



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102753302 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 19

(21) 申请号 201180009396. 0

B23Q 17/00(2006. 01)

(22) 申请日 2011. 02. 14

G05B 19/404(2006. 01)

(30) 优先权数据

2010-030037 2010. 02. 15 JP

(56) 对比文件

JP 2006-281420 A, 2006. 10. 19,

JP 2006-272539 A, 2006. 10. 12,

JP 2009-184077 A, 2009. 08. 20,

JP 2001-54839 A, 2001. 02. 27,

CN 101412080 A, 2009. 04. 22,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 08. 13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2011/053019 2011. 02. 14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/099599 JA 2011. 08. 18

(73) 专利权人 株式会社捷太格特

地址 日本大阪府

审查员 杨道斌

(72) 发明人 大西洋

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限

公司 11227

代理人 王轶 李伟

(51) Int. Cl.

B23Q 15/18(2006. 01)

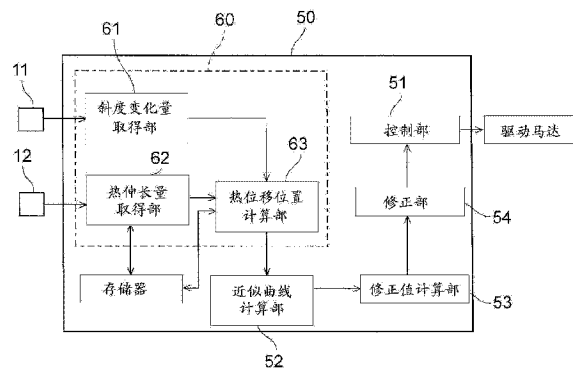
权利要求书3页 说明书14页 附图4页

(54) 发明名称

机床的热位移修正方法以及热位移修正装置

(57) 摘要

本发明提供机床的热位移修正方法以及热位移修正装置。该机床的热位移修正方法具备：检查点位置信息取得工序(60)，在该工序中，取得在支承体(10)设定的至少三个位置的各检查点的热位移位置；近似曲线计算工序(52)，在该工序中，基于各检查点的热位移位置计算支承体(10)的变形形状的近似曲线(C)；修正值计算工序(53)，在该工序中，基于移动体(20)的指令位置和近似曲线(C)计算针对指令位置的修正值(Rz)；以及修正工序(56)，在该工序中，利用修正值(Rz)修正移动体(20)的指令位置。



1. 一种机床的热位移修正方法,所述机床具备:支承体;和移动体,其能够移动地支承于该支承体并基于指令位置而相对于所述支承体移动,

其特征在于,具备:

检查点位置信息取得工序,在该工序中,取得所述支承体热变形后的、设定于所述支承体的至少三个位置的各检查点的热位移位置;

近似曲线计算工序,在该工序中,基于各所述检查点的所述热位移位置计算所述支承体热变形后的、所述支承体的变形形状的近似曲线;

修正值计算工序,在该工序中,基于所述移动体的所述指令位置和所述近似曲线计算针对所述指令位置的修正值;以及

修正工序,在该工序中,利用所述修正值修正所述移动体的所述指令位置,

所述检查点位置信息取得工序具有:

斜度变化量取得工序,在该工序中,取得所述支承体热变形后的、各所述检查点的热位移后斜度相对于所述支承体热变形前的、各所述检查点的基准斜度的斜度变化量;

热伸长量取得工序,在该工序中,取得所述支承体热变形后的从所述支承体的基准位置到各所述检查点的、所述支承体的热位移后长度相对于从所述基准位置到所述支承体热变形前的各所述检查点的、所述支承体的基准长度的热伸长量;以及

热位移位置计算工序,在该工序中,基于各所述检查点的所述斜度变化量以及所述热伸长量来计算各所述检查点的所述热位移位置。

2. 一种机床的热位移修正方法,所述机床具备:支承体;和移动体,其能够移动地支承于该支承体并基于指令位置而相对于所述支承体移动,

其特征在于,具备:

检查点位置信息取得工序,在该工序中,取得所述支承体热变形后的、设定于所述支承体的至少三个位置的各检查点的热位移位置;

近似曲线计算工序,在该工序中,基于各所述检查点的所述热位移位置计算所述支承体热变形后的、所述支承体的变形形状的近似曲线;

修正值计算工序,在该工序中,基于所述移动体的所述指令位置和所述近似曲线计算针对所述指令位置的修正值;以及

修正工序,在该工序中,利用所述修正值修正所述移动体的所述指令位置,

所述检查点位置信息取得工序具有:

热位移后斜度取得工序,在该工序中,取得所述支承体热变形后的、各所述检查点的热位移后斜度;

热伸长量取得工序,在该工序中,取得所述支承体热变形后的从所述支承体的基准位置到各所述检查点的、所述支承体的热位移后长度相对于从所述基准位置到所述支承体热变形前的各所述检查点的、所述支承体的基准长度的热伸长量;以及

热位移位置计算工序,在该工序中,预先设定从所述支承体未发生热变形的状态开始伴随着所述支承体热变形而形成的、各所述检查点的位移轨道,并基于该位移轨道和所取得的所述热位移后斜度计算各所述检查点的所述热位移位置。

3. 根据权利要求1所述机床的热位移修正方法,其特征在于,

设定于所述支承体的所述检查点中的一个位置是将所述支承体支承于所述机床的底

座的支承点。

4. 根据权利要求 2 所述机床的热位移修正方法,其特征在于,

设定于所述支承体的所述检查点中的一个位置是将所述支承体支承于所述机床的底座
的支承点。

5. 根据权利要求 1 所述的机床的热位移修正方法,其特征在于,

设定于所述支承体的所述检查点中的一个位置是将所述支承体支承于所述机床的底座
的支承点,

将所述支承点的所述热位移后斜度取为恒定值。

6. 根据权利要求 2 所述的机床的热位移修正方法,其特征在于,

设定于所述支承体的所述检查点中的一个位置是将所述支承体支承于所述机床的底座
的支承点,

将所述支承点的所述热位移后斜度取为恒定值。

7. 根据权利要求 1、2、5、6 中任一项所述的机床的热位移修正方法,其特征在于,

在所述热伸长量取得工序中,基于由配置于各所述检查点的温度传感器测定的、所述
支承体的温度取得所述热伸长量。

8. 根据权利要求 1、2、5、6 中任一项所述的机床的热位移修正方法,其特征在于,

在所述热伸长量取得工序中,基于由配置于各所述检查点的应变式传感器测定的、所
述支承体的变形量取得所述热伸长量。

9. 根据权利要求 1、2、5、6 中任一项所述的机床的热位移修正方法,其特征在于,

在所述热伸长量取得工序中,基于由配置于所述机床的底座距离传感器测定的、到
所述检查点的距离取得所述热伸长量。

10. 根据权利要求 1 ~ 6 中任一项所述的机床的热位移修正方法,其特征在于,

所述检查点在所述支承体的至少四个位置以上设定。

11. 根据权利要求 1 ~ 6 中任一项所述的机床的热位移修正方法,其特征在于,

在所述修正值计算工序中,计算出针对与所述移动体的移动方向垂直的驱动轴的所述
指令位置的修正值。

12. 根据权利要求 11 所述的机床的热位移修正方法,其特征在于,

在所述修正值计算工序中,进一步计算出针对与所述移动体的移动方向平行的驱动轴
的所述指令位置的修正值。

13. 根据权利要求 1 ~ 6 中任一项所述的机床的热位移修正方法,其特征在于,

所述机床的热影响是因所述移动体移动而产生的、所述支承体的滑动面上的热影响。

14. 一种机床的热位移修正装置,其具备:支承体;和移动体,其能够移动地支承于该
支承体并基于指令位置而相对于所述支承体移动,

其特征在于,具备:

检查点位置信息取得机构,其取得所述支承体热变形后的、设定于所述支承体的至少
三个位置的各检查点的热位移位置;

近似曲线计算机构,其基于各所述检查点的所述热位移位置计算所述支承体热位移后
的、所述支承体的变形形状的近似曲线;

修正值计算机构,其基于所述移动体的所述指令位置和所述近似曲线计算针对所述指

令位置的修正值；以及

修正机构,其利用所述修正值修正所述移动体的所述指令位置,

所述检查点位置信息取得机构具有：

斜度变化量取得机构,其取得所述支承体热变形后的、各所述检查点的热位移后斜度相对于所述支承体热变形前的、各所述检查点的基准斜度的斜度变化量；

热伸长量取得机构,其取得所述支承体热变形后的从所述支承体的基准位置到各所述检查点的、所述支承体的热位移后长度相对于从所述基准位置到所述支承体热变形前的各所述检查点的、所述支承体的基准长度的热伸长量；以及

热位移位置计算机构,其基于各所述检查点的所述斜度变化量以及所述热伸长量来计算各所述检查点的所述热位移位置。

机床的热位移修正方法以及热位移修正装置

技术领域

[0001] 本发明涉及机床的热位移修正方法以及热位移修正装置。

背景技术

[0002] 机床通过利用控制装置对各驱动轴进行位置控制来进行工件的加工。在该机床进行的加工中,机床的热影响有时会引起支承移动体的支承体热变形。由于支承体的热变形对移动体的位置造成影响,所以可能会导致加工精度的降低。因此,例如在专利文献 1 中公开了利用距离传感器测定立柱的倾斜并修正驱动轴的指令位置的方法。

