える。このプログラムは、処理回路 90 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。

[0069] 上記プログラムは、例えば図 4 のステップ S2、S4、S5 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。

[0070] ここで、プロセッサ 91 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 92 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。

[0071] 図 12 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 12 に示す処理回路 93 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 93 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93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。

[0072] PC8も、コントロールボックス4と同様に、図11に示す処理回路90、または、図12に示す処理回路93から構成される。また、同様に、NC装置72の主軸制御部72a、ATC制御部72b、および、加工制御部72cも、例えば、図11に示す処理回路90、または、図12に示す処理回路93から構成される。これらの場合の処理回路90および処理回路93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。

[0073] (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21から被加工物16を取り外すことなく、加工後の被加工物16の表面形状およ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、ATC9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、ATC9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ATC9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、PC8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、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。

## 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、  
を備え、

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]

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ている、

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または2に記載の形彫放電加工機。

[請求項4]

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を備え、

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3に記載の形彫放電加工機。

[請求項5]

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4の何れか1つに記載の形彫放電加工機。

[請求項6]

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を備え、

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

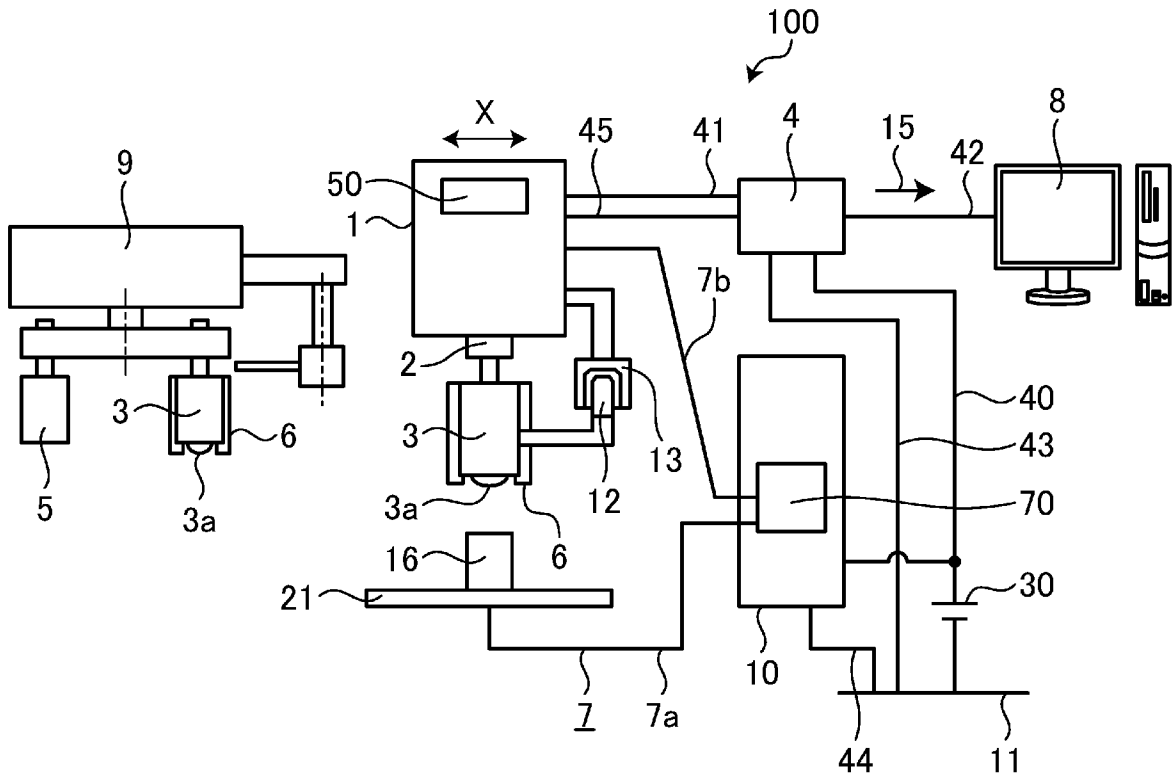
の座標を第1座標として記憶し、

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、

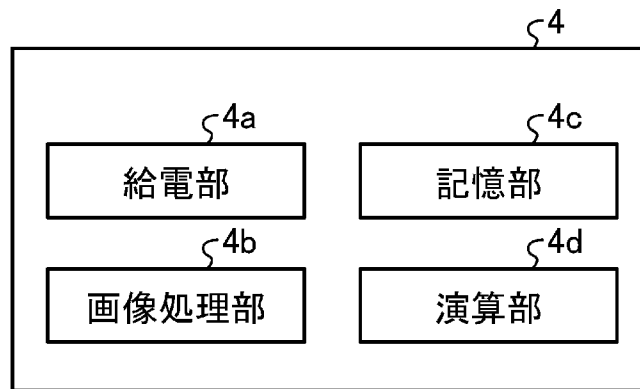
前記コントロールボックスは、前記第1座標および前記第2座標に基づいて、前記第1測定点と前記第2測定点との距離を演算する、

