

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6382911号  
(P6382911)

(45) 発行日 平成30年8月29日(2018.8.29)

(24) 登録日 平成30年8月10日(2018.8.10)

(51) Int. Cl.			F I		
<b>B 2 3 H</b>	<b>7/02</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 H	7/02	R
<b>B 2 3 H</b>	<b>7/10</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 H	7/10	B
<b>B 2 3 H</b>	<b>7/26</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 H	7/26	Z
<b>B 2 3 Q</b>	<b>15/18</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 Q	15/18	

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2016-214383 (P2016-214383)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成28年11月1日(2016.11.1)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2018-69408 (P2018-69408A)		山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成30年5月10日(2018.5.10)		〇番地
審査請求日	平成29年11月14日(2017.11.14)	(74) 代理人	100106002
早期審査対象出願			弁理士 正林 真之
		(74) 代理人	100165157
			弁理士 芝 哲央
		(74) 代理人	100160794
			弁理士 星野 寛明
		(72) 発明者	羽田 啓太
			山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
			〇番地 ファナック株式会社内
		審査官	柏原 郁昭
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワイヤ放電加工機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の機械要素から構成され、上ガイドと下ガイドとが所定の相対位置で配置された状態で、これらの上ガイド、下ガイド間に取り付けられたワイヤ電極と被加工物とを相対移動させることにより、前記被加工物に放電加工を行うワイヤ放電加工機であって、

前記複数の機械要素の温度を検出する温度検出手段と、

前記上ガイドと前記下ガイドとの相対位置の実測値を測定する位置測定手段と、

前記温度検出手段によって検出された前記複数の機械要素の温度および前記位置測定手段によって測定された相対位置の実測値を互いに関連付けて関連データとして記憶する記憶手段と、

前記記憶手段に記憶された関連データを教師データとして、前記複数の機械要素の温度と前記相対位置との関係式を機械学習によって推論して算出する関係式算出手段と、

前記関係式算出手段によって算出された関係式に、前記温度検出手段によって検出された温度を代入して、前記相対位置の推定値を算出する位置推定手段と、

前記位置推定手段によって算出された相対位置の推定値に基づき、前記上ガイドと前記下ガイドとの補正量を算出する補正量算出手段と、

前記補正量算出手段によって算出された補正量に基づき、前記上ガイドと前記下ガイドとの相対位置の補正を行う補正実行手段と、を備え、

前記ワイヤ放電加工機はさらに、

前記位置推定手段によって算出された相対位置の推定値を前記記憶手段に記憶された関

連データ中の相対位置の実測値と比較して、両者の差異を算出する差異算出手段と、  
前記差異算出手段によって算出された差異が所定の閾値以下の場合に、その相対位置の推定値を算出するときに用いた関係式を正式なものと決定する関係式決定手段と、  
前記関係式決定手段によって正式なものと決定された関係式に基づき、前記複数の機械要素の温度の各々が前記上ガイドと前記下ガイドとの補正量に与える影響力の大きさを判断する判断手段と、  
前記判断手段により、前記上ガイドと前記下ガイドとの補正量に与える影響力が小さいと判断された機械要素の温度を除く関連データを教師データとして、影響力が小さいと判断されたものが除かれた機械要素の温度と前記相対位置との関係式を機械学習によって推論することにより、前記関係式決定手段によって正式なものと決定された関係式を修正する関係式修正手段と、を備えているワイヤ放電加工機。

10

【請求項 2】

前記関係式決定手段によって正式なものと決定された関係式に基づき、前記機械要素の温度が前記上ガイドと前記下ガイドとの補正量に与える影響力の大きさを判断する判断手段と、

前記判断手段により、前記機械要素の温度が前記上ガイドと前記下ガイドとの補正量に与える影響力が小さいと判断された場合に、この機械要素の温度を検出する温度検出手段を取り除きうる旨を報知する報知手段と、を備えている請求項 1 に記載のワイヤ放電加工機。

【請求項 3】

20

前記機械要素は、少なくともベッド、U軸サドルおよび加工槽を含み、前記温度検出手段は、前記ベッド周辺の気温、前記U軸サドルの温度および前記加工槽の内部の加工液の温度を検出する請求項 1 又は 2 に記載のワイヤ放電加工機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、上ガイドと下ガイドとが所定の相対位置で配置された状態で、これらの上ガイド、下ガイド間に取り付けられたワイヤ電極と被加工物とを相対移動させることにより、被加工物に放電加工を行うワイヤ放電加工機に関する。

【背景技術】

30

【0002】

このようなワイヤ放電加工機は、複数の機械要素が組み合わされて構成されており、これらの機械要素の熱膨張率が互いに異なっている。したがって、周囲の気温の変化などの要因により、複数の機械要素が熱変形して上ガイドと下ガイドとの相対位置が3次元方向（X軸方向、Y軸方向、Z軸方向）にずれる恐れがある。特に水平方向（X軸方向、Y軸方向）の位置ずれが発生すると、加工精度の低下に直接つながる。そこで、周囲の気温の変化を防ぐために、ワイヤ放電加工機を恒温室などに設置して温度管理をする対応策も考えられるが、十分な性能の恒温室を設備するには多額の投資が必要になる。

