

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4359573号
(P4359573)

(45) 発行日 平成21年11月4日(2009.11.4)

(24) 登録日 平成21年8月14日(2009.8.14)

(51) Int.Cl.		F I	
B 2 3 Q	15/18	(2006.01)	B 2 3 Q 15/18
B 2 3 Q	17/00	(2006.01)	B 2 3 Q 17/00 A
G 0 5 B	19/404	(2006.01)	G 0 5 B 19/404 K

請求項の数 3 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2005-101479 (P2005-101479)	(73) 特許権者	000149066
(22) 出願日	平成17年3月31日(2005.3.31)		オークマ株式会社
(65) 公開番号	特開2006-281335 (P2006-281335A)		愛知県丹羽郡大口町下小口五丁目25番地の1
(43) 公開日	平成18年10月19日(2006.10.19)	(74) 代理人	100078721
審査請求日	平成19年10月30日(2007.10.30)		弁理士 石田 喜樹
		(72) 発明者	佐藤 礼士
			愛知県丹羽郡大口町下小口5丁目25番地の1 オークマ株式会社大口工場内
		審査官	所村 美和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 工作機械の熱変位補正方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

工作機械の各構成要素の温度を測定して得られた計測温度と刃先位置の座標に基づき熱変位量を推定する方法において、刃先位置でのワークの熱変位量を送り軸を用いて補正する方法であって、

テーブル上のワークの固定位置の座標を予め設定し、

前記計測温度と前記刃先位置の座標と前記固定位置の座標とに基づいて、下記(1)により前記刃先位置における前記固定位置の変位量を求め、

さらに前記固定位置の座標と前記刃先位置の座標との差を算出し、

前記計測温度と前記差とに基づいて、下記(2)により前記固定位置から前記刃先位置までのワークの変位量を求め、

各変位量の和を推定値として、該推定値に基づきNC装置により熱変位を補正することを特徴とする工作機械の熱変位補正方法。

(1) 前記刃先位置における前記固定位置の変位量とは、前記刃先位置における、補正の対象となる送り軸の駆動系のスケールの変位量とテーブルの変位量との和であり、

前記スケールの変位量とは、

前記スケールの温度と基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、

前記刃先位置の座標とスケール検出器位置の座標との差と、

前記スケールの線膨張係数と

の積であり、

10

20

前記テーブルの変位量とは、

前記テーブルの温度と前記基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、

前記スケール検出器位置の座標と前記固定位置の座標との差と、

前記テーブルの線膨張係数と

の積である。

(2) 前記固定位置から前記刃先位置までのワークの変位量とは、

前記ワークの温度と前記基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、

前記固定位置の座標と前記刃先位置の座標との差と、

前記ワークの線膨張係数と

の積である。

10

【請求項 2】

工作機械の各構成要素とワークの温度を測定して得られた計測温度と刃先位置の座標に基づき熱変位量を推定する方法において、刃先位置でのワークの熱変位量を推定する方法であって、

刃先ストロークのPlus端座標および刃先ストロークのMinus端座標とテーブル上のワークの固定位置の座標とを予め設定し、

前記計測温度と前記固定位置の座標と前記Plus端座標とに基づいて、下記(1)により前記Plus端における前記固定位置の変位量を求め、

前記計測温度と前記固定位置の座標と前記Minus端座標とに基づいて、下記(2)により前記Minus端における前記固定位置の変位量を求め、

20

さらに前記Plus端座標および前記Minus端座標より、前記固定位置の座標と前記Plus端座標との差である第 1 の差および前記固定位置の座標と前記Minus端座標との差である第 2 の差を各々算出し、

前記計測温度と前記第 1 の差とに基づいて、下記(3)により前記固定位置から前記Plus端までのワーク変位量を求め、

前記計測温度と前記第 2 の差とに基づいて、下記(4)により前記固定位置から前記Minus端までのワーク変位量を求め、

前記Plus端における前記固定位置の変位量と、前記固定位置から前記Plus端までのワーク変位量との和をPlus端の推定値とし、

前記Minus端における前記固定位置の変位量と、前記固定位置から前記Minus端までのワーク変位量との和をMinus端の推定値とし、

30

前記Plus端の推定値と前記Minus端の推定値とに基づきサーボ装置の 2 点間補正機能により熱変位を補正することを特徴とする工作機械の熱変位補正方法。

(1) 前記Plus端における前記ワークの固定位置での変位量とは、前記Plus端における、補正の対象となる送り軸の駆動系のスケールの変位量とテーブルの変位量との和であり、前記スケールの変位量とは、

前記スケールの温度と基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、

前記Plus端座標とスケール検出器位置の座標との差と、

前記スケールの線膨張係数と

の積であり、

40

前記テーブルの変位量とは、

前記テーブルの温度と基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、

前記スケール検出器位置の座標と前記固定位置の座標との差と、

前記テーブルの線膨張係数と

の積である。

(2) 前記Minus端における前記ワークの固定位置での変位量とは、前記Minus端における、補正の対象となる送り軸の駆動系のスケールの変位量とテーブルの変位量との和であり