ことを特徴とする請求項1から5の何れか1つに記載の形彫放電加工機。

[図1]

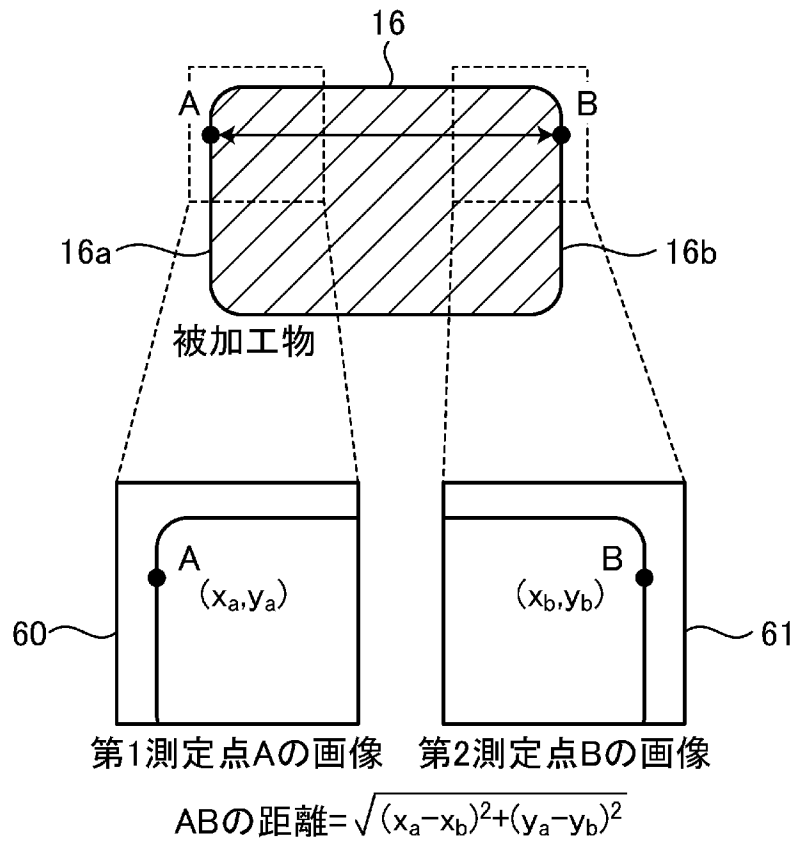


[図2]