[0003] 参考文献:日本特开 2009-184077 号公报

[0004] 在现有的热位移修正方法中,能够测定从立柱的根支承部位以恒定的倾斜角倾斜的情况下的倾斜角。但是,实际上立柱不会以恒定的倾斜角倾斜,因此,即使应用了现有的热位移修正方法有时也会产生热位移误差。

发明内容

[0005] 本发明是鉴于上述课题而完成的,目的在于提供能够更加高精度地进行热位移修正的机床的热位移修正方法以及热位移修正装置。

[0006] (机床的热位移修正方法)

[0007] 为了解决上述的课题,技术方案 1 所记载的机床的热位移修正方法所涉及的发明的构成上的特征在于,

[0008] 上述机床具备:支承体;和移动体,其能够移动地支承于该支承体并基于指令位置而相对于上述支承体移动,

[0009] 该机床的热位移修正方法具备:

[0010] 检查点位置信息取得工序,在该工序中,取得上述支承体热变形后的、设定于上述支承体的至少三个位置的各检查点的热位移位置;

[0011] 近似曲线计算工序,在该工序中,基于各上述检查点的上述热位移位置计算上述支承体热变形后的、上述支承体的变形形状的近似曲线;

[0012] 修正值计算工序,在该工序中,基于上述移动体的上述指令位置和上述近似曲线计算针对上述指令位置的修正值;以及

[0013] 修正工序,在该工序中,利用上述修正值修正上述移动体的上述指令位置。

[0014] 技术方案 2 所记载的发明的构成上的特征在于,在技术方案 1 的基础上,

[0015] 上述检查点位置信息取得工序具有:

[0016] 斜度变化量取得工序,在该工序中取得上述支承体热变形后的、各上述检查点的热位移后斜度相对于上述支承体热变形前的、各上述检查点的基准斜度的斜度变化量;

[0017] 热伸长量取得工序,在该工序中,取得上述支承体热变形后的从上述支承体的基准位置到各上述检查点的、上述支承体的热位移后长度相对于从上述基准位置到上述支承体热变形前的各上述检查点的、上述支承体的基准长度的热伸长量;以及

[0018] 热位移位置计算工序,在该工序中,基于各上述检查点的上述斜度变化量以及上述热伸长量来计算各上述检查点的上述热位移位置。

[0019] 技术方案 3 所记载的发明的构成上的特征在于,在技术方案 1 的基础上,

[0020] 上述检查点位置信息取得工序具有:

[0021] 热位移后斜度取得工序,在该工序中,取得上述支承体热变形后的、各上述检查点的热位移后斜度;

[0022] 热伸长量取得工序,在该工序中,取得所述支承体热变形后的从所述支承体的基准位置到各所述检查点的、所述支承体的热位移后长度相对于从所述基准位置到所述支承体热变形前的各所述检查点的、所述支承体的基准长度的热伸长量;以及

[0023] 热位移位置计算工序,在该工序中,预先设定从上述支承体未发生热变形的状态开始伴随着上述支承体热变形而形成的、各上述检查点的位移轨道,并基于该位移轨道和所取得的上述热位移后斜度计算各上述检查点的上述热位移位置。

[0024] 技术方案 4 所记载的发明的构成上的特征在于,在技术方案 1 的基础上,设定于上述支承体的上述检查点中的一个位置是将上述支承体支承于上述机床的底座的支承点。

[0025] 技术方案 5 所记载的发明的构成上的特征在于,在技术方案 2 或者 3 的基础上,

[0026] 设定于上述支承体的上述检查点中的一个位置是将上述支承体支承于上述机床的底座的支承点,

[0027] 将上述支承点的上述斜度变化量取为恒定值。

[0028] 技术方案 6 所记载的发明的构成上的特征在于,在技术方案 2、3、5 中任一技术方案的基础上,在上述热伸长量取得工序中,基于由配置于各上述检查点的温度传感器测定的、上述支承体的温度取得上述热伸长量。

[0029] 技术方案 7 所记载的发明的构成上的特征在于,在技术方案 2、3、5 中任一技术方案的基础上,在上述热伸长量取得工序中,基于由配置于各上述检查点的应变式传感器测定的、上述支承体的变形量取得上述热伸长量。

[0030] 技术方案 8 所记载的发明的构成上的特征在于,在技术方案 2、3、5 中任一技术方案的基础上,在上述热伸长量取得工序中,基于由配置于上述机床的底座的距离传感器测定的、到上述检查点的距离取得上述热伸长量。

[0031] 技术方案 9 所记载的发明的构成上的特征在于,在技术方案 1~8 中任一技术方案的基础上,上述检查点在上述支承体的至少四个位置以上设定。

[0032] 技术方案 10 所记载的发明的构成上的特征在于,在技术方案 1~9 中任一技术方案的基础上,在上述修正值计算工序中,计算出针对与上述移动体的移动方向垂直的驱动轴的上述指令位置的修正值。

[0033] 技术方案 11 所记载的发明的构成上的特征在于,在技术方案 10 的基础上,在上述修正值计算工序中,进一步计算出针对与上述移动体的移动方向平行的驱动轴的上述指令位置的修正值。

[0034] 技术方案 12 所记载的发明的构成上的特征在于,在技术方案 1~11 中任一技术方案的基础上,上述机床的热影响是因上述移动体移动而产生的、上述支承体的滑动面的热影响。

[0035] (机床的热位移修正装置)

[0036] 为了解决上述的课题,技术方案 13 所记载的机床的热位移修正装置所涉及的发明的构成上的特征在于,

[0037] 具备:支承体;和移动体,其能够移动地支承于该支承体并基于指令位置而相对于上述支承体移动,

[0038] 该机床的热位移修正装置具备:

[0039] 检查点位置信息取得机构,其取得上述支承体热变形后的、设定于上述支承体的至少三个位置的各检查点的热位移位置;

[0040] 近似曲线计算机构,其基于各上述检查点的上述热位移位置计算上述支承体热位移后的、上述支承体的变形形状的近似曲线;

[0041] 修正值计算机构,其基于上述移动体的上述指令位置和上述近似曲线计算针对上述指令位置的修正值;以及

[0042] 修正机构,其利用上述修正值修正上述移动体的上述指令位置。

[0043] 根据技术方案 1 所涉及的发明构成为,在修正量计算工序中计算出的修正值是利用曲线近似由热影响引起支承体热变形后的变形形状并根据与该近似曲线对应的移动体的指令位置计算出的。另外,支承移动体的支承体因机床的加工、环境温度的变化等热影响而热膨胀并变形。

[0044] 即,设定于支承体的至少三个位置的检查点伴随着由热影响引起的支承体的热变形而位移。而且,在本发明中,基于各检查点的热位移位置曲线地求出支承体的变形形状。由此,与线性地求出支承体的变形形状的情况相比,能够更加准确地计算与支承于支承体的移动体的指令位置对应的修正值。因此,能够与由机床的热影响引起的多种位移状态对应并更加高精度地进行热位移修正。

[0045] 根据技术方案 2 所涉及的发明构成为,检查点位置信息取得工序具有基于斜度变化量以及热伸长量计算各检查点的热位移位置的热位移位置计算工序。即,在斜度变化量取得工序中,根据在支承体热变形前的初始状态下测定的各检查点的基准斜度、与在由机床的加工引起支承体热变形后的变形状态下测定的检查点的热位移后斜度的差值计算斜度变化量。此处,例如利用在检查点配置的倾斜计等传感器测定检查点的斜度。在斜度变化量取得工序中,基于这样测定的各检查点的基准斜度以及热位移后斜度取得斜度变化量。

[0046] 另外,支承移动体的支承体因机床的加工、环境温度的变化等热影响而热膨胀并变形。此时,热膨胀后的支承体的长度以由热影响引起的、与温度和材质的线膨胀率对应的热伸长量变化。因此,在热伸长量取得工序中,根据在支承体的初始状态测定的、从基准位置到各检查点的基准长度与在支承体的变形状态下测定的、从基准位置到各检查点的热位移后长度的差值计算热伸长量。这样计算并分别取得的斜度变化量以及热伸长量是由机床的热影响引起支承体热变形而产生的。

[0047] 另外,在热位移位置计算工序中,使该斜度变化量与表示检查点在哪个方向位移了的位移角度近似。例如在以相对于水平面的倾斜测定斜度的情况下,该位移角度是通过位移前后的检查点的直线与水平面形成的角。而且,能够根据该位移角度(斜度的变化量)和取得的检查点的热伸长量计算该检查点伴随着支承体的热变形而在哪个方向产生了多少位移。因此,通过上述构成,能够更加简单地计算检查点的热位移位置。

[0048] 根据技术方案 3 所涉及的发明构成为,检查点位置信息取得工序具有基于位移轨

道以及热位移后斜度计算各检查点的热位移位置的热位移位置计算工序。该检查点的位移轨道是指伴随着支承体的热变形而位移的检查点的轨道。如上所述,支承体的热伸长量根据材质的线膨胀率而变化。因此,根据伴随着设定有各检查点的周边部位的温度而变化的热伸长量能够推定该部位的变形形状。

