



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109070295 B

(45) 授权公告日 2020.10.27

(21) 申请号 201780021356.5

(22) 申请日 2017.03.28

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109070295 A

(43) 申请公布日 2018.12.21

(30) 优先权数据

10-2016-0037091 2016.03.28 KR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2018.09.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2017/003319 2017.03.28

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2017/171352 KO 2017.10.05

(73) 专利权人 斗山机床株式会社

地址 韩国庆尚南道

(72) 发明人 金基洪

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

代理人 金鲜英 张敬强

(51) Int.Cl.

B23Q 11/00 (2006.01)

B23Q 15/18 (2006.01)

B23Q 17/09 (2006.01)

G05B 19/404 (2006.01)

审查员 许爱娟

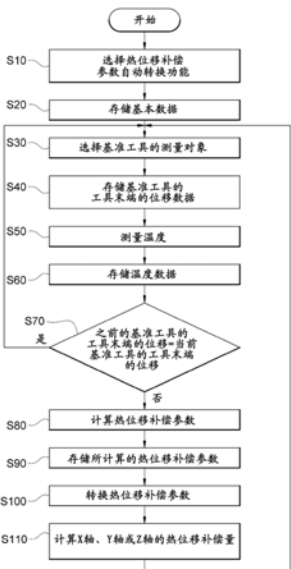
权利要求书5页 说明书13页 附图9页

(54) 发明名称

机床的热位移补偿参数自动转换装置及转换方法

(57) 摘要

本发明涉及一种根据机床的工作状态或多种机床的种类,通过由工具测量单元测量的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移数据或测量被加工的材料加工部的机床的热位移数据和由温度测量单元测量的温度数据实时地自动转换机床的热位移补偿式的补偿参数,以能够最优化于当前机床的热位移状态,使热位移导致的加工误差最小化,从而能够提高机床的加工精度的机床的热位移补偿参数自动转换装置及转换方法。



1. 一种机床的热位移补偿参数自动转换装置, 该机床具备操作盘和供安装用于加工工件的工具的主轴, 其特征在于,

所述热位移补偿参数自动转换装置包括:

基本热位移补偿数据存储部, 其存储用于补偿X轴、Y轴或Z轴的热位移的基本数据;

工具测量单元, 其能够测量基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移;

多个温度测量单元, 其设置于所述机床的多个位置;

基准工具数据存储部, 其存储由所述工具测量单元测量的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移数据;

温度数据存储部, 其存储由所述多个温度测量单元测量的温度数据; 以及

控制部, 其用对应于所述多个温度测量单元个数的温度数据行列的平均值和基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化量来计算热位移补偿参数,

所述控制部包括:

基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化判断部, 其判断存储于所述基本热位移补偿数据存储部的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值与存储于所述基准工具数据存储部的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值是否一致;

补偿参数计算部, 在所述基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化判断部的判断结果为, 基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移发生了变化时, 所述补偿参数计算部根据变更的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值和温度来计算热位移补偿参数;

补偿参数存储部, 其存储由所述补偿参数计算部计算的补偿参数;

补偿参数转换部, 其以存储于所述补偿参数存储部的补偿参数来转换存储于所述基本热位移补偿数据存储部的所述X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿式的补偿参数; 以及

热位移补偿量计算部, 其通过适用了由所述补偿参数转换部转换的补偿参数的热位移补偿式来计算热位移补偿量,

所述补偿参数计算部通过下式(5)计算,

$$\begin{pmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \dots \\ \Delta_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -K_1 \\ -K_2 \\ \dots \\ -K_n \end{pmatrix} \text{-----式(5)}$$

其中,

Δ_n : 对第n个温度传感器的补偿参数变化量即误差量,

b_{hn} : 在第h个工具测量顺序所测量的第n个温度传感器的温度数据,

K_n : 在第n个工具测量顺序所测量的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化量,

如下求出在所述第h个工具测量顺序中对第n个温度数据的行列:

求出总测量次数m和对应于所述多个温度测量单元的个数n的温度数据组合mCn, 其中

总测量次数 m 为测量温度传感器数据和基准工具变化量的次数 m ,

计算多个这种温度数据行列的行列式,

依次去除一个以上所计算的多个温度数据行列的行列式值的绝对值为0或绝对值较小的值。

2. 根据权利要求1所述的机床的热位移补偿参数自动转换装置,其特征在于,还包括:

基准工具测量对象选择部,其能够选择由所述工具测量单元测量的基准工具的测量对象;以及

热位移补偿参数自动转换功能设定部,

当所述基准工具测量对象选择部选择的由所述工具测量单元测量的基准工具的测量对象为长度时,自动转换Z轴的热位移补偿参数,

当所述基准工具测量对象选择部选择的由所述工具测量单元测量的基准工具测量对象为直径时,自动转换X轴或Y轴的热位移补偿参数。

3. 根据权利要求1所述的机床的热位移补偿参数自动转换装置,其特征在于,

将对应于未去除的绝对值较大的行列式的温度数据行列代入上式(5)来求出补偿参数行列,

通过分析这种补偿参数行列的相关关系,在相关关系较小的补偿参数行列中排除已设定的个数的补偿参数行列,

并对所选择的补偿参数行列进行算术平均或加权平均来计算最终的热位移补偿参数。

4. 根据权利要求1所述的机床的热位移补偿参数自动转换装置,其特征在于,

热位移补偿量计算部通过下式(6)计算,

$$(a_1 + \Delta_1)(t_1 - T_1) + (a_2 + \Delta_2)(t_2 - T_2) + \cdots + (a_n + \Delta_n)(t_n - T_n) = \text{热位移补偿量} \text{---式(6)}$$

其中,

a_n : 第 n 个补偿参数,

Δ_n : 对第 n 个温度数据的补偿参数变化量,

t_n : 第 n 个温度数据,

T_n : 第 n 个温度偏置。

5. 一种机床的热位移补偿参数自动转换方法,其特征在于,包括:

在热位移补偿参数自动转换功能设定部选择热位移补偿参数自动转换功能的步骤;

将用于补偿X轴、Y轴或Z轴的热位移的基本数据存储至基本热位移补偿数据存储部的步骤;

在基准工具测量对象选择部选择作为由工具测量单元测量的基准工具的测量对象的工具末端的Z方向或Y方向的位移的步骤;

将由所述工具测量单元测量的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移数据存储至基准工具数据存储部的步骤;

由多个温度测量单元测量温度的步骤;

将在所述温度测量单元测量的温度数据存储至温度数据存储部的步骤;

在基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化判断部判断存储于所述基本热位移补偿数据存储部的之前的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值与存储于所述基准工具数据存储部的当前基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值是否一致的步

骤;

当基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移发生了变化时,根据对应于所述多个温度测量单元个数的温度数据行列的平均值和工具末端的Z方向或Y方向的位移变化量计算热位移补偿参数的步骤;

将所计算的热位移补偿参数存储至补偿参数存储部的步骤;以及

在补偿参数转换部以存储于所述补偿参数存储部的热位移补偿参数转换存储于所述基本热位移补偿数据存储部的所述X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿式的热位移补偿参数的步骤,

计算所述热位移补偿参数的步骤如下:

求出对应于多个温度测量单元的个数的温度数据组合mCn,

计算多个这种温度数据行列的行列式,

依次去除一个以上所计算的多个温度数据行列的行列式值的绝对值为0或绝对值较小的值,

通过下式(5)代入在上面选择的多个温度数据行列的行列式值来求出补偿参数行列,

$$\begin{pmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \dots \\ \Delta_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -K_1 \\ -K_2 \\ \dots \\ -K_n \end{pmatrix} \text{-----式(5)}$$

通过分析这种补偿参数行列的相关关系,在相关关系较小的补偿参数行列中排除已设定的个数的补偿参数行列,

对所选择的补偿参数行列进行算术平均或加权平均来计算最终的热位移补偿参数。

6. 根据权利要求5所述的机床的热位移补偿参数自动转换方法,其特征在于,

在转换所述X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿式的补偿参数的步骤之后,

还包括在热位移补偿量计算部适用由所述补偿参数转换部转换的补偿参数来计算X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿量的步骤。

7. 一种机床的热位移补偿参数自动转换装置,该机床具备操作盘和供安装用于加工工件的工具的主轴,其特征在于,

所述热位移补偿参数自动转换装置包括:

基本热位移补偿数据存储部,其存储用于补偿X轴、Y轴或Z轴的热位移的基本数据;

指示器,其夹紧于主轴,测量被加工的材料加工部的深度或宽度;

多个温度测量单元,其设置于所述机床的多个位置;

机床的热位移数据计算及存储部,其从由所述指示器测量的加工部的信息中计算机床的热位移数据并存储所计算的数据;

温度数据存储部,其存储由所述多个温度测量单元测量的温度数据;以及

控制部,其用对应于所述多个温度测量单元个数的温度数据行列的平均值和机床的热位移数据来计算热位移补偿参数,

所述控制部包括:

基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化判断部,其判断存储于所述基本热位移补偿数据存储部的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值与存储于所述机床的热位移计算及存储部的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值是否一致;

补偿参数计算部,在所述基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化判断部的判断结果为,基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移发生了变化时,所述补偿参数计算部根据变更的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值和温度来计算热位移补偿参数;

补偿参数存储部,其存储在所述补偿参数计算部计算的补偿参数;

补偿参数转换部,其用存储于所述补偿参数存储部的补偿参数转换存储于所述基本热位移补偿数据存储部的所述X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿式的补偿参数;以及

热位移补偿量计算部,其通过适用了由所述补偿参数转换部转换的补偿参数的热位移补偿式来计算热位移补偿量,

所述补偿参数计算部通过下式(5)计算,

$$\begin{pmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \dots \\ \Delta_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -K_1 \\ -K_2 \\ \dots \\ -K_n \end{pmatrix} \text{-----式(5)}$$

其中,

Δ_n :对第n个温度传感器的补偿参数变化量即误差量,

b_{hn} :在第h个工具测量顺序测量的第n个温度传感器的温度数据,

K_n :在第n个工具测量顺序测量的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化量,如下求出在所述第h个工具测量顺序中对第n个温度数据的行列:

求出总测量次数m和所述多个温度测量单元的个数n所对应的温度数据组合mCn,其中总测量次数m为测量温度传感器数据和基准工具变化量的次数m,

计算多个这种温度数据行列的行列式,

依次去除一个以上所计算的多个温度数据行列的行列式值的绝对值为0或绝对值较小的值,

且将对应于未去除的绝对值较大的行列式的温度数据行列代入上式(5)来求出补偿参数行列,

通过分析这种补偿参数行列的相关关系,在相关关系较小的补偿参数行列中排除已设定的个数的补偿参数行列,

并对所选择的补偿参数行列进行算术平均或加权平均来计算最终的热位移补偿参数。

8.根据权利要求7所述的机床的热位移补偿参数自动转换装置,其特征在于,

热位移补偿量计算部通过下式(6)计算,

$$(a_1 + \Delta_1)(t_1 - T_1) + (a_2 + \Delta_2)(t_2 - T_2) + \dots + (a_n + \Delta_n)(t_n - T_n) = \text{热位移补偿量} \text{---式(6)}$$

其中,

a_n :第n个补偿参数,

Δ_n : 对第n个温度数据的补偿参数变化量,

t_n : 第n个温度数据,

T_n : 第n个温度偏置。

机床的热位移补偿参数自动转换装置及转换方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种能够通过由工具测量单元测量的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移数据或测量被加工的材料的加工部来计算的机床的热位移数据和由温度测量单元测量的温度数据实时地自动转换机床的热位移补偿式的补偿参数来提高加工精度的机床的热位移补偿参数自动转换装置及转换方法。

背景技术

[0002] 诸如车削中心、加工中心、门式加工中心、开关匝、放电加工机、水平式NC钻孔机、CNC车床等多种种类的机床在多种产业现场根据相应作业的用途被广为使用。

[0003] 如图1所图示,通常,当前使用的多种种类的机床具备适用数值控制(numerical control,NC)或CNC(computerized numerical control,计算机化数值控制)技术的操作盘9,这种操作盘9具备多种功能开关(或操作键)和用于向用户视觉性地显示工作状态的显示器。

[0004] 此外,如图1所图示,通常,机床1的主轴2、驱动主轴2的主轴电机3、支撑主轴2的立柱4、工件W所在的工作台5、床身6、安装于主轴2的一部分的工具大部分由金属形成。

[0005] 为提高生产性,当今的机床应以高速运行来加工大量产品。此外,当今时代,随着各种装备的小型化趋势,要求机床以高精度加工工件。

[0006] 为提高工件的加工精度,应使几何误差、热变形导致的误差最小化。

[0007] 工件的加工误差通常受因构成机床的各构成要素的组合状态或几何状态所发生的位置误差、角位移误差、直线度以及垂直度等的影像。

[0008] 由于形成机床的大部分的构成要素由金属形成,若为了提高机床的生产性而以高速长时间运行机床,则会因工件的加工过程中工具与工件的摩擦而发生的切削热、因主轴的高速旋转而发生的主轴摩擦热、随着移送轴的反复性的移送而发生在移送轴的摩擦热、随着切削油的循环而发生的对流热、机床周边的周围等,发生热变形。

[0009] 这种热变形将对工件的加工误差产生更多的影响。

[0010] 因此,为了提高机床的加工精度,有必要使机床的热变形导致的加工误差最小化。

[0011] 就以往的机床的热变形误差补偿装置而言,为了使热变形导致的加工误差最小化,在被提取为标本的1~2台机床的主轴的上端部和下端部安装2个温度测量单元,如图2所图示,将这种温度测量单元数据与热位移误差数据之间的关系线性化来导出热位移补偿参数,并利用适用了这种固定的热位移补偿参数的热位移补偿量计算式来计算热位移补偿量。

[0012] 即,以往的机床的热变形误差补偿装置由于不考虑装备机型(装备的种类)间的温度变化导致的热位移误差的特性,通过适用了提取自代表机型的固定的热位移补偿参数的热位移补偿量计算式计算热位移补偿量来计算热位移补偿量,因而存在无法对每个装备机型进行准确的热位移误差补偿,使得加工精度下降的问题。

[0013] 并且,即使在相同装备内,为了根据使用期间或使用状态计算新的固定的热位移

补偿参数,需要停止机床并重新对此进行计算,因而存在生产效率下降的问题。

发明内容

[0014] 技术课题

[0015] 本发明旨在解决如上所述的问题,本发明的目的在于,根据工作状态或多种机床的种类,通过由工具测量单元测量或从被加工的材料的加工部计算的机床的热位移数据和由温度测量单元测量的温度数据实时地自动转换机床的热位移补偿式的补偿参数,以能够最优化于当前机床的热位移状态,使热位移导致的加工误差最小化,从而提高机床的加工精度。

[0016] 技术方案

[0017] 为达成上述目的,本发明提供一种机床的热位移补偿参数自动转换装置,该机床具备操作盘和供安装用于加工工件的工具的主轴,所述热位移补偿参数自动转换装置包括:基本热位移补偿数据存储部,其存储用于补偿X轴、Y轴或Z轴的热位移的基本数据;工具测量单元,其能够测量基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移;多个温度测量单元,其设置于所述机床的多个位置;基准工具数据存储部,其存储由所述工具测量单元测量的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移数据;温度数据存储部,其存储在所述多个温度测量单元测量的温度数据;以及控制部,其用对应于所述多个温度测量单元个数的温度数据行列的平均值和基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化量来计算热位移补偿参数。

[0018] 此外,可以是,还包括:基准工具测量对象选择部,其能够选择由所述工具测量单元测量的基准工具的测量对象;以及热位移补偿参数自动转换功能设定部,当所述基准工具测量对象选择部选择的由所述工具测量单元测量的基准工具的测量对象为长度时,自动转换Z轴的热位移补偿参数,当所述基准工具测量对象选择部选择的由所述工具测量单元测量的基准工具测量对象为直径时,自动转换X轴或Y轴的热位移补偿参数。

[0019] 此外,所述控制部可以包括:基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化判断部,其判断存储于所述基本热位移补偿数据存储部的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值与存储于所述基准工具数据存储部的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值是否一致;补偿参数计算部,在所述基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化判断部的判断结果为,基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移发生了变化时,所述补偿参数计算部根据变更的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值和温度来计算热位移补偿参数;补偿参数存储部,其存储由所述补偿参数计算部计算的补偿参数;补偿参数转换部,其以存储于所述补偿参数存储部的补偿参数来转换存储于所述基本热位移补偿数据存储部的所述X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿式的补偿参数;以及热位移补偿量计算部,其通过适用了由所述补偿参数转换部转换的补偿参数的热位移补偿式来计算热位移补偿量。

[0020] 此外,所述补偿参数计算部可以通过下式(5)计算,

$$[0021] \quad \begin{pmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \dots \\ \Delta_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -K_1 \\ -K_2 \\ \dots \\ -K_n \end{pmatrix} \text{-----式 (5)}$$

[0022] 其中, Δ_n 表示对第n个温度传感器的补偿参数变化量即误差量, b_{hn} 表示在第h个工具测量顺序所测量的第n个温度传感器的温度数据, K_n 表示在第n个工具测量顺序所测量的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化量。

[0023] 此外,如下求出在所述第h个工具测量顺序中对第n个温度数据的行列:求出总测量次数m和对应于所述多个温度测量单元的个数n的温度数据组合mCn,其中总测量次数m为测量温度传感器数据和基准工具变化量的次数m,计算多个这种温度数据行列的行列式,依次去除一个以上所计算的多个温度数据行列的行列式值的绝对值中0或绝对值中较小的值。

[0024] 此外,可以将对应于未去除的绝对值较大的行列式的温度数据行列代入上式(5)来求出补偿参数行列,通过分析这种补偿参数行列的相关关系,排除相关关系较小的补偿参数行列,并对所选择的补偿参数行列进行算术平均或加权平均来计算最终的热位移补偿参数。

[0025] 此外,热位移补偿量计算部可以通过下式(6)计算。

[0026] $(a_1 + \Delta_1)(t_1 - T_1) + (a_2 + \Delta_2)(t_2 - T_2) + \dots + (a_n + \Delta_n)(t_n - T_n) = \text{热位移补偿量}$ —式(6)

[0027] 其中, a_n 表示第n个补偿参数, Δ_n 表示对第n个温度数据的补偿参数变化量, t_n 表示第n个温度数据, T_n 表示第n个温度偏置。

[0028] 另一方面,本发明的实施例可以提供一种机床的热位移补偿参数自动转换方法,所述方法包括:在热位移补偿参数自动转换功能设定部选择热位移补偿参数自动转换功能的步骤;将用于补偿X轴、Y轴或Z轴的热位移的基本数据存储至基本热位移补偿数据存储部的步骤;在基准工具测量对象选择部选择作为由工具测量单元测量的基准工具的测量对象的工具末端的Z方向或Y方向的位移的步骤;将由所述工具测量单元测量的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移数据存储至基准工具数据存储部的步骤;由温度测量单元测量温度的步骤;将在所述温度测量单元测量的温度数据存储至温度数据存储部的步骤;在基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化判断部判断存储于所述基本热位移补偿数据存储部的之前的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值与存储于所述基准工具数据存储部的当前基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值是否一致的步骤;当基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移发生了变化时,根据对应于所述多个温度测量单元个数的温度数据行列的平均值和基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化量计算热位移补偿参数的步骤;将在所述补偿参数计算部计算的热位移补偿参数存储至补偿参数存储部的步骤;以及在补偿参数转换部以存储于所述补偿参数存储部的热位移补偿参数来转换存储于所述基本热位移补偿数据存储部的所述X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿式的热位移补偿参数的步骤。

[0029] 此外,计算所述热位移补偿参数的步骤可以如下:求出对应于多个温度测量单元的个数的温度数据组合 mC_n ,计算多个这种温度数据行列的行列式,依次去除一个以上所计算的多个温度数据行列的行列式值的绝对值中0或绝对值中较小的值,通过下式(5)代入在上面选择的多个温度数据行列的行列式值来求出补偿参数行列,

$$[0030] \quad \begin{pmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \dots \\ \Delta_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -K_1 \\ -K_2 \\ \dots \\ -K_n \end{pmatrix} \quad \text{-----式(5),}$$