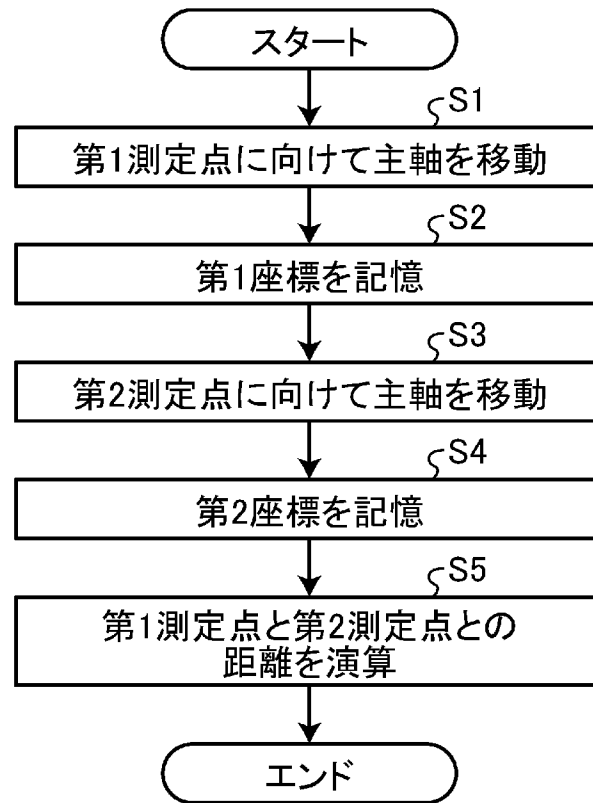


<コントロールボックス>

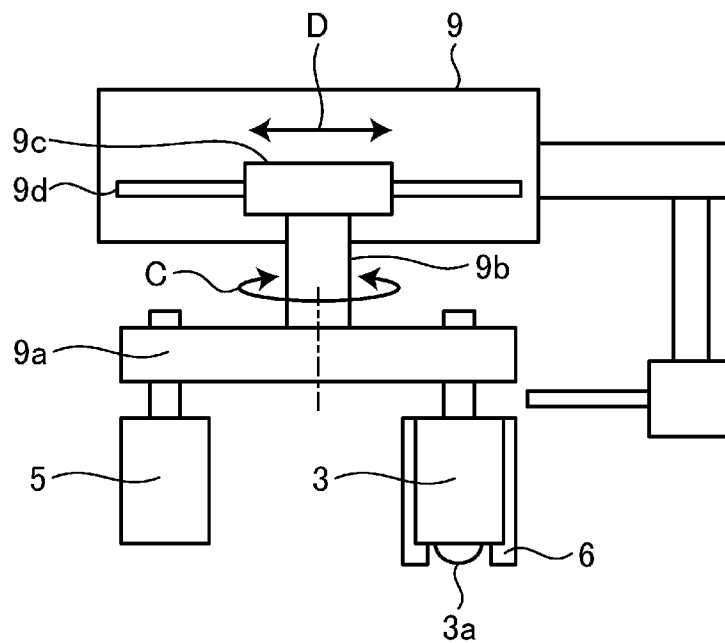
[図3]



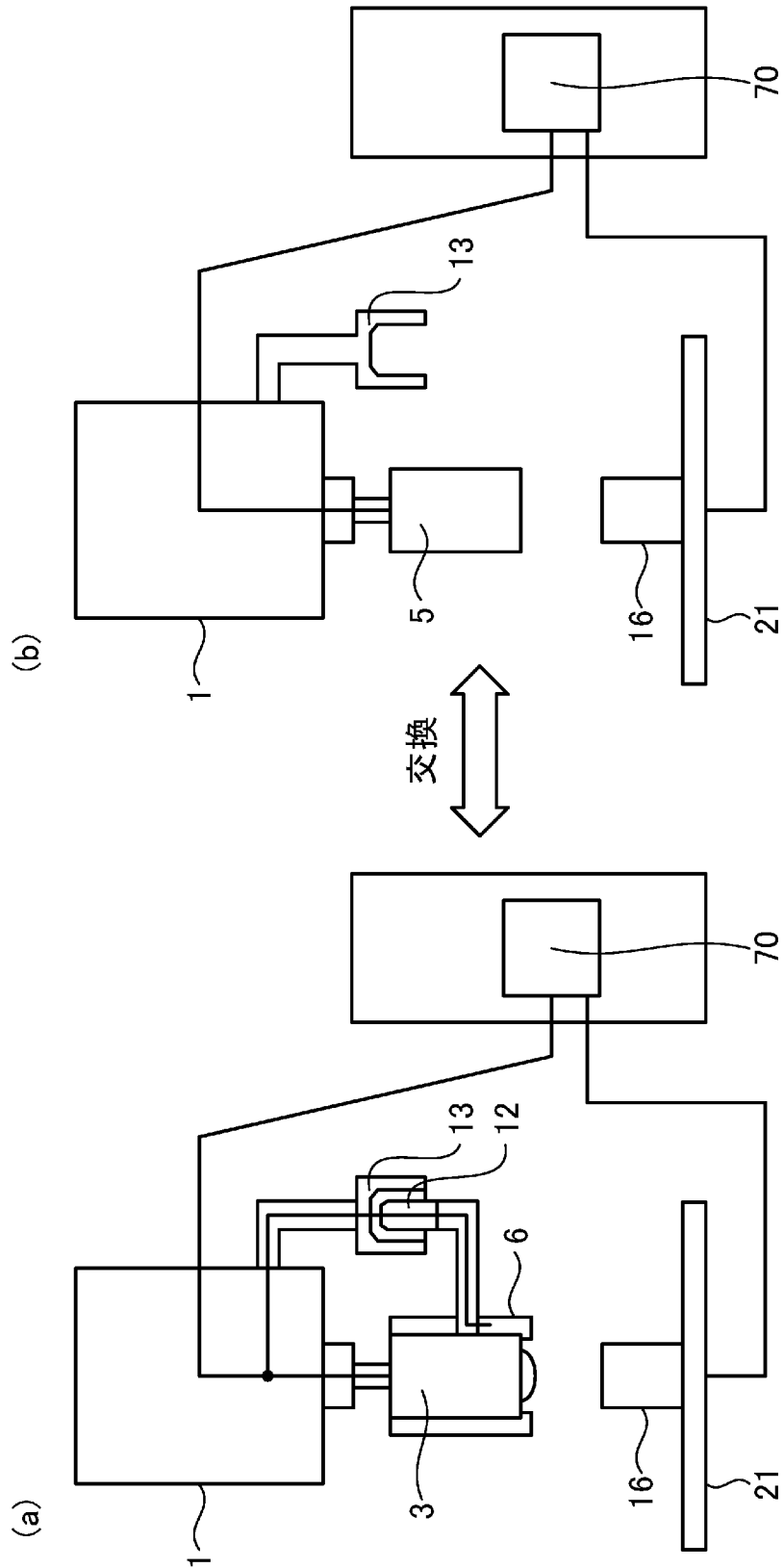
[図4]



