



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113874798 A

(43) 申请公布日 2021. 12. 31

(21) 申请号 201980096558.5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2019.05.23

G05B 19/404 (2006.01)

B23Q 15/12 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.11.18

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2019/020548 2019.05.23

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/235106 JA 2020.11.26

(71) 申请人 三菱电机株式会社
地址 日本东京
申请人 国立大学法人东海国立大学机构

(72) 发明人 高币一树 铃木教和

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理
有限公司 11112

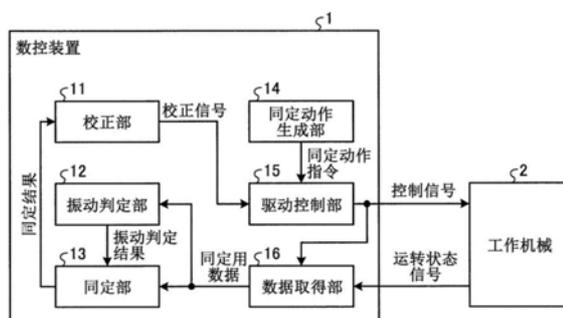
代理人 何立波 张天舒

权利要求书1页 说明书17页 附图10页

(54) 发明名称
数控装置

(57) 摘要

本发明所涉及的数控装置(1)控制通过刀具对工件进行加工的工作机械(2)的运转,具有:同定动作生成部(14),其生成使主轴转速和进给速度各自独立且连续地变化的同定动作指令;数据取得部(16),其使基于同定动作指令而生成的用于对工作机械进行控制的控制信号、和表示对应的工作机械(2)的运转状态的运转状态信号同步而作为同定用数据进行输出;振动判定部(12),其基于同定用数据,对工作机械(2)的振动的状态是稳定加工、颤振及强制振动中的哪一者进行判别;以及同定部(13),其基于振动判定部(12)的判别结果,将表示刀具和工件之间的加工现象的特性的加工特性参数之中的能够同定的加工特性参数作为选择参数进行选择,使用同定用数据进行选择参数的同定。



1. 一种数控装置,其对具有主轴和进给轴并通过刀具对工件进行加工的工作机械的运转进行控制,

该数控装置的特征在于,具有:

同定动作生成部,其生成使所述主轴的旋转速度和进给速度各自独立且连续地变化的同定动作指令;

数据取得部,其使基于所述同定动作指令而生成的用于对所述工作机械进行控制的控制信号、和表示基于所述控制信号而动作的所述工作机械的运转状态的运转状态信号同步,而作为同定用数据进行输出;

振动判定部,其基于所述同定用数据,对所述工作机械的振动的状态是稳定加工、颤振及强制振动之中的哪一者进行判别;以及

同定部,其基于所述振动判定部的判别结果,将表示所述刀具和所述工件之间的加工现象的特性的加工特性参数之中的、能够同定的加工特性参数作为选择参数进行选择,使用所述同定用数据而进行所述选择参数的同定。

2. 根据权利要求1所述的数控装置,其特征在于,

所述同定部基于所述振动判定部的判别结果,作为所述选择参数,还对表示工作机械的振动的特性的动态特性参数之中的能够同定的动态特性参数进行选择。

3. 根据权利要求1或2所述的数控装置,其特征在于,

所述同定部在使用与所述同定动作指令相对应的期间的所述同定用数据进行所述同定后,在存在作为同定对象所设定的参数即同定对象参数之中的同定未完成的参数的情况下,生成对同定动作的变更进行指示的指令变更信号而输出至所述同定动作生成部,

所述同定动作生成部如果接收到所述指令变更信号,则对所述同定动作指令进行变更,

所述数据取得部使基于变更后的所述同定动作指令而生成的所述控制信号、和表示基于该控制信号而动作的所述工作机械的运转状态的运转状态信号同步,作为所述同定用数据向所述振动判定部及所述同定部进行输出。

4. 根据权利要求3所述的数控装置,其特征在于,

具有从外部接受所述同定对象参数的输入的输入部。

5. 根据权利要求4所述的数控装置,其特征在于,

所述输入部从外部还接受指令模式信息的输入,该指令模式信息是表示通过所述同定动作指令使所述旋转速度和所述进给速度变化时的所述旋转速度及所述进给速度的与时间对应的波形的信息,

