(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105710711 B
(45)授权公告日 2019.04.12

(21)申请号 201510940576.0

(22)申请日 2015.12.16

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105710711 A

(43)申请公布日 2016.06.29

(30)优先权数据
2014-257722 2014.12.19 JP
2015-137975 2015.07.09 JP

(73)专利权人 大隈株式会社
地址 日本爱知县

(72)发明人 宫路匡

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 李辉 黄纶伟

(51)Int.Cl.
B23Q 11/04(2006.01)
B23Q 17/12(2006.01)
B23Q 17/00(2006.01)
B23Q 15/08(2006.01)

(56)对比文件
CN 102621990 A,2012.08.01,全文.
CN 101727088 A,2010.06.09,全文.
CN 101221448 A,2008.07.16,全文.
WO 0129628 A1,2001.04.26,全文.
US 5598077 A,1997.01.28,全文.
DE 102013206243 A1,2013.11.21,全文.
EP 1443372 A2,2004.08.04,全文.

审查员 马晓迪

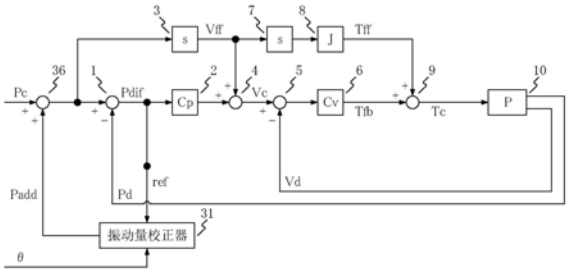
权利要求书4页 说明书12页 附图6页

(54)发明名称

机床中的进给轴的位置控制装置

(57)摘要

提供机床中的进给轴的位置控制装置，在不设置外部装置且不进行事先测定的情况下，校正对于刀具的切削刃的振动。具有：速度指令运算器，其对位置指令值P_c与位置检测值P_d之间的偏差Pdif进行放大；加法器，其将对P_c进行微分而得到的速度前馈Vff与速度指令运算器的输出相加，输出速度指令值V_c；扭矩指令运算器，其对V_c与可动部的速度检测值V_d之间的偏差进行放大，输出反馈扭矩Tfb；加法器，其将对Vff进行微分并乘以电动机轴换算惯量而得到的扭矩前馈Tff与Tfb相加，输出扭矩指令值T_c；驱动单元，其根据T_c驱动伺服电动机；振动量校正器，其将偏差Pdif作为参照信号ref，根据ref和主轴的旋转角度信息θ，以使各切削刃的影响均衡的方式计算位置校正量Padd；加法器，其将Padd叠加到P_c上而校正P_c。



CN 105710711 B

1.一种机床中的进给轴的位置控制装置，其用于设置在机床中，该机床使安装在主轴上的刀具旋转来对被加工物进行加工，并且具有进给轴机构，该进给轴机构使用伺服电动机使载荷向规定的直线轴方向驱动，该机床中的进给轴的位置控制装置的特征在于，其具有：

位置检测器，其检测所述进给轴机构的可动部的位置，以按照来自作为数值控制装置的上位装置的进给轴的位置指令值控制所述可动部的位置；

速度指令运算器，其对所述位置指令值与来自所述位置检测器的位置检测值之间的偏差进行放大；

第1加法器，其将对所述位置指令值进行微分而得到的速度前馈与所述速度指令运算器的输出相加，输出速度指令值；

扭矩指令运算器，其对所述速度指令值与速度检测值之间的偏差进行放大，输出反馈扭矩，其中，所述速度检测值是由速度检测器对所述可动部的速度进行检测而得到的，或是对所述位置检测值进行微分而得到的；

第2加法器，其将对所述速度前馈进行微分并乘以所述可动部的电动机轴换算惯量而得到的扭矩前馈与所述反馈扭矩相加，输出扭矩指令值；

驱动部，其根据所述扭矩指令值对所述伺服电动机进行驱动；

振动量校正器，其将与所述可动部的物理量有关的指令值和与检测值的偏差有关的量作为参照信号，根据从所述上位装置得到的所述主轴的旋转角度信息和所述参照信号来计算位置校正量；以及

第3加法器，其将所述位置校正量叠加到所述位置指令值上，对所述位置指令值进行校正，

所述振动量校正器根据所述参照信号估计所述刀具的切削刃的振动量，以使得所述参照信号中出现的各所述切削刃的影响均衡的方式计算所述位置校正量。

2.根据权利要求1所述的机床中的进给轴的位置控制装置，其中，

所述可动部的物理量是位置，

与所述偏差有关的量是所述位置指令值与来自所述位置检测器的位置检测值之间的偏差。

3.根据权利要求1所述的机床中的进给轴的位置控制装置，其中，

所述可动部的物理量是扭矩，

与所述偏差有关的量是所述反馈扭矩。

4.根据权利要求1所述的机床中的进给轴的位置控制装置，其中，

所述机床中的进给轴的位置控制装置还具有干扰观测器，该干扰观测器将所述速度检测值和由所述伺服电动机和所述载荷构成的所述进给轴机构的标称值的逆特性相乘而得到的值与所述扭矩指令值之间的差分输入到低通滤波器，得到干扰估计值，

所述物理量是扭矩，

与所述偏差有关的量是所述干扰估计值。

5.根据权利要求1所述的机床中的进给轴的位置控制装置，其特征在于，

所述振动量校正器具有：

峰值检测部，其与各所述切削刃对应地检测在所述参照信号中由于各所述切削刃的影

响而出现的波形的峰值；

增减量估计部，其根据由所述峰值检测部检测到的所述参照信号的针对各所述切削刃的峰值，估计各所述切削刃的加工余量的增减量；

振动量估计部，其根据由所述增减量估计部估计出的各所述切削刃的加工余量的增减量，估计各所述切削刃的振动量；以及

校正量决定部，其以如下方式决定所述位置校正量：在各所述切削刃对所述被加工物进行加工的时机，施加基于由所述振动量估计部估计出的各所述切削刃的振动量的校正量。

6.根据权利要求1所述的机床中的进给轴的位置控制装置，其特征在于，

所述机床至少具有第1轴及在该第1轴之外设置的第2轴所涉及的2个所述进给轴机构，

所述振动量校正器具有：

峰值检测部，其与各所述切削刃对应地检测在所述第1轴所涉及的所述参照信号中由于各所述切削刃的影响而出现的波形的峰值；

增减量估计部，其根据由所述峰值检测部检测到的所述参照信号的针对各所述切削刃的峰值，估计各所述切削刃的加工余量的增减量；

振动量估计部，其根据由所述增减量估计部估计出的各所述切削刃的加工余量的增减量，估计各所述切削刃的振动量；以及

校正量决定部，其以如下方式决定所述第2轴所涉及的所述位置校正量：在各所述切削刃对所述被加工物进行加工的时机，施加基于由所述振动量估计部估计出的各所述切削刃的振动量的校正量。

7.根据权利要求1所述的机床中的进给轴的位置控制装置，其特征在于，

所述机床分别具有多个进给轴所涉及的所述进给轴机构，

所述振动量校正器具有：

峰值检测部，其与各所述切削刃对应地检测在所述参照信号中由于各所述切削刃的影响而出现的波形的峰值；

增减量估计部，其根据由所述峰值检测部检测到的所述参照信号的针对各所述切削刃的峰值，估计各所述切削刃的加工余量的增减量；

振动量估计部，其根据由所述增减量估计部估计出的各所述切削刃的加工余量的增减量，估计各所述切削刃的振动量；以及

校正量决定部，其以如下方式决定每个所述进给轴的所述位置校正量：在各所述切削刃对所述被加工物进行加工的时机，施加基于由所述振动量估计部估计出的各所述切削刃的振动量的校正量。

8.根据权利要求1所述的机床中的进给轴的位置控制装置，其特征在于，

所述机床至少具有第1轴及与该第1轴分体设置的第2轴所涉及的2个所述进给轴机构，

所述振动量校正器具有：

峰值检测部，其与各所述切削刃对应地检测如下的合成信号中由于各所述切削刃的影响而出现的波形的峰值，其中，该合成信号是对所述第1轴所涉及的所述参照信号和所述第2轴所涉及的参照信号进行合成而得到的；

增减量估计部，其根据由所述峰值检测部检测到的所述合成信号的针对各所述切削刃

的峰值，估计各所述切削刃的加工余量的增减量；

振动量估计部，其根据由所述增减量估计部估计出的各所述切削刃的加工余量的增减量，估计各所述切削刃的振动量；以及

校正量决定部，其以如下方式决定每个轴的所述位置校正量：在各所述切削刃对所述被加工物进行加工的时机，施加基于由所述振动量估计部估计出的各所述切削刃的振动量的校正量。