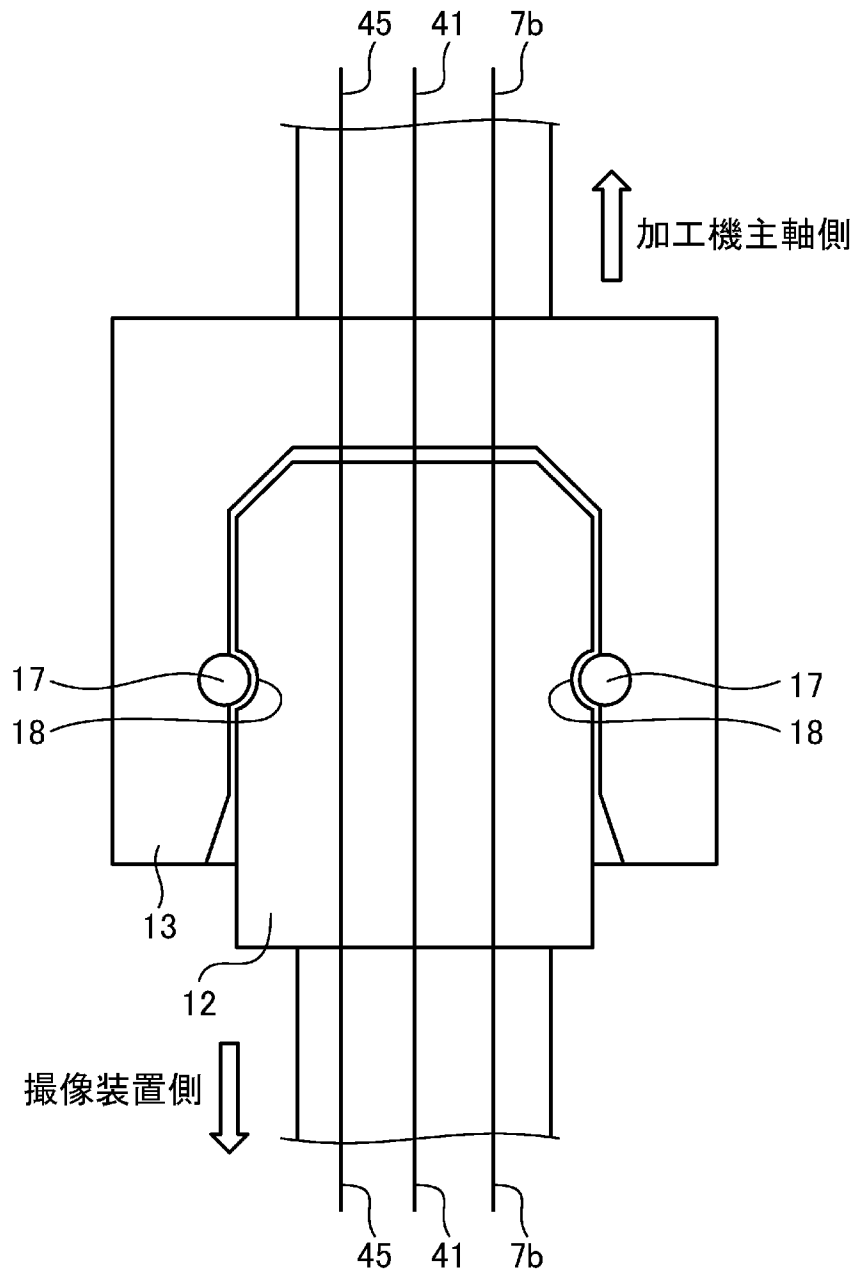
[図5]