所述同定动作生成部基于所述指令模式信息而生成所述同定动作指令。

6. 根据权利要求4或5所述的数控装置,其特征在于,

输入部作为数控程序而接受来自外部的输入。

7. 根据权利要求4或5所述的数控装置,其特征在于,

输入部通过对话式编程的形式而接受来自外部的输入。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的数控装置,其特征在于,

具有校正部,该校正部基于同定结果而生成用于对工作机械的运转进行校正的校正信号。

数控装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种对工作机械进行控制的数控装置。

背景技术

[0002] 工作机械是使用刀具对工件赋予力或者能量而进行从工件将不要部分去除的加工即去除加工的加工装置。特别地,在去除加工的一个即切削加工中,使刀具的刃尖以速度与工件接触,由此在工件表面引起剪切破坏,进行将工件的不要部分刮削的加工。

[0003] 切削加工是加工工艺和机械动力学相互地影响的物理现象,因此为了对加工状态进行管理,优选对两者同时地管理。在这里,加工工艺表示在刀具刃尖侵入工件而产生切屑的同时形成加工面的一系列的过程。机械动力学表示通过机械内外的振动源,构成机械的构件施振时的机械构件的动作。一般来说,切削加工是包含上述的加工工艺及机械动力学在内的各种物理现象复杂地相互影响的现象,因此难以进行综合的解析。因此,在生产现场,对评价对象进行限定,由此达到与目的相对应的加工管理。

[0004] 如上所述,在切削加工中,机械动力学和加工工艺相互地影响,因此加工前或者加工后的工作机械的状态和加工中的工作机械的状态不同。即,在加工前或者加工后,无法对加工中的工作机械的状态准确地进行推定。因此,优选使用在加工中得到的信息,对机械动力学和加工工艺进行同定。使用对机械动力学和加工工艺同定到的结果,由此生产现场的作业者例如能够有效地进行刀具寿命的管理、高效率的加工条件的设定、固定夹具的设计变更等改善作业。由此,期待生产率的提高。

[0005] 作为在实际加工中根据将加工条件逐次变更而得到的信息进行参数同定的方法,在专利文献1中提出了以下的方法。在专利文献1所记载的方法中,根据在通过多个主轴转速进行加工时产生的位移和力对适应性频谱进行计算,根据将各主轴转速的适应性频谱合成时得到的峰值对刀具的固有振动频率进行计算。在该方法中,以在各进给轴的单独动作或者进给轴的复合动作中使主轴转速阶段性地变化的方式使工作机械进行加工动作,使用加工中的位移和力的检测结果对适应性频谱进行计算。

[0006] 专利文献1:日本特开2017-94463号公报

发明内容

[0007] 但是,在专利文献1所记载的方法中,设定为不发生颤振的进刀量而使主轴转速阶段性地变更,由此得到各种适应性频谱,对固有振动频率进行计算。因此,在专利文献1所记载的方法中,存在仅能够对固有振动频率进行同定,无法对相对切削阻力这样的加工特性参数进行同定的课题。另外,在专利文献1所记载的方法中,在对固有振动频率以外的参数进行同定的情况下,需要进行其他同定动作。并且,在专利文献1所记载的方法中,将主轴转速仅阶段性地变更为预先规定的多个阶段,因此为了取得与各种各样的主轴转速相对应的参数而需要时间。

[0008] 本发明就是鉴于上述情况而提出的,其目的在于,得到能够有效地以短时间对加

工特性参数进行同定的数控装置。

[0009] 为了解决上述的课题,达到目的,本发明是一种数控装置,其对具有主轴和进给轴、通过刀具对工件进行加工的工作机械的运转进行控制,该数控装置具有:同定动作生成部,其生成使主轴的旋转速度和进给速度各自独立且连续地变化的同定动作指令。另外,该数控装置具有:数据取得部,其使基于同定动作指令而生成的用于对工作机械进行控制的控制信号和表示基于控制信号而动作的工作机械的运转状态的运转状态信号同步而作为同定用数据进行输出;以及振动判定部,其基于同定用数据,对工作机械的振动的状态是稳定加工、颤振及强制振动之中的哪一者进行判别。并且,该数控装置具有同定部,其基于振动判定部的判别结果,将表示刀具和工件之间的加工现象的特性的加工特性参数之中的能够同定的加工特性参数作为选择参数进行选择,使用同定用数据而进行选择参数的同定。