[0031] 通过分析这种补偿参数行列的相关关系,在相关关系较小的补偿参数行列中排除已设定的个数的补偿参数行列,并对所选择的补偿参数行列进行算术平均或加权平均来计算最终的热位移补偿参数。

[0032] 此外,在转换所述X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿式的补偿参数的步骤之后,还可以包括在热位移补偿量计算部适用由所述补偿参数转换部转换的补偿参数来计算X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿量的步骤。

[0033] 另一方面,根据本发明的另一实施例,可以提供一种机床的热位移补偿参数自动转换装置,该机床具备操作盘和供安装用于加工工件的工具的主轴,所述热位移补偿参数自动转换装置包括:基本热位移补偿数据存储部,其存储用于补偿X轴、Y轴或Z轴的热位移的基本数据;指示器,其夹紧于主轴,测量被加工的材料加工部的深度或宽度;多个温度测量单元,其设置于所述机床的多个位置;基准工具数据计算及存储部,其从由所述指示器测量的加工部的信息中计算机床的热位移数据并存储所计算的数据;温度数据存储部,其存储在所述多个温度测量单元测量的温度数据;以及控制部,其用对应于所述多个温度测量单元个数的温度数据行列的平均值和基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化量来计算热位移补偿参数。

[0034] 此外,所述控制部可以包括:基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化判断部,其判断存储于所述基本热位移补偿数据存储部的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值与存储于所述基准工具数据存储部的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值是否一致;补偿参数计算部,在所述基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化判断部的判断结果为,基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移发生了变化时,所述补偿参数计算部根据变更的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值和温度来计算热位移补偿参数;补偿参数存储部,其存储在所述补偿参数计算部计算的补偿参数;补偿参数转换部,其用存储于所述补偿参数存储部的补偿参数转换存储于所述基本热位移补偿数据存储部的所述X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿式的补偿参数;以及热位移补偿量计算部,其通过适用了由所述补偿参数转换部转换的补偿参数的热位移补偿式来计算热位移补偿量。

[0035] 此外,所述补偿参数计算部可以通过下式(5)计算,

$$[0036] \quad \begin{pmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \dots \\ \Delta_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -K_1 \\ -K_2 \\ \dots \\ -K_n \end{pmatrix} \text{-----式 (5)}$$

[0037] 其中, Δ_n : 对第n个温度传感器的补偿参数变化量即误差量, b_{hn} : 在第h个工具测量顺序测量的第n个温度传感器的温度数据, K_n : 在第n个工具测量顺序测量的基准工具的工
具末端的Z方向或Y方向的位移变化量。

[0038] 此外, 如下求出在所述第h个工具测量顺序中对第n个温度数据的行列: 求出总测量次数m和所述多个温度测量单元的个数n所对应的温度数据组合mCn, 其中总测量次数m为测量温度传感器数据和基准工具变化量的次数m, 计算多个这种温度数据行列的行列式, 依次去除一个以上所计算的多个温度数据行列的行列式值的绝对值中0或绝对值中较小的值, 且将对应于未去除的绝对值较大的行列式的温度数据行列代入上式(5)来求出补偿参数行列, 通过分析这种补偿参数行列的相关关系, 排除相关关系较小的补偿参数行列, 并对所选择的补偿参数行列进行算术平均或加权平均来计算最终的热位移补偿参数。

[0039] 此外, 热位移补偿量计算部可以通过下式(6)计算,

$$[0040] \quad (a_1 + \Delta_1)(t_1 - T_1) + (a_2 + \Delta_2)(t_2 - T_2) + \dots + (a_n + \Delta_n)(t_n - T_n) = \text{热位移补偿量} \text{---式(6)}$$

[0041] 其中, a_n : 第n个补偿参数, Δ_n : 对第n个温度数据的补偿参数变化量, t_n : 第n个温度数据, T_n : 第n个温度偏置。

[0042] 发明的效果

[0043] 本发明的机床的热位移补偿参数自动转换装置及转换方法具有如下效果, 即, 能够根据当前机床的加工状态或机床的多种种类进行准确的热位移误差补偿, 从而能够提高加工精度。

[0044] 此外, 本发明的机床的热位移补偿参数自动转换装置及转换方法具有如下效果, 即, 在相同装备内根据装备状态实时地转换热位移补偿参数, 且能够适用于多种种类的机床, 从而能够节省为计算热位移补偿参数而需要的时间和费用。

[0045] 并且, 本发明的机床的热位移补偿参数自动转换装置及转换方法具有如下效果, 即, 将计算热位移补偿参数的时间最小化来使机床的加工时间最大化, 从而能够增加机床的生产效率。

附图说明

[0046] 图1是以往的用于补偿机床的热位移的装置及操作盘。

[0047] 图2是以往的用于导出用于在机床补偿热位移的热位移补偿式的图表。

[0048] 图3是本发明的实施例的机床的热位移补偿参数自动转换装置的框图。

[0049] 图4是图示本发明的实施例的为了自动转换热位移补偿参数而计算补偿参数的操作盘的画面的图。

[0050] 图5是图示本发明的实施例的用于执行图4之前的步骤的操作盘的画面的图。

- [0051] 图6是本发明的实施例的机床的热位移补偿参数自动转换方法的流程图。
- [0052] 图7是将图示于图6的步骤S80具体化的流程图。
- [0053] 图8是当适用了本发明的实施例的热位移补偿参数时所预测的性能图表。
- [0054] 图9是本发明的另一实施例的机床的热位移补偿参数自动转换装置的框图。
- [0055] 图10是概略性地图示本发明的另一实施例的测量被加工的材料加工部的图。
- [0056] 图11是本发明的另一实施例的机床的热位移补偿参数自动转换方法的流程图。

具体实施方式

[0057] 下面参照附图对本发明的优选实施例进行详细说明。

[0058] 除非有特殊定义,本说明书的所有术语与本领域的技术人员所理解的术语的通常的含义相同,当在本说明书中使用的术语与该术语的通常的含义冲突时,遵循在本说明书中使用的定义。

[0059] 需要说明的是,下面要描述的发明仅用于说明本发明的实施例,并不用于限定本发明的权利范围,贯穿整个说明书而相同地使用的参照编号表示相同的构成要素。

[0060] 图3是本发明的实施例的机床的热位移补偿参数自动转换装置的框图,图4是图示本发明的实施例的为了自动转换热位移补偿参数而计算补偿参数的操作盘的画面的图,图5是图示本发明的实施例的用于执行图4之前的步骤的操作盘的画面的图,图6是本发明的实施例的机床的热位移补偿参数自动转换方法的流程图,图7是将图示于图6的步骤S80具体化的流程图,图8是当适用了本发明的实施例的热位移补偿参数时所预测的性能图表。

[0061] 此外,图9是本发明的另一实施例的机床的热位移补偿参数自动转换装置的框图,图10是概略性地图示本发明的另一实施例的测量被加工的材料加工部的图,图11是本发明的另一实施例的机床的热位移补偿参数自动转换方法的流程图。

[0062] 下面参考图3对实施例的机床的热位移补偿参数自动转换装置100进行说明。

[0063] 本发明的实施例的机床的热位移补偿参数自动转换装置100可以包括基本热位移补偿数据存储部20、工具测量单元30、温度测量单元40、基准工具数据存储部50、温度数据存储部60以及控制部70。

[0064] 此外,本发明的实施例的机床的热位移补偿参数自动转换装置100还可以包括基准工具测量对象选择部10和热位移补偿参数自动转换功能设定部80。

[0065] 虽然并非必须限定于此,根据本发明的实施例,所述热位移补偿参数自动转换功能设定部80可以以开关或按钮形态设置于操作盘9的一部分。

[0066] 当不在所述热位移补偿参数自动转换功能设定部80选择热位移补偿参数自动转换功能时,本发明的热位移补偿参数自动转换装置功能可以不工作。

[0067] 所述基准热位移补偿数据存储部20可以存储用于补偿X轴、Y轴或Z轴的热位移的基本数据。

[0068] 在所述基本热位移补偿数据存储部20存储发生工件的加工引起的热位移之前的标准状态下对基准工具的长度和直径的数据、温度偏置 T_n 数据、基本热位移补偿量参数 a_n 、以及基本热位移补偿量计算式。

[0069] 上述基本热位移补偿量计算式可以如上述通过下式(1)求出。

[0070] 热位移补偿量 = $(a_1) (t_1 - T_1) + (a_2) (t_2 - T_2) + \cdots + (a_n) (t_n - T_n)$ ----- 式(1)

[0071] 其中, a_n : 第 n 个补偿参数, t_n : 第 n 个温度数据, T_n : 第 n 个温度偏置。

[0072] 虽然并非必须限定于此, 根据本发明的实施例, 所述基准工具测量对象选择部10可以以开关或按钮形态设置于操作盘9的一部分。

[0073] 其中, 所述基准工具测量对象选择部10将选择由工具测量单元30测量的基准工具的测量对象。

[0074] 此外, 所述基准工具测量对象选择部10可以履行决定用工具测量单元30测量基准工具的长度还是测量基准工具的直径的功能。

[0075] 因此, 在所述基准工具测量对象选择部10, 当由工具测量单元30测量的基准工具的测量对象为长度时, 自动转换Z轴的热位移补偿参数, 在所述基准工具测量对象选择部10, 当由工具测量单元30测量的基准工具的测量对象为直径时, 自动转换X轴或Y轴的热位移补偿参数。

[0076] 若在所述基准工具测量对象选择部10选择基准工具的测量对象, 则工具测量单元30测量基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移。

[0077] 其中, 所述工具末端的Z方向或Y方向的位移可以是基准工具的长度或直径的位移量。

[0078] 这种工具测量单元30优选为分离的部件形态以确保加工空间, 但根据需要, 也可以固定设置于机床1的一部分。

[0079] 另一方面, 根据本发明的另一实施例, 如上述, 也可以不通过基准工具测量对象选择部10和工具测量单元30直接测量基准工具, 而是从被加工的材料计算机床的热位移状态变化值。

[0080] 参照图9和图10, 在本发明的另一实施例的机床, 取代所述基准工具测量对象选择部10和工具测量单元30地可以包括指示器31和机床热位移数据计算及存储部51。