[0049] 因此,根据热伸长量预先存储伴随着周边部位的热变形而形成的、检查点的位移轨道。而且,在检查点位置信息取得工序中,取得与通过热伸长量取得工序取得的热伸长量对应的位移轨道。此处,由于支承体因热影响而曲线地变形,所以各检查点的位移轨道也同样地描绘出曲线。因此,在热位移位置计算工序中,求出所取得的位移轨道上的、以取得的检查点的热位移后斜度为切线的位置,并计算出该切点以作为检查点的热位移位置。由此,能够更加高精度地计算出检查点的热位移位置。

[0050] 根据技术方案 4 所涉及的发明构成为,设定于支承体的检查点中的一个位置是将支承体支承于机床的底座的支承点。支承体能够相对机床的底座移动或者不能移动地支承于机床的底座。即,支承体在因机床的热影响而变形的情况下,以支承于底座的支承点为基准热变形。因此,能够将该支承点设定为不因热影响而位移的检查点。由此,在检查点位置信息取得工序中,能够简单地取得作为支承点的检查点的热位移位置。

[0051] 根据技术方案 5 所涉及的发明,设定于支承体的检查点中的一个位置是将支承体支承于机床的底座的支承点。而且构成为,将支承点的热位移后斜度取为恒定值。如上所述,支承体在变形时以支承于底座的支承点为基准热变形。此时,在支承体曲线地热变形的情况下,能够认为作为变形形状的曲线上的检查点的法线方向在热变形的前后不改变。由此,能够将作为支承点的检查点的热位移后斜度视为在支承体热变形的前后为恒定值。因此,在斜度变化量取得工序或者热位移后斜度取得工序中,能够省略该检查点的热位移后斜度的测定。

[0052] 根据技术方案 6 所涉及的发明构成为,在热伸长量取得工序中,基于由配置于检查点的温度传感器测定的支承体的温度检测热伸长量。另外,支承移动体的支承体因机床的加工、环境温度的变化等热影响而热膨胀并变形。此时,热膨胀后的支承体的长度以由热影响引起的、与温度和材质的线膨胀率对应的热伸长量变化。即,支承体的热变形由支承体受到机床的热影响而热膨胀所引起。而且,伴随着该热变形而产生的、支承体的热伸长量是与温度以及材质的线膨胀率对应的值。因此,例如在热伸长量取得工序中,预先存储线膨胀率等相对于支承体的温度的膨胀特性。由此,能够基于由配置于检查点的温度传感器测定的温度计算支承体的热伸长量。

[0053] 根据技术方案 7 所涉及的发明构成为,在热伸长量取得工序中,基于由配置于检查点的应变式传感器测定的支承体的变形量检测热伸长量。该应变式传感器例如可以是内部的电阻值因支承体的伸缩而变化并根据该电阻值的变化测定变形量的应变仪。而且,在热伸长量取得工序中,能够测定伴随着支承体的热变形而产生的变形量,并根据该变形量检测支承体的热伸长量。

[0054] 根据技术方案 8 所涉及的发明构成为,在热伸长量取得工序中,基于由配置于机床的底座的距离传感器测定的、到检查点的距离检测热伸长量。支承体在因机床的热影响而变形了的情况下,以支承该支承体的底座为基准而热变形。即,通过利用在作为基准的底座配置的距离传感器测定到位移后的检查点的距离,能够检测支承体热变形前后的热伸长

量。

[0055] 根据技术方案 9 所涉及的发明构成为,在支承体的至少四个位置以上设定检查点。由于支承体曲线地热变形,所以在近似曲线计算工序中,基于至少三个位置的检查点的热位移位置计算近似曲线。另外,在该近似曲线计算工序中例如利用最小二乘法等计算近似曲线的构成的情况下,能够基于四个位置以上的热位移位置计算二次曲线的近似曲线。由此,能够计算与支承体的变形形状更加近似的近似曲线。因此,能够计算适当的修正值,故能够更加高精度地进行热位移修正。

[0056] 根据技术方案 10 所涉及的发明构成为,在修正值计算工序中,计算与移动体的移动方向垂直的驱动轴的修正值。支承移动体的支承体在因热影响而变形时,有时会以使移动体的移动方向弯曲的方式热变形。在这样的情况下,通过形成上述构成,在修正工序中能够以相对于驱动移动体的驱动轴正交的驱动轴为修正对象,并修正该驱动轴的指令位置。这样,通过反映修正值,能够进行适当的热位移修正。

[0057] 根据技术方案 11 所涉及的发明构成为,在修正值计算工序中,进一步计算与移动体的移动方向平行的驱动轴的修正值。如上所述,在支承体的热变形以使移动体的移动方向弯曲的方式热变形的情况下,有时还需要修正移动体的指令位置。在这样的情况下,通过上述构成,在修正工序中能够以与移动体的移动方向平行的驱动轴、即驱动移动体的驱动轴为修正对象,并修正该驱动轴的指令位置。这样,通过反映修正值,能够进行适当的热位移修正。

[0058] 根据技术方案 12 所涉及的发明构成为,机床的热影响是因移动体移动而产生的、支承体的滑动面上的热影响。支承体因机床的加工、环境温度的变化等热影响而热膨胀并变形。特别是由所支承的移动体移动引起的发热对支承体的热变形造成较大影响。因此,可以将机床的热影响设为供移动体移动的支承体的滑动面上的热影响。由此,能够将支承体的变形形状曲线近似为该滑动面。因此,能够计算以滑动面为对象的修正值并进行更加适当的热位移修正。

[0059] 根据技术方案 13 所涉及的发明构成为,修正量计算机构中计算出的修正值是利用曲线近似由热影响引起支承体热变形后的变形形状并根据与该近似曲线对应的移动体的指令位置计算出的值。另外,支承移动体的支承体因机床的加工、环境温度的变化等热影响而热膨胀并变形。

[0060] 即,设定于支承体的至少三个位置的检查点伴随着由热影响引起的支承体的热变形而位移。而且,在本发明中,基于各检查点的热位移位置曲线地求出支承体的变形形状。由此,与线性地求出支承体的变形形状的情况相比,能够更加准确地计算与支承于支承体的移动体的指令位置对应的修正值。因此,能够与由机床的热影响引起的多种位移状态对应并能够更加高精度地进行热位移修正。

[0061] 另外,对于作为本发明的机床的热位移修正方法的其他特征部分而言,也能够同样地应用于本发明的机床的热位移修正装置。而且,该情况下也能够起到与上述机床的热位移修正方法的效果相同的效果。

附图说明

[0062] 图 1 是第一实施方式的机床 1 的整体图。

- [0063] 图 2 是表示热位移修正装置 50 的框图。
- [0064] 图 3 是表示立柱 10 的变形状态的侧视图。
- [0065] 图 4 是修正值的计算的说明图。
- [0066] 图 5 是图 4 的局部放大图。
- [0067] 图 6 是表示第二实施方式的热位移修正装置 150 的框图。
- [0068] 图 7 是修正值的计算的说明图。
- [0069] 图 8 是图 7 的局部放大图。

具体实施方式

[0070] 以下,参照附图对将本发明的机床的热位移修正方法以及热位移修正装置具体化了的实施方式进行说明。作为机床以三轴加工中心为例进行说明。即,该机床是具有三个相互正交的前进轴(X轴、Y轴、Z轴)作为驱动轴的机床。

[0071] <第一实施方式>

[0072] 参照图 1~图 3 对第一实施方式的机床 1 的热位移修正装置进行说明。图 1 是机床 1 的整体图。图 2 是表示热位移修正装置的框图。图 3 是表示立柱的变形状态的侧视图。

[0073] (机床 1 的结构)

[0074] 如图 1 所示,机床 1 具备:底座 2、立柱 10 (与本发明的“支承体”相当)、滑鞍 20 (与本发明的“移动体”相当)、主轴基体 30、工作台 40、以及数值控制装置 50 (与本发明的“热位移修正装置”相当)。在底座 2 的上表面形成有 Z 轴方向(与地面平行的方向)的导轨,且底座 2 设置于地面。工件 W 是由机床 1 加工的被加工部件。

[0075] 立柱 10 以立起设置的方式被固定于底座 2 的上表面,并且立柱 10 是支承滑鞍 20 的支承体。由于该立柱 10 因机床 1 的加工、环境温度的变化等热影响而变形,所以热位移修正装置将伴随着立柱 10 的热变形而产生的、滑鞍 20 的热位移作为修正的对象。因此,在本实施方式中,如图 3 所示,在立柱 10 设定三个位置的检查点 Pa1、Pb1、Po,并伴随着立柱 10 的热变形基于各检查点的热位移位置亦即位移点 Pa2、Pb2、Po 进行热位移修正。

[0076] 该第一检查点 Pa1 以及第二检查点 Pb1 设定于立柱 10 的 Y 轴方向(相对于地面垂直的方向)的上部附近以及中央部附近。另外,基准检查点 Po 设定于立柱 10 的 Y 轴方向的下部的、将立柱 10 支承于底座 2 的支承点处。各检查点的设定以及热位移修正的详细说明后述。

[0077] 另外,为了进行热位移修正而使立柱 10 在内部具有多个倾斜计 11、多个温度传感器 12、以及导轨 13。倾斜计 11 设置于立柱 10 的内部的、与设定于立柱 10 的检查点 Pa1、Pb2 对应的两个位置。这些倾斜计 11 在所设置的各位置检测立柱 10 的倾斜角度,并将与倾斜角度对应的信号输出至后述的数值控制装置 70。