9.根据权利要求7所述的机床中的进给轴的位置控制装置，其特征在于，

所述机床具有按照来自所述上位装置的主轴速度指令值对所述主轴的旋转速度进行控制的主轴控制装置，

所述主轴控制装置具有：

主轴扭矩指令运算器，其对所述主轴速度指令值与主轴速度检测值之间的偏差进行放大，输出主轴扭矩指令值，其中，所述主轴速度检测值是由安装在所述主轴上的主轴速度检测器检测到的，或者是对由安装在所述主轴上的主轴位置检测器检测到的位置检测值进行微分而得到的；以及

主轴驱动部，其根据所述主轴扭矩指令值对主轴电动机进行驱动，

所述振动量校正器将从所述主轴控制装置得到的所述主轴扭矩指令值作为所述参照信号。

10.根据权利要求7所述的机床中的进给轴的位置控制装置，其特征在于，

所述机床具有按照来自所述上位装置的主轴速度指令值对所述主轴的旋转速度进行控制的主轴控制装置，

所述主轴控制装置具有：

主轴扭矩指令运算器，其对所述主轴速度指令值与主轴速度检测值之间的偏差进行放大，输出反馈扭矩，其中，所述主轴速度检测值是由安装在所述主轴上的主轴速度检测器检测到的，或者是对由安装在所述主轴上的主轴位置检测器检测到的位置检测值进行微分而得到的；

加法器，其将对所述主轴速度指令值进行微分并乘以所述主轴的可动部的电动机轴换算惯量而得到的扭矩前馈与所述反馈扭矩相加，输出主轴扭矩指令值；以及

主轴驱动部，其根据所述主轴扭矩指令值对主轴电动机进行驱动，

所述振动量校正器将从所述主轴控制装置得到的所述反馈扭矩作为所述参照信号。

11.根据权利要求7所述的机床中的进给轴的位置控制装置，其特征在于，

所述机床具有按照来自所述上位装置的主轴速度指令值对所述主轴的旋转速度进行控制的主轴控制装置，

所述主轴控制装置具有：

主轴扭矩指令运算器，其对所述主轴速度指令值与主轴速度检测值之间的偏差进行放大，输出反馈扭矩，其中，该主轴速度检测值是由安装在所述主轴上的主轴速度检测器检测到的，或者是对由安装在所述主轴上的主轴位置检测器检测到的位置检测值进行微分而得到的；

加法器，其将对所述主轴速度指令值进行微分并乘以所述主轴的可动部的电动机轴换算惯量而得到的扭矩前馈与所述反馈扭矩相加，输出主轴扭矩指令值；

主轴驱动部，其根据所述主轴扭矩指令值对主轴电动机进行驱动；以及

干扰观测器，其将所述主轴速度检测值和所述主轴电动机的标称值的逆特性相乘而得到的值与所述主轴扭矩指令值之间的差分输入到低通滤波器，得到干扰估计值，

所述振动量校正器将从所述主轴控制装置得到的所述干扰估计值作为所述参照信号。

12.根据权利要求1所述的机床中的进给轴的位置控制装置，其特征在于，

所述机床中的进给轴的位置控制装置设置有对所述位置校正量的大小超过预先设定的所述切削刃的振动量的警告检测级别的情况进行通知的通知部，或者设置有对所述位置校正量进行显示来唤起操作者注意的画面输出部。

机床中的进给轴的位置控制装置

技术领域

[0001] 本发明涉及进给轴的位置控制装置，该进给轴的位置控制装置在机床的加工中，特别是在钛合金这样的难切削材料的重切削加工中，考虑刀具的切削刃的振动量来控制进给轴的位置，由此抑制颤振或刀具崩刃的发生。

背景技术

[0002] 在利用铣削加工对难切削材料进行加工的情况下，为了降低加工成本，使用安装了被称作更换型或插入型的拆卸式切削刃的刀具。在该刀具中，由于刀具主体的切削刃的安装座面或切削刃自身的加工精度的影响，所安装的切削刃的高度不均匀，切削刃中产生振动量(各切削刃间的相对安装误差)。在该振动量较大的切削刃的情况下，存在产生刀具崩刃而使刀具寿命变短的问题。因此，本发明的申请人在专利文献1中提供了如下发明：根据切削刃的各位置和预先测定的振动量来设定振幅和相位，以消除振动量的方式使进给轴与主轴同步地在与加工行进方向相反的方向上进行微小位移，由此，使各切削刃的1刃进给量接近本来的指令原样的值，实现刀具崩刃的抑制。

[0003] 以刀具的刃数Z为3[枚刃]的情况为例对该发明进行说明。另外，为了便于说明，对各切削刃赋予#1、#2、#3的编号。

[0004] 假设预先计测的各切削刃的振动量C_i(i＝1～Z)为C_1＝0[μm]、C_2＝20[μm]、C_3＝25[μm]，在各切削刃以#1、#2、#3、#1、#2、#3、・・的顺序对工件进行加工的情况下，实际的加工余量的增减量D_i(i＝1～Z)为D_1＝C_1-C_3＝-25[μm]、D_2＝C_2-C_1＝20[μm]、D_3＝C_3-C_2＝5[μm]。假设指令上的加工余量(1刃进给量)fz是80[μm]，则各切削刃的实际的加工余量fz_i(i＝1～Z)为fz_1＝fz+D_1＝55[μm]、fz_2＝fz+D_2＝100[μm]、fz_3＝fz+D_3＝85[μm]，值突出地大的#2的切削刃成为容易发生崩刃的状态。

[0005] 另一方面，考虑根据主轴的旋转角度确定正在进行工件的切削的切削刃，当振动量较小的切削刃#1进行切削时，以使加工余量增大的方式使校正量叠加到进给轴的位置指令值上，当振动量较大的切削刃#2、#3进行切削时，以使加工余量减小的方式使校正量叠加到进给轴的位置指令值上。即，当将对各切削刃的校正量R_i(i＝1～Z)设为R_1＝15[μm]、R_2＝-5[μm]、R_3＝-10[μm]时，所表现的振动量C_i+R_i在各切削刃中均匀，实际的加工余量也均匀。结果是，能够抑制刀具崩刃。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1：日本特开2013-240837号公报

发明内容

[0009] 发明要解决的问题

[0010] 在上述专利文献1的加工方法中，由于需要预先通过外部装置等计测各切削刃的振动量，因此，存在作业麻烦、需要机床的控制装置以外的外部装置的课题。

[0011] 因此，本发明的目的在于提供机床中的进给轴的位置控制装置，能够与以往同样地抑制刀具崩刃，并且在确定各切削刃的振动量的过程中，不需要外部装置或事先测定。

[0012] 用于解决问题的手段

[0013] 为了达成上述目的，第1方面所记载的发明是用于设置在机床中的进给轴的位置控制装置，该机床使安装在主轴上的刀具旋转来对被加工物进行加工，并且具有进给轴机构，该进给轴机构使用伺服电动机使载荷向规定的直线轴方向驱动，该进给轴的位置控制装置的特征在于，其具有：

[0014] 位置检测器，其检测所述进给轴机构的可动部的位置，以按照来自上位装置的进给轴的位置指令值控制所述可动部的位置；

[0015] 速度指令运算器，其对所述位置指令值与来自所述位置检测器的位置检测值之间的偏差进行放大；

[0016] 第1加法器，其将对所述位置指令值进行微分而得到的速度前馈与所述速度指令运算器的输出相加，输出速度指令值；

[0017] 扭矩指令运算器，其对所述速度指令值与速度检测值之间的偏差进行放大，输出反馈扭矩，其中，所述速度检测值是由速度检测器对所述可动部的速度进行检测而得到的，或是对所述位置检测值进行微分而得到的；

[0018] 第2加法器，其将对所述速度前馈进行微分并乘以所述可动部的电动机轴换算惯量而得到的扭矩前馈与所述反馈扭矩相加，输出扭矩指令值；

[0019] 驱动部，其根据所述扭矩指令值对所述伺服电动机进行驱动；

[0020] 振动量校正器，其将与所述可动部的物理量有关的指令值和与检测值的偏差有关的量作为参照信号，根据从所述上位装置得到的所述主轴的旋转角度信息和所述参照信号来计算位置校正量；以及

[0021] 第3加法器，其将所述位置校正量叠加到所述位置指令值上，对所述位置指令值进行校正，

[0022] 所述振动量校正器根据所述参照信号估计所述刀具的切削刃的振动量，以使得所述参照信号中出现的各所述切削刃的影响均衡的方式计算所述位置校正量。

[0023] 第2方面所记载的发明是在第1方面的结构中，其特征在于，所述可动部的物理量是位置，与所述偏差有关的量是所述位置指令值与来自所述位置检测器的位置检测值之间的偏差。

[0024] 第3方面所记载的发明是在第1方面的结构中，其特征在于，所述可动部的物理量是扭矩，与所述偏差有关的量是所述反馈扭矩。

[0025] 第4方面所记载的发明是在第1方面的结构中，其特征在于，还具有干扰观测器，该干扰观测器将所述速度检测值和由所述伺服电动机和所述载荷构成的所述进给轴机构的标称值的逆特性相乘而得到的值与所述扭矩指令值之间的差分输入到低通滤波器，得到干扰估计值，