[0081] 所述指示器31可以夹紧于主轴2(参照图1), 测量被加工的材料5的加工部5a的深度或宽度。由于这种指示器31夹紧于主轴而移动, 因而在测量加工部5a时, 还能够检测各个加工区域的坐标。

[0082] 由所述指示器31计算的加工部5a的加工区域信息可以被传递至所述机床的热位移数据计算及存储部51, 以计算各坐标的机床的热位移引起的变化量并存储。

[0083] 所述温度测量单元40可以设置于机床1的一部分。根据需要, 可以在作为机床的多个位置的主轴的上端和下端、立柱、主轴电机、工作台、床身等设置多个所设置的温度测量单元。

[0084] 虽然并非必须限定于此, 根据本发明的实施例, 这种温度测量单元40可以形成为温度测量单元和温度测量单元界面单元。

[0085] 所述基准工具数据存储部50可以设置于操作盘9的一部分(更具体而言, 数值控制装置NC的内部存储器的一部分), 存储由工具测量单元30测量的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移数据。

[0086] 所述温度数据存储部60可以设置于操作盘9的一部分(更具体而言, 数值控制装置NC的内部存储器的一部分), 存储在多个温度测量单元40测量的温度数据。

[0087] 此外, 当根据本发明的另一实施例从被加工的材料5计算机床的热位移时, 由于所述指示器31因主轴2而移动, 因而也可以计算热位移补偿参数, 以始终相对于该基准位置恒

定。

[0088] 所述控制部70可以设置于操作盘9的一部分。

[0089] 在有热位移的状态下,当利用在所述基准工具测量对象选择部10选择的基准工具的长度和直径数据重新计算并变更热位移补偿参数时,在有热位移的状态下,基准工具位置成为基准位置,因而计算热位移补偿参数,以使基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移始终相对于该基准位置恒定。

[0090] 所述控制部70可以包括基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化判断部71、补偿参数计算部72、补偿参数存储部73、补偿参数转换部74、以及热位移补偿量计算部75。

[0091] 所述基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化判断部71可以判断存储于所述基本热位移补偿数据存储部20的发生热位移之前的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值与存储于基准工具数据存储部50的当前基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值是否一致。

[0092] 若由所述工具测量单元30测量的当前的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值与加工前的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值不一致,而是有变化,则可以认定存储于所述基本热位移补偿数据存储部20的基本热位移补偿量参数有误差或变化

[0093] 即,在这种情况下,可以认定发生了热位移补偿误差。

[0094] 如上述,当基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值有变化时,实施例的热位移补偿参数自动转换装置100根据变更的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值和温度数据计算热位移补偿参数,如此,通过适用了变更的热位移补偿参数的热位移补偿量计算式计算热位移误差补偿量来执行热位移补偿,因而能够进行准确的热位移误差补偿。

[0095] 即,为了进行当前状态下的机床的热位移误差补偿,应使用如下式(2)适用了变更的热位移补偿参数的热位移补偿量计算式。

[0096] $(a_1 + \Delta_1)(t_1 - T_1) + (a_2 + \Delta_2)(t_2 - T_2) + \cdots + (a_n + \Delta_n)(t_n - T_n) = \text{热位移补偿量} - K_n$ -----式(2)

[0097] 其中, a_n :第n个补偿参数, Δ_n :对第n个温度数据的补偿参数变化量, t_n :第n个温度数据, T_n :第n个温度偏置, K_n :第n个基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化量。

[0098] 从上式(1)中减式(2),则可以导出式(3)。

[0099] $\Delta_1(t_1 - T_1) + \Delta_2(t_2 - T_2) + \cdots + \Delta_n(t_n - T_n) = -K_n$ -----式(3)

[0100] 其中, Δ_n :对第n个温度数据的补偿参数变化量, t_n :第n个温度数据, T_n :第n个温度偏置, K_n :第n个基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化量。

[0101] 在上式(3),将 $(t_n - T_n)$ 作为 b_{hn} (对在第h个工具测量顺序测量的第n个温度数据的行列),则可以导出如下式(4)的行列式,

$$[0102] \quad \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \dots \\ \Delta_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -K_1 \\ -K_2 \\ \dots \\ -K_n \end{pmatrix} \quad \text{-----式 (4)}$$

[0103] 其中, Δ_n : 对第n个温度数据的补偿参数变化量, b_{hn} : 对在第h个工具测量顺序测量的第n个温度数据的行列, K_n : 第n个基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化量。

[0104] 在式 (4), 将 b_{hn} 移项至右边, 则可以导出下式 (5),

$$[0105] \quad \begin{pmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \dots \\ \Delta_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -K_1 \\ -K_2 \\ \dots \\ -K_n \end{pmatrix} \quad \text{-----式 (5)}$$

[0106] 其中, Δ_n : 对第n个温度传感器的补偿参数变化量 (误差量), b_{hn} : 在第h个工具测量顺序测量的第n个温度传感器的温度数据, K_n : 在第n个工具测量顺序测量的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化量。

[0107] 由于每个温度传感器各存在一个对应的补偿参数, 因而在安装了n个温度传感器的情况下, 补偿参数的个数也是n个, 为了求出该n个补偿参数的变化量 (式 (5) 的 Δ_n 行列), 需要 $n \times n$ 的温度数据行列 (式 (5) 的 b_{nn} 行列) 和 $n \times 1$ 的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化量行列 (式 (5) 的 $-K_n$ 行列)。

[0108] 即, 在安装有n个温度传感器的装备的情况下, 为了计算对n个补偿参数的变化量 (误差量), 需要n次的工具测量。

[0109] 然而, 当仅利用n个测量数据 (工具和温度数据) 计算补偿参数变化量 (误差量) 时, 测量数据间的独立性下降, 从而计算结果可能会发生问题。

[0110] 为求出n个解, 需要n个线性独立的方程式, 该情况可以看作是提供了少于其的方程式的情况。

[0111] 即, 当利用n个测量数据制作如上式 (5) 的行列式时, 行列的行间的线性独立性下降, 因而可能会难以求出式 (5) 的计算所需要的 b_{nn} 行列的逆行列。

[0112] 因此, 需要执行超过n的m次的工具测量, 并从中选择独立性优秀的n个测量数据来构成上式 (5) 中出现的行列。

[0113] 若执行了超过n的m次的工具测量, 则作为上式 (5) 的温度数据行列的 b_{nn} 行列为 $m \times n$, 且需要从该m个行中选择线性独立性优秀的n个行, 制作 $n \times n$ 的 b_{nn} 行列来计算式 (5)。

[0114] 首先, 当从m个测量数据中挑出n个时可能的情况的数可以通过组合 mC_n 求出。即, 可以从m个测量数据中选择n个来制作 mC_n 个 $n \times n$ 行列 (上式 (5) 的 b_{nn} 行列)。

[0115] 简言之, 求出对在所述第h个工具测量顺序测量的第n个温度数据的行列的过程可以如下: 求出作为总测量 (测量温度传感器数据和基准工具变化量的) 次数m和对应于所述

多个温度测量单元的个数 n 的温度数据组合的 mC_n ,计算这种多个温度数据行列的行列式,依次去除一个以上所计算的多个温度数据行列的行列式值的绝对值中0或绝对值中较小的值。

[0116] 为了在这种 mC_n 个 $n \times n$ 行列(b_{mn} 行列)中挑出行间的线性独立性优秀的行列,求各行列的行列式绝对值,将其中行列式绝对值较大的 p 个 $n \times n$ 行列代入上式(5)来计算各个补偿参数的变化量(式(5)的 Δ_n 行列)。

[0117] 在所计算的 p 个 Δ_n 行列间执行相关关系分析(correlation analysis),并执行通过舍弃其中相关关系低的 Δ_n 行列的相关关系分析的筛选(filtering by correlation analysis)步骤。

[0118] 在进行通过分析相关关系的筛选后,将该 b_{mn} 行列的行列式绝对值用作加权因子(weighting factor),求出对所计算的(q 个 $q \leq p$)的 Δ_n 行列的加权平均,并将其用作最终的补偿参数的变化量(式(5)的 Δ_n 行列)来适用于下式(6)。

[0119] 如此,准确地补偿机床的热位移误差以提高加工精度的补偿参数计算部72将用上式(5)计算根据变更的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值和由温度测量单元40测量的当前的温度变更的热位移补偿参数。

[0120] 在补偿参数存储部73中存储按照式(5)在补偿参数计算部72计算的补偿参数。

[0121] 补偿参数转换部74用存储于补偿参数存储部73的补偿参数转换存储于基本热位移补偿数据存储部20的所述X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿式的补偿参数。

[0122] 热位移补偿量计算部75通过利用适用了由补偿参数转换部74转换的补偿参数的下式(6)的热位移补偿式来计算X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿量。

[0123] $(a_1 + \Delta_1)(t_1 - T_1) + (a_2 + \Delta_2)(t_2 - T_2) + \dots + (a_n + \Delta_n)(t_n - T_n) = \text{热位移补偿量}$ —式(6)

[0124] 其中, a_n :第 n 个补偿参数, Δ_n :对第 n 个温度数据的补偿参数变化量, t_n :第 n 个温度数据, T_n :第 n 个温度偏置。

[0125] 即,热位移补偿量计算部75可以通过下式(6)计算实时地反映了机床的当前温度状态等的热位移补偿量来提高机床的加工精度。

[0126] 参照图4,当适用本发明的热位移补偿参数自动转换装置进行Z轴补偿时,说明热位移补偿参数自动转换和Z轴的热位移补偿量。

[0127] 图4中, du (detection unit,检测单元)是NC(numerical control,数值控制)或CNC(computerized numerical control,计算机化数值控制)的位置分解能,其表示补偿单位,在本发明的一优选实施例中,被设定为 $0.1\mu\text{m}$ 。