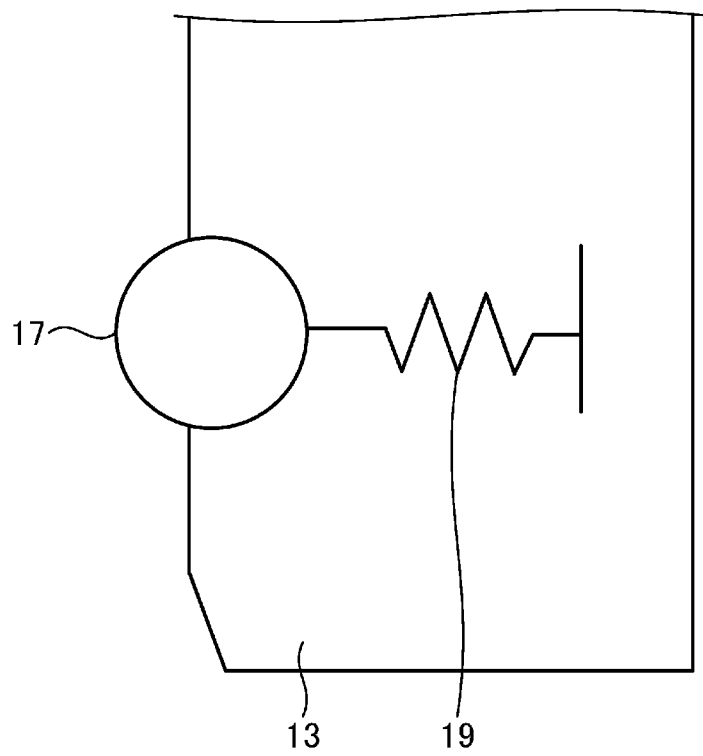
[図6]



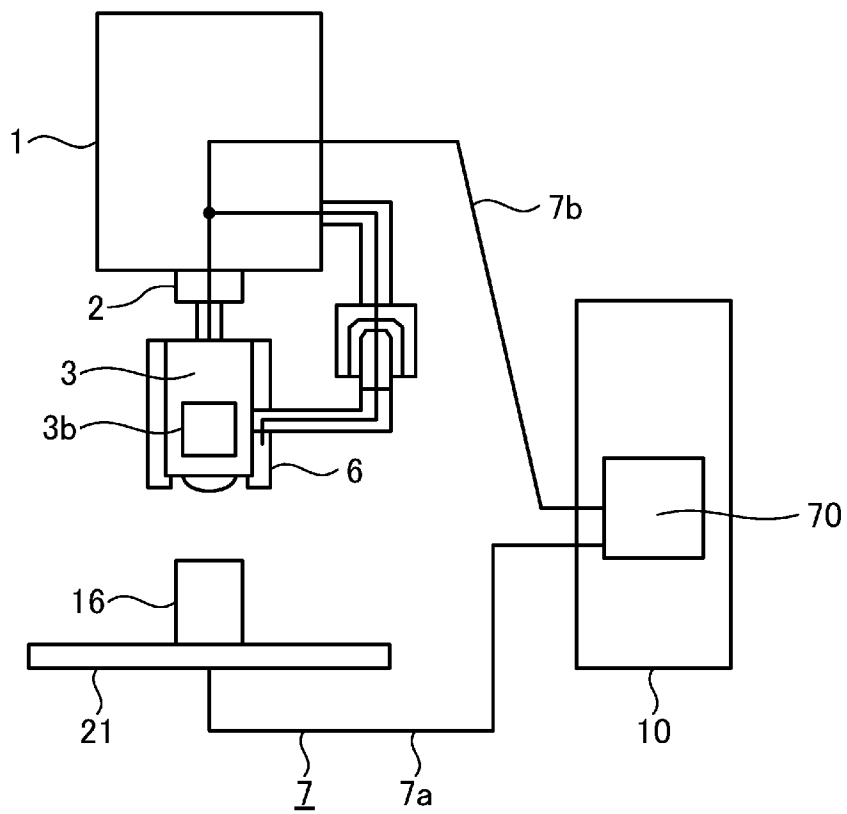
[図7]



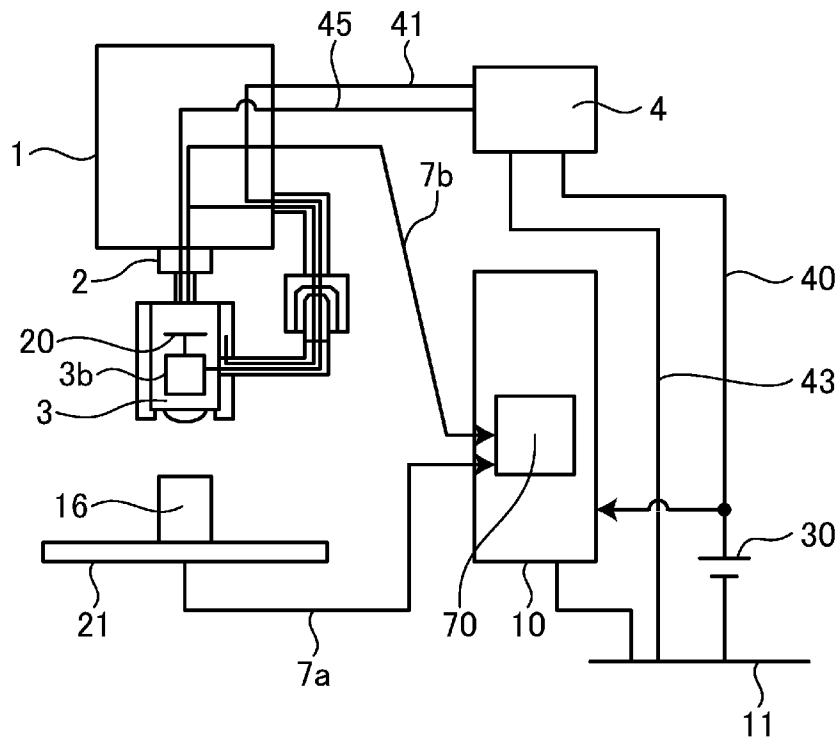
[図8]