【0003】

そのため、安価に加工精度を維持する方法として、機械各部に設置した温度センサで検出した温度情報を基にして、上下ガイドの熱変位量を推測して補正を行う、いわゆる熱変位補正という手法が提案されている（例えば、特許文献 1～3 参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 7 - 7 5 9 3 7 号公報

【特許文献 2】特許第 5 7 5 1 6 1 1 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 1 5 - 9 3 3 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

## 【0005】

しかしながら、特許文献1に記載された技術では、放電加工機などの工作機械のどの位置（機械要素）に温度センサを設置するべきかについては、何ら言及されていない。もし熱変位量に大きく影響をする機械要素に温度センサが設置されていないと、正確な熱変位量を推測することができない。一方、熱変位量にほとんど影響を与えない機械要素に温度センサが設置されている場合には、その温度センサが無駄になる。したがって、こうしたことまで見据えた熱変位補正としては、必ずしも適正なものとは言えない。

## 【0006】

また、特許文献2に記載された技術では、工作機械の熱変位量を直接計算しているわけではないため、得られた箇所が必ずしも熱変位量に対する影響の大きい箇所とは限らない。したがって、特許文献1に記載された技術と同様、必ずしも適正な熱変位補正とは言えない。

10

## 【0007】

さらに、特許文献3に記載された技術では、横型マシニングセンタなどの工作機械において、温度センサの最適な設置位置を求める際に、有限要素法による構造解析を行っている。そのため、解析の内容が複雑になり、扱いが難しくなってしまう。したがって、熱変位補正を簡便に行うことはできない。

## 【0008】

本発明は、このような事情に鑑み、上下ガイドの熱変位補正を適正かつ簡便に行うことが可能なワイヤ放電加工機を提供することを目的とする。

20

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

本発明に係るワイヤ放電加工機（例えば、後述のワイヤ放電加工機1）は、複数の機械要素（例えば、後述のベッド2、コラム3、X軸サドル9、Y軸サドル10など）から構成され、上ガイド（例えば、後述の上ガイド8）と下ガイド（例えば、後述の下ガイド15）とが所定の相対位置で配置された状態で、これらの上ガイド、下ガイド間に取り付けられたワイヤ電極（例えば、後述のワイヤ電極16）と被加工物（例えば、後述のワークW）とを相対移動させることにより、前記被加工物に放電加工を行うワイヤ放電加工機であって、前記機械要素の温度を検出する温度検出手段（例えば、後述の温度センサS1～S7）と、前記上ガイドと前記下ガイドとの相対位置の実測値を測定する位置測定手段（例えば、後述の位置センサS9）と、前記温度検出手段によって検出された温度および前記位置測定手段によって測定された相対位置の実測値を互いに関連付けて関連データとして記憶する記憶手段（例えば、後述の記憶部21）と、前記記憶手段に記憶された関連データを教師データとして、前記機械要素の温度と前記相対位置との関係式を機械学習によって推論して算出する関係式算出手段（例えば、後述の関係式算出部22）と、前記関係式算出手段によって算出された関係式に、前記温度検出手段によって検出された温度を代入して、前記相対位置の推定値を算出する位置推定手段（例えば、後述の位置推定部23）と、前記位置推定手段によって算出された相対位置の推定値に基づき、前記上ガイドと前記下ガイドとの補正量を算出する補正量算出手段（例えば、後述の補正量算出部24）と、前記補正量算出手段によって算出された補正量に基づき、前記上ガイドと前記下ガイドとの相対位置の補正を行う補正実行手段（例えば、後述の補正実行部25）と、を備えている。

30

40

## 【0010】

前記位置推定手段によって算出された相対位置の推定値を前記記憶手段に記憶された関連データ中の相対位置の実測値と比較して、両者の差異を算出する差異算出手段（例えば、後述の差異算出部26）と、前記差異算出手段によって算出された差異が所定の閾値以下の場合に、その相対位置の推定値を算出するときに用いた関係式を正式なものと決定する関係式決定手段（例えば、後述の関係式決定部27）と、を備えていてもよい。

## 【0011】

前記関係式決定手段によって正式なものと決定された関係式に基づき、前記機械要素の

50

温度が前記上ガイドと前記下ガイドとの補正量に与える影響力の大きさを判断する判断手段（例えば、後述の判断部 28）と、前記判断手段により、前記機械要素の温度が前記上ガイドと前記下ガイドとの補正量に与える影響力が小さいと判断された場合に、この機械要素の温度を除く関連データを教師データとして、前記機械要素の温度と前記相対位置との関係式を機械学習によって推論することにより、前記関係式決定手段によって正式なものと決定された関係式を修正する関係式修正手段（例えば、後述の関係式修正部 29）と、を備えていてもよい。