[0128] 图4中,在第1次测量中, H_1 温度测量单元是安装于主轴的盖体的温度测量单元,在图4中,为 26°C (t_1), S_2 是安装于床身的温度测量单元,在图4中,为 24.3°C (t_2)。在图4中,温度偏置(T_1 、 T_2)均为 20°C 。图4中以slope(斜率)表示的作为补偿参数(本实施例中,补偿参数的单位为 $du/^\circ\text{C}$)的 a_1 为83, a_2 为-83。此外,作为求出Z轴的变更的热位移补偿参数,基准工具长度测量变化量在图4中为+5($5\mu\text{m}$)。

[0129] 将其代入式(1),则Z轴补偿量 $= (a_1)(t_1 - T_1) + (a_2)(t_2 - T_2) = 83(26 - 20) - 83(24.3 - 20) = 141.1du = 14.1\mu\text{m}$ 。然而,由于实际基准工具长度测量变化量为 $5\mu\text{m}$,因而实际Z轴补偿量应为 $9.1\mu\text{m}$ 。

[0130] 此外,根据在工具测量单元30和温度测量单元40第2次测量的数据, t_1 为 30°C , t_2 为

26℃, T_1 、 T_2 的温度偏置均为 20℃, a_1 为 83, a_2 为 -83, 假设基准工具长度测量变化量为 -3 (3μm), 将其重新代入式 (1), 则 Z 轴补偿量 = $(a_1) (t_1 - T_1) + (a_2) (t_2 - T_2) = 83 (30 - 20) - 83 (26 - 20) = 332 \text{ du} = 33.2 \mu\text{m}$ 。然而, 由于实际基准工具长度测量变化量为 -3μm, 因而实际 Z 轴补偿量应为 36.2μm。

[0131] 因此, 若没有按照当前机床的状态转换热位移补偿参数, 则无法进行准确的热位移误差补偿, 从而无法提高加工精度。

[0132] 为了计算实时地反映了机床的当前状态等的热位移补偿量参数, 将在上述例中计算的值代入式 (5), 则

$$[0133] \begin{pmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 & 4.3 \\ 10 & 6 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -50 \\ 30 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0.857 & 0.614 \\ 1.429 & -0.857 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -50 \\ 30 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 61.286 \\ -97.143 \end{pmatrix}。$$

[0134] 反映上面计算的 Δ_n (对第 n 个温度数据的补偿参数变化量) 而计算 Z 轴补偿量, 则可获得如下反映了基准工具长度变化量的最终补偿量。由此, 可以看出以基准工具始终被测量为相同的长度 (即, 去除热位移补偿参数的误差) 的方向调整了热位移补偿参数。

[0135] $(83 + 61.286) (26 - 20) + (-83 - 97.143) (24.3 - 20) = 91.1 \text{ du} = 9.1 \mu\text{m}$

[0136] $(83 + 61.286) (30 - 20) + (-83 - 97.143) (26 - 20) = 362 \text{ du} = 36.2 \mu\text{m}$

[0137] 即, 将能够导出与式 (3) 相同的结果。

[0138] 在这种图 4 的计算上述热位移补偿量之前, 实施例的补偿参数计算部 72 还可以包括如下计算过程, 从而计算更精密的补偿参数。

[0139] 参照图 5, 所述补偿参数计算部 72 首先从试验 (Trial) 次数中求出作为对应于所使用的温度测量单元的个数的组合的 mC_n 。

[0140] 即, 根据图 5, 温度测量单元的个数为 5 个, 从而计算所需要的温度行列为 5x5, 因此, 当从实质性的试验编号 1 至 8 中与顺序无关地抽出 5 个数时, 可能的试验编号组合为 (1, 2, 3, 4, 5) ~ (4, 5, 6, 7, 8)。

[0141] 计算对应于如此求出的所有试验编号组合的温度数据行列的行列式 (determinant)。

[0142] 之后, 对如此计算的所有行列式值的绝对值由大到小以降序进行整列。这是因为, 行列式绝对值低意味着行列的温度数据行 (row) 间的独立性 (linear independency) 相对低。因为, 若独立性低, 则在计算逆行列时将受到噪音的影响, 使得补偿参数的计算值变大, 从而导致精密的补偿性下降。

[0143] 之后, 利用所述被整列的行列式值中绝对值非 0 且相对大的上位几个温度数据行列 (例如, 排序为第 1 至第 5) 和工具长度变化量行列 (图 5 中, 对 Y-ERR、Z-ERR 值的行列), 通过上式 5 计算热位移补偿参数行列。这样的值在图 5 中计算并图示于 “calculated y/z-axis thermal compensation parameters, 所计算的 y/z 轴热补偿参数” 的下方。

[0144] 之后, 通过分析所计算的补偿参数行列之间的相关关系 (correlation), 在之后的步骤中排除相关关系较小的行列。

[0145] 之后, 通过相关关系较大的补偿参数行列间的算术平均或加权平均求出最优化于

该装备的最终热位移补偿参数行列,由此可以执行通过补偿的加工。

[0146] 另一方面,对应于所述最终热位移补偿参数的预测补偿值也可以如图8所示以图表为用户提供至操作盘9的画面。

[0147] 此外,在这种图示于图4的操作盘9的画面可以实现能够执行如下功能的按钮或触摸区域。

[0148] 备份 (Backup) 按钮,其是将当前已计算的热位移补偿参数备份至存储器的按钮。

[0149] 开始 (start) 按钮,其是将所有轴的热位移补偿量化为0的按钮。即,补偿引起的移送误差不影响规定值,仅用于测量单纯结构物的热变形导致的误差。

[0150] 开启 (turning) 按钮,其是为计算与所述图5相关地说明的最终热位移补偿量而开始的按钮。

[0151] 程序设置 (PRMSET) 按钮,其是重新将最终计算的补偿参数存储并反映于热位移补偿功能内部,并显示于历史记录画面的按钮。

[0152] 还原 (restore) 按钮,其是还原通过备份按钮备份的之前的热位移参数的按钮。

[0153] 历史记录 (history) 按钮,其是转换为补偿参数开启历史记录画面的按钮。

[0154] 下面参照图6对本发明的实施例的机床的热位移补偿参数自动转换方法进行说明。

[0155] 本发明的机床的热位移补偿参数自动转换方法可以包括选择热位移补偿参数自动转换功能的步骤 (S10)、存储基本数据的步骤 (S20)、选择基准工具测量对象的步骤 (S30)、存储基准工具数据的步骤 (S40)、测量温度的步骤 (S50)、温度数据存储步骤 (S60)、判断当前基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化与否的步骤 (S70)、计算热位移补偿参数的步骤 (S80)、存储被补偿的热位移补偿参数的步骤 (S90)、以及转换热位移补偿式的补偿参数的步骤 (S100)。

[0156] 此外,如图6所图示,根据本发明的实施例,机床的热位移补偿参数自动转换方法还可以包括计算热位移补偿量的步骤 (S110)。

[0157] 在热位移补偿参数自动转换功能设定部80选择热位移补偿参数自动转换功能 (S10)。若不选择此功能,则无法执行本发明的热位移补偿参数自动转换方法。

[0158] 之后,将用于补偿X轴、Y轴或Z轴的热位移的基本数据存储至基本热位移补偿数据存储部20 (S20)。

[0159] 之后,在基准工具测量对象选择部10选择作为由工具测量单元30测量的基准工具的测量对象的工具末端的Z方向或Y方向的位移 (S30)。

[0160] 之后,将由工具测量单元30测量的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移数据存储至基准工具数据存储部50 (S40)。

[0161] 之后,由温度测量单元40测量温度 (S50)。

[0162] 之后,将在温度测量单元40测量的温度数据存储至温度数据存储部60 (S60)。

[0163] 之后,在基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移变化判断部71判断存储于基本热位移补偿数据存储部20的之前的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值与存储于基准工具数据存储部40的当前基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值是否一致 (S70)。若两个值彼此不同,则发生了热位移误差,因而有必要变更热位移补偿参数。

[0164] 之后,当基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移发生了变化时,在补偿参数

计算部72根据变更的基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移值和温度按照上述式(5)来计算热位移补偿参数(S80)。

[0165] 之后,将在补偿参数计算部72计算的热位移补偿参数存储至补偿参数存储部73(S90)。

[0166] 之后,在补偿参数转换部74用存储于补偿参数存储部73的热位移补偿参数转换存储于基本热位移补偿数据存储部20的X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿式的热位移补偿参数(S100)。

[0167] 之后,在热位移补偿量计算部75适用由补偿参数转换部74转换的补偿参数通过上述式(6)计算X轴、Y轴或Z轴的热位移补偿量(S110)。

[0168] 由此,能够计算实时地反映了机床的当前温度状态等的热位移补偿量来提高机床的加工精度。

[0169] 另一方面,根据本发明的另一实施例,如图11所图示,上述图6的说明中选择基准工具测量对象的步骤(S30)和存储基准工具数据的步骤(S40)可以被测量被加工的材料5的加工部5a的步骤(S31)和计算及存储机床的热位移数据的步骤(S41)替代。

[0170] 另一方面,所述计算热位移补偿参数的步骤80还可以包括如下具体的顺序。

[0171] 参照图7,若在步骤S70中判断了基准工具的工具末端的Z方向或Y方向的位移发生变化的情况,则计算温度值,直到满足对应于在步骤S50中使用的温度测量单元的个数的最小试验值(S81)。

[0172] 之后,将各个试验次数和温度数据存储至查找表(S82)。

[0173] 之后,从所述查找表中检索对应于温度数据的最小限度的试验次数(S83)。即,若温度测量单元为5个,则共需要5x5的行列,因而需要至少5个试验次数。

[0174] 之后,将需要的最小限度的试验次数显示于画面(S84)。这种步骤也可以省略。

[0175] 之后,计算对应于如此求出的所有试验编号组合的温度数据行列的行列式(determinant)(S85)。

[0176] 之后,对如此计算的所有行列式值的绝对值由大到小以降序进行整列,并去除较小的值(S86)。

[0177] 之后,利用所述被整列的行列式值中绝对值非0且相对大的上位几个温度数据行列(例如,排序为第1至第5)和工具长度变化量行列(图5中,对Y-ERR、Z-ERR值的行列),通过上式5计算热位移补偿参数行列(S87)。