[0078] 温度传感器 12 设置于立柱 10 的内部的、倾斜计 11 的配置位置以及与设定于立柱 10 的基准检查点 Po 对应位置的三个位置。这些温度传感器 12 在它们所设置的各位置检测立柱 10 的温度,并将与温度对应的信号输出至数值控制装置 70。

[0079] 导轨 13 形成为,在立柱 10 的侧面沿 Y 轴方向延伸。滑鞍 20 设置在立柱 10 的导轨 13 上,并且滑鞍 20 是能够相对于立柱 10 在 Y 轴方向移动的移动体。该滑鞍 20 通过在立柱 10 固定的 Y 轴马达(未图示)的旋转驱动而在 Y 轴方向滑动。在本实施方式中,将形成

有 Y 轴方向的导轨 13 的立柱 10 的侧面设为供滑鞍 20 滑动的、立柱 10 的滑动面 10a。另外,在滑鞍 20 的侧面形成有 X 轴方向(与地面平行的方向)的引导槽。

[0080] 主轴基体 30 具有主轴头 31、旋转主轴 32、以及工具 33,主轴基体 30 是能够相对于滑鞍 20 在 X 轴方向移动的输送台。在主轴头 31 形成有 X 轴方向的导轨,且主轴头 31 能够滑动地与滑鞍 20 的引导槽嵌合。而且,主轴头 31 通过在滑鞍 20 固定的 X 轴马达(未图示)的旋转驱动而使整个主轴基体 30 沿 X 轴方向移动。

[0081] 旋转主轴 32 设置为,通过在主轴头 31 的壳体内收容的主轴马达而能够旋转,且旋转主轴 32 支承工具 33。工具 33 固定于主轴基体 30 的旋转主轴 32 的前端。即,工具 33 伴随着旋转主轴 32 的旋转而旋转。此外,工具 33 例如是钻头、丝锥等。即,在该三轴加工中心亦即机床 1 中,能够使工具 33 相对于底座 2 在 X 轴方向以及 Y 轴方向移动。而且,在机床 1 中,能够使工件 W 在 Z 轴方向移动。

[0082] 工作台 40 设置在底座 2 的 Z 轴方向的导轨上,并且工作台 40 是能够相对于底座 2 在 Z 轴方向移动的输送台。该工作台 40 通过在底座 2 固定的 Z 轴马达(未图示)的旋转驱动而在 Z 轴方向移动。另外,在工作台 40 设置有夹具 41,该夹具 41 用于将工件 W 固定于规定位置。

[0083] 由此,工件 W 伴随着工作台 40 在 Z 轴方向的移动而相对于底座 2 在 Z 轴方向移动。在这样的机床 1 中,基于由控制装置 50 决定的指令位置进行控制,以使滑鞍 20、主轴基体 30、以及工作台 40 移动至指令位置。由此,使工具 33 相对于工件 W 移动并对工件 W 进行加工。

[0084] 控制装置 50 基于 NC 数据对各轴马达以及主轴马达等进行控制。另外,控制装置 50 是修正由机床 1 的热影响引起的立柱 10 的各部位的热位移的热位移修正装置。以下,对机床 1 的控制装置 50 中的、本发明的独特的部分的结构进行说明。

[0085] 如图 2 所示,控制装置 50 具有:控制部 51、近似曲线计算部 52、修正值计算部 53、修正部 54、以及检查点位置信息取得部 60。此处,控制部 51、近似曲线计算部 52、修正值计算部 53、修正部 54 以及检查点位置信息取得部 60 能够是分别由单独的硬件实现的结构,也能够是利用软件分别实现的结构。

[0086] 控制部 51 基于输入的 NC 数据对各轴马达以及主轴马达等进行控制。由此,控制装置 50 进行控制以使滑鞍 20、主轴基体 30、以及工作台 40 移动,从而使受到驱动而旋转的工具 33 相对于工件 W 移动并对工件 W 进行加工。

[0087] 如上所述,控制装置 50 是修正由机床 1 的热影响引起的热位移的热位移修正装置。即,控制装置 50 计算与由机床 1 的热影响引起的立柱 10 的变形对应的修正值,并基于该修正值修正控制部 51 对各轴马达等的控制,从而实现加工的高精度化。以下,也将“控制装置 50”称为“热位移修正装置 50”。

[0088] 热位移修正装置 50 的检查点位置信息取得部 60 是取得立柱 10 热变形后、设定于立柱 10 的检查点 Pa1、Pb1、Po 的位移点 Pa2、Pb2、Po 的检查点位置信息取得机构。该检查点位置信息取得部 60 具有斜度变化量取得部 61、热伸长量取得部 62、以及热位移位置计算部 63。

[0089] 斜度变化量取得部 61 是取得作为支承体的立柱 10 热变形前后、设定于立柱 10 的三个位置的检查点 Pa1、Pb1、Po 的斜度变化量的斜度变化量取得机构。分别利用在两个位

置设置的倾斜计 11 测定在立柱 10 的上部附近设定的检查点 Pa1 的斜度、以及在立柱 10 的中央部附近设定的检查点 Pb2 的斜度。

[0090] 由此,斜度变化量取得部 61 测定立柱 10 热变形前的、检查点 Pa1、Pb1 的基准斜度。另外,斜度变化量取得部 61 测定立柱 10 热变形之后的、检查点 Pa1、Pb1 的热位移后斜度。而且,斜度变化量取得部 61 基于该基准斜度与热位移后斜度的差值取得由机床 1 的热影响引起的立柱 10 的热变形的前后的、检查点 Pa1、Pb1 的斜度变化量。

[0091] 此处,立柱 10 在因机床 1 的热影响而变形时,以基准检查点 Po、即、将立柱 10 支承于底座 2 的支承点为基准而热变形。此时,在立柱 10 曲线地热变形的情况下,能够认为变形形状亦即曲线上的基准检查点 Po 的法线方向在热变形的前后不改变。由此,能够将设定于支承点处的基准检查点 Po 的热位移后斜度视为与立柱 10 热变形前的基准斜度相等。因此,斜度变化量取得部 61 将设定于支承点处的基准检查点 Po 的热位移后斜度取为恒定值。

[0092] 热伸长量取得部 62 是检测因机床 1 的热影响而变形的立柱 10 的热伸长量的热伸长量取得机构。该热伸长量是相对于从立柱 10 的基准位置到立柱 10 热变形前的各检查点的、立柱 10 的基准长度,立柱 10 热变形之后的、从基准位置到各检查点的立柱 10 的热位移后长度。另外,将立柱 10 的基准位置设为支承点(基准检查点 Po)。

[0093] 此处,支承作为移动体的滑鞍 20 的立柱 10 因机床 1 的热影响而热膨胀并变形。此时,热膨胀后的立柱 10 的长度以由热影响引起的、与温度和材质的线膨胀率对应的热伸长量来改变。即,伴随着热变形而产生的立柱 10 的热伸长量是与温度以及材质的线膨胀率对应的值。因此,热伸长量取得部 62 取得基于在检查点 Pa1、Pb1、Po 测定的温度和立柱 10 的膨胀特性计算出的值作为热伸长量。该立柱 10 的膨胀特性是预先存储在热位移修正装置 50 的存储器中的线膨胀率等与立柱 10 的温度相对的特性。

[0094] 热位移位置计算部 63 是基于各检查点的斜度变化量以及热伸长量分别计算各检查点伴随着立柱 10 的热变形而位移后的热位移位置的热位移位置计算机构。设定于立柱 10 的三个位置的检查点 Pa1、Pb1、Po 伴随着由热影响引起的立柱 10 的热变形而位移。通过掌握这些各检查点的热位移位置能够推定立柱 10 的变形形状。因此,热位移位置计算部 63 基于因立柱 10 的热变形而改变大小的、各检查点的斜度变化量以及热伸长量来计算各检查点的热位移位置亦即位移点 Pa2、Pb2、Po。

[0095] 此处,如上所述,立柱 10 在因热影响而变形时,以基准检查点 Po 为基准而热变形。因此,即使立柱 10 热变形,也能够使基准检查点 Po 的位移量为零。因此,热位移位置计算部 63 将立柱 10 热变形的、基准检查点 Po 的热位移位置设为原来的基准检查点 Po。即,基准检查点 Po 与位移点 Po 为同一位置。

[0096] 近似曲线计算部 52 是基于各检查点的热位移位置计算立柱 10 热变形后的、立柱 10 的变形形状的近似曲线的近似曲线计算机构。此处,为了在热位移修正中用更加适当的修正值进行修正而需要准确地掌握因机床 1 的热影响而变形的立柱 10 的变形形状。另外,由于立柱 10 曲线地热变形,所以热位移修正装置 50 利用曲线近似立柱 10 的变形形状并加以掌握。由此,热位移修正装置 50 实现了更加适当的修正值的计算。因此,近似曲线计算部 52 基于由热位移位置计算部 63 计算出的位移点 Pa2、Pb2、Po 计算立柱 10 的近似曲线。

[0097] 修正值计算部 53 是基于作为移动体的滑鞍 20 的指令位置和近似曲线计算针对滑鞍 20 的指令值的修正值的修正值计算机构。该修正值计算部 53 基于由控制装置 50 的

指令值决定的滑鞍 20 的指令位置和由近似曲线计算部 52 计算出的近似曲线计算修正值。此处,控制装置 50 的指令值是指为了控制部 51 基于输入的 NC 数据对各轴马达进行控制而输出的值。