【0012】

前記関係式決定手段によって正式なものと決定された関係式に基づき、前記機械要素の温度が前記上ガイドと前記下ガイドとの補正量に与える影響力の大きさを判断する判断手段（例えば、後述の判断部 28）と、前記判断手段により、前記機械要素の温度が前記上ガイドと前記下ガイドとの補正量に与える影響力が小さいと判断された場合に、この機械要素の温度を検出する温度検出手段を取り除きうる旨を報知する報知手段（例えば、後述の報知部 30）と、を備えていてもよい。

10

【0013】

前記機械要素は、少なくともベッド（例えば、後述のベッド 2）、U軸サドル（例えば、後述のU軸サドル 6）および加工槽（例えば、後述の加工槽 11）を含み、前記温度検出手段は、前記ベッド周辺の気温、前記U軸サドルの温度および前記加工槽の内部の加工液の温度を検出してよい。

【発明の効果】

20

【0014】

本発明によれば、ワイヤ放電加工機において、機械要素の温度と上下ガイドの相対位置の実測値とが関連付けられた関連データを教師データとする機械学習（教師あり学習）により、上下ガイドの補正量を算出することができる。その結果、上下ガイドの熱変位補正を適正かつ簡便に行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係るワイヤ放電加工機の概略構成を示す正面図である。

【図 2】本発明の第 1 実施形態に係るワイヤ放電加工機の制御系を示すブロック図である。

30

【図 3】本発明の第 1 実施形態に係るワイヤ放電加工機において、機械要素の温度と上下ガイドの相対位置との関係式を決定する手順を示すフローチャートである。

【図 4】本発明の第 2 実施形態に係るワイヤ放電加工機の制御系を示すブロック図である。

【図 5】本発明の第 2 実施形態に係るワイヤ放電加工機において、機械要素の温度と上下ガイドの相対位置との関係式を決定する手順を示すフローチャートである。

【図 6】本発明の第 3 実施形態に係るワイヤ放電加工機の制御系を示すブロック図である。

【図 7】本発明の第 3 実施形態に係るワイヤ放電加工機において、機械要素の温度と上下ガイドの相対位置との関係式を決定する手順を示すフローチャートである。

40

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の第 1 実施形態を図面に基づいて説明する。

【0017】

[第 1 実施形態]

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係るワイヤ放電加工機の概略構成を示す正面図である。図 2 は、このワイヤ放電加工機の制御系を示すブロック図である。図 3 は、このワイヤ放電加工機において、機械要素の温度と上下ガイドの相対位置との関係式を決定する手順を示すフローチャートである。

【0018】

50

第1実施形態に係るワイヤ放電加工機1は、図1に示すように、ベッド2、コラム3、V軸サドル5、U軸サドル6、Z軸サドル7、X軸サドル9、Y軸サドル10、加工槽11、ワークテーブル12、アーム13など複数の機械要素から構成されている。

【0019】

ここで、ベッド2の上側にはX軸サドル9が、X軸方向(図1紙面に直角な方向)に移動自在に搭載されている。X軸サドル9の上側にはY軸サドル10が、Y軸方向(図1左右方向)に移動自在に搭載されている。Y軸サドル10の上側には加工槽11が搭載されている。加工槽11の内部には、被加工物としてのワークWを載置するワークテーブル12が設置されているとともに、加工液が充填されている。

【0020】

また、ベッド2の上側にはコラム3が立設されている。コラム3の側面部にはアーム13が水平に取り付けられており、アーム13の先端には下ガイド15が、加工槽11の内部に位置するように取り付けられている。コラム3の上側にはV軸サドル5が、V軸方向(Y軸方向)に移動自在に搭載されている。V軸サドル5の側面部にはU軸サドル6が、U軸方向(X軸方向)に移動自在に取り付けられている。U軸サドル6の側面部にはZ軸サドル7が、Z軸方向(図1上下方向)に移動自在に取り付けられている。Z軸サドル7の先端には上ガイド8が、加工槽11の内部で下ガイド15の上方に位置するように取り付けられている。上ガイド8と下ガイド15の間には、ワイヤ電極16が一直線状に張設されている。

【0021】

さらに、これらの機械要素のうち、いくつかの機械要素には、それぞれ、温度検出手段としての温度センサSが取り付けられている。すなわち、ベッド2には、ベッド2の温度を検出する温度センサS1が取り付けられている。Y軸サドル10には、Y軸サドル10の温度を検出する温度センサS2が取り付けられている。加工槽11には、加工槽11の内部の加工液の温度を検出する温度センサS3が取り付けられている。コラム3には、コラム3の温度を検出する温度センサS4が取り付けられている。アーム13には、アーム13の温度を検出する温度センサS5が取り付けられている。V軸サドル5には、V軸サドル5の温度を検出する温度センサS6が取り付けられている。U軸サドル6には、U軸サドル6の温度を検出する温度センサS7が取り付けられている。