[0026] 所述物理量是扭矩，与所述偏差有关的量是所述干扰估计值。

[0027] 第5方面所记载的发明是在第1方面的结构中，其特征在于，所述振动量校正器具有：

[0028] 峰值检测部，其与各所述切削刃对应地检测在所述参照信号中由于各所述切削刃

的影响而出现的波形的峰值；

[0029] 增减量估计部，其根据由所述峰值检测部检测到的所述参照信号的针对各所述切削刃的峰值，估计各所述切削刃的加工余量的增减量；

[0030] 振动量估计部，其根据由所述增减量估计部估计出的各所述切削刃的加工余量的增减量，估计各所述切削刃的振动量；以及

[0031] 校正量决定部，其以如下方式决定所述位置校正量：在各所述切削刃对所述被加工物进行加工的时机，施加基于由所述振动量估计部估计出的各所述切削刃的振动量的校正量。

[0032] 第6方面所记载的发明是在第1方面的结构中，其特征在于，所述机床至少具有第1轴及在该第1轴之外设置的第2轴所涉及的2个所述进给轴机构，

[0033] 所述振动量校正器具有：

[0034] 峰值检测部，其与各所述切削刃对应地检测在所述第1轴所涉及的所述参照信号中由于各所述切削刃的影响而出现的波形的峰值；

[0035] 增减量估计部，其根据由所述峰值检测部检测到的所述参照信号的针对各所述切削刃的峰值，估计各所述切削刃的加工余量的增减量；

[0036] 振动量估计部，其根据由所述增减量估计部估计出的各所述切削刃的加工余量的增减量，估计各所述切削刃的振动量；以及

[0037] 校正量决定部，其以如下方式决定所述第2轴所涉及的所述位置校正量：在各所述切削刃对所述被加工物进行加工的时机，施加基于由所述振动量估计部估计出的各所述切削刃的振动量的校正量。

[0038] 第7方面所记载的发明是在第1方面的结构中，其特征在于，所述机床分别具有多个进给轴所涉及的所述进给轴机构，

[0039] 所述振动量校正器具有：

[0040] 峰值检测部，其与各所述切削刃对应地检测在所述参照信号中由于各所述切削刃的影响而出现的波形的峰值；

[0041] 增减量估计部，其根据由所述峰值检测部检测到的所述参照信号的针对各所述切削刃的峰值，估计各所述切削刃的加工余量的增减量；

[0042] 振动量估计部，其根据由所述增减量估计部估计出的各所述切削刃的加工余量的增减量，估计各所述切削刃的振动量；以及

[0043] 校正量决定部，其以如下方式决定每个所述进给轴的所述位置校正量：在各所述切削刃对所述被加工物进行加工的时机，施加基于由所述振动量估计部估计出的各所述切削刃的振动量的校正量。

[0044] 第8方面所记载的发明是在第1方面结构中，其特征在于，所述机床至少具有第1轴及与该第1轴分体设置的第2轴所涉及的2个所述进给轴机构，

[0045] 所述振动量校正器具有：

[0046] 峰值检测部，其与各所述切削刃对应地检测如下的合成信号中由于各所述切削刃的影响而出现的波形的峰值，其中，该合成信号是对所述第1轴所涉及的所述参照信号和所述第2轴所涉及的参照信号进行合成而得到的；

[0047] 增减量估计部，其根据由所述峰值检测部检测到的所述合成信号的针对各所述切

削刃的峰值，估计各所述切削刃的加工余量的增减量；

[0048] 振动量估计部，其根据由所述增减量估计部估计出的各所述切削刃的加工余量的增减量，估计各所述切削刃的振动量；以及

[0049] 校正量决定部，其以如下方式决定每个轴的所述位置校正量：在各所述切削刃对所述被加工物进行加工的时机，施加基于由所述振动量估计部估计出的各所述切削刃的振动量的校正量。

[0050] 第9方面所记载的发明是在第7方面的结构中，其特征在于，所述机床具有按照来自上位装置的速度指令值对所述主轴的旋转速度进行控制的主轴控制装置，

[0051] 所述主轴控制装置具有：

[0052] 扭矩指令运算器，其对所述速度指令值与速度检测值之间的偏差进行放大，输出扭矩指令值，其中，所述速度检测值是由安装在所述主轴上的主轴速度检测器检测到的，或者是对由安装在所述主轴上的主轴位置检测器检测到的位置检测值进行微分而得到的；以及

[0053] 驱动部，其根据所述扭矩指令值对主轴电动机进行驱动，

[0054] 所述振动量校正器将从所述主轴控制装置得到的所述扭矩指令值作为所述参照信号。

[0055] 第10方面所记载的发明是在第7方面的结构中，其特征在于，所述机床具有按照来自上位装置的速度指令值对所述主轴的旋转速度进行控制的主轴控制装置，

[0056] 所述主轴控制装置具有：

[0057] 扭矩指令运算器，其对所述速度指令值与速度检测值之间的偏差进行放大，输出反馈扭矩，其中，所述速度检测值是由安装在所述主轴上的主轴速度检测器检测到的，或者是对由安装在所述主轴上的主轴位置检测器检测到的位置检测值进行微分而得到的；

[0058] 加法器，其将对所述速度指令值进行微分并乘以所述主轴的可动部的电动机轴换算惯量而得到的扭矩前馈与所述反馈扭矩相加，输出扭矩指令值；以及

[0059] 驱动部，其根据所述扭矩指令值对主轴电动机进行驱动，

[0060] 所述振动量校正器将从所述主轴控制装置得到的所述反馈扭矩作为所述参照信号。

[0061] 第11方面所记载的发明是在第7方面的结构中，其特征在于，所述机床具有按照来自上位装置的速度指令值对所述主轴的旋转速度进行控制的主轴控制装置，

[0062] 所述主轴控制装置具有：

[0063] 扭矩指令运算器，其对所述速度指令值与速度检测值之间的偏差进行放大，输出反馈扭矩，其中，该速度检测值是由安装在所述主轴上的主轴速度检测器检测到的，或者是对由安装在所述主轴上的主轴位置检测器检测到的位置检测值进行微分而得到的；

[0064] 加法器，其将对所述速度指令值进行微分并乘以所述主轴的可动部的电动机轴换算惯量而得到的扭矩前馈与所述反馈扭矩相加，输出扭矩指令值；

[0065] 驱动部，其根据所述扭矩指令值对主轴电动机进行驱动；以及

[0066] 干扰观测器，其将所述主轴速度检测值和所述主轴电动机的标称值的逆特性相乘而得到的值与所述扭矩指令值之间的差分输入到低通滤波器，得到干扰估计值，

[0067] 所述振动量校正器将从所述主轴控制装置得到的所述干扰估计值作为所述参照

信号。

[0068] 第12方面所记载的发明是在第1方面的结构中，设置有对所述位置校正量的大小超过预先设定的所述切削刃的振动量的警告检测级别的情况进行通知的通知部，或者设置有对所述位置校正量进行显示来唤起操作者注意的画面输出部。

[0069] 发明的效果

[0070] 根据本发明，能够在不设置外部装置并且不进行事先测定的情况下校正对于刀具的切削刃的振动，能够简单且低成本地抑制刀具崩刃。

附图说明

[0071] 图1是实施例1的位置控制装置的框图。

[0072] 图2是实施例2的位置控制装置的框图。

[0073] 图3是实施例3的位置控制装置的框图。

[0074] 图4是振动量校正器的框图。

[0075] 图5是对刀具的切削刃的振动进行校正前的参照信号的波形例。

[0076] 图6是对刀具的切削刃的振动进行了校正时的参照信号的波形例。

[0077] 图7是示出在加工过程中作用于刀具的力的说明图。

[0078] 图8是与多轴控制对应的振动量校正器的第1变更例的框图。

[0079] 图9是与多轴控制对应的振动量校正器的第2变更例的框图。

[0080] 图10是与多轴控制对应的振动量校正器的第3变更例的框图。

[0081] 图11是从主轴控制装置得到参照信号的第1方式的框图。

[0082] 图12是从主轴控制装置得到参照信号的第2方式的框图。

[0083] 图13是从主轴控制装置得到参照信号的第3方式的框图。

[0084] 图14是用于在所估计出的振动量较大的情况下发出警告的结构图。

[0085] 图15是用于将所估计出的振动量通知给操作者的结构图。

[0086] 标号说明

[0087] 1、5、22、85、92・・减法器，2・・速度指令运算器，3、7、87・・微分器，4、9、36、89・・加法器，6、86・・扭矩指令运算器，8、88・・电动机轴换算惯量，10、90・・对象设备，11・・画面输出部，21、91・・标称设备的逆系统，23、93・・低通滤波器，31、51、61、71・・振动量校正器，32、52、72・・峰值检测部，33・・增减量估计部，34・・振动量估计部，35、55、65・・校正量决定部，37・・绝对值运算器，38・・比较器，41・・刀具，42・・切削刃，43・・被加工物。