[0098] 修正部 54 是利用计算出的修正值修正滑鞍 20 的指令位置的修正机构。根据这样的结构,例如进行控制以驱动立柱 10 的 Y 轴马达使之旋转,从而使作为移动体的滑鞍 20 朝规定的指令位置移动。而且,修正值计算部 53 使滑鞍 20 的指令位置在与取得的立柱 10 的变形形状相当的近似曲线中对应。由此,能够推定立柱 10 的指令位置的部位因热变形产生多少位移。即,修正部 54 利用由修正值计算部 53 根据上述部位的位移量计算出的修正值来修正控制装置 50 的指令位置。

[0099] (热位移修正)

[0100] 以下,参照图 3~图 5 对机床 1 的热位移修正进行说明。图 4 是修正值的计算的说明图。图 5 是图 4 的局部放大图。另外,本实施方式中的热位移修正以伴随着由热影响引起的立柱 10 的热变形而产生的滑鞍 20 的热位移为修正的对象。而且,为了便于说明,如图 3 所示,立柱 10 因热影响而在 Z 轴方向弯曲地热变形。换言之,将由热影响引起的立柱 10 的变形中的、投影在 Y-Z 平面的变形形状的热位移作为修正对象。因此,在热位移修正中计算与作为移动体的滑鞍 20 的移动方向(Y 轴方向)垂直的驱动轴(Z 轴)的修正值。

[0101] 另外,立柱 10 因机床 1 的加工、环境温度的变化等热影响而热膨胀并变形。特别是由所支承的滑鞍 20 移动引起的发热对立柱 10 的变形造成较大影响。因此,将机床 1 的热影响设为供滑鞍 20 移动的、立柱 10 的滑动面 10a 的热影响。因此,将各检查点设定在滑动面 10a 的面上,另外,后述的近似曲线 C 利用曲线近似该滑动面 10a 的变形形状。

[0102] 首先,对各检查点的设定进行说明。立柱 10 的检查点设定为第一检查点 Pa1、第二检查点 Pb1、以及基准检查点 Po 三个位置。在本实施方式中,等间隔地设定各检查点,并且将各检查点设定为,从最上方的第一检查点 Pa1 到立柱 10 的上端的距离为各检查点间的距离的一半左右。即,在本实施方式中将检查点设定在三个位置,因此,将第一检查点 Pa1 设定在从底座 2 开始相对于立柱 10 的整个高度 80%左右的高度,将第二检查点 Pb1 设定在从底座 2 开始相对于立柱 10 的整个高度 40%左右的高度。另外,如上所述,将基准检查点 Po 设定于将立柱 10 支承于底座 2 的支承点处。

[0103] 而且,如图 3 所示,若立柱 10 因热影响而变形,则各检查点伴随着该热变形而位移。第一检查点 Pa1 以及第二检查点 Pb1 的热位移位置分别是第一位移点 Pa2 以及第二位移点 Pb2。另外,基准检查点 Po 相对于底座 2 的位移量为零,因此,检查点 Po 与位移点 Po 为同一位置。另外,在各检查点设置有温度传感器 12,并且在第一检查点 Pa1 以及第二检查点 Pb1 设置有倾斜计 11。由此,可测定立柱 10 热变形前后的、各检查点的斜度以及温度。

[0104] 在机床 1 进行的加工中,滑鞍 20 反复进行相对于立柱 10 在 Y 轴方向的移动,从而立柱 10 的滑动面 10a 发热,立柱 10 热变形。另外,参照简化地表示立柱 10 的滑动面 10a 的热变形的图 4、图 5 对立柱 10 的变形形状的近似曲线 C 以及滑鞍 20 的修正值的计算进行说明。

[0105] 首先,在检查点位置信息取得工序中,取得各检查点的热位移位置。因此,在斜度变化量取得工序中,取得各检查点的斜度变化量。即,检查点位置信息取得部 60 的斜度变化量取得部 61 利用倾斜计 11 将位移点 Pa2、Pb2 的立柱 10 的倾斜角度作为热位移后斜度

输入。而且,根据上述热位移后斜度与在立柱 10 热变形前取得的基准斜度的差值计算各检查点的斜度变化量。

[0106] 具体而言,首先,从热位移修正装置 50 的存储器取得在立柱 10 热变形前在第一检查点 Pa1 测定的斜度。接下来,利用倾斜计 11 输入在位移点 Pa2 测定的斜度 α 。在本实施方式中,将立柱 10 热变形前的斜度设为零,因此,斜度变化量与斜度 α 等值。因此,如图 5 所示,将该斜度变化量 α 做为与水平线形成的角进行计算。此外,斜度变化量取得部 61 总是将基准检查点 Po 的斜度变化量取为零。

[0107] 接下来,在热伸长量取得工序中检测由热变形引起的立柱 10 的热伸长量。因此,利用温度传感器 12 向检查点位置信息取得部 60 的热伸长量取得部 62 输入在位移点 Pa2、Pb2、Po 测定的温度。并且,热伸长量取得部 62 取得预先存储在热位移修正装置 50 的存储器中的、立柱 10 的各检查点的膨胀特性。而且,如图 4 所示,热伸长量取得部 62 基于各位移点的温度和膨胀特性检测立柱 10 热变形前后的热伸长量 ΔH_a 、 ΔH_b 。

[0108] 接着,在热位移位置计算工序中,计算伴随着立柱 10 的热变形而位移后的位移点 Pa2、Pb2、Po 的位置。因此,检查点位置信息取得部 60 的热位移位置计算部 63 基于斜度变化量以及热伸长量计算各检查点的热位移位置亦即位移点 Pa2、Pb2、Po。

[0109] 此处,热位移位置计算部 63 使上述第一检查点的斜度变化量 α 与表示第一检查点 Pa1 向哪个方向位移了的位移角度 θ 近似。如图 5 所示,该位移角度 θ 是通过第一检查点 Pa1 和位移点 Pa2 的直线与水平线所夹的角。而且,基于与斜度变化量 α 近似的位移角度 θ 和第一检查点 Pa1 的热伸长量 ΔH_a 求出第一检查点 Pa1 在 Z 轴方向的位移量 ΔZ_a ,从而计算出位移点 Pa2 的位置。同样地计算出第二检查点 Pb1 的热位移位置亦即位移点 Pb2 的位置。

[0110] 而且,在近似曲线计算工序中,计算立柱 10 的变形形状的近似曲线 C。即,近似曲线计算部 52 计算通过各检查点的热位移位置亦即位移点 Pa2、Pb2、Po 中的每一个点的二次曲线。近似曲线计算部 52 将该计算出的二次曲线作为立柱 10 的近似曲线 C。

[0111] 在修正值计算工序中,计算针对滑鞍 20 的指令值的修正值。因此,修正值计算部 53 首先取得由控制装置 50 的指令值决定的、滑鞍 20 的指令位置 P_y 。接下来,修正值计算部 53 在与立柱 10 的变形形状相当的近似曲线 C 中使滑鞍 20 的指令位置 P_y 进行对应,从而计算修正值 R_z 。而且,在修正工序中,利用该修正值修正指令位置。即,修正部 54 利用计算出的修正值 R_z 修正控制部 51 输出的指令位置。

[0112] 由此,例如可修正针对工作台 40 的指令位置,使工件 W 在 Z 轴方向进一步移动修正量 R_z ,从而在适当的加工位置对工件 W 进行加工。这样,在机床 1 的加工中,热位移修正装置 50 逐次修正伴随着立柱 10 的热变形而产生的滑鞍 20 的热位移,从而与加工中的立柱 10 的热变动、滑鞍 20 的指令位置对应,实现了加工的高精度化。

[0113] (热位移修正装置的效果)

[0114] 根据上述机床 1 的热位移修正装置 50,在修正值计算部 53 中计算出的修正值是利用曲线近似由热影响引起立柱 10 热变形后的变形形状并根据与该近似曲线 C 对应的、滑鞍 20 的指令位置计算出的值。即,设定于立柱 10 的三个位置的检查点 Pa1、Pb1、Po 伴随着由热影响引起的立柱 10 的热变形而位移。而且,基于各检查点的斜度变化量以及热伸长量曲线地求出立柱 10 的变形形状。由此,与线性地求出立柱 10 的变形形状的情况相比,能够更

加准确地计算出与支承于立柱 10 的滑鞍 20 的指令位置对应的修正值。因此,能够与由机床 1 的热影响引起的多种位移状态对应并更加高精度地进行热位移修正。

[0115] 另外,检查点位置信息取得部 60 的热位移位置计算部 63 基于斜度变化量以及热伸长量计算各检查点的热位移位置亦即位移点 Pa2、Pb2。即,对于第一检查点 Pa1 而言,根据在立柱 10 热变形前后测定的基准斜度以及热位移后斜度的差值计算斜度变化量 α 。而且,热位移位置计算部 63 使该斜度的变化量 α 与表示检查点朝哪个方向位移了的位移角度 θ 近似。根据该位移角度 θ (\approx 斜度的变化量 α) 和检测到的检查点的热伸长量能够计算出该检查点伴随着立柱 10 的变形而朝哪个方向位移了多少。这样,能够更加简单地计算各检查点的热位移位置 Pa2、Pb2。