【0022】

さらに、ワイヤ放電加工機1は、図2に示すように、主制御部20を有している。主制御部20には、上述した7個の温度センサS(S1~S7)のほか、位置測定手段としての位置センサS9、記憶手段としての記憶部21、関係式算出手段としての関係式算出部22、位置推定手段としての位置推定部23、補正量算出手段としての補正量算出部24、補正実行手段としての補正実行部25が接続されている。

【0023】

位置センサS9は、レーザ等を用いて、上下ガイド8、15の相対位置の実測値を測定する。

【0024】

記憶部21は、各温度センサS1~S7によって検出された温度および位置センサS9によって測定された上下ガイド8、15の相対位置の実測値を互いに関連付けて関連データとして記憶する。

【0025】

関係式算出部22は、記憶部21に記憶された関連データを教師データとして、機械要素の温度と上下ガイド8、15の相対位置との関係式を機械学習によって推論して算出する。

【0026】

位置推定部23は、関係式算出部22によって算出された関係式に、各温度センサS1~S7によって検出された温度を代入して、上下ガイド8、15の相対位置の推定値を算出する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 7 】

補正量算出部 2 4 は、位置推定部 2 3 によって算出された上下ガイド 8、1 5 の相対位置の推定値に基づき、上下ガイド 8、1 5 の補正量を算出する。

## 【 0 0 2 8 】

補正実行部 2 5 は、補正量算出部 2 4 によって算出された上下ガイド 8、1 5 の補正量に基づき、上下ガイド 8、1 5 の相対位置の補正を行う。

## 【 0 0 2 9 】

ワイヤ放電加工機 1 は以上のような構成を有するので、このワイヤ放電加工機 1 を用いてワーク W に放電加工を行う際には、次の手順による。なお、このワーク W の放電加工は、主制御部 2 0 からの指令に基づいて実行される。

## 【 0 0 3 0 】

まず、ワーク W の加工形状に応じて、V 軸サドル 5、U 軸サドル 6 および Z 軸サドル 7 を適宜移動させることにより、下ガイド 1 5 に対して上ガイド 8 を所定の 3 次元位置に位置決めする。次に、図示しない加工用電源からワイヤ電極 1 6 に高周波電圧を印加する。この状態で、X 軸サドル 9 を X 軸方向に移動させるとともに、Y 軸サドル 1 0 を Y 軸方向に移動させることにより、このワイヤ電極 1 6 に対してワーク W を相対移動させる。

## 【 0 0 3 1 】

こうしたワーク W の放電加工においては、周囲の気温の変化などの要因により、上下ガイド 8、1 5 の相対位置がずれて、加工精度が低下する恐れがある。そこで、上下ガイド 8、1 5 の熱変位補正を行うべく、ワーク W の放電加工に先立ち、以下に述べるとおり、図 3 に示す関係式決定プログラム P R G 1 に基づいて、各機械要素の温度と上下ガイド 8、1 5 の相対位置との関係式を求める。なお、この熱変位補正は、主制御部 2 0 からの指令に基づいて実行される。また、この熱変位補正の時期としては、ワイヤ放電加工機 1 の工場出荷前や初期のセッティング時、メンテナンス時などが望ましい。

## 【 0 0 3 2 】

まず、ステップ S 1 1 において、記憶部 2 1 は、任意の複数の時刻における各温度センサ S 1 ~ S 7 の出力値（ベッド 2、Y 軸サドル 1 0、加工槽 1 1 の内部の加工液、コラム 3、アーム 1 3、V 軸サドル 5、U 軸サドル 6 の温度）および位置センサ S 9 によって測定された上下ガイド 8、1 5 の相対位置の実測値を互いに関連付けて関連データとして記憶する。このとき、複数の測定時刻は、温度センサ S 1 ~ S 7 の出力値が異なる時刻であることが好ましい。

## 【 0 0 3 3 】

次に、ステップ S 1 2 において、関係式算出部 2 2 は、この関連データを教師データとして、各機械要素の温度と上下ガイド 8、1 5 の相対位置との関係式を機械学習によって推論して算出する。この関係式としては、本実施形態では、 $D = C_1 T_1 + C_2 T_2 + \dots + C_7 T_7$  の形式（つまり、1 次の多項式）を用いる。ここで、D は補正量、 $T_1 \sim T_7$  は各温度センサ S 1 ~ S 7 の出力値、 $C_1 \sim C_7$  は任意の係数を表す。

## 【 0 0 3 4 】

ここで、各機械要素の温度と上下ガイド 8、1 5 の相対位置との関係式を求める動作が終了する。

## 【 0 0 3 5 】

このようにして、各機械要素の温度と上下ガイド 8、1 5 の相対位置との関係式が求めたところで、この関係式を記憶しておく。そして、ワーク W の放電加工に際しては、この関係式を用いて上下ガイド 8、1 5 の熱変位補正を行う。