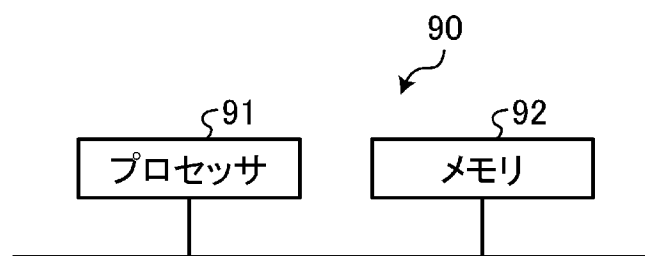
[図9]



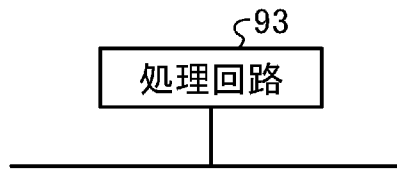
[図10]



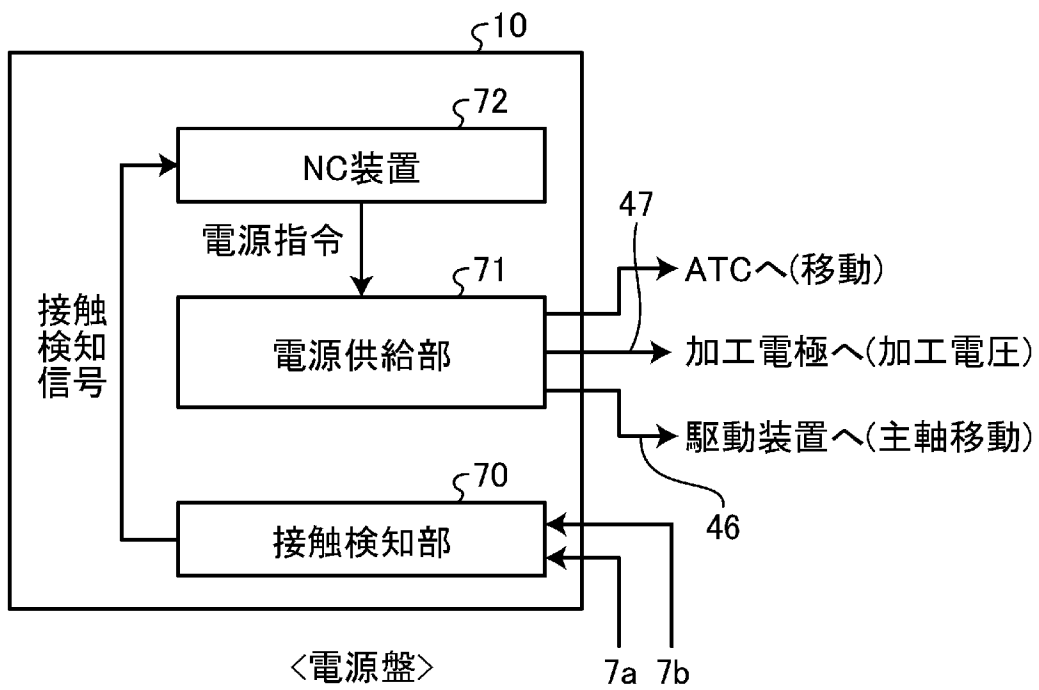
[図11]



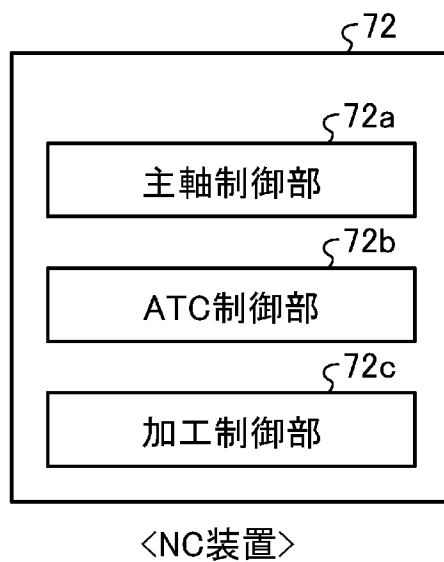
[図12]