[0116] 而且,设定于立柱 10 的各检查点中的一个位置是将立柱 10 支承于机床 1 的底座 2 的支承点。立柱 10 不能相对机床 1 的底座 2 移动地被支承。即,立柱 10 在因机床 1 的热影响而变形的情况下,以支承于底座 2 的支承点为基准而热变形。因此,将该支承点设定为不因热影响而位移的基准检查点 Po。由此,能够简化支承点亦即基准检查点 Po 的斜度的测定以及热伸长量的检测。

[0117] 并且,斜度变化量取得部 61 将以支承点为检查点的基准检查点 Po 的热位移后斜度取为恒定值。如上所述,立柱 10 在热变形时以支承于底座 2 的支承点为基准而热变形。此时,在立柱 10 曲线地热变形的情况下,能够认为变形形状亦即曲线上的基准检查点 Po 的法线方向在热变形的前后不改变。由此,能够将支承点亦即基准检查点 Po 的热位移后斜度视为在立柱 10 的热变形的前后为恒定值(零)。因此,斜度变化量取得部 61 能够省略该检查点的热位移后斜度的测定。

[0118] 热伸长量取得部 62 基于由配置于各检查点的温度传感器 12 测定的立柱 10 的温度检测热伸长量。另外,立柱 10 的热变形是由立柱 10 受到机床 1 的热影响而热膨胀所引起。而且,伴随着该热变形而产生的立柱 10 的热伸长量是与温度以及材质的线膨胀率对应的值。因此,热伸长量取得部 62 取得预先存储在热位移修正装置 50 的存储器中的、相对于立柱 10 的温度的膨胀特性亦即线膨胀率。由此,基于由配置于检查点的温度传感器 12 测定的温度和立柱 10 的线膨胀率能够计算立柱 10 的热伸长量。

[0119] 修正值计算部 53 计算与滑鞍 20 的位移方向垂直的驱动轴(Z 轴)的修正值 Rz。在形成本实施方式那样的结构的机床 1 中,支承滑鞍 20 的立柱 10 在因热影响而变形时,有时以使滑鞍 20 的移动方向在 Z 轴方向弯曲的方式热变形。在这样的情况下,通过计算 Z 轴方向的修正值 Rz,修正部 54 能够以与驱动滑鞍 20 的驱动轴(Y 轴)正交的 Z 轴为修正对象并修正该 Z 轴的指令位置。这样,通过反映修正值 Rz 能够进行适当的热位移修正。

[0120] 另外,机床 1 的热影响是因滑鞍 20 移动而产生的立柱 10 的滑动面 10a 的热影响。立柱 10 因机床 1 的加工、环境温度的变化等热影响而热膨胀并变形。特别是由所支承的滑鞍 20 移动引起的发热对立柱 10 的热变形造成较大影响。因此,将机床 1 的热影响设为供滑鞍 20 移动的立柱 10 的滑动面 10a 的热影响。由此,能够使立柱 10 的变形形状以该滑动面 10a 进行曲线近似。因此,能够计算以滑动面 10a 为对象的修正值 Rz,从而能够进行更加适当的热位移修正。

[0121] < 第二实施方式 >

[0122] 参照图 6~ 图 8 对第二实施方式的机床 1 的热位移修正装置进行说明。图 6 是表

示热位移修正装置 150 的框图。图 7 是修正值的计算的说明图。图 8 是图 7 的局部放大图。此处,第二实施方式的热位移修正的检查点位置信息取得工序中的各检查点的热位移位置的计算方法与第一实施方式不同。其他的结构实际上与第一实施方式相同,故省略详细的说明。

[0123] 如图 6 所示,本实施方式的热位移修正装置 150 的检查点位置信息取得部 160 具有:热位移后斜度取得部 164、热伸长量取得部 62、以及热位移位置计算部 163。热位移后斜度取得部 164 是取得作为支承体的立柱 10 热变形后的、各检查点的热位移后斜度的热位移后斜度取得机构。另外,热位移位置计算部 163 是基于后述的各检查点的位移轨道和热位移后斜度计算各检查点的热位移位置的热位移位置计算机构。

[0124] 在热位移修正装置 150 进行的热位移修正中,首先与第一实施方式相同地在检查点位置信息取得工序中取得各检查点的热位移位置。因此,在热位移后斜度取得工序中取得各检查点的热位移后斜度。即,检查点位置信息取得部 160 的热位移后斜度取得部 164 利用倾斜计 11 输入位移点 Pa2、Pb2 处的、立柱 10 的倾斜角度。另外,热位移后斜度取得部 164 总是将基准检查点 Po 的斜度取为零。

[0125] 接下来,在热伸长量取得工序中,检测由热变形引起的立柱 10 的热伸长量。因此,检查点位置信息取得部 160 的热伸长量取得部 62 利用温度传感器 12 输入在位移点 Pa2、Pb2、Po 测定的温度。并且,热伸长量取得部 62 取得预先存储在热位移修正装置 50 的存储器中的、立柱 10 的各检查点的膨胀特性。而且,如图 6 所示,热伸长量取得部 62 基于各位移点的温度和膨胀特性检测立柱 10 热变形前后的热伸长量 ΔHa 、 ΔHb 。

[0126] 接着,在热位移位置计算工序中,计算伴随着立柱 10 的热变形而位移后的、位移点 Pa2、Pb2、Po 的位置。因此,检查点位置信息取得部 160 的热位移位置计算部 163 取得第一检查点 Pa1 以及第二检查点 Pb1 的位移轨道。而且,热位移位置计算部 163 基于各检查点的热位移后斜度以及取得的位移轨道计算各检查点的热位移位置亦即位移点 Pa2、Pb2、Po。该检查点的位移轨道是指从立柱 10 未发生热变形的状态开始伴随着立柱 10 热变形而形成的、各检查点的轨道,且该检查点的位移轨道是根据温度或者热伸长量等而预先设定的。

[0127] 如上所述,立柱 10 的热伸长量根据材质的线膨胀率而变化。因此,能够根据伴随着立柱 10 的、设定有各检查点的周边部位的温度而变化的热伸长量,推定该部位的变形形状。因此,热位移修正装置 50 的存储器根据热伸长量而预先存储伴随着周边部位的热变形而形成的、检查点的位移轨道。而且,热位移位置计算部 163 取得与由热伸长量取得部 62 检测出的热伸长量 ΔHa 、 ΔHb 对应的位移轨道 Orba、Orbb。

[0128] 此处,由于立柱 10 因热影响而曲线地热变形,所以检查点的位移轨道也同样地描绘出曲线。因此,如图 7 所示,热位移位置计算部 163 将第一检查点 Pa1 移动了热伸长量 ΔHa 后的点 Pae 设为所取得的位移轨道 Orba 的起点。而且,热位移位置计算部 163 求出位移轨道 Orba 上的、以所取得的第一检查点 Pa1 的斜度 α 为切线的位置。

[0129] 热位移位置计算部 163 计算出由此求出的切点作为第一检查点 Pa1 的热位移位置亦即位移点 Pa2。同样地,将第二检查点 Pb1 位移了热伸长量 ΔHb 后的点 Pbe 设为所取得的位移轨道 Orbb 的起点,并求出以位移点 Pb2 的斜度为切线的位置。由此,计算出第二检查点 Pb1 的热位移位置亦即位移点 Pb2 的位置。

[0130] 而且,在近似曲线计算工序中计算立柱 10 的变形形状的近似曲线 C。即,近似曲线

计算部 52 计算通过各检查点的热位移位置亦即位移点 Pa2、Pb2、Po 的每一点的二次曲线。近似曲线计算部 52 将该计算出的二次曲线作为立柱 10 的近似曲线 C。热位移修正以后的各工序实际上与第一实施方式相同,故省略说明。

[0131] 根据上述的机床 1 的热位移修正装置 50,可起到与第一实施方式相同的效果。另外,热位移位置计算部 163 基于斜度以及位移轨道计算各检查点的热位移位置亦即位移点 Pa2、Pb2。由此,能够更加高精度地计算检查点的热位移位置。

[0132] < 第一实施方式、第二实施方式的变形方式 >

[0133] 在第一实施方式、第二实施方式中,机床 1 的热位移修正装置 50、150 在热伸长量取得工序中基于由配置于各检查点的温度传感器 12 测定的温度来检测热伸长量。与此相对,还可以是在检查点配置应变式传感器并基于由该应变式传感器测定的变形量检测热伸长量的结构。该应变式传感器例如可以是内部的电阻值因立柱 10 的伸缩而改变并根据该电阻值的变化测定变形量的应变仪。而且,在热伸长量取得工序中,能够测定伴随着立柱 10 的热变形而产生的变形量,并根据该变形量检测立柱 10 的热伸长量。

[0134] 或者,可以是在机床 1 的底座 2 配置距离传感器并基于由该距离传感器测定的到检查点的距离来检测热伸长量的结构。立柱 10 在因机床 1 的热影响而变形的情况下,以支承该立柱 10 的底座 2 为基准而热变形。即,通过利用在作为基准的底座 2 配置的距离传感器测定到位移后的检查点的距离,能够检测立柱 10 热变形前后的热伸长量。这样,在热伸长量取得工序中,可以代替温度传感器 12 而利用各种机构检测热伸长量。该情况下也可起到与第一实施方式相同的效果。