## 【 0 0 3 6 】

すなわち、まず、位置推定部 2 3 は、この関係式に、各温度センサ S 1 ~ S 7 によって検出された各機械要素の温度を代入して、上下ガイド 8、1 5 の相対位置の推定値を算出する。次いで、補正量算出部 2 4 は、この上下ガイド 8、1 5 の相対位置の推定値に基づき、上下ガイド 8、1 5 の補正量を算出する。最後に、補正実行部 2 5 は、この上下ガイド 8、1 5 の補正量に基づき、上下ガイド 8、1 5 の相対位置の補正を行う。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 7 】

以上のように、本実施形態によれば、ワイヤ放電加工機 1 において、機械要素の温度と上下ガイド 8、15 の相対位置の実測値とが関連付けられた関連データを教師データとする機械学習（教師あり学習）により、上下ガイド 8、15 の補正量を算出することができる。その結果、上下ガイド 8、15 の熱変位補正を適正かつ簡便に行うことが可能となる。

## 【 0 0 3 8 】

## 〔 第 2 実施形態 〕

図 4 は、本発明の第 2 実施形態に係るワイヤ放電加工機の制御系を示すブロック図である。図 5 は、このワイヤ放電加工機において、機械要素の温度と上下ガイドの相対位置との関係式を決定する手順を示すフローチャートである。

10

## 【 0 0 3 9 】

この第 2 実施形態に係るワイヤ放電加工機 1 は、図 4 に示すように、その制御系において、差異算出手段としての差異算出部 26、関係式決定手段としての関係式決定部 27 が追加されている。その他の構成については、上述した第 1 実施形態と基本的に同様であるので、同一の部材については、同一の符号を付してその説明を省略する。

## 【 0 0 4 0 】

差異算出部 26 は、位置推定部 23 によって算出された上下ガイド 8、15 の相対位置の推定値を記憶部 21 に記憶された関連データ中の上下ガイド 8、15 の相対位置の実測値と比較して、両者の差異を算出する。

20

## 【 0 0 4 1 】

関係式決定部 27 は、差異算出部 26 によって算出された差異が所定の閾値以下の場合に、その上下ガイド 8、15 の相対位置の推定値を算出するときに用いた関係式を正式なものと決定する。

## 【 0 0 4 2 】

次に、本実施形態に係るワイヤ放電加工機 1 において、各機械要素の温度と上下ガイド 8、15 の相対位置との関係式を求める際には、図 5 に示す関係式決定プログラム P R G 2 による。

## 【 0 0 4 3 】

まず、ステップ S 2 1 において、記憶部 21 は、上述した第 1 実施形態のステップ S 1 1 と同じ処理を実行する。

30

## 【 0 0 4 4 】

次に、ステップ S 2 2 において、関係式算出部 22 は、上述した第 1 実施形態のステップ S 1 2 と同じ処理を実行する。

## 【 0 0 4 5 】

その後、ステップ S 2 3 において、差異算出部 26 は、位置推定部 23 によって算出された上下ガイド 8、15 の相対位置の推定値を記憶部 21 に記憶された関連データ中の上下ガイド 8、15 の相対位置の実測値と比較して、両者の差異を算出する。

## 【 0 0 4 6 】

最後に、ステップ S 2 4 において、関係式決定部 27 は、この差異が所定の閾値以下であるか否かを判定する。この判定が N O の場合（つまり、この差異が所定の閾値を超えている場合）には、この関係式が統計的に適正である確率は低いと考えられるので、ステップ S 2 2 に戻って、機械学習による関係式の算出を繰り返す。一方、この判定が Y E S の場合（つまり、この差異が所定の閾値以下の場合）には、この関係式が統計的に適正である確率は高いと考えられるので、ステップ S 2 5 に移行して、関係式決定部 27 は、この関係式を正式なものと決定する。

40

## 【 0 0 4 7 】

ここで、各機械要素の温度と上下ガイド 8、15 の相対位置との関係式を求める動作が終了する。

## 【 0 0 4 8 】

50

このようにして、各機械要素の温度と上下ガイド 8、15 の相対位置との関係式が求められたところで、この関係式を記憶しておく。そして、ワーク W の放電加工に際しては、上述した第 1 実施形態と同様の手順により、この関係式を用いて上下ガイド 8、15 の熱変位補正を行う。

【0049】

以上のように、本実施形態では、上述した第 1 実施形態と同じ作用効果を奏する。これに加えて、本実施形態によれば、各機械要素の温度と上下ガイド 8、15 の相対位置との関係式が統計的に適正なものになるまで、機械学習による関係式の算出が繰り返される。そのため、上下ガイド 8、15 の補正量を一層正確に算出することができ、ひいては上下ガイド 8、15 の熱変位補正をますます適正に行うことが可能となる。

10

【0050】

[第 3 実施形態]

図 6 は、本発明の第 3 実施形態に係るワイヤ放電加工機の制御系を示すブロック図である。図 7 は、このワイヤ放電加工機において、機械要素の温度と上下ガイドの相対位置との関係式を決定する手順を示すフローチャートである。