前記スケールの変位量とは、

前記スケールの温度と基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、

50

前記Minus端座標とスケール検出器位置の座標との差と、
前記スケールの線膨張係数と
の積であり、
前記テーブルの変位置とは、
前記テーブルの温度と基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、
前記スケール検出器位置の座標と前記固定位置の座標との差と、
前記テーブルの線膨張係数と
の積である。

(3) 前記固定位置から前記Plus端までのワーク変位置とは、
前記ワークの温度と基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、
前記第1の差と、
前記ワークの線膨張係数と
の積である。

10

(4) 前記固定位置から前記Minus端までのワーク変位置とは、
前記ワークの温度と基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、
前記第2の差と、
前記ワークの線膨張係数と
の積である。

【請求項3】

前記基準温度は前記ワークの寸法精度を必要とする場所の温度であることを特徴とする請求項1又は2に記載の工作機械の熱変位補正方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、工作機械において、工具やワークの位置に応じて変化する熱変位を補正する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

工作機械の加工においては、環境室温変化や機械自身の発熱および、切削熱によって機械やワークが熱変形し、加工寸法誤差が生じる。この加工寸法誤差を抑制する方法としては、機械構造的には、恒温室への機械の設置や、切削液温の温度制御等、機械やワークの温度を一定とする方法がある。しかしながら、これらの方法はランニングコストがかかる上、切削液温度の基準温度の設定が困難といった問題がある。また、電気制御的には、温度情報やNC装置の情報から熱変位を推定し補正する方法がある。これには、本願出願人は、特許文献1において加工点座標すなわち加工時の刃先位置の座標（以下単に刃先座標という）を検出して加工座標と温度情報に従って熱変位置を推定する方法を提供している。その他にも、特許文献2において主軸位置と基準位置の差と温度情報に従って熱変位を推定する方法や、門形マシニングセンタのテーブル上の熱変位を温度情報と位置情報に従って推定する方法（非特許文献1）がある。

30

【0003】

40

【特許文献1】特開2001-341049号

【特許文献2】特公平6-61674号

【非特許文献1】型技術 第18巻 第8号 P44-45

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

温度情報やNC装置からの位置情報に従って熱変位を推定するこれらの方法では、ワークの固定位置が主軸の中心と決まっている旋盤等でのワークや、小さなワークをマシニングセンタなどのテーブルに設置した場合の熱変位に対しては有効である。しかしながら、金型などの比較的大きなワークにおいては、テーブル上でのワークの固定位置によって熱

50

変位が異なるといった課題があった。

【 0 0 0 5 】

図9は従来の門形マシニングセンタを側面から見た概略図であり、ベッド1両側面(紙面に直交する方向)にコラム6が固設され、コラムの間に図示していないクロスレールが固設され、クロスレールにサドル7が紙面に直交するY軸方向に移動可能に架設されており、サドル7に主軸8が上下方向であるZ軸方向に移動可能に架設され、主軸8の先端に工具9が回転可能に固定されている。ベッド1上部にはテーブル4が紙面に平行な水平方向であるX軸方向に移動可能に載置され、テーブル4の上面にワーク5が固定されている。

【 0 0 0 6 】

図9において(b)と(c)は刃先座標Xは同じであるが、ワークの固定座標XWは、(b)の時はXW_a、(c)の時はXW_bとなり、異なる関係にある。ここで、図9(a)~(d)の各位置において図10に示す室温変化時のX軸方向の熱変位変化を図11に示す。図11より、同じ刃先座標でもワークの固定座標によって熱変位変化は異なり、刃先座標のみからワークの熱変位を求める場合には、ワークの固定座標によって補正パラメータを変更する必要があるといえる。

【 0 0 0 7 】

また、金型などの比較的大きなワークにおいては、恒温室等の一定の温度環境で機械やワークの熱変位が無い状態でワークを加工した場合でも、温度環境が異なる場所にワークを設置した場合は、ワークの温度変化による熱変形によって目的の寸法形状とは異なるといった課題があった。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上述の課題を解決するために、本発明の請求項1の熱変位補正方法は、テーブル上のワークの固定位置の座標を予め設定し、前記計測温度と前記刃先位置の座標と前記固定位置の座標とに基づいて、下記(1)により前記刃先位置における前記固定位置の変位量を求め、さらに前記固定位置の座標と前記刃先位置の座標との差を算出し、前記計測温度と前記差とに基づいて、下記(2)により前記固定位置から前記刃先位置までのワークの変位量を求め、各変位量の和を推定値として、該推定値に基づきNC装置により熱変位を補正することを特徴とする。

(1)前記刃先位置における前記固定位置の変位量とは、前記刃先位置における、補正の対象となる送り軸の駆動系のスケールの変位量とテーブルの変位量との和であり、前記スケールの変位量とは、前記スケールの温度と基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、前記刃先位置の座標とスケール検出器位置の座標との差と、前記スケールの線膨張係数との積であり、前記テーブルの変位量とは、前記テーブルの温度と前記基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、前記スケール検出器位置の座標と前記固定位置の座標との差と、前記テーブルの線膨張係数との積である。