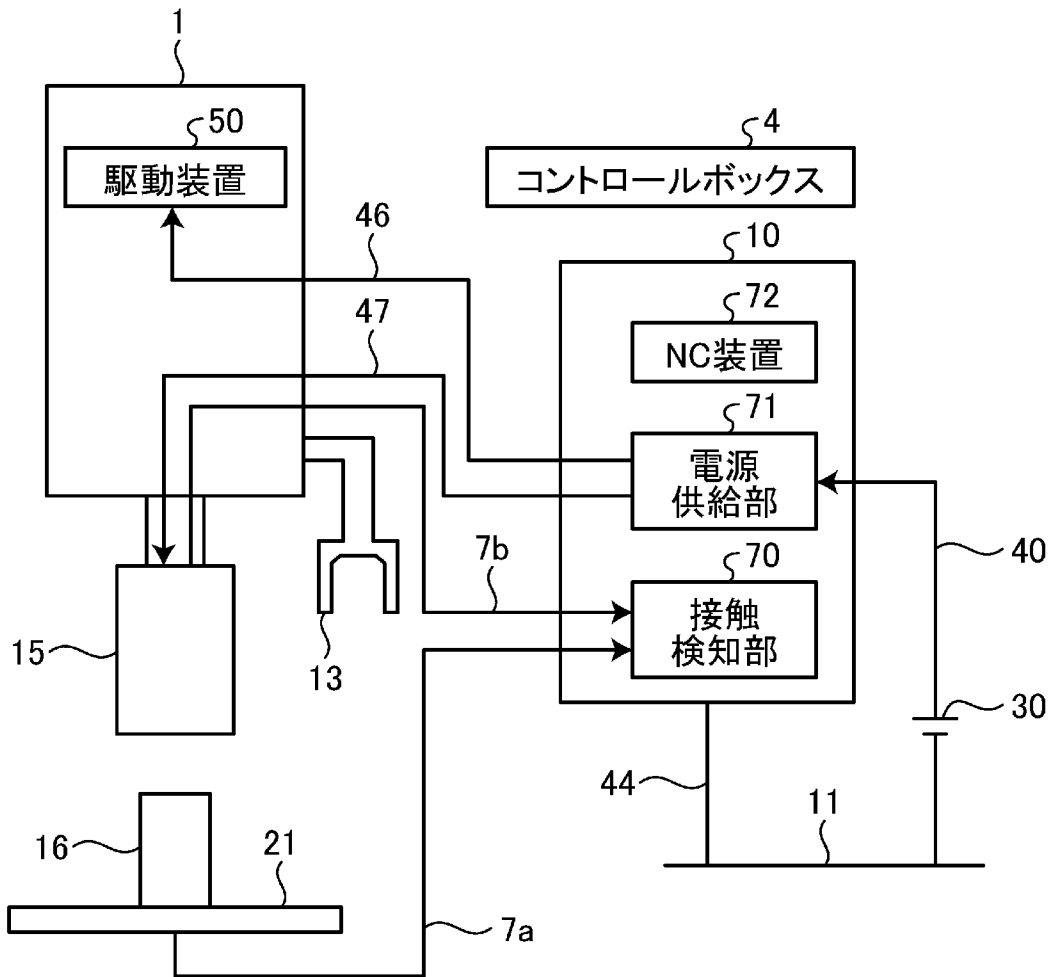
[図13]