[0178] 之后,通过分析所计算的补偿参数行列之间的相关关系(correlation),在之后的步骤中排除相关关系较小的行列(S88)。

[0179] 之后,通过相关关系较大的补偿参数行列间的算术平均或加权平均求出最优化于该装备的最终热位移补偿参数行列,由此可以执行通过补偿的加工(S89)。

[0180] 如上,通过上述说明,本领域的一般的技术人员可以理解在不脱离本发明的技术思想的范围内可以实施多种变更和修改,本发明的技术范围不限于实施例所记载的内容,而是应由权利要求书和与其均等的范围定义。

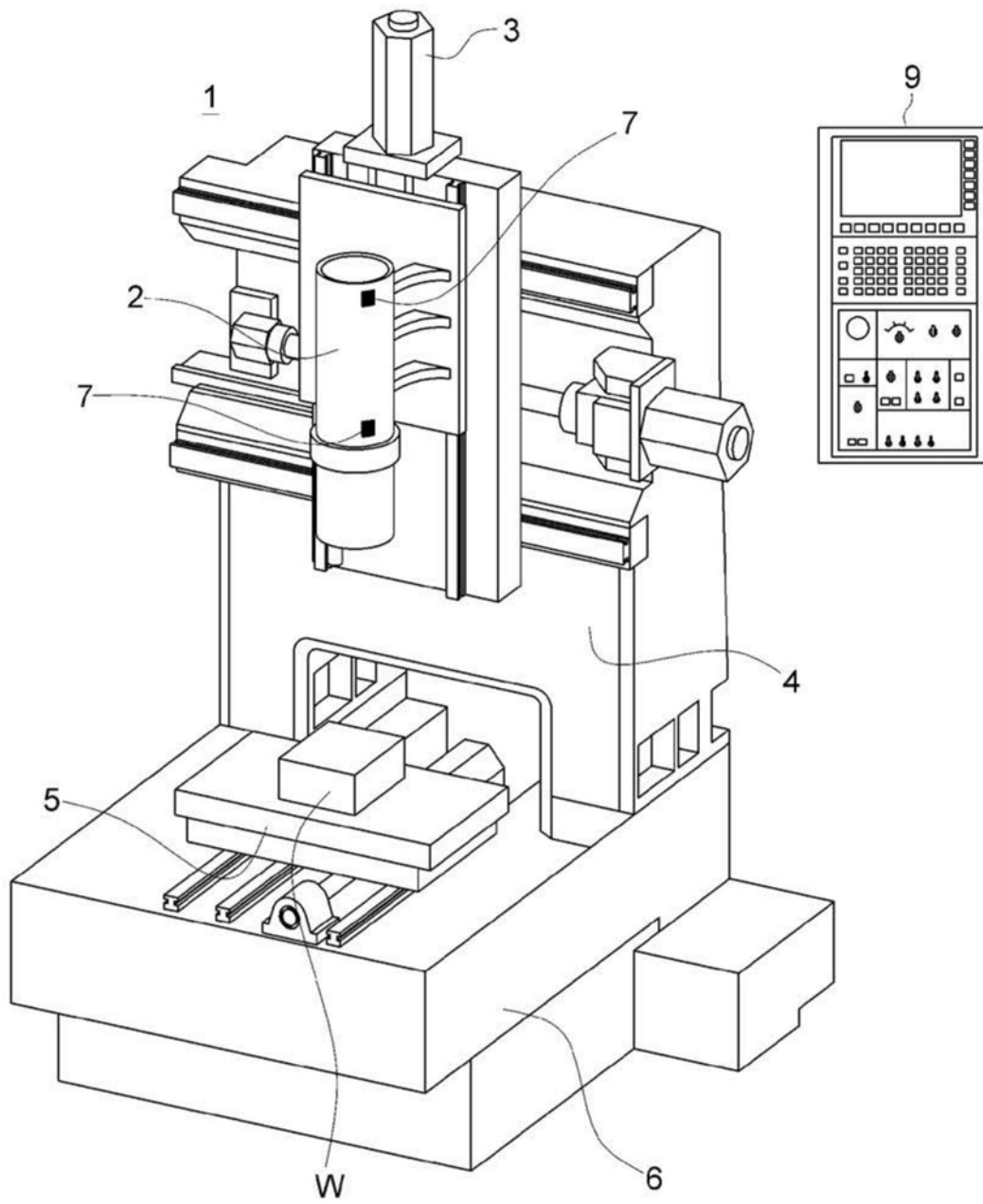


图1

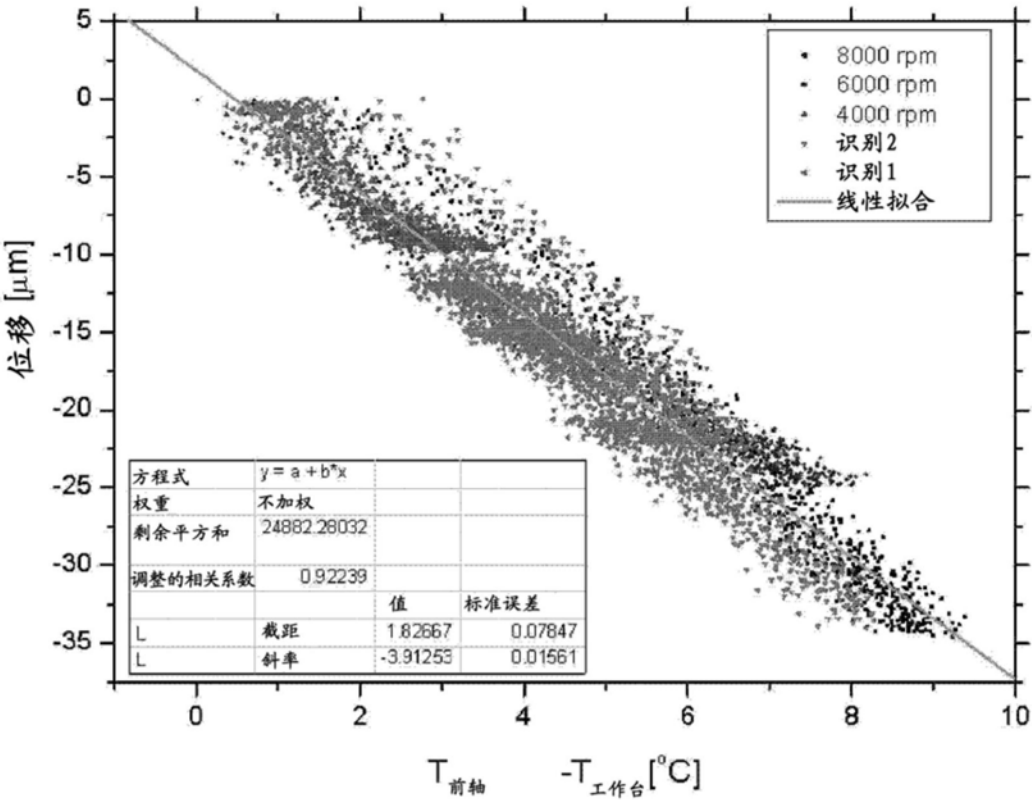


图2

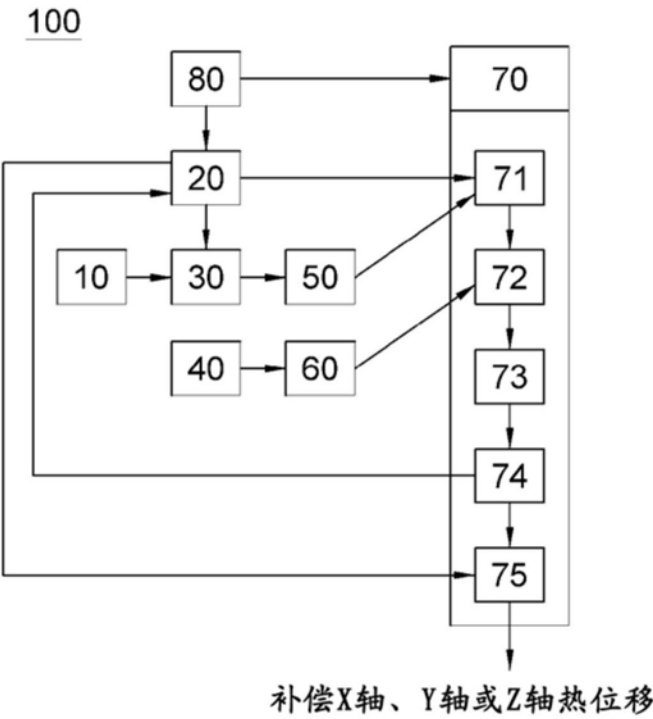


图3

智能热监测及控制

主轴盖补偿参数

温度偏差数据表

传感器ID	TEMP.	TEMP.OFSC	TYP	斜率	X方向	C.TYP	斜率	Y方向	C.TYP	斜率	Z方向	C.TYP	斜率
H1 传感器	0026.0	20	X	0.0	X	X	0.0	X	X	0.0	LIN	83.0	
H2 传感器		0	X	0.0	X	X	0.0	X	X	0.0	X	0.0	
SM1 传感器	0023.0	0	X	0.0	X	X	0.0	X	X	0.0	X	0.0	
SM2 传感器		0	X	0.0	X	X	0.0	X	X	0.0	X	0.0	
S2 传感器	0024.3	20	X	0.0	X	X	0.0	X	X	0.0	LIN	-83.0	

轴移位工作台

指数	RPM	移位	指数	RPM	移位	长度	直径
0	0	0	5	50000	260	+5	
1	12500	20	6	0	0	0	
2	25000	80	7	0	0	0	
3	37500	190	8	0	0	0	
4	45000	260	9	0	0	-3	