具体实施方式

[0088] 以下，根据附图对本发明的实施方式进行说明。

[0089] 图1～图3是示出本发明的机床的进给轴的位置控制装置的各实施例1～3的框图。在各实施例中共同地，考虑如下公知的机床：以能够通过X轴控制单元和Z轴控制单元向X轴方向和Z轴方向进行移动控制的方式，在例如立设于底座的立柱的前表面上设置具有安装上刀具的主轴的主轴头，并且，在底座上设置有能够通过Y轴控制单元向Y轴方向进行移动控制的工作台，在工作台上能够固定被加工物。这里，所使用的刀具以在周向上隔开相等间

隔的方式在同心圆上具有多个切削刃。

[0090] 在图1～图3中，减法器1根据由数值控制装置指示的位置指令值P_c与位置检测器的位置检测值P_d之间的差分来计算位置偏差Pdif，其中，所述数值控制装置作为对各控制单元进行控制的上位装置，所述位置检测器是安装在进给轴机构即对象设备(这里是Y轴控制单元)10内的伺服电动机或工作台上的。在通过速度指令运算器2将所计算出的位置偏差Pdif放大后，通过加法器4(第1加法器)将放大后的值与利用微分器3对位置指令值P_c进行微分而得到的速度前馈Vff相加，作为速度指令值V_c。

[0091] 接着，通过减法器5计算速度指令值V_c与速度检测值V_d之间的差分，然后，通过扭矩指令运算器6进行放大后作为反馈扭矩Tfb，其中，该速度检测值V_d是对位置检测值P_d进行微分得到的或从安装在对象设备10内的速度检测器直接得到的。进而，通过加法器9(第2加法器)将反馈扭矩Tfb和扭矩前馈Tff相加，作为扭矩指令值T_c，其中，该扭矩前馈Tff是通过微分器7对速度前馈Vff进行微分后，与对象设备10中的可动部的电动机轴换算惯量8相乘而计算出的。对象设备10通过作为驱动部单元的未图示的电流控制部的控制，利用对象设备10内的伺服电动机产生与扭矩指令值T_c相当的扭矩，例如经由滚珠丝杆驱动作为对象设备10内的被驱动体的工作台。

[0092] 这里，在图1中，将位置偏差Pdif作为参照信号ref，在图2中，将反馈扭矩Tfb作为参照信号ref。此外，在图3中，通过减法器22对将速度检测值V_d与对象设备10的标称值P_n的逆特性P_n^{-1}相乘得到的值与扭矩指令值T_c之间的差分进行计算，并将使该输出通过低通滤波器23而得到的干扰估计值T_d作为参照信号ref。

[0093] 另一方面，振动量校正器31根据从上位装置得到的主轴的旋转角度信息θ和参照信号ref来计算位置校正量Padd。通过加法器36(第3加法器)将所计算出的位置校正量Padd叠加到位置指令值P_c上，对位置指令值P_c进行校正。

[0094] 如图4所示，该振动量校正器31具有峰值检测部32、增减量估计部33、振动量估计部34和校正量决定部35。

[0095] 峰值检测部32根据主轴的旋转角度信息θ来确定正在利用刀具的哪个切削刃进行加工，同时对参照信号ref进行监视，检测由于利用该切削刃进行工件的切削产生的影响而出现的波形的峰值。这里，所检测的波形的峰值是与实际的加工余量fz_i(i＝1～Z)之间具有相关性的值，如果实际的加工余量fz_i较大，则峰值被检测为较大的值，如果实际的加工余量fz_i较小，则峰值被检测为较小的值。另外，关于由于利用该切削刃进行工件的切削产生的影响而出现的波形的峰值，按照主轴旋转1次的过程中的刀具的刃数Z的数量，以大致安装切削刃的间隔进行检测。

[0096] 接着，增减量估计部33根据由峰值检测部32检测到的参照信号ref的针对各切削刃的峰值，估计各切削刃的加工余量的增减量D_i(i＝1～Z)。

[0097] 进而，振动量估计部34根据所估计出的各切削刃的加工余量的增减量D_i来计算各切削刃的振动量C_i。

[0098] 然后，校正量决定部35决定位置校正量Padd，使得在下次利用该切削刃进行工件的切削时，能够施加与由振动量估计部34计算出的切削刃的振动量C_i相应的校正量。

[0099] 此外，在参照信号ref中出现的峰值被均衡之前，重复进行从该峰值检测部32到校正量决定部35为止的动作，从而能够提高对切削刃的振动量C_i的估计精度。

[0100] 以下举出具体例来进行说明。与现有技术同样，以刀具的刃数Z为3[枚刃]、各切削刃的振动量C_i(i＝1～Z)为C_1＝0[μm]、C_2＝20[μm]、C_3＝25[μm]的情况为例进行说明。

[0101] 如前面所述，在指令上的加工余量(1刃进给量)fz为80[μm]，各切削刃以#1、#2、#3、#1、#2、#3、・・的顺序对被加工物进行加工的情况下，各切削刃的实际的加工余量fz_i(i＝1～Z)为fz_1＝55[μm]、fz_2＝100[μm]、fz_3＝85[μm]。

[0102] 此时，由于与实际的加工余量fz_i成比例的切削载荷作为扭矩干扰进行作用，因此，位置偏差Pdif、反馈扭矩Tfb(干扰估计值T_d)如图5那样变动。另外，在位置控制装置的结构为图1的方式的情况下，观测图5的上段的Pdif作为参照信号ref，在位置控制装置的结构为图2、图3的方式的情况下，观测图5的下段的Tfb(T_d)作为参照信号ref。

[0103] 因此，峰值检测部32监视参照信号ref，检测波形的峰值Pref作为与实际的加工余量fz_i之间具有相关性的值。此时，通过主轴的旋转角度信息θ对应地管理所检测到的峰值是由哪个切削刃产生的。

[0104] 接着，在增减量估计部33中，根据由峰值检测部32检测到的峰值$Pref_i$，例如通过下述(1)式来估计各切削刃的加工余量的增减量D_i。

[0105] $D_i＝\{Pref_i-\Sigma(Pref_i)/Z\}\times K_D$・・(1)

[0106] 这里，$\{Pref_i-\Sigma(Pref_i)/Z\}$是用于排除$Pref_i$的偏移成分并将加工余量的增减量$D_i$的总和设为0的运算，$K_D$表示用于估计加工余量的增减量$D_i$的估计增益。另外，虽然通过增大估计增益$K_D$能够缩短到使峰值$Pref_i$均衡为止的时间，但是，如果过度地增大，则可能在反复估计切削刃的振动量C_i的过程中不收敛，因此，需要设定适当的值。

[0107] 然后，在振动量估计部34中，根据由增减量估计部33估计出的各切削刃的加工余量的增减量D_i，例如通过下述(2)式来计算各切削刃的振动量C_i。

[0108] $C_i＝(D_i-D_{i+1})/3$(其中，$D_{z+1}＝D_1$)・・(2)

[0109] 假如由增减量估计部33估计出的各切削刃的加工余量的增减量D_i为D_1＝-25[μm]、D_2＝20[μm]、D_3＝5[μm]，则能够计算为$C_1＝(D_1-D_2)/3$＝-15[μm]、$C_2＝(D_2-D_3)/3$＝5[μm]、$C_3＝(D_3-D_1)/3$＝10[μm]。另外，由于通过(2)式计算的各切削刃的振动量以使得总和成为0的方式排除了偏移成分，因此，以#1的切削刃为基准的原来的值(C_1＝0[μm]，C_2＝20[μm]，C_3＝25[μm])成为具有偏移的量的不同的值。

[0110] 接着，在校正量决定部35中，根据通过振动量估计部34计算出的切削刃的振动量C_i，例如通过下述(3)式来计算针对各切削刃的校正量R_i(i＝1～Z)。

[0111] $R_i＝-C_i+R_i\cdot z^{-1}$(其中，$R_i\cdot z^{-1}$表示R_i的上次值)・・(3)

[0112] 进而，在校正量决定部35中，以使得在下次#$_i$的切削刃进行工件的切削时位置校正量Padd成为R_i的方式输出。结果，与在现有技术中将对各切削刃的校正量R_i(i＝1～Z)设为R_1＝15[μm]、R_2＝-5[μm]、R_3＝-10[μm]的情况同样，能够使实际的加工余量均等，能够抑制刀具崩刃。

[0113] 此外，如图6所示，在计算适当的校正量R_i并使参照信号ref中出现的峰值均衡后，还通过(3)式保持适当的校正量R_i，因此能够维持使实际的加工余量均等的状态。