(2)前記固定位置から前記刃先位置までのワークの変位量とは、前記ワークの温度と前記基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、前記固定位置の座標と前記刃先位置の座標との差と、前記ワークの線膨張係数との積である。

【数1】

$$\text{刃先座標の補正量} = -(\Delta AB1 + \Delta C1) \quad \dots \text{式1}$$

ただし、

AB1 : 現在の刃先位置におけるワークの固定位置での変位量

C1 : ワークの固定位置と刃先位置間の変位量

ここで、

10

20

30

40

【数4】

$$\Delta AB1 = (\Delta A1 + \Delta B) \quad \dots \text{式4}$$

ただし、

【数5】

$$\Delta A1 = (\text{スケール温度と基準温度より求めた熱変位推定用温度}) \times (\text{刃先座標-スケール検出器位置の座標}) \times (\text{スケールの線膨張係数}) \quad \dots \text{式5}$$

【数6】

$$\Delta B = (\text{テーブル温度と基準温度より求めた熱変位推定用温度}) \times (\text{スケール検出器位置の座標-ワークの固定座標間}) \times (\text{テーブルの線膨張係数}) \quad \dots \text{式6}$$

10

また、

【数7】

$$\Delta C1 = (\text{ワーク温度と基準温度より求めた熱変位推定用温度}) \times (\text{ワーク固定座標-刃先座標}) \times (\text{ワークの線膨張係数}) \quad \dots \text{式7}$$

【0009】

20

また、本発明の請求項2の熱変位補正方法は、刃先ストロークのPlus端座標および刃先ストロークのMinus端座標とテーブル上のワークの固定位置の座標とを予め設定し、前記計測温度と前記固定位置の座標と前記Plus端座標とに基づいて、下記(1)により前記Plus端における前記固定位置の変位量を求め、前記計測温度と前記固定位置の座標と前記Minus端座標とに基づいて、下記(2)により前記Minus端における前記固定位置の変位量を求め、さらに前記Plus端座標および前記Minus端座標より、前記固定位置の座標と前記Plus端座標との差である第1の差および前記固定位置の座標と前記Minus端座標との差である第2の差を各々算出し、前記計測温度と前記第1の差とに基づいて、下記(3)により前記固定位置から前記Plus端までのワーク変位量を求め、前記計測温度と前記第2の差とに基づいて、下記(4)により前記固定位置から前記Minus端までのワーク変位量を求め、前記Plus端における前記固定位置の変位量と、前記固定位置から前記Plus端までのワーク変位量との和をPlus端の推定値とし、前記Minus端における前記固定位置の変位量と、前記固定位置から前記Minus端までのワーク変位量との和をMinus端の推定値とし、前記Plus端の推定値と前記Minus端の推定値とに基づきサーボ装置の2点間補正機能により熱変位を補正することを特徴とする。

30

(1) 前記Plus端における前記ワークの固定位置での変位量とは、前記Plus端における、補正の対象となる送り軸の駆動系のスケールの変位量とテーブルの変位量との和であり、前記スケールの変位量とは、前記スケールの温度と基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、前記Plus端座標とスケール検出器位置の座標との差と、前記スケールの線膨張係数との積であり、前記テーブルの変位量とは、前記テーブルの温度と基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、前記スケール検出器位置の座標と前記固定位置の座標との差と、前記テーブルの線膨張係数との積である。

40

(2) 前記Minus端における前記ワークの固定位置での変位量とは、前記Minus端における、補正の対象となる送り軸の駆動系のスケールの変位量とテーブルの変位量との和であり、前記スケールの変位量とは、前記スケールの温度と基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、前記Minus端座標とスケール検出器位置の座標との差と、前記スケールの線膨張係数との積であり、前記テーブルの変位量とは、前記テーブルの温度と基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、前記スケール検出器位置の座標と前記固定位置の座標との差と、前記テーブルの線膨張係数との積である。

(3) 前記固定位置から前記Plus端までのワーク変位量とは、前記ワークの温度と基準温

50

度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、前記第1の差と、前記ワークの線膨張係数との積である。

(4) 前記固定位置から前記Minus端までのワーク変位量とは、前記ワークの温度と基準温度との差に基づいて求めた熱変位推定用温度と、前記第2の差と、前記ワークの線膨張係数との積である。

【数2】

$$\text{刃先ストロークのPlus端座標の補正量} = -(\Delta A B 2 + \Delta C 2) \quad \dots \text{式2}$$

【数3】

$$\text{刃先ストロークのMinus端座標の補正量} = -(\Delta A B 3 + \Delta C 3) \quad \dots \text{式3}$$