【0051】

この第 3 実施形態に係るワイヤ放電加工機 1 は、図 6 に示すように、その制御系において、判断手段としての判断部 28、関係式修正手段としての関係式修正部 29、報知手段としての報知部 30 が追加されている。その他の構成については、上述した第 2 実施形態と基本的に同様であるので、同一の部材については、同一の符号を付してその説明を省略する。

20

【0052】

判断部 28 は、関係式決定部 27 によって正式なものと決定された関係式に基づき、機械要素の温度が上下ガイド 8、15 の補正量に与える影響力の大きさを判断する。

【0053】

関係式修正部 29 は、判断部 28 により、機械要素の温度が上下ガイド 8、15 の補正量に与える影響力が小さいと判断された場合に、この機械要素の温度を除く関連データを教師データとして、機械要素の温度と上下ガイド 8、15 の相対位置との関係式を機械学習によって推論することにより、関係式決定部 27 によって正式なものと決定された関係式修正する。

30

【0054】

報知部 30 は、判断部 28 により、機械要素の温度が上下ガイド 8、15 の補正量に与える影響力が小さいと判断された場合に、この機械要素の温度を検出する温度センサ S を取り除きうる旨を報知する。この報知の方法としては、例えば、作業者の視覚や聴覚に訴える方法が挙げられる。

【0055】

次に、本実施形態に係るワイヤ放電加工機 1 において、各機械要素の温度と上下ガイド 8、15 の相対位置との関係式を求める際には、図 7 に示す関係式決定プログラム PRG 3 による。

【0056】

まず、ステップ S 31 において、記憶部 21 は、上述した第 1 実施形態のステップ S 11 と同じ処理を実行する。

40

【0057】

次に、ステップ S 32 において、関係式算出部 22 は、上述した第 1 実施形態のステップ S 12 と同じ処理を実行する。

【0058】

その後、ステップ S 33 において、差異算出部 26 は、上述した第 2 実施形態のステップ S 23 と同じ処理を実行する。

【0059】

次に、ステップ S 34、S 35 において、関係式決定部 27 は、上述した第 2 実施形態

50

のステップS24、S25と同じ処理を実行する。

【0060】

その後、ステップS36において、判断部28は、関係式決定部27によって正式なものと決定された関係式に基づき、機械要素の温度が上下ガイド8、15の補正量に与える影響力の大きさを判断する。それには、この関係式について、その係数 $C_1 \sim C_7$ の絶対値の大きさが所定の閾値以下のものが含まれているか否かを判定する。この判定がYESの場合には、その閾値以下の係数に係る機械要素の温度は熱変位量に与える影響が小さいと判断されるため、ステップS37に移行して、この係数をゼロに固定することにより、その項を関係式から削除した上で、ステップS32に戻って、機械学習による関係式の算出を繰り返す。一方、この判定がNOの場合には、温度センサSが取り付けられた機械要素の温度は、いずれも熱変位量に与える影響が大きいと判断されるため、ステップS38に移行して、関係式修正部29は、この関係式を正式なものと決定する。

10

【0061】

また、報知部30は、ステップS37以降の処理に代えて、或いは、ステップS37以降の処理に加えて、上下ガイド8、15の補正量に与える影響力が小さいと判断された機械要素の温度を検出する温度センサSを取り除きうる旨を報知する。

【0062】

このようにして、各機械要素の温度と上下ガイド8、15の相対位置との関係式が求めたところで、この関係式を記憶しておく。そして、ワークWの放電加工に際しては、上述した第1実施形態と同様の手順により、この関係式を用いて上下ガイド8、15の熱変位補正を行う。

20

【0063】

以上のように、本実施形態では、上述した第2実施形態と同じ作用効果を奏する。これに加えて、本実施形態によれば、各機械要素の温度と上下ガイド8、15の相対位置との関係式について、所定の閾値以下の係数の有無を確認することにより、熱変位量に与える影響力が大きい機械要素の温度を抽出することができる。したがって、機械要素に温度センサSを過不足なく取り付けることが可能となる。

【0064】

しかも、本実施形態では、上下ガイド8、15の補正量に与える影響力が小さいと判断された機械要素の温度がある場合には、報知部30がその温度センサSを取り除きうる旨を報知する。したがって、この報知に従って作業者が温度センサSを取り除くことで、機械要素に温度センサSを過不足なく設置することが可能となる。

30

【0065】

[その他の実施形態]

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は前述した実施形態に限るものではない。また、本実施形態に記載された効果は、本発明から生じる最も好適な効果を列挙したに過ぎず、本発明による効果は、本実施形態に記載されたものに限定されるものではない。

【0066】

例えば、上述した第1実施形態～第3実施形態では、各機械要素の温度と上下ガイド8、15の相対位置との関係式として、1次の多項式を用いる場合について説明した。しかし、どの温度センサSの影響が大きいかが判別できるものである限り、どのような関係式を用いてもよく、例えば、2次以上の多項式を採用しても構わない。