[0010] 发明的效果

[0011] 本发明所涉及的数控装置具有下述效果,即,能够有效地以短时间对加工特性参数进行同定。

附图说明

[0012] 图1是表示实施方式1所涉及的数控装置的结构例的框图。

[0013] 图2是表示实施方式1的同定动作生成部所生成的同定动作指令的模式例子的图。

[0014] 图3是表示实施方式1的同定动作生成部所生成的同定动作指令的模式例子的图。

[0015] 图4是表示实施方式1的同定动作生成部所生成的同定动作指令的模式例子的图。

[0016] 图5是表示在实施方式1中,在固定于工作台的工件通过切削力而振动的情况下,对工作台传递干扰力的情形的示意图。

[0017] 图6是表示在实施方式1中,刀具刃尖与工件接触的刀具的旋转角度的一个例子的图。

[0018] 图7是表示在实施方式1中,刀具刃尖不与工件接触的刀具的旋转角度的一个例子的图。

[0019] 图8是表示在实施方式1中,在刀具中心和主轴旋转中心之间产生了偏移量的情况下的第1刃尖处的切削的情形的图。

[0020] 图9是表示在实施方式1中,在刀具中心和主轴旋转中心之间产生了偏移量的情况下的第2刃尖处的切削的情形的图。

[0021] 图10是表示由振动判定部判定为颤振的情况下的实施方式1的同定部中的同定处理顺序的一个例子的流程图。

[0022] 图11是表示实施方式1的数控装置的动作的一个例子的流程图。

[0023] 图12是表示实施方式1的处理电路的结构例的图。

[0024] 图13是表示实施方式2所涉及的数控装置的结构例的框图。

[0025] 图14是表示实施方式2的数控装置的动作的一个例子的流程图。

[0026] 图15是表示实施方式3所涉及的数控装置的结构例的框图。

[0027] 图16是表示实施方式4所涉及的数控装置的结构例的框图。

具体实施方式

[0028] 下面,基于附图对本发明的实施方式所涉及的数控装置详细地进行说明。此外,本发明不受本实施方式限定。

[0029] 实施方式1.

[0030] 图1是表示本发明的实施方式1所涉及的数控装置1的结构例的框图。实施方式1的数控装置1对工作机械2发送控制信号,由此对工作机械2的运转进行控制,从未图示的传感器接收表示工作机械2的运转状态的运转状态信号。

[0031] 工作机械2具有主轴和进给轴,通过刀具对工件进行加工。具体地说,工作机械2使刀具及工件之中的至少一者动作,由此对工件进行切削加工。例如,工作机械2具有:主轴,其对刀具或者工件赋予旋转运动;以及进给轴,其是对刀具或者工件赋予位置的伺服轴。主轴及进给轴各自具有电动机。

[0032] 工作机械2具有传感器,其对工作机械2的运转状态进行检测,将检测结果作为运转状态信号而输出。工作机械2所具有的传感器包含能够对刀具及工件之中的至少一者的振动进行检测的传感器。能够对刀具及工件之中的至少一者的振动进行检测的传感器,例如是为了进行工作机械2的各电动机的反馈控制而预先设置于工作机械2的线性编码器及电流传感器。线性编码器对工作机械2的各轴的位置进行检测,电流传感器对各轴的电动机的电动机电流进行检测。作为传感器的其他例子,可以举出加速度传感器、位置传感器、力传感器或者传声器。下面,作为一个例子,对工作机械2所具有的传感器为线性编码器、电流传感器及力传感器而进行说明。力传感器例如设置于构成进给轴的工作台等构件之上或者构件的内部。力传感器的设置位置并不限于于此,只要设置于能够对刀具和工件间的力进行检测的位置即可。

[0033] 数控装置1如图1所示,具有校正部11、振动判定部12、同定部13、同定动作生成部14、驱动控制部15及数据取得部16。对本实施方式1的数控装置1的各部的动作进行说明。

[0034] 同定动作生成部14生成使工作机械2的主轴转速和进给速度各自独立且连续地变化的同定动作指令,对驱动控制部15输出同定动作指令。主轴转速是主轴的旋转速度,表示每单位时间主轴旋转几周。同定动作是为了取得同定部13执行后面记述的同定处理时所使用的的数据即同定用数据,使驱动控制部15及工作机械2各自生成控制信号和运转状态信号的动作。同定动作指令是为了进行同定动作而生成的指令,包含针对主轴转速的指令、针对进给速度的指令。