10

ただし、

A B 2 : 刃先ストロークのPlus端におけるワークの固定位置での変位量

A B 3 : 刃先ストロークのMinus端におけるワークの固定位置での変位量

C 2 : ワークの固定位置と刃先ストロークのPlus端間の変位量

C 3 : ワークの固定位置と刃先ストロークのMinus端間の変位量

ここで、

【数8】

$$\Delta A B 2 = (\Delta A 2 + \Delta B) \quad \dots \text{式8}$$

20

ただし、

【数9】

$$\Delta A 2 = (\text{スケール温度と基準温度より求めた熱変位推定用温度}) \times (\text{ストローク Plus 端座標} - \text{スケール検出器位置の座標}) \times (\text{スケールの線膨張係数}) \quad \dots \text{式9}$$

同様に、

【数10】

$$\Delta A B 3 = (\Delta A 3 + \Delta B) \quad \dots \text{式10}$$

30

ただし、

【数11】

$$\Delta A 3 = (\text{スケール温度と基準温度より求めた熱変位推定用温度}) \times (\text{ストローク Minus 端座標} - \text{スケール検出器位置の座標}) \times (\text{スケールの線膨張係数}) \quad \dots \text{式11}$$

さらに、

【数12】

$$\Delta C 2 = (\text{ワーク温度と基準温度より求めた熱変位推定用温度}) \times (\text{ワークの固定座標} - \text{ストローク Plus 端座標}) \times (\text{ワークの線膨張係数}) \quad \dots \text{式12}$$

40

【数 1 3】

$\Delta C 3 = (\text{ワーク温度と基準温度より求めた熱変位推定用温度}) \times (\text{ワークの固定座標 - ストローク Minus 端座標}) \times (\text{ワークの線膨張係数})$

…式 1 3

【 0 0 1 0 】

尚、本発明は、例えば図 1 に示す、熱変位補正を行う対象となる N C 工作機械（マシニングセンタ）に、温度センサ、温度測定装置、各パラメータを記憶するパラメータ記憶装置、計測温度と N C 装置の情報から補正値を演算する補正装置を設け、パラメータ記憶装置に、ワークの固定位置の X 座標 X_w 、および、線膨張係数、基準温度、X ストローク Plus 端座標 X_{lp} 、X ストローク Minus 端座標 X_{lm} などを設定することにより、容易に具体的な実施をすることができる。

10

【 0 0 1 5 】

尚、上記の基準温度を、ワークの寸法精度を必要とする場所の温度（例えば、ワークの寸法精度を測定する環境の温度や、ワークを用いて製品を組立てる環境の温度）とすることで、寸法精度を必要とする温度とは異なる環境で加工しても、寸法精度を必要とする環境温度にあった寸法を得ることが可能となる（請求項 3）。

【 0 0 1 6 】

また、ワークの固定座標やワークの線膨張係数や基準温度（ワークの寸法精度を必要とする場所の温度）といったワーク情報は、N C 装置に設定画面を設け、加工するワーク毎に設定可能とするか、N C プログラムより設定可能とすることが好ましい。

20

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

ワークの固定座標、線膨張係数、ワークの基準温度といったワーク情報を設定することで、補正パラメータを変更することなく、ワークの固定位置、材質、機械の設置位置での環境に合わせた補正を適用することが可能となる。また、ワーク情報を操作パネルで設定することでワーク情報の設定も容易となり、さらに、N C プログラムからワーク情報も設定可能とすることで、無人でワークを加工する場合にも補正の適用が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【 0 0 1 8 】

図 1 は本発明を実施する装置の一例で、熱変位補正を行う N C 工作機械（マシニングセンタ）、温度センサ、温度測定装置、各パラメータを記憶する記憶装置、計測温度と N C 装置の情報から補正値を演算する補正装置、そして、工作機械を数値制御する N C 装置からなる。ここでは、ワーク寸法、移動範囲が大きい X 軸方向の熱変位を例に説明する。

【 0 0 1 9 】

図 1 は門形マシニングセンタを側面から見た概略図であり、ベッド 1 両側面（紙面に直交する方向）にコラム 6 が固設され、コラムの間に図示していないクロスレールが固設され、クロスレールにサドル 7 が紙面に直交する Y 軸方向に移動可能に架設されており、サドル 7 に主軸 8 が上下方向である Z 軸方向に移動可能に架設され、主軸 8 の先端に工具 9 が回転可能に固定されている。ベッド 1 上部にはテーブル 4 が紙面に平行な水平方向である X 軸方向に移動可能に載置され、テーブル 4 の上面にワーク 5 が固定されている。テーブル 4 の X 軸方向位置は、ベッド 1 に設置されているスケール 2 とテーブル 4 に固定されているスケール検出器 3 によって決定される。

40

【 0 0 2 0 】

温度センサは工作機械の各構成要素、特に、補正すべき軸方向に刃先とワークとを相対移動させるための構成要素に設けられるのが好ましく、ここでは、温度センサ 10 a はスケール温度を測定するためスケール付近のベッド 1 に、温度センサ 10 b はテーブル温度を測定するためテーブル 4 に、温度センサ 10 c はワーク温度を測定するためワーク 5 にそれぞれ取り付けられている。