[0114] 另外，在上述实施例中，通过(1)式计算各切削刃的加工余量的增减量D_i，通过(2)式计算各切削刃的振动量C_i，通过(3)式计算对各切削刃的校正量R_i，但是，各值的运算方法不限于这些算式。特别是(2)式，最佳的运算式会由于刀具的刃数Z而不同，例如在Z＝4[枚

刃]的情况下，通过下述(4)式进行计算。

[0115] $C_i=(D_i-2D_{i+1}-D_{i+2})/4$(其中，$D_{Z+1}=D_1$、$D_{Z+2}=D_2$)・・(4)

[0116] 上述(2)式、(4)式是在$\Sigma C_i=0$、$\Sigma D_i=0$的条件下，在下述(5)式中针对任意的刃数Z而进行一般化的算式，(5)式是通过将对$D_i=C_i-C_{i-1}$进行矩阵表现的下述(6)式的最下段：$D_Z=-C_{Z-1}+C_Z$与$0=C_1+C_2+\cdots+C_Z$($\because \Sigma C_i=0$)相加而得到的关系式。

[0117] 【数学式1】

[0118] $$\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ \vdots \\ C_{Z-1} \\ C_Z \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \cdots & 0 & 2 \end{bmatrix}^{-1}\cdot\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ \vdots \\ D_{Z-1} \\ D_Z \end{bmatrix} \quad \cdots(5)$$

[0119] $$\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ \vdots \\ D_{Z-1} \\ D_Z \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & -1 & 1 \end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ \vdots \\ C_{Z-1} \\ C_Z \end{bmatrix} \quad \cdots(6)$$

[0120] 这里，在Z＝3、Z＝4的情况下，分别如下那样表现，分别相当于(2)式、(4)式。

[0121] 【数学式2】

[0122] 在Z＝3的情况下

$$\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \end{bmatrix}^{-1}\cdot\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix}=\frac{1}{3}\cdot\begin{bmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix}$$

[0123]

$$=\frac{1}{3}\cdot\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix}\ (\because \Sigma D_i=0)$$

[0124] 在Z＝4的情况下

[0125]

$$\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 2 \end{bmatrix}^{-1}\cdot\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \end{bmatrix}=\frac{1}{4}\cdot\begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 1 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 2 & 3 & 4 & 1 \\ -2 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \end{bmatrix}$$

$$=\frac{1}{4}\cdot\begin{bmatrix} 1 & -2 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & -1 \\ -1 & 0 & 1 & -2 \\ -2 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \end{bmatrix}\ (\because \Sigma D_i=0)$$

[0126] 此外，在图3中以得到干扰估计值T_d为目的使用了干扰观测器，但是，也可以构成为将干扰估计值T_d与扭矩指令值T_C相加，以抵消干扰成分。此外，只要是能够检测切削载荷的影响的结构即可，干扰观测器的结构不限于图3的结构。

[0127] 进而，在上述实施例中，如图5所示，以在主轴每1次旋转时都同样地发生参照信号

ref中的切削载荷的变动的情况为例进行了说明，但是，还假定在实际工中切削载荷的大小逐渐变化的情况。但是，即使在这样的情况下，通过在峰值检测部32检测参照信号ref的峰值$Pref_i$的过程中，参照同一切削刃的峰值$Pref_i$的上次值$Pref_i \cdot z^{-1}$、上上次值$Pref_i \cdot z^{-2}$，从而能够确定切削载荷处于何种程度的上升倾向(减少倾向)，能够分离峰值$Pref_i$中包含的切削载荷的上升倾向(减少倾向)的成分来进行考虑。结果，即使是在主轴每1次旋转时切削载荷发生变化的情况，也能够进行切削刃的振动量的估计以及校正。

[0128] 如以上那样，根据各实施例的位置控制装置，具有以下部分：速度指令运算器2，其对位置指令值P_c与位置检测值P_d之间的位置偏差Pdif进行放大；加法器4，其将对位置指令值P_c进行微分而得到的速度前馈Vff与速度指令运算器2的输出相加，输出速度指令值V_c；扭矩指令运算器6，其对速度指令值V_c与可动部的速度检测值V_d之间的偏差进行放大，输出反馈扭矩Tfb；加法器9，其将对速度前馈Vff进行微分并乘以电动机轴换算惯量而得到的扭矩前馈Tff与反馈扭矩Tfb相加，输出扭矩指令值T_c；驱动部，其根据扭矩指令值T_c驱动伺服电动机；振动量校正器31，其根据参照信号ref和主轴的旋转角度信息θ，以使得各切削刃的影响均衡的方式计算位置校正量Padd；以及加法器36，其将位置校正量Padd叠加到位置指令值P_c上来对位置指令值P_c进行校正，由此，能够在设置外部装置并且不进行事先测定的情况下校正对于刀具的切削刃的振动，能够简单且低成本地抑制刀具崩刃。

[0129] 另外，在通过多个进给轴对刀具和被加工物的位置进行控制的机床的情况下，期望变更振动量校正器的结构，以能够容易地检测切削载荷的变动，或者能够计算更适当的校正量。以下对振动量校正器的变更例进行说明。

[0130] 但是，对与前面的实施例相同的结构部标注相同的标号并省略重复的说明。

[0131] 例如如图7所示，在利用第1轴(这里为X轴控制单元)对具有刀具41的主轴头的位置进行控制、利用第2轴(这里为Y轴控制单元)对固定了被加工物43的工作台的位置进行控制的结构中，在第2轴的可动方向上进行加工的情况下，作为对切削刃42(这里为3枚)施加的切削载荷，作用有切削力和背向力。当切削刃42面向加工方向时，切削力在第1轴的可动方向上作用，背向力在第2轴的可动方向上作用，一般来讲，切削力的大小较大。即，相比于作为加工方向的第2轴，与加工方向垂直的第1轴更容易出现切削载荷的变动的影响，参照信号ref中出现的切削刃的振动的影响也更显著。

[0132] 因此，在如图8所示的第1变更例那样构成振动量校正器51时，能够更容易提取切削刃的振动的影响。

[0133] 该振动量校正器51具有峰值检测部52、增减量估计部33、振动量估计部34、校正量决定部55。与图4的振动量校正器31不同之处为，在振动量校正器31的峰值检测部32中输入参照信号ref，校正量决定部35输出与参照信号ref同一控制轴的位置校正量Padd，而与此相对，在这里的峰值检测部52中输入第1轴的参照信号ref_1，校正量决定部55输出与参照信号ref_1不同的第2轴的位置校正量Padd_2。根据主轴的旋转角度信息θ判别正在以刀具的哪个切削刃在该轴方向上进行加工并进行校正的动作是相同的。

[0134] 此外，切削刃的振动的影响不仅出现于加工方向，还出现于与加工方向垂直的方向，这不仅导致切削载荷的变动，还导致每个切削刃的切削量的不均。

[0135] 因此，在如图9所示的第2变更例那样构成振动量校正器61时，能够分别在加工方向及其垂直方向上使切削载荷均衡。

[0136] 该振动量校正器61具有峰值检测部32、增减量估计部33、振动量估计部34、校正量决定部65。与图4的振动量校正器31的不同之处为，振动量校正器31的校正量决定部35输出1轴方向的位置校正量Padd，与此相对，这里的校正量决定部65输出第1轴的位置校正量Padd_1和第2轴的位置校正量Padd_2双方。根据主轴的旋转角度信息θ判别正在以刀具的哪个切削刃在该轴方向上进行加工并进行校正的动作是相同的。另外，这里，作为校正对象的轴不需要限定为2个轴，还能够根据机械结构来适当追加。此外，还能够根据轴结构或加工方向来适当分配位置校正量。

[0137] 接着，在关注加工方向和控制轴方向的情况下，两者不是必须限定为如图7那样一致，因此，切削载荷的变动检测和校正中可能产生偏离。

[0138] 因此，在如图10所示的第3变更例那样构成振动量校正器71时，即使在加工方向和控制轴方向不同的情况下，也能够适当地使切削载荷均衡。

[0139] 该振动量校正器71具有峰值检测部72、增减量估计部33、振动量估计部34、校正量决定部65。与图9的振动量校正器61的不同之处为：在振动量校正器61的峰值检测部32中输入1个轴的参照信号ref，与此相对，在这里的峰值检测部72中输入第1轴的参照信号ref_1和第2轴的参照信号ref_2这多个参照信号，根据控制轴结构在内部对两个信号进行合成，计算与加工方向成分或垂直方向成分相当的合成信号；以及与各切削刃对应地针对该合成信号检测由于各切削刃的影响而出现的波形的峰值。

[0140] 另外，这里作为输入的参照信号不需要限定为2个轴，也可以根据机械结构来适当追加。

[0141] 这样，在通过多个进给轴对刀具和被加工物的位置进行控制的情况下，通过变更振动量校正器的结构，能够更容易地提取切削刃的振动的影响，进而能够针对各轴方向使切削载荷均衡。此外，即使在加工方向和控制轴方向不同的情况下，也能够适当地使切削载荷均衡，能够抑制刀具崩刃。