MDI ***** ALM 15:59:17

普通

主轴.X

启动

启动2.X

F.轴

冷却

报警

图4

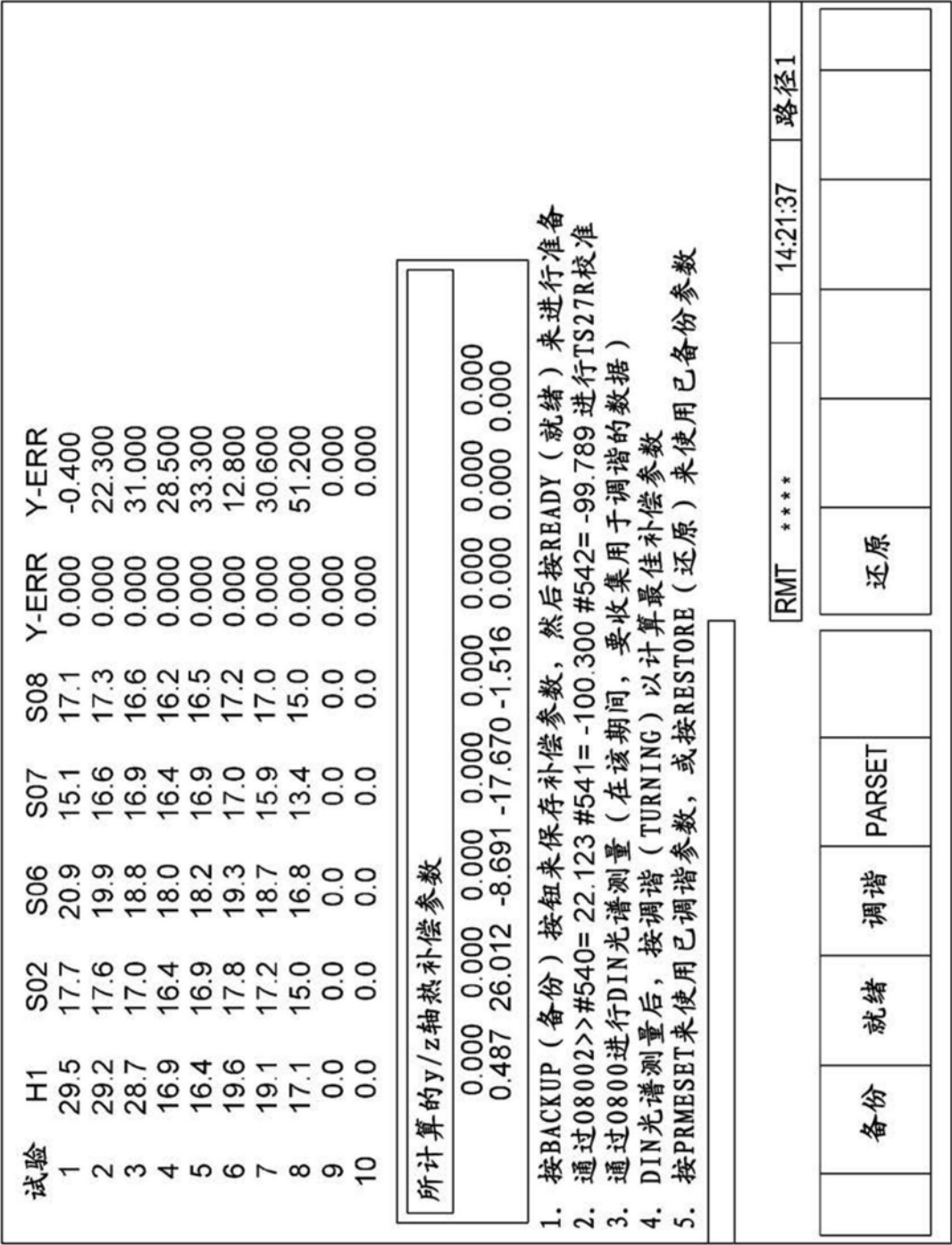


图5

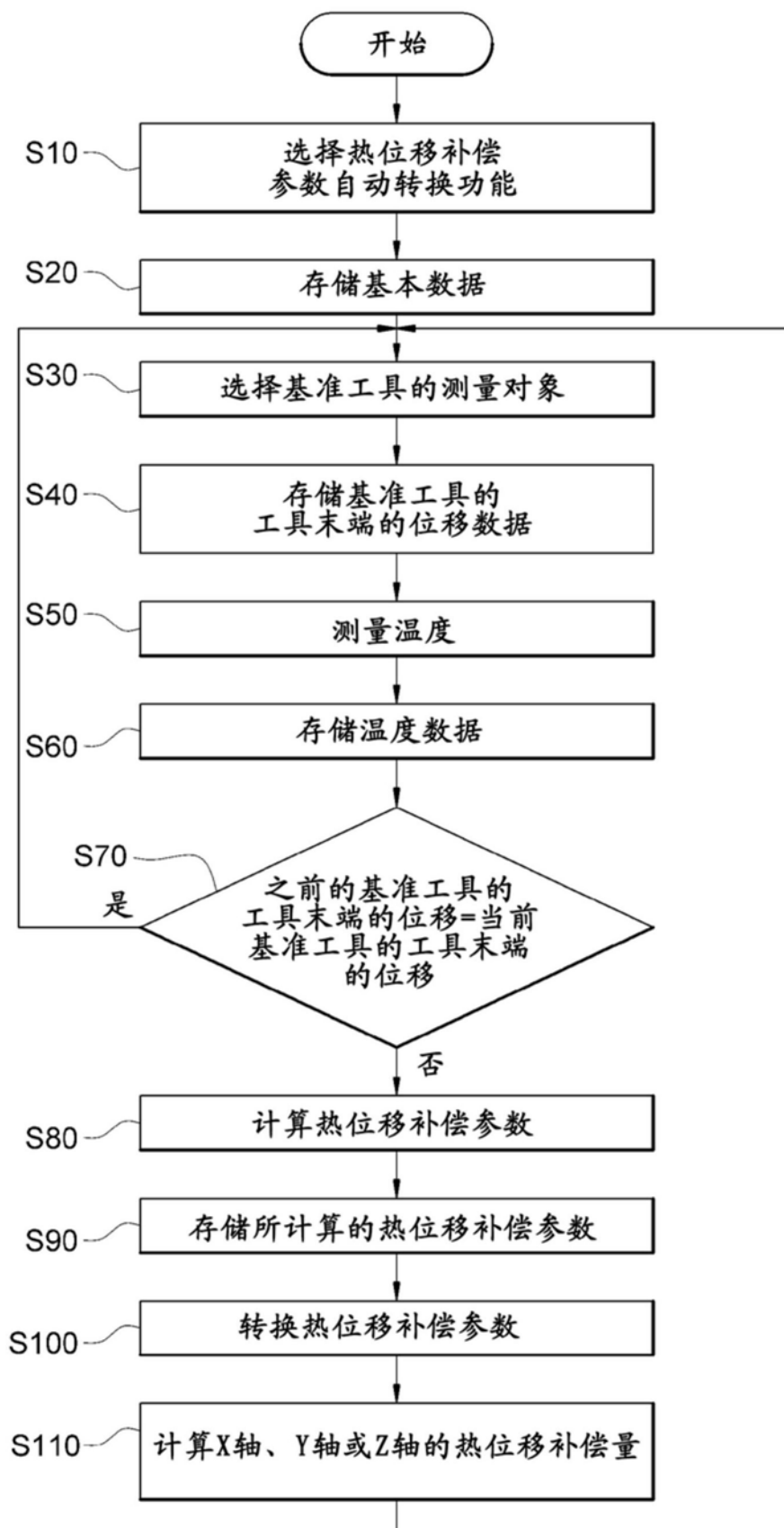


图6

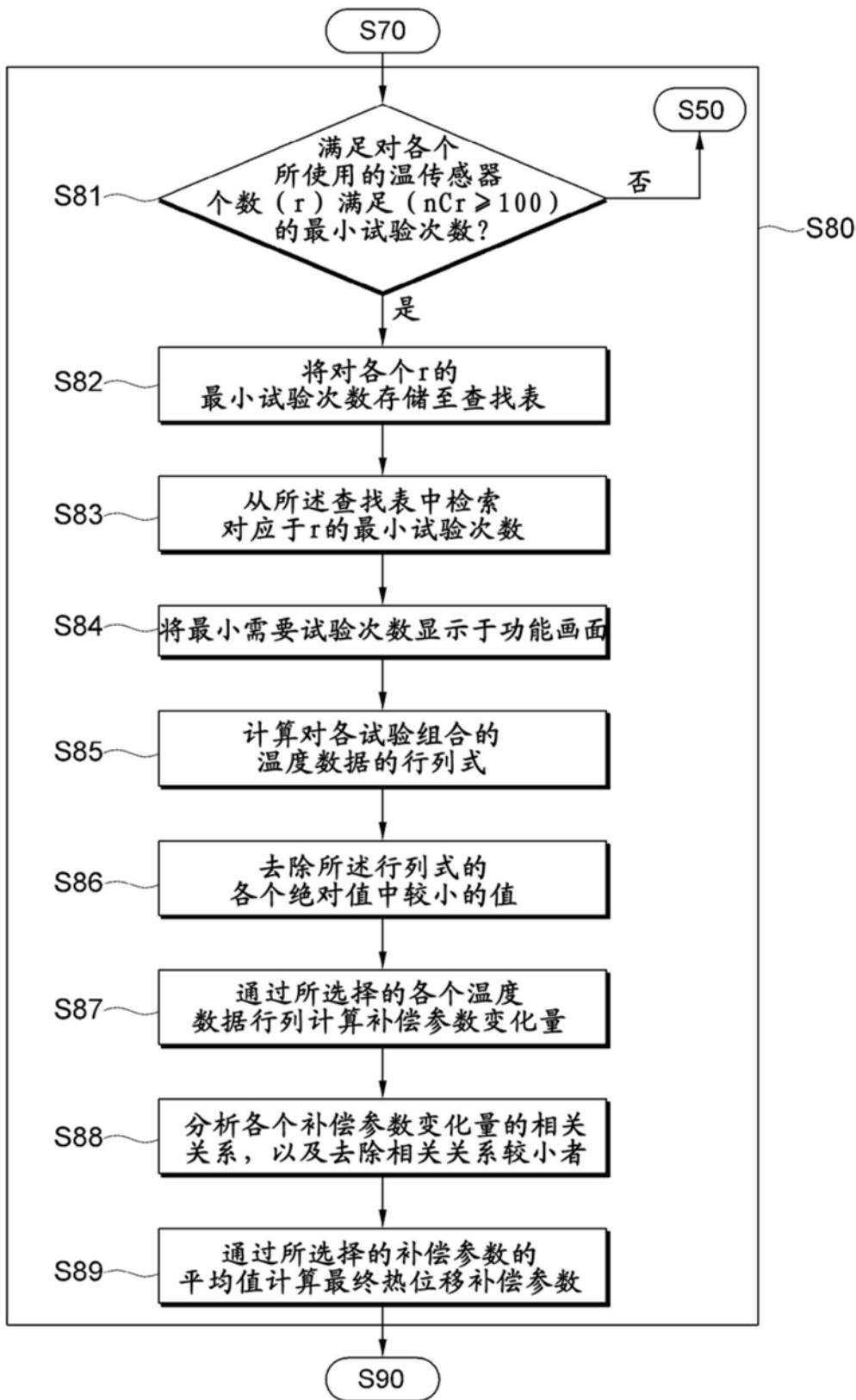