50

【 0 0 2 1 】

以下、図 1 に示すワークの固定座標における X 軸方向の熱変位を、図 5 のワーク温度、テーブル温度、ベッド温度を用いて、補正を適用する場合について説明する。なお、図 1 における、X ストローク Plus 端座標 X_{lp} 、X ストローク Minus 端座標 X_{lm} 、ワークの固定座標の X 座標 X_w は以下の値である。

$$X_{lp} = 6000\text{mm}$$

$$X_{lm} = 0\text{mm}$$

$$X_w = 1500\text{mm}$$

【 実施例 1 】

【 0 0 2 2 】

図 6 のフローチャートに基づいて、説明する。S 1 において、各センサ 10 a ~ 10 c の温度計測は、予め設定された間隔 (10 秒) によって温度測定装置 11 により公知の方法によってアナログ信号からデジタル信号化されて温度数値として得る。また、パラメータ記憶装置 13 には予めワークの固定位置の X 座標 X_w 、および、線膨張係数、基準温度が設定されている。

【 0 0 2 3 】

そして、S 2 において、NC 装置 14 にて現在の刃先の X 座標を検出し、S 3 において、補正量演算装置 12 にて、スケールの変位量 A 1、テーブルの変位量 B、ワークの変位量 A 2 を、式 5、式 6、式 7 より算出する。

【 0 0 2 4 】

ここで、式 5 中の右边第 1 項の熱変位推定用温度の演算方法としては、本願出願人の特許文献 3 に示すような指数平滑フィルタがあり、式 5 を次式で表すことが出来る。

【 数 1 4 】

$$X_{7n} = Y_{7n} \cdot (X - X_s) \cdot K_7 \quad \dots \text{式 5 a}$$

ただし、

$$Y_{7n} = Y_{7n-1} + (T_{70n} - Y_{7n-1}) \cdot \gamma$$

$$T_{70} = T_7 - T_0$$

$$T_0 = 20$$

ここで

X_n : n 回目の変位量

Y_n : n 回目の熱変位推定用温度

T_n : n 回目の入力温度

γ : フィルタ係数 ($\gamma = 3.2 \times 10^{-2}$)

X : X 座標

X_s : スケール検出器の X 座標 (= 6000mm)

K : 線膨張係数 ($K_7 = 11 \times 10^{-6}$)

添字 7 : スケール

添字 0 : 基準

【 0 0 2 5 】

【特許文献 3】特開平 9 - 2 2 5 7 8 1 号

【 0 0 2 6 】

同様に、式 6、式 7 は、次式で表すことが出来る

【 数 1 5 】

$$X_{8n} = Y_{8n} \cdot (X_s - X_w) \cdot K_8 \quad \dots \text{式 6 a}$$

ただし、

$$Y_{8n} = Y_{8n-1} + (T_{80n} - Y_{8n-1}) \cdot \gamma$$

$$T_{80} = T_8 - T_0$$

$$T_0 = 20$$

【数 1 6】

$$X_{2n} = Y_{2n} \cdot (X_w - X) \cdot K_2 \quad \dots \text{式 7 a}$$

ただし、

$$Y_{2n} = Y_{2n-1} + (T_{20n} - Y_{2n-1}) \cdot \alpha_2$$

$$T_{20} = T_8 - T_0$$

$$T_0 = 20$$

ここで

Xa_n : n 回目の変位量Y_n : n 回目の熱変位推定用温度T_n : n 回目の入力温度

X : X 座標

Xs : スケール検出器の X 座標 (= 6000mm)

α₈ : フィルタ係数 (α₈ = 3.2 × 10⁻²、 α₂ = 8.3 × 10⁻³)K : 線膨張係数 (K₈ = 11 × 10⁻⁶、 K₂ = 11 × 10⁻⁶)

添字 8 : テーブル

添字 2 : ワーク

添字 0 : 基準

【 0 0 2 7 】

そして、式 1、式 4 より、X 座標における補正量 X C を算出する。

【数 1 7】

$$X C = - (X_7 + X_8 + X_2) \quad \dots \text{式 1 a}$$

そして、S 4 において、N C 装置 1 4 にて補正量 X C 分だけ軸移動し熱変位補正を行う。S 5 において補正を続行する場合は S 1 に戻り、続行しない場合は終了となる。

【実施例 2】

【 0 0 2 8 】

本発明の他の実施形態について、図 7 のフローチャートに基づいて説明する。S 1 1 において、各センサ 1 0 a ~ 1 0 c の温度計測は、予め設定された間隔 (10 秒) によって温度測定装置 1 1 により公知の方法によってアナログ信号からデジタル信号化されて温度数値として得る。また、パラメータ記憶装置には予め X ストローク Plus 端座標 Xlp、X ストローク Minus 端座標 Xlm、ワークの固定位置の X 座標 Xw、基準温度が設定されている。

【 0 0 2 9 】

そして、S 1 2 において、補正量演算装置 1 2 にてストローク Plus 端座標の補正量 X C P を、スケールの変位量 A 2 (式 9)、テーブルの変位量 B (式 6)、ワークの変位量 C 2 (式 1 2) より、式 1、式 8 より算出する。