40

【0067】

また、上述した第1実施形態～第3実施形態では、7つの機械要素(ベッド2、Y軸サドル10、加工槽11の内部の加工液、コラム3、アーム13、V軸サドル5、U軸サドル6)に温度センサSが取り付けられているワイヤ放電加工機1について説明した。しかし、温度センサSの取付箇所は、上述した機械要素に限るわけではなく、例えば、X軸サドル9やZ軸サドル7に温度センサSを取り付けてもよい。或いはまた、任意の1つの機械要素に複数の温度センサSを取り付けても構わない。さらに、ワイヤ放電加工機1の周

50

囲の気温（例えば、ベッド 2 周辺の気温）を温度センサ（図示せず）で測定してもよい。

【 0 0 6 8 】

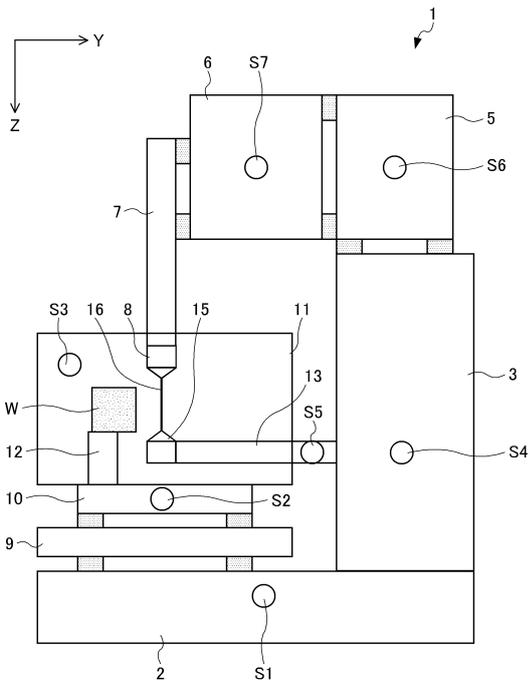
また、上述した第 1 実施形態～第 3 実施形態では、上ガイド 8 が可動式で下ガイド 1 5 が固定式のワイヤ放電加工機 1 について説明した。しかし、逆に、上ガイド 8 が固定式で下ガイド 1 5 可動式のワイヤ放電加工機に本発明を同様に適用することもできる。また、上ガイド 8、下ガイド 1 5 と可動式のワイヤ放電加工機に本発明を同様に適用することも可能である。

【符号の説明】

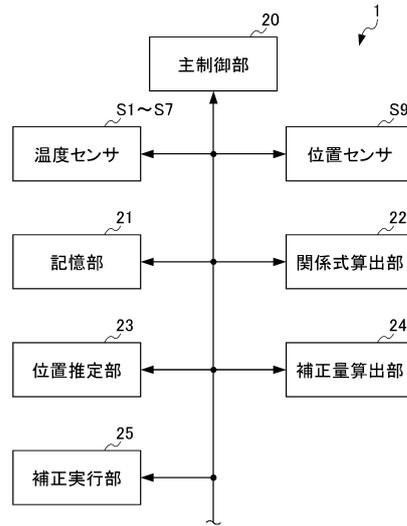
【 0 0 6 9 】

1	.....	ワイヤ放電加工機	10
2	.....	ベッド（機械要素）	
3	.....	コラム（機械要素）	
5	.....	V 軸サドル（機械要素）	
6	.....	U 軸サドル（機械要素）	
7	.....	Z 軸サドル（機械要素）	
8	.....	上ガイド	
9	.....	X 軸サドル（機械要素）	
1 0	.....	Y 軸サドル（機械要素）	
1 1	.....	加工槽（機械要素）	
1 2	.....	ワークテーブル（機械要素）	20
1 3	.....	アーム（機械要素）	
1 5	.....	下ガイド	
1 6	.....	ワイヤ電極	
2 1	.....	記憶部（記憶手段）	
2 2	.....	関係式算出部（関係式算出手段）	
2 3	.....	位置推定部（位置推定手段）	
2 4	.....	補正量算出部（補正量算出手段）	
2 5	.....	補正実行部（補正実行手段）	
2 6	.....	差異算出部（差異算出手段）	
2 7	.....	関係式決定部（関係式決定手段）	30
2 8	.....	判断部（判断手段）	
2 9	.....	関係式修正部（関係式修正手段）	
3 0	.....	報知部（報知手段）	
S、S 1～S 7	.....	温度センサ（温度検出手段）	
S 9	.....	位置センサ（位置測定手段）	
W	.....	ワーク（被加工物）	