[0142] 此外，在采用图9的振动量校正器61的结构的情况下，并非必须将参照信号ref设为在进给轴的位置控制装置内计算的控制信号，也能够将对安装了刀具的主轴进行控制的主轴控制装置内计算的控制信号作为参照信号ref。以下，对来自该主轴控制装置的参照信号ref的取得进行说明。另外，将这里的主轴控制装置设为对主轴的旋转速度进行控制的结构来进行说明，但是，也可以是对主轴的旋转角度(位置)进行控制的结构，该情况下，也与进给轴的位置控制装置同样，能够使切削载荷均衡。

[0143] 图11～图13是示出第1方式～第3方式的主轴控制装置的控制模块的图。在各图中，85是减法器，通过减法器85计算速度指令值V_C与速度检测值V_d之间的差分，其中，该速度指令值V_C是从对各控制单元进行控制的作为上位装置的数值控制装置指示的速度指令值，该速度检测值V_d是通过安装在对象设备90内的主轴电动机上的主轴速度检测器检测的，或者是对通过安装在主轴电动机上的主轴位置检测器检测的位置检测值进行微分而得到的。

[0144] 在图11中，该差分被扭矩指令运算器86放大而成为扭矩指令值T_C，在图12、13中，该差分被扭矩指令运算器86放大而成为反馈扭矩Tfb。在通过微分器87对速度指令值V_C进行微分后，乘以对象设备90中的主轴可动部的电动机轴换算惯量88而计算出扭矩前馈Tff，通过加法器89将该反馈扭矩Tfb与该扭矩前馈Tff相加，成为扭矩指令值T_C。

[0145] 对象设备90通过作为驱动部的未图示的电流控制部的控制，使对象设备90内的主

轴电动机产生与扭矩指令值T_C相当的扭矩，使在主轴上安装的刀具旋转。

[0146] 这里，在图11的第1方式中，将扭矩指令值T_C作为参照信号ref，在图12的第2方式中，将反馈扭矩Tfb作为参照信号ref。而且，在图13的第3方式中，将速度检测值V_d与对象设备90的标称值P_n的逆特性P_n^{-1}相乘，由减法器92进行减法运算而算出该相乘得到的值与扭矩指令值T_C之间的差分，将使该出力通过低通滤波器93而得到的干扰估计值T_d作为参照信号ref。

[0147] 此外，在图11～13的主轴控制装置中，能够将对速度检测值V_d进行积分或由主轴位置检测器直接得到的位置检测值作为主轴的旋转角度信息θ，通过将该主轴的旋转角度信息θ和参照信号ref输入到振动量校正器61，来计算进给轴各轴的位置校正量Padd_1、Padd_2。

[0148] 在图11～13中，分别将扭矩指令值T_C、反馈扭矩Tfb、主轴干扰估计值T_d作为输入到振动量校正器61的参照信号ref，关于该构成，在图7中，作用于刀具的切削力在主轴控制装置中作为干扰扭矩来进行作用，利用反馈控制的作用以抵消该干扰。即，如果切削刃的振动变大、切削力变大，则干扰扭矩也变大，因此，干扰估计值T_d也变大，对干扰扭矩部分进行补偿的扭矩指令值T_C、反馈扭矩Tfb也变大。相反，如果切削刃的振动变小、切削力变小，则干扰扭矩也变小，因此，干扰估计值T_d也变小，对干扰扭矩部分进行补偿的扭矩指令值T_C、反馈扭矩Tfb也变小。

[0149] 这样，由于切削刃的振动的影响被反映到扭矩指令值T_C、反馈扭矩Tfb、干扰估计值T_d中，因此，能够采用扭矩指令值T_C、反馈扭矩Tfb、干扰估计值T_d作为向振动量校正器61输入的参照信号ref，通过进给轴各轴对所计算出的进给轴各轴的位置校正量Padd_1、Padd_2进行校正，从而能够适当地使切削载荷均衡，能够抑制刀具崩刃。

[0150] 另外，还能够根据所估计出的切削刃的振动量，将振动量较大的情况通知给操作者，唤起操作者的注意。图14示出用于在所估计出的振动量较大的情况下发出警告的结构图，图15示出用于通过将所估计出的振动量通知给操作者进行确认从而提示操作者注意的结构图。操作者收到该注意提醒并重新观察切削刃的振动，能够在切削刃的振动较少的理想状态下进行加工。

[0151] 在图14中，37是在位置控制装置内设置的绝对值运算器，该绝对值运算器37根据通过校正量决定部35(或55、65)计算出的位置校正量Padd(或Padd_1、Padd_2)来计算其大小，并通过比较器38与预先设定的振动量的警告检测级别AL-Level进行比较。在比较的结果为，位置校正量Padd(或Padd_1、Padd_2)的大小超过了警告检测级别AL-Level的情况下，输出作为通知部的警告ALARM，唤起操作者注意。另外，作为通知部，除此以外，还考虑通过PATLITE(注册商标)那样的旋转显示灯等进行状态显示、在操作画面上显示警告消息、鸣响蜂鸣音等各种方法。还能够组合多个方法。

[0152] 另一方面，在图15中，将通过校正量决定部35(或55、65)计算出的位置校正量Padd(或Padd_1、Padd_2)直接显示在设于机床的画面输出部11中，能够由操作者确认切削刃的振动量是否位于适当的范围内。另外，画面输出部11也可以设置在与上位装置之间进行输入输出操作的操作画面上，或者还考虑设为另外设置的显示画面、与上位装置或位置控制装置连接的个人计算机的监视画面的方法。

[0153] 另外，在图14、15中，作为输入的位置校正量Padd(或Padd_1、Padd_2)，也可以利用

在校正量决定部35(或55、65)的内部计算的针对各切削刃的校正量R_i(i＝1～Z)来代替。

[0154] 另外,刀具中的切削刃的数量不限于上述方式,能够适当增减。只要是使安装在同心圆上配置的多个切削刃而成的刀具旋转并进行进给轴控制来进行加工的机床即可,不限于复合加工机或加工中心等,不特别限定机型和轴结构。此外,不限于第1轴与第2轴垂直的情况,在第2轴相对于第1轴倾斜配置的情况下或两轴平行配置而同步运转的情况下也能够应用本发明。