【数 1 8】

$$X C P = - (X_9 + X_4 + X_5) \quad \dots \text{式 1 b}$$

【数 1 9】

$$X_{9n} = Y_{9n} \cdot (X_{lp} - X_s) \cdot K_9 \quad \dots \text{式 9 b}$$

【数 2 0】

$$X_{8n} = Y_{8n} \cdot (X_s - X_w) \cdot K_8 \quad \dots \text{式 6 b}$$

【数 2 1】

$$X_{5n} = Y_{5n} \cdot (X_w - X_{lp}) \cdot K_5 \quad \dots \text{式 1 2 b}$$

ただし、

$$Y_{9n} = Y_{9n-1} + (T_{90n} - Y_{9n-1}) \cdot \alpha_9$$

10

20

30

40

50

$$T_{90} = T_9 - T_0$$

$$T_0 = 20$$

$$Y_{8n} = Y_{8n-1} + (T_{80n} - Y_{8n-1}) \cdot \alpha_8$$

$$T_{80} = T_8 - T_0$$

$$T_0 = 20$$

$$Y_{5n} = Y_{5n-1} + (T_{50n} - Y_{5n-1}) \cdot \alpha_5$$

$$T_{50} = T_5 - T_0$$

$$T_0 = 20$$

ここで、

X_n : n 回目の変位量

Y_n : n 回目の熱変位推定用温度

T_n : n 回目の入力温度

α : フィルタ係数 ($\alpha_9 = 3.2 \times 10^{-2}$ 、 $\alpha_8 = 3.2 \times 10^{-2}$ 、 $\alpha_5 = 8.3 \times 10^{-3}$)

X_s : スケール検出器の X 座標 (= 6000mm)

K : 線膨張係数 ($K_9 = 11 \times 10^{-6}$ 、 $K_8 = 11 \times 10^{-6}$ 、 $K_5 = 11 \times 10^{-6}$)

添字 9 : スケール

添字 8 : テーブル

添字 5 : ワーク

添字 0 : 基準

【 0 0 3 0 】

同様にストロークMinus端座標の補正量 XCM を、スケールの変位量 A3 (式 11)、
テーブルの変位量 B (式 6)、ワークの変位量 C3 (式 13)、式 1、式 10 より
算出する。

【数 2 2】

$$XCM = - (X_{10} + X_4 + X_6) \quad \dots \text{式 1 c}$$

【数 2 3】

$$X_{10n} = Y_{10n} \cdot (X_{1m} - X_s) \cdot K_{10} \quad \dots \text{式 11 c}$$

【数 2 4】

$$X_{8n} = Y_{8n} \cdot (X_s - X_w) \cdot K_8 \quad \dots \text{式 6 c}$$

【数 2 5】

$$X_{6n} = Y_{6n} \cdot (X_w - X_{1m}) \cdot K_6 \quad \dots \text{式 13 c}$$

ただし、

$$Y_{10n} = Y_{10n-1} + (T_{100n} - Y_{10n-1}) \cdot \alpha_{10}$$

$$T_{100} = T_{10} - T_0$$

$$T_0 = 20$$

$$Y_{8n} = Y_{8n-1} + (T_{80n} - Y_{8n-1}) \cdot \alpha_8$$

$$T_{80} = T_8 - T_0$$

$$T_0 = 20$$

$$Y_{6n} = Y_{6n-1} + (T_{60n} - Y_{6n-1}) \cdot \alpha_6$$

$$T_{60} = T_6 - T_0$$

$$T_0 = 20$$

ここで、

X_n : n 回目の変位量

Y_n : n 回目の熱変位推定用温度

T_n : n 回目の入力温度

α : フィルタ係数 ($\alpha_9 = 3.2 \times 10^{-2}$ 、 $\alpha_8 = 3.2 \times 10^{-2}$ 、 $\alpha_5 = 8.3 \times 10^{-3}$)

10

20

30

40

50

X_s : スケール検出器の X 座標 (= 6000mm)

K : 線膨張係数 ($K_g = 11 \times 10^{-6}$ 、 $K_8 = 11 \times 10^{-6}$ 、 $K_5 = 11 \times 10^{-6}$)

添字 9 : スケール

添字 8 : テーブル

添字 5 : ワーク

添字 0 : 基準

【 0 0 3 1 】

そして、S 1 3 において、両者の補正量をサーボ装置に転送する。サーボ装置では公知の 2 点間補正を用いて、ストローク両端での補正量を直線補完して刃先座標に合わせて補正を実施する。S 1 4 において補正を続行する場合は S 1 1 に戻り、続行しない場合は終了となる。

10

【 0 0 3 2 】

請求項 1 および 2 の手法を用いて、図 9 に示す各加工位置(a) ~ (d)における X 軸方向の熱変位を補正した結果を図 8 に示す。刃先位置、ワーク固定位置に関係なく、熱変位は抑制されていることがわかる。なお、ここでは、X 軸方向について説明したが、Y 方向についてもベッド温度の代わりにクロスレール温度を用いることで、補正することができる。また、Z 軸方向についても、ベッド温度の代わりにコラム温度、テーブル温度の代わりに主軸温度を用いることで同様に補正することが可能である。