图7

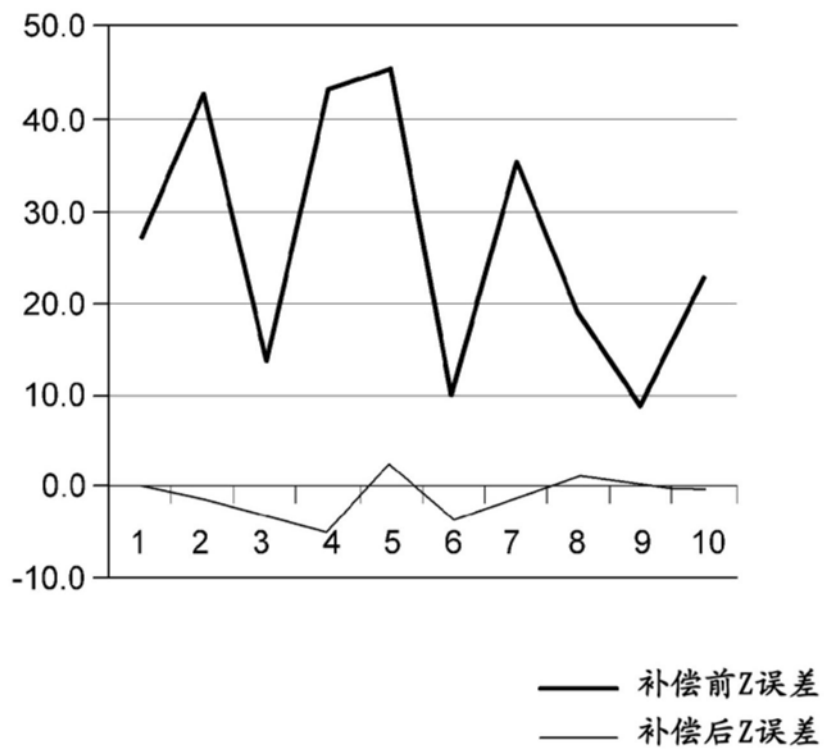


图8

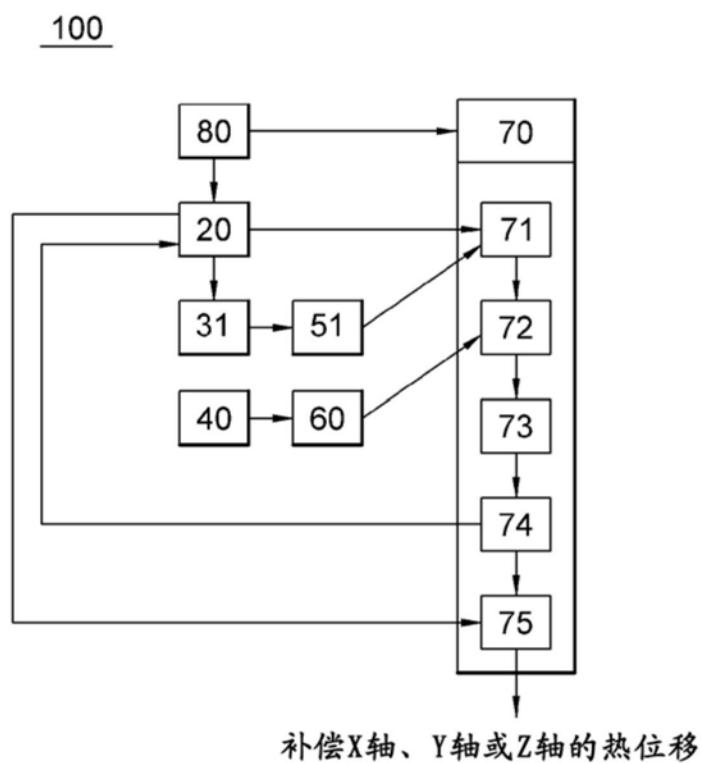


图9

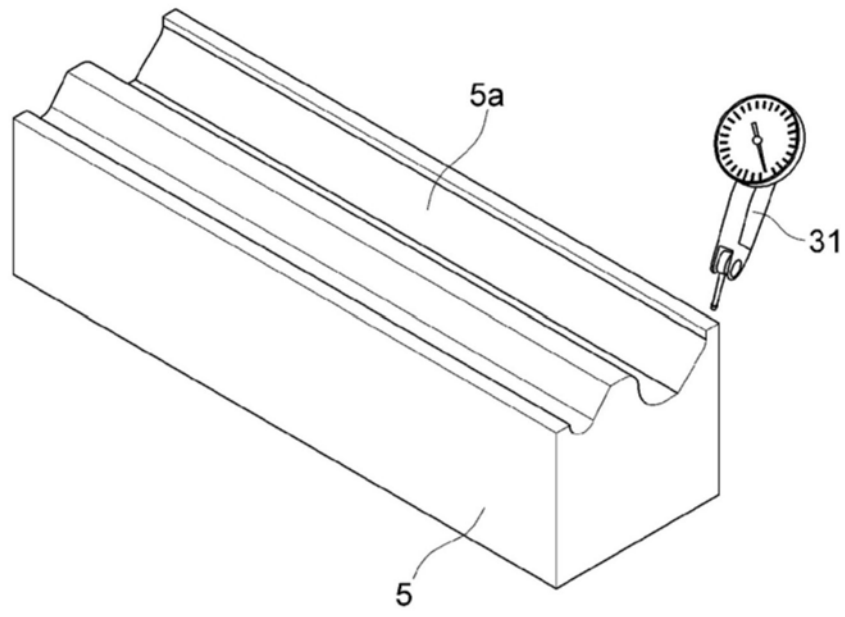


图10

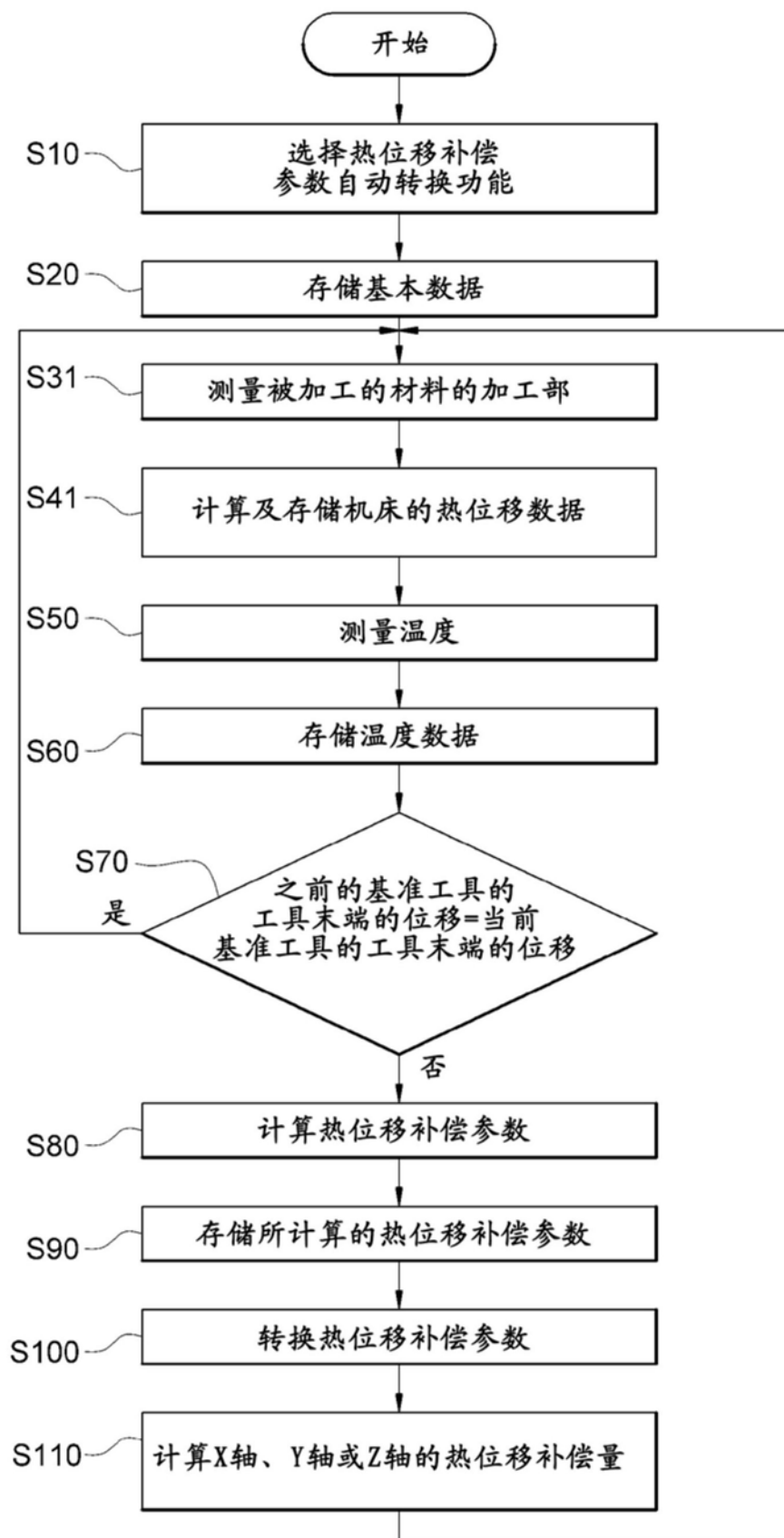


图11