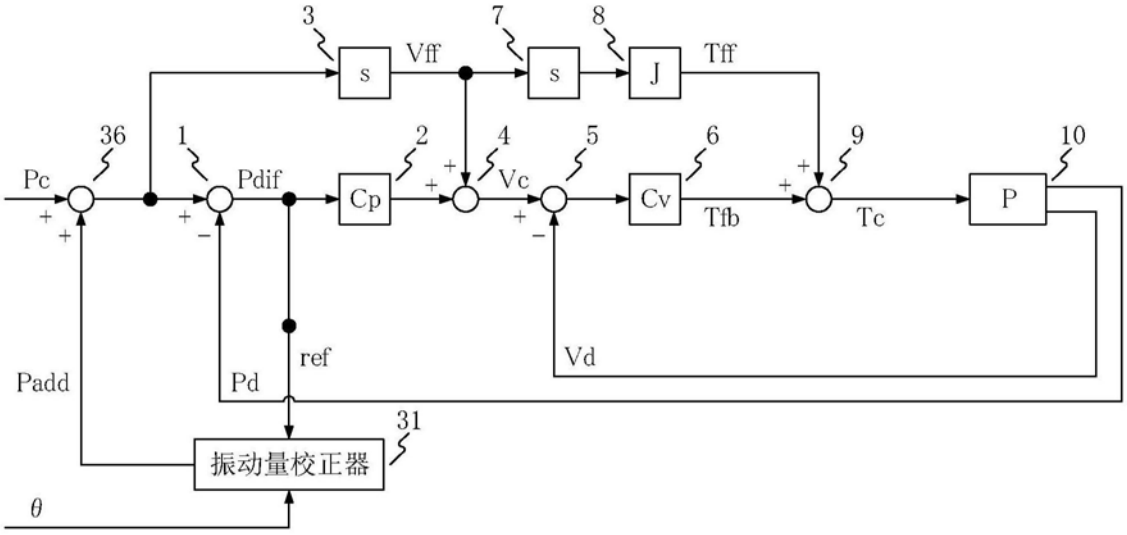

3
Vff
7
8
Tff
s
s
J
36
1
2
4
5
6
9
10
Pc
Pdif
Cp
Vc
Cv
Tfb
Tc
P
ref
Vd
Padd
Pd
31
振动量校正器
θ

图1

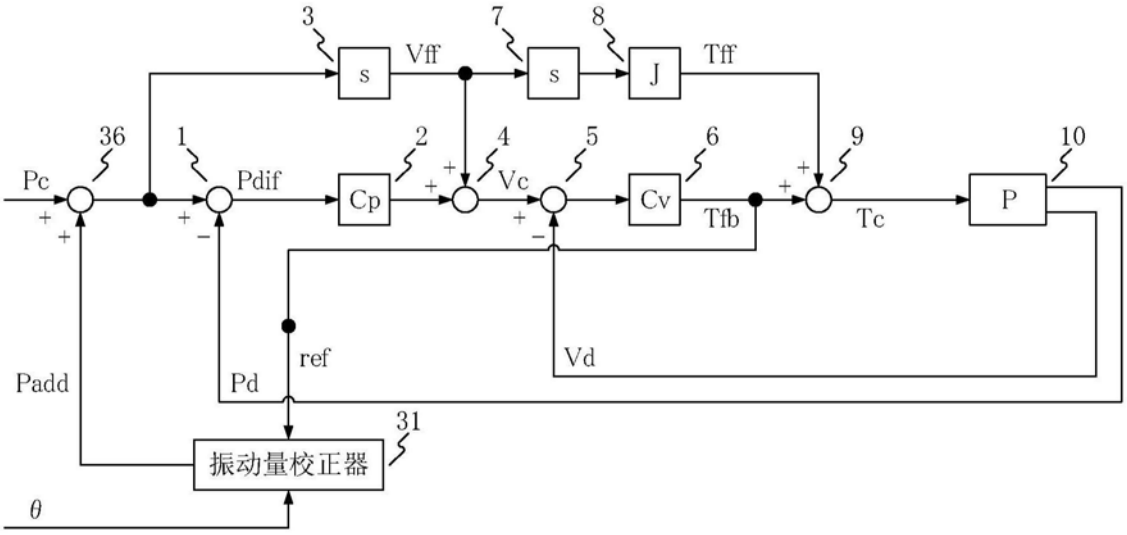

3
Vff
7
8
Tff
s
s
J
36
1
2
4
5
6
9
10
Pc
Pdif
Cp
Vc
Cv
Tfb
Tc
P
ref
Vd
Padd
Pd
31
振动量校正器
θ

图2

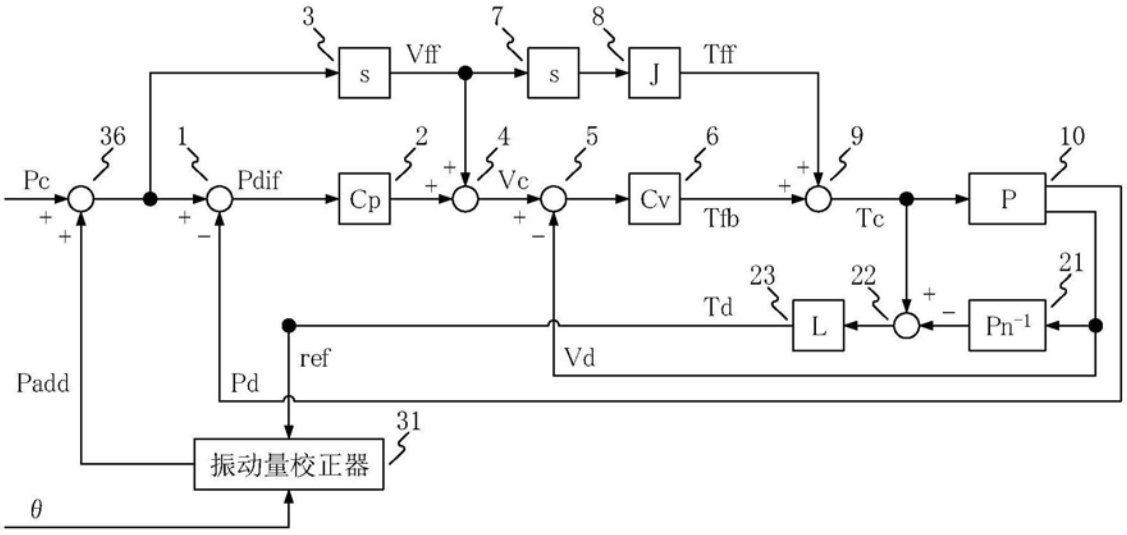

3
7
8
s
Vff
s
J
Tff
36
1
2
4
5
6
9
10
Pc
Pdif
Cp
Vc
Cv
Tfb
Tc
P
23
22
21
Td
L
Pn⁻¹
ref
Vd
Padd
Pd
31
振动量校正器
θ