【 実施例 3 】

【 0 0 3 3 】

また、ワークの固定座標やワークの線膨張係数や基準温度(ワークの寸法精度を必要とする場所の温度)といったワーク情報は加工するワーク毎に設定する必要がある。そのため、図 4 に示すような設定画面を設け操作パネルより設定可能とすることでワーク情報の設定が容易となる。また、NCプログラムより設定可能とすることで、オートパレットチェンジャを設けた様な無人でワークを加工する場合にも、ワーク情報を設定することが可能となる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 4 】

【 図 1 】 本発明の実施に使用する装置の一例を示す図である

【 図 2 】 刃先座標におけるスケールの変位量とテーブルの変位量の関係を示す図である

30

【 図 3 (a) 】 ストローク Plus 端座標におけるスケールの変位量とテーブルの変位量の関係を示す図である

【 図 3 (b) 】 ストローク Minus 端座標におけるスケールの変位量とテーブルの変位量の関係を示す図である

【 図 4 】 NC 工作機械の操作画面を示す図であって、ワークの固定座標、ワークの線膨張係数、基準温度を設定する画面を示す図である

【 図 5 】 本発明の熱変位補正を行った一例のワーク、テーブル、ベッドの温度を示す図である

【 図 6 】 本発明の一実施形態のフローチャートである

【 図 7 】 本発明の他の実施形態のフローチャートである

40

【 図 8 】 本発明による熱変位補正を実施した状態の熱変位量測定結果を示す図である

【 図 9 】 従来技術におけるワークの固定座標と刃先座標の関係を示す図である

【 図 1 0 】 熱変位測定時の室温変化を示す図である

【 図 1 1 】 従来技術における熱変位量測定結果を示す図である

【 符号の説明 】

【 0 0 3 5 】

1 . . . ベッド

2 . . . スケール

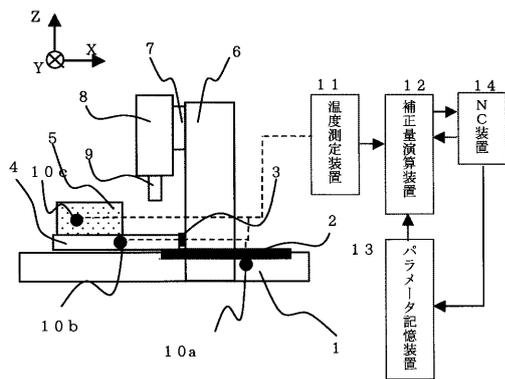
3 . . . スケール検出器

4 . . . テーブル

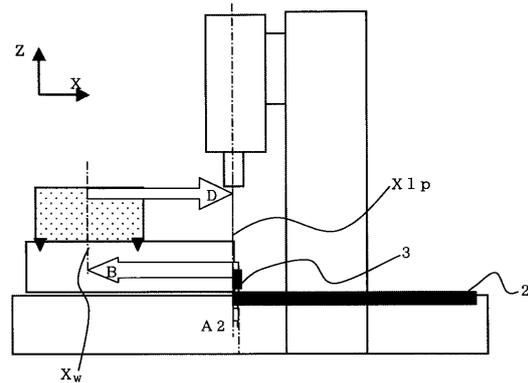
50

- 5・・・ワーク
- 6・・・コラム
- 7・・・サドル
- 8・・・主軸
- 9・・・工具
- 10 a , 10 b , 10 c・・・温度センサ
- 11・・・温度測定装置
- 12・・・補正量演算装置
- 13・・・パラメータ記憶装置
- 14・・・N C 装置