[0135] 另外,在第一实施方式、第二实施方式中,在立柱 10 的三个位置设定检查点。与此相对地,也可以是在作为支承体的立柱 10 的至少四个位置以上设定检查点的结构。由于立柱 10 曲线地热变形,所以近似曲线计算工序为了以曲线来近似变形形状而需要至少三个位置的检查点。另外,在该近似曲线计算工序中,例如在利用最小二乘法等计算近似曲线 C 的结构的情况下,能够基于四个位置以上的热位移位置计算二次曲线的近似曲线。由此,能够计算与立柱 10 的变形形状更加近似的近似曲线 C。因此,能够计算适当的修正值 Rz,故能够更加高精度地进行热位移修正。

[0136] 并且,可以是在修正值计算工序中进一步计算与滑鞍 20 的移动方向平行的驱动轴(Y 轴)的修正值的结构。此处,在立柱 10 的热变形以使滑鞍 20 的位移方向弯曲的方式热变形的情况下,有时需要修正由控制装置 50 的指令值决定的滑鞍 20 的指令位置。在这样的情况下,例如通过基于各检查点的热伸长量 ΔH_a 、 ΔH_b 进一步计算 Y 轴的修正值 Ry,能够修正滑鞍 20 的移动方向亦即 Y 轴的指令位置。这样,通过使修正值 Ry 适当地反映滑鞍 20 的移动方向,能够进行更加适当的热位移修正。

[0137] 在第一实施方式、第二实施方式中,对机床 1 的热影响是因滑鞍 20 移动而产生的、立柱 10 的滑动面 10a 的热影响的情况进行了说明。另外,可认为机床 1 的热影响是由机床 1 的加工引起的各轴马达、主轴马达的旋转、环境温度的变化、各滑动面的发热等。因此,在由这些热影响引起立柱 10 热变形的情况下,可以在立柱 10 适当地设定曲线近似的基准位置。因此,能够与各种热影响对应地进行更加适当的热位移修正。

[0138] 另外,以作为支承体的立柱 10 的热变形为例对热位移修正进行了说明。与此相对地,只要是支承工具 33 或者工件 W 并因机床 1 的热影响而产生热位移的部件,就能够应用

本发明的热位移修正方法。除此之外,列举三轴加工中心为例对机床 1 进行了说明。与此相对地,机床 1 例如可以是还具有旋转轴(A 轴、B 轴)的五轴加工中心。在这样的结构中也可起到相同的效果。