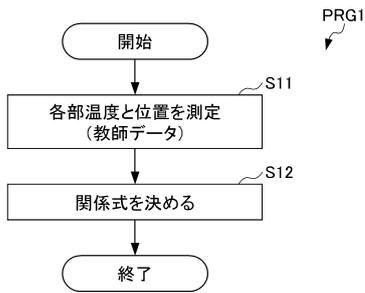
【図1】



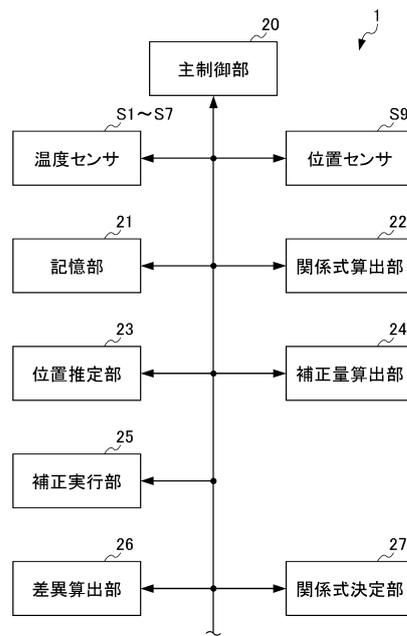
【図2】



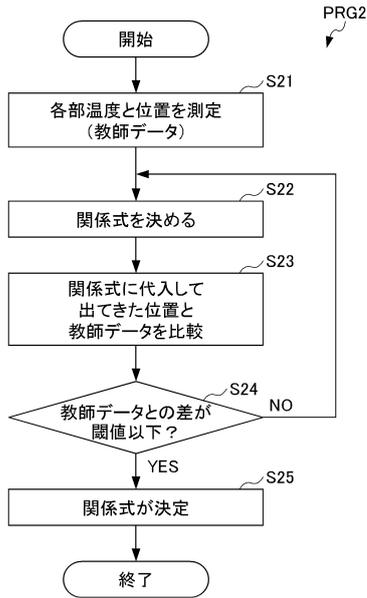
【図3】



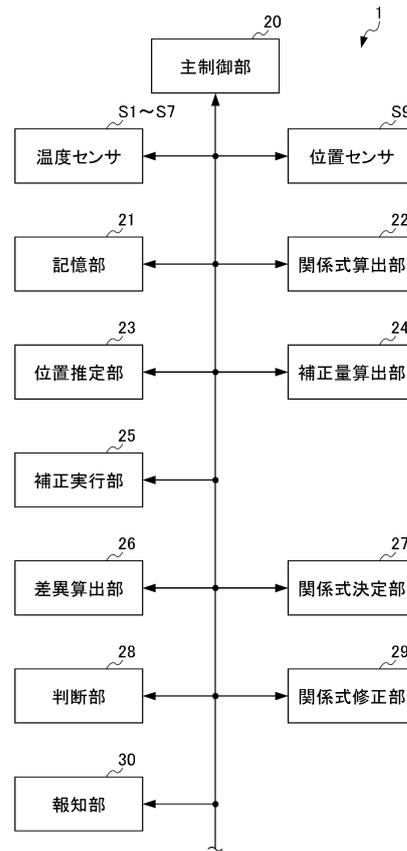
【図4】



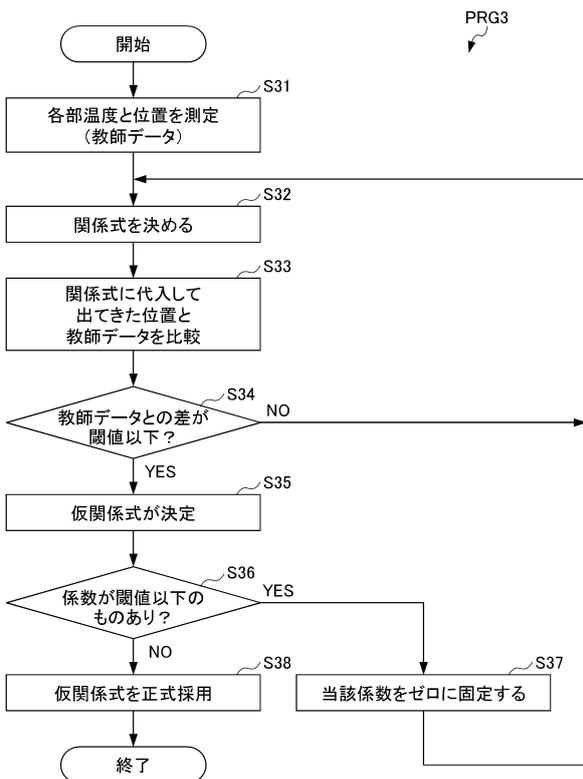
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特許第5870143(JP, B2)  
特開平06-008107(JP, A)  
特許第5751611(JP, B2)  
特開2015-009339(JP, A)  
特開2012-240137(JP, A)  
国際公開第2008/015786(WO, A1)  
特開平11-114776(JP, A)  
特開2003-039278(JP, A)  
特開平07-075937(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23H 7/02  
B23H 7/10  
B23H 7/26  
B23Q 15/18