图3

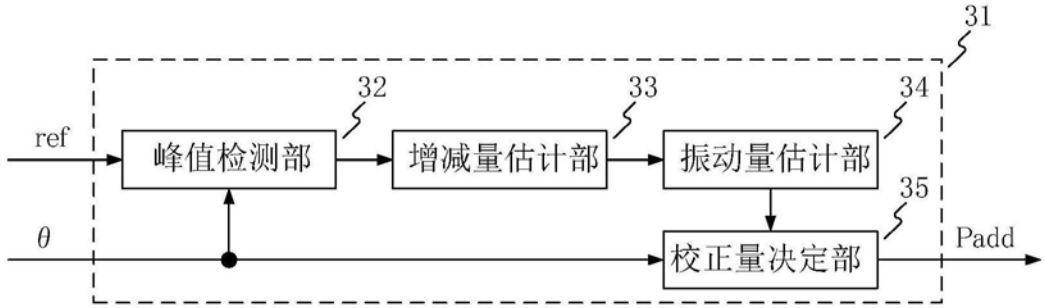

31
32
33
34
ref
峰值检测部
增减量估计部
振动量估计部
35
θ
校正量决定部
Padd

图4

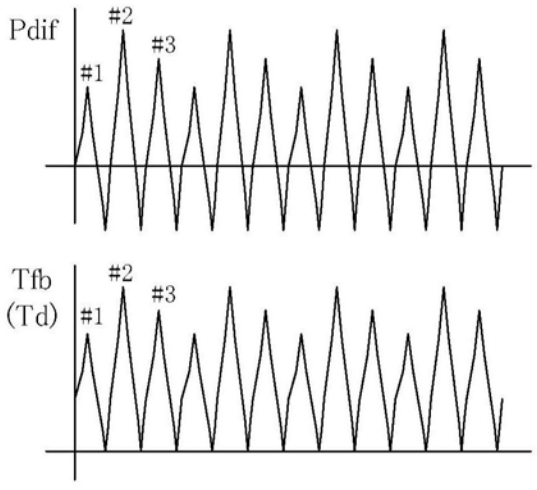

Pdif
#1
#2
#3
Tfb
(Td)
#1
#2
#3

图5

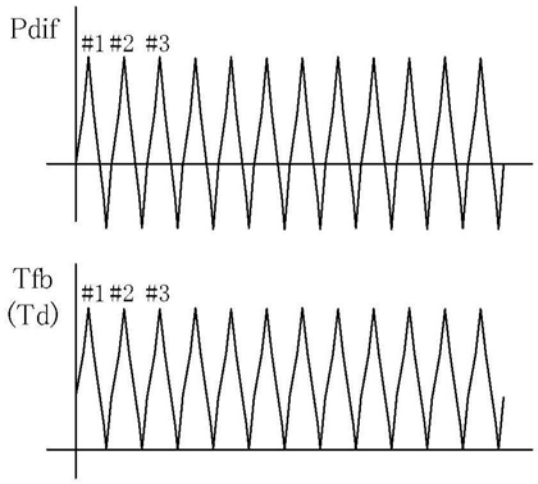

Pdif
#1 #2 #3
Tfb
(Td)
#1 #2 #3

图6

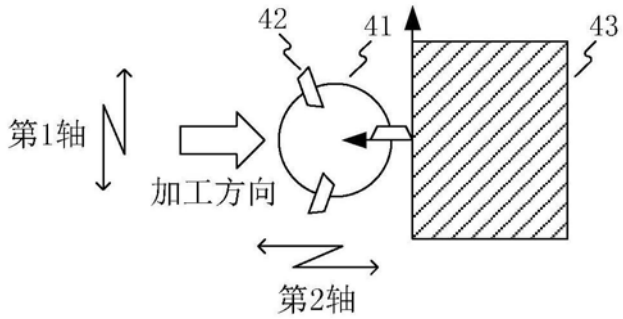

42
41
43
第1轴
加工方向
第2轴

图7

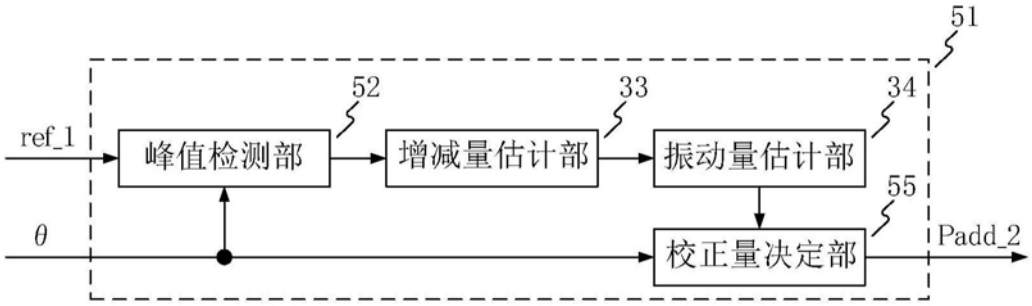

51
52
33
34
ref_1
峰值检测部
增减量估计部
振动量估计部
55
θ
校正量决定部
Padd_2

图8

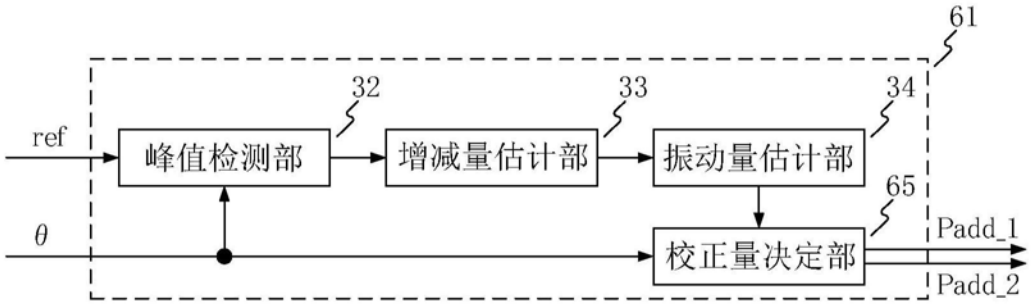

61
32
33
34
ref
峰值检测部
增减量估计部
振动量估计部
65
θ
校正量决定部
Padd_1
Padd_2

图9

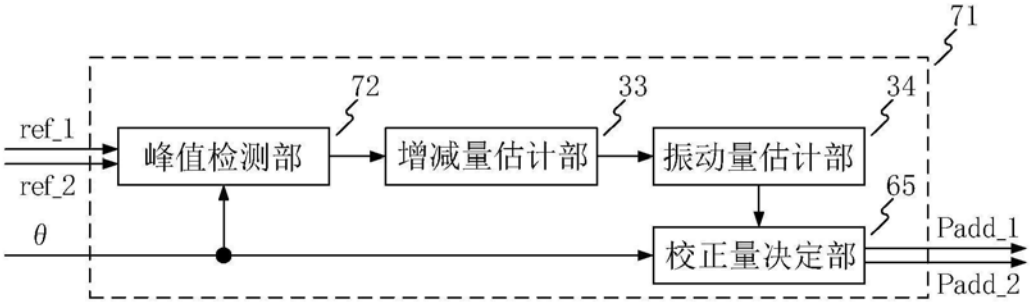

71
72
33
34
ref_1
ref_2
峰值检测部
增减量估计部
振动量估计部
65
θ
校正量决定部
Padd_1
Padd_2

图10

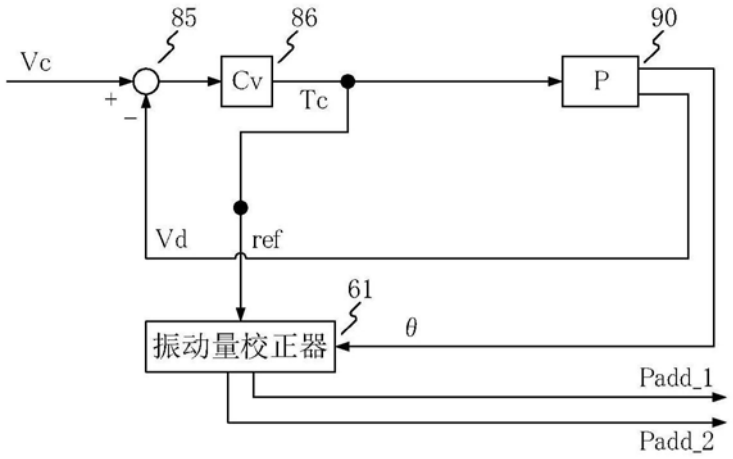

85
86
90
Vc
+
−
Cv
Tc
P
Vd
ref
61
θ
振动量校正器
Padd_1
Padd_2

图11

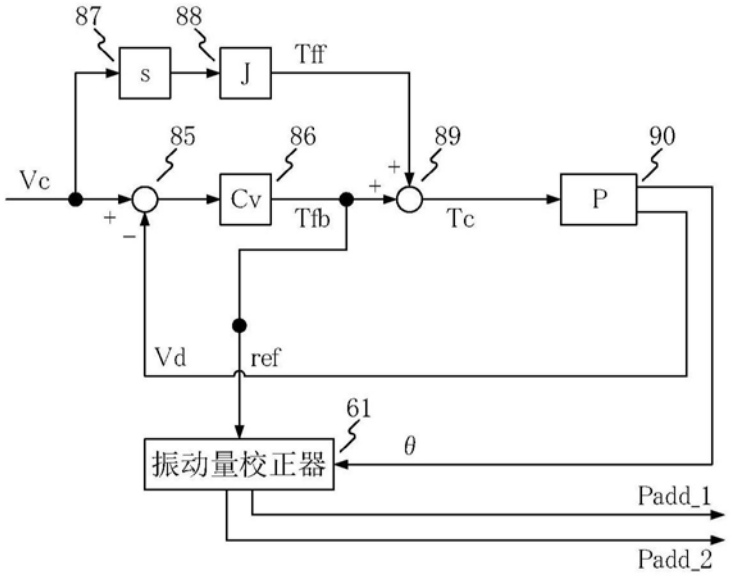

87
88
s
J
Tff
85
86
89
90
Vc
Cv
P
Tfb
Tc
Vd
ref
61
θ
振动量校正器
Padd_1
Padd_2

图12

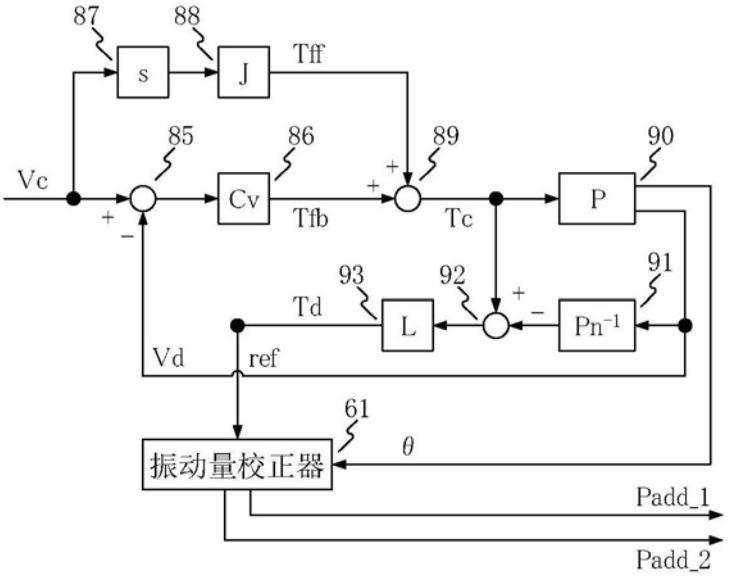

87
88
s
J
Tff
85
86
89
90
Vc
Cv
P
Tfb
Tc
93
92
91
Td
L
Pn-1
Vd
ref
61
θ
振动量校正器
Padd_1
Padd_2

图13

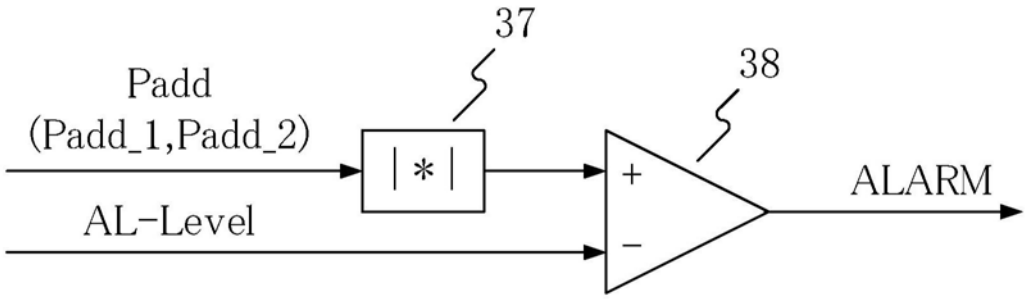


图14

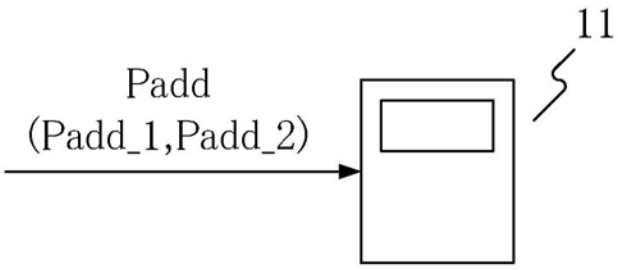


图15