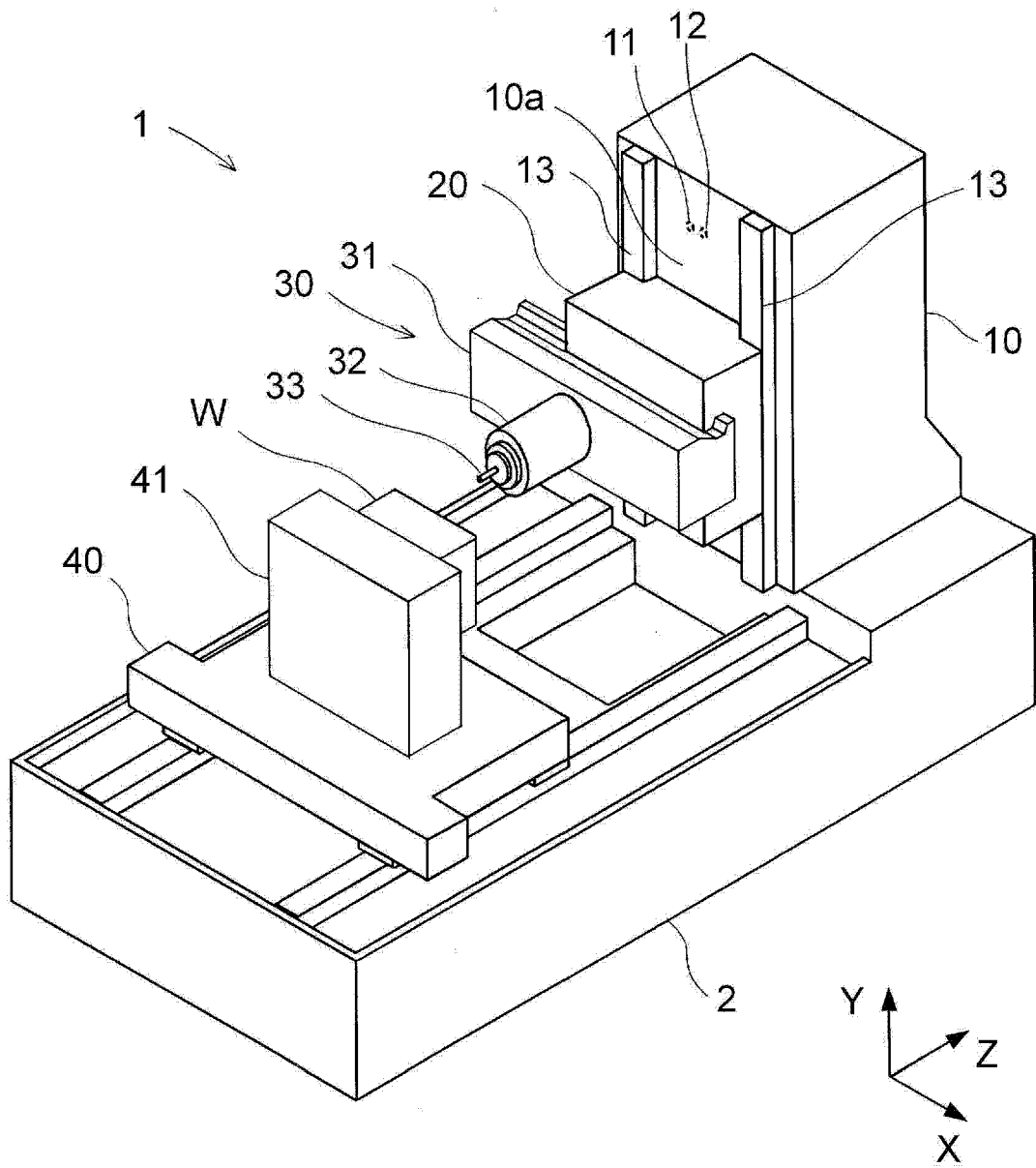


图 1

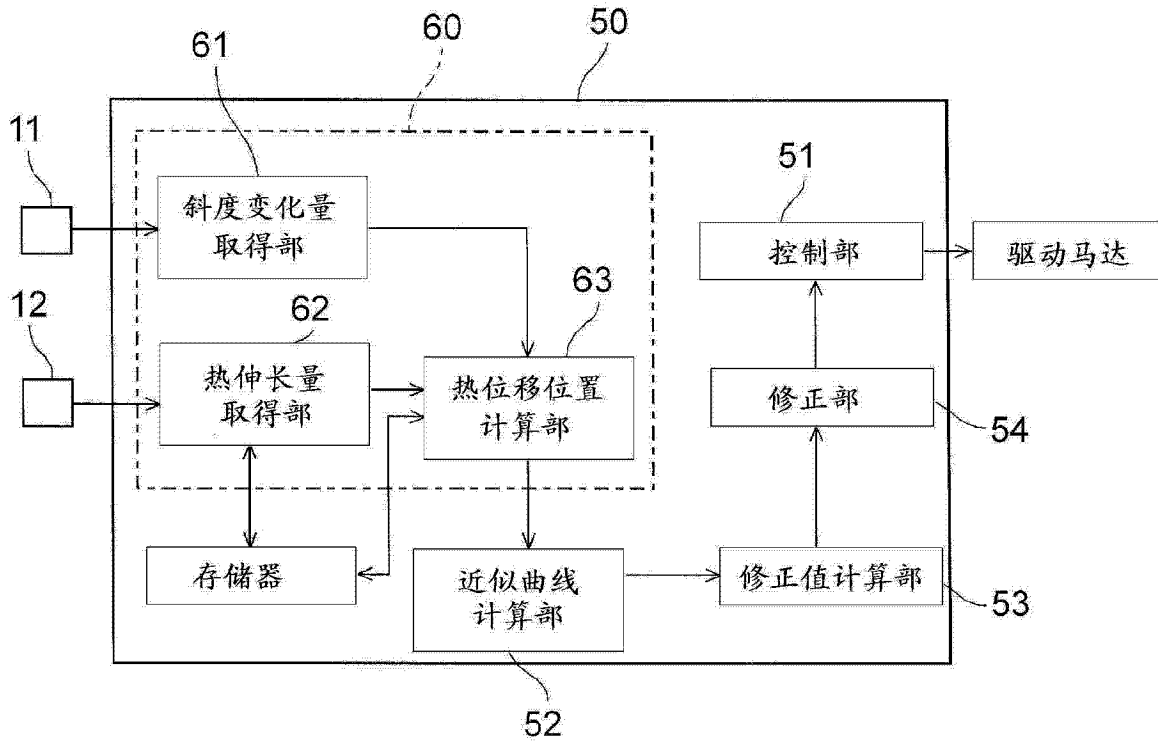


图 2

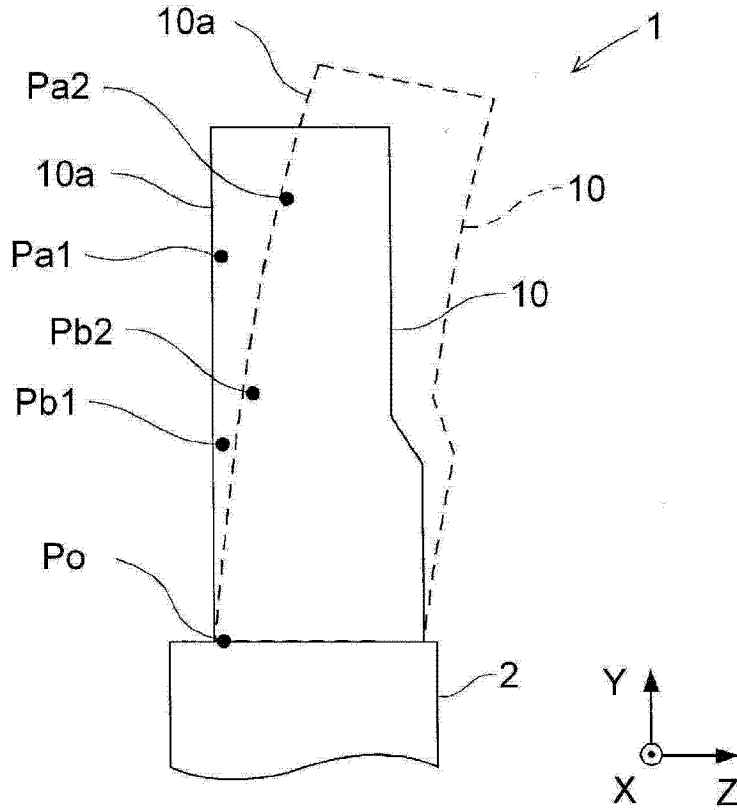


图 3

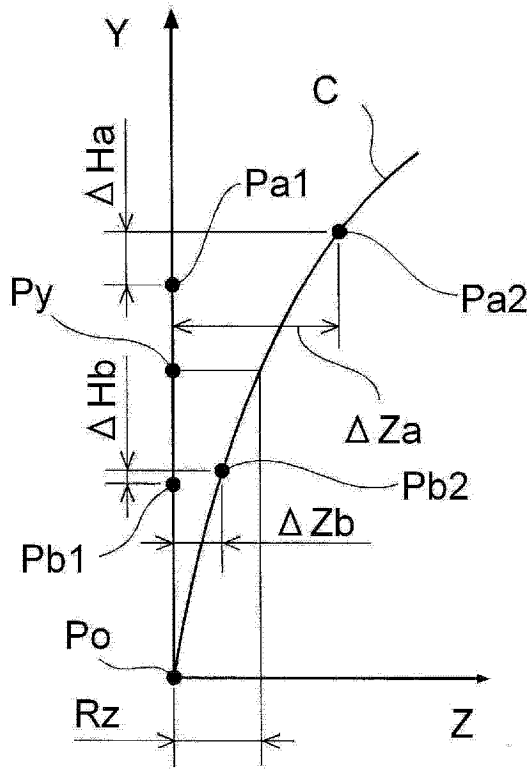


图 4

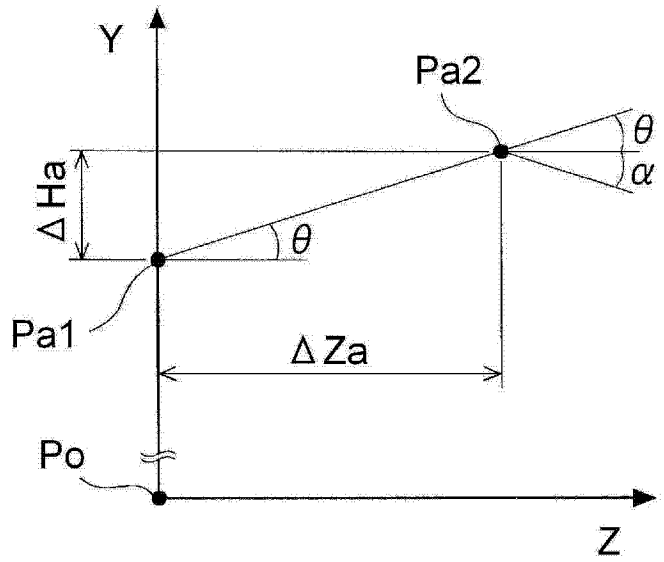


图 5

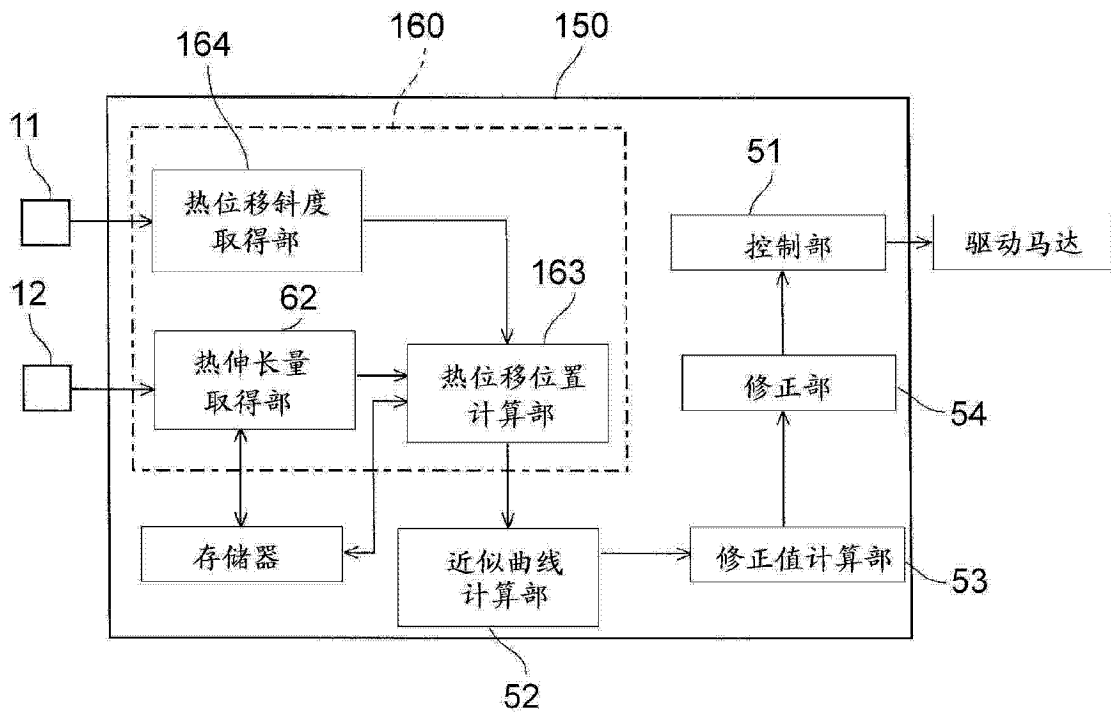


图 6

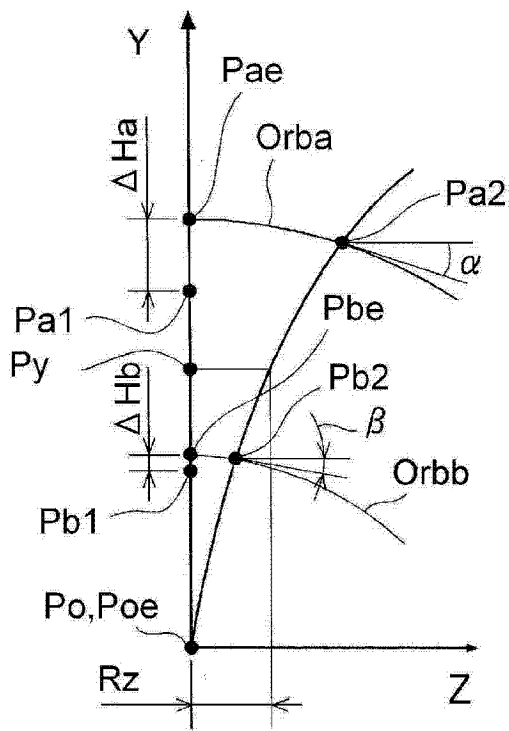


图 7

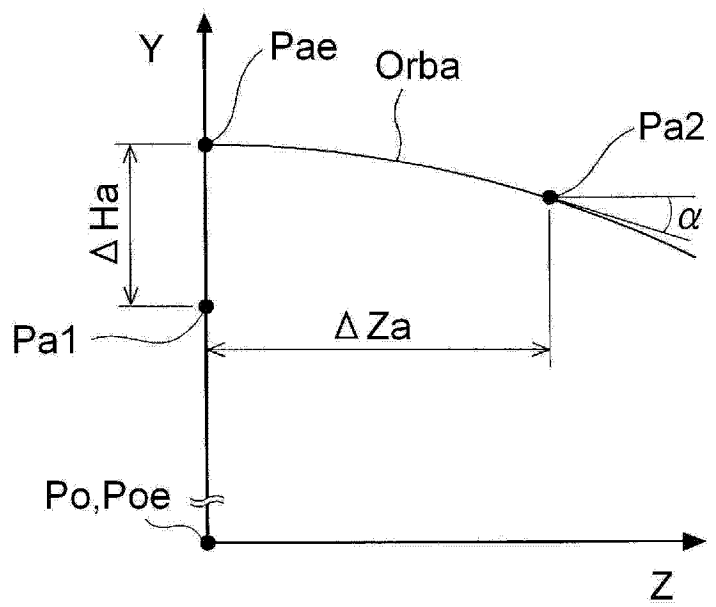


图 8