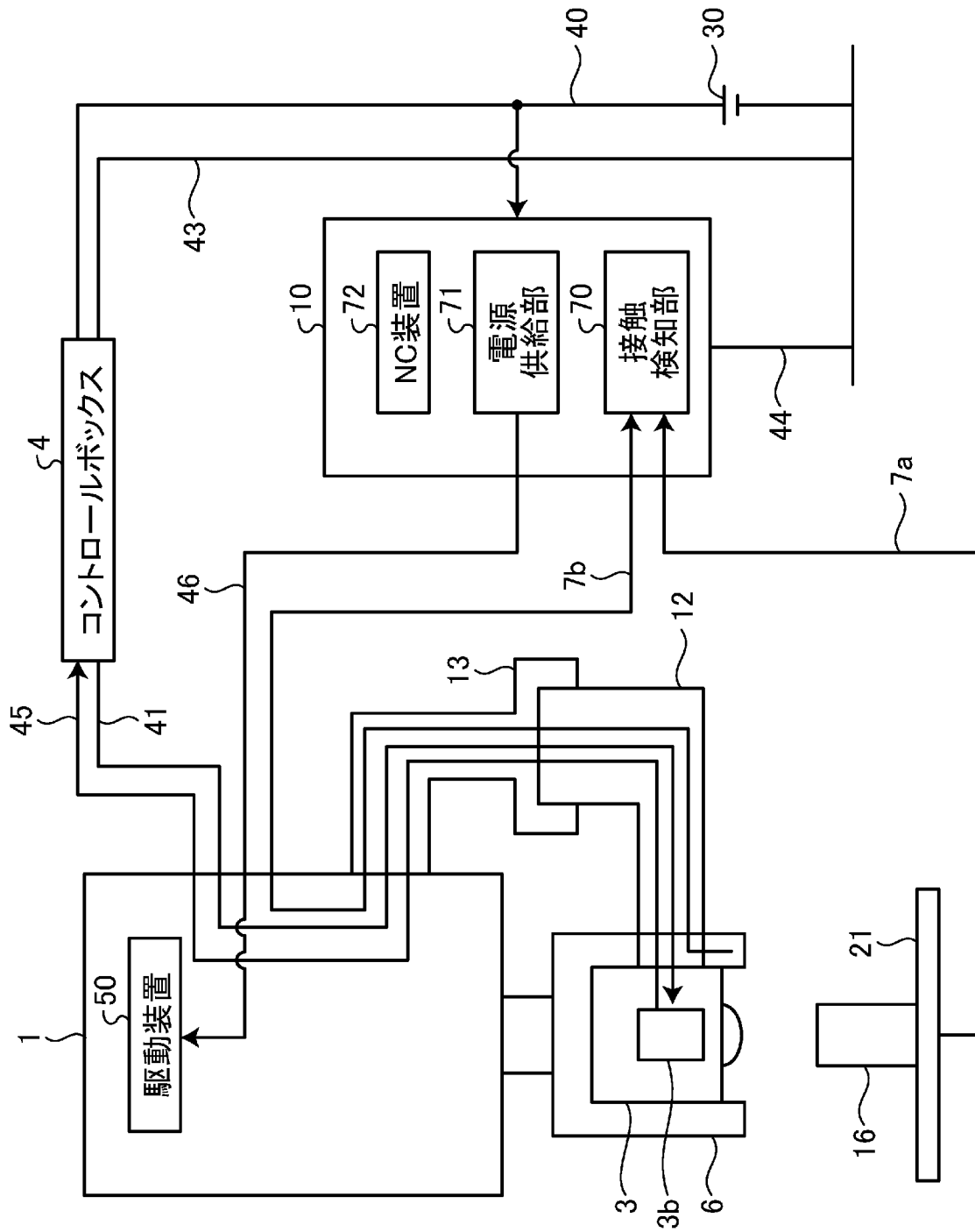
[図14]



[図15]



[図16]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/021244

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>B23H 1/00</i> (2006.01)i; <i>B23H 11/00</i> (2006.01)i FI: B23H1/00 B; B23H11/00 Z  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B23H1/00; B23H11/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US 2018/0147645 A1 (AGIE CHARMILLES SA) 31 May 2018 (2018-05-31) paragraphs [0019]-[0104], fig. 1-11	1, 5-6 2-4
Y	JP 2001-147115 A (MITSUTOYO CORP.) 29 May 2001 (2001-05-29) claims 1-5, fig. 1-13	1, 5-6
A	WO 2022/181441 A1 (DMG MORI SEIKI CO., LTD.) 01 September 2022 (2022-09-01) claims 1-3, fig. 1-7	1-6
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>10 August 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>29 August 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/JP2023/021244</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2018/0147645	A1	31 May 2018	EP	3326749	A1	
				CN	108115232	A	
-----							
JP	2001-147115	A	29 May 2001	US	6333696	B1	
				claims 1-18, fig. 1-13			
-----							
WO	2022/181441	A1	01 September 2022	(Family: none)			
-----							

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23H 1/00(2006.01)i; B23H 11/00(2006.01)i FI: B23H1/00 B; B23H11/00 Z		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B23H1/00; B23H11/00 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	US 2018/0147645 A1 (AGIE CHARMILLES SA) 31.05.2018 (2018-05-31) 段落0019-0104, 図1-11	1,5-6 2-4
Y	JP 2001-147115 A (株式会社ミットヨ) 29.05.2001 (2001-05-29) 請求項1-5, 図1-13	1,5-6
A	WO 2022/181441 A1 (DMG森精機株式会社) 01.09.2022 (2022-09-01) 請求項1-3, 図1-7	1-6
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
10.08.2023	29.08.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  黒石 孝志 3P 9527  電話番号 03-3581-1101 内線 3363	

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号  
 PCT/JP2023/021244

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
US	2018/0147645	A1	31.05.2018	EP	3326749	A1	
				CN	108115232	A	
JP	2001-147115	A	29.05.2001	US	6333696	B1	
				請求項 1 - 1 8, 図 1 - 1 3			
WO	2022/181441	A1	01.09.2022	(ファミリーなし)			