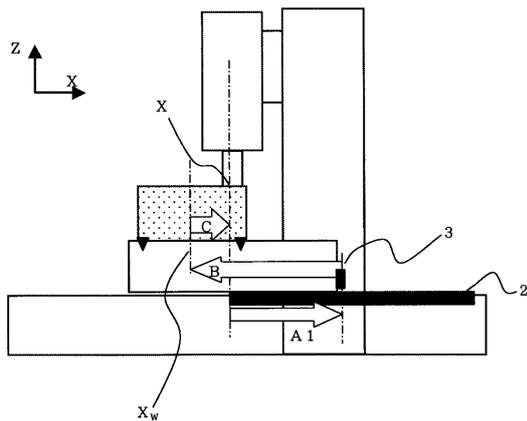
【図 1】



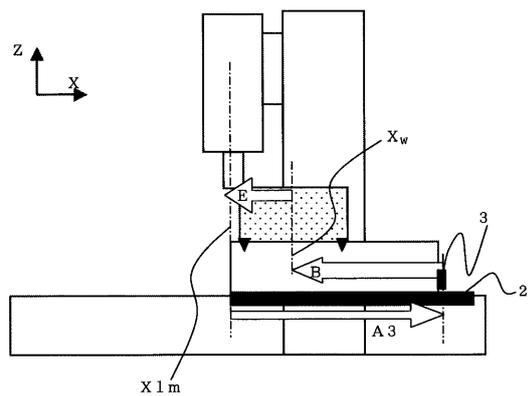
【図 3 (a)】



【図 2】



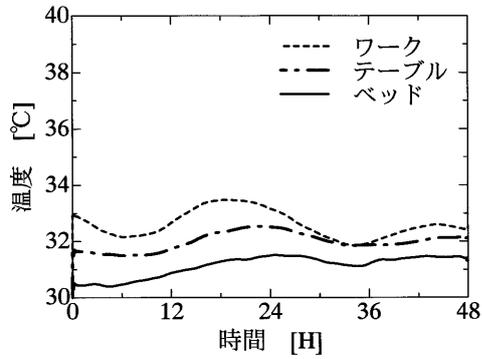
【図 3 (b)】



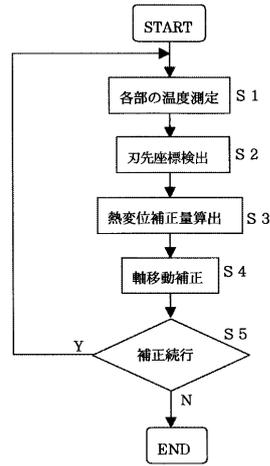
【 図 4 】

ワーク固定座標 (X)	1500	(mm)
ワーク固定座標 (Y)	1000	(mm)
ワーク線膨張係数	11×10^{-6}	(1/°C)
基準温度	20	(°C)

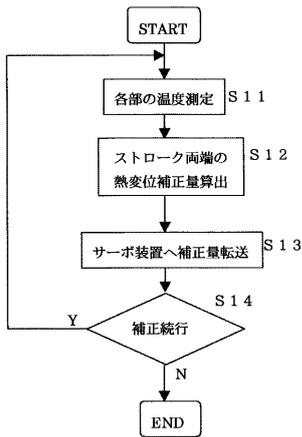
【 図 5 】



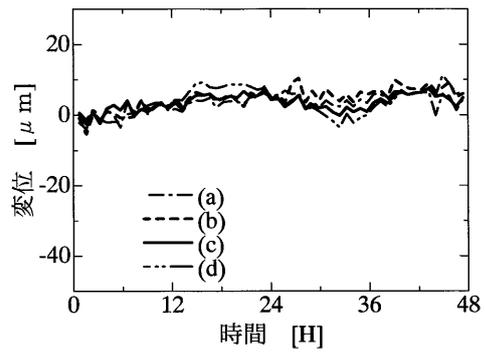
【 図 6 】



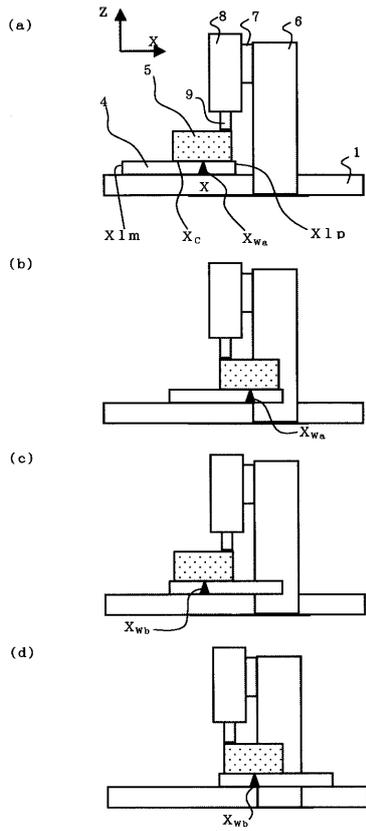
【 図 7 】



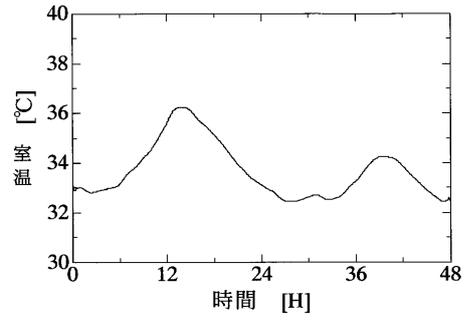
【 図 8 】



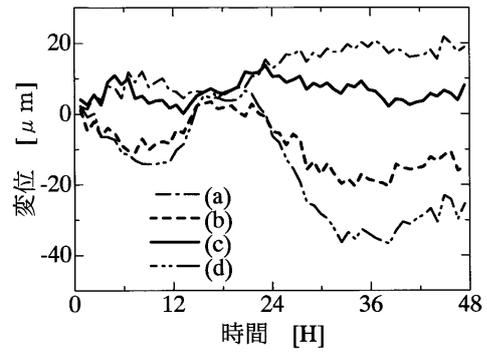
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平08-229774(JP,A)
実開昭64-023340(JP,U)
特開2001-341049(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23Q 15/18
B23Q 17/00
G05B 19/404