[0035] 图2~图4是表示实施方式1的同定动作生成部14所生成的同定动作指令的模式例子的图。下面,也将同定动作指令的模式称为指令模式。图2~图4表示在从同定动作开始时刻 t_1 至同定动作结束时刻 t_2 之间,主轴转速和进给速度各自连续地变化的指令模式。图2~4的横轴表示时间(时刻),纵轴是上层表示主轴转速,下层表示进给速度。下面,有时将主轴转速、进给速度各自记载为S、F。

[0036] 在这里, S_0 是同定动作前的主轴转速即基准主轴转速, S_1 是同定动作中的主轴转速的最大值。 T_1 是从主轴转速为 S_0 的状态加速至主轴转速为 S_1 的状态为止时的时间常数。 T_2 是从进给速度为 F_0 的状态加速至进给速度为 F_1 的状态为止时的时间常数。图2是主轴转

速和进给速度分别进行加减速的指令模式。在图2所示的例子中,主轴转速在以时间常数T1加速后,如果主轴转速称为S1则减速。而且,主轴转速如果通过减速而成为S0,则维持S0不变。进给速度如果主轴转速通过减速而成为S0,则以时间常数T2进行加速而直至成为F1为止。然后,如果进给速度成为F1,则进给速度减速。

[0037] 图3示出了在主轴转速加速后,进给速度加速而然后减速,主轴转速减速的指令模式。图4示出了主轴转速加速而然后减速,进给速度在主轴转速的变化中重复加速及减速的指令模式。

[0038] 此外,在图2~图4中,示出了将S1作为同定动作中的主轴转速的最大值,使主轴转速在S0和S1之间变化的例子,但同定动作生成部14也可以对同定动作中的主轴转速的最小值S2进行设定,示出在S0至S2的范围内变化的指令模式。同样地,关于进给速度,也可以对同定动作中的进给速度的最小值F2进行设定,示出在F0至F2之间变化的指令模式。

[0039] 另外,在图2~图4中例示出以三角波状进行加减速的指令模式,但如果是主轴转速和进给速度连续地加减速的指令模式,则同定动作生成部14能够生成任意的指令模式。例如,同定动作生成部14可以取代三角波而是生成以正弦波状或者S字曲线状变化的指令模式。

[0040] 如上所述,同定动作生成部14使主轴转速和进给速度各自独立地变化,由此能够生成包含各种各样的主轴转速和进给速度的组合的同定动作。

[0041] 已知在刀具对工件进行切削时产生的力即切削力的大小主要依赖于每1刃的进给量,切削力的振动周期主要依赖于主轴转速。因此,一般来说,在使主轴转速和进给速度变化时,使它们以相同比率变化。由此,刀具刃尖所承受的负荷成为恒定,因此刀具1刃所产生的切削力的大小不变化。同定动作生成部14使主轴转速和进给速度各自独立地变化,因此切削力的大小和振幅能够各种各样地变化,进而能够使同定动作中的工作机械2发生后面记述的各种各样的振动状态。

[0042] 驱动控制部15基于由同定动作生成部14生成的同定动作指令,生成用于对工作机械2进行控制的控制信号,以使得工作机械2的主轴及进给轴以由同定动作指令规定出的动作进行运转。在这里,控制信号是针对工作机械2的主轴及进给轴的指令,包含针对主轴及进给轴的各电动机的位置指令、速度指令及电流指令之中的至少1个。此外,驱动控制部15在同定动作指令没有从同定动作生成部14输入时,即在通常的加工动作时,基于加工路径和该加工路径中的基准主轴转速及基准进给速度,生成针对工作机械2的控制信号。另外,驱动控制部15从后面记述的校正部11取得校正信号,基于校正信号而校正针对工作机械2的控制信号,将校正后的控制信号向工作机械2输出。

[0043] 在驱动控制部15预先设定有加工路径和该加工路径中的基准主轴转速及基准进给速度。加工路径和该加工路径中的基准主轴转速及基准进给速度可以由数控程序赋予。驱动控制部15在同定动作指令从同定动作生成部14输入的情况下,也生成控制信号以使得所设定的加工路径不变化,而是仅使主轴转速和进给速度按照同定动作指令变化。工作机械2针对每个轴,具有电动机和电动机控制装置,电动机控制装置基于从驱动控制部15接收到的控制信号、位置、速度、电动机电流等反馈信号对电动机进行控制。位置、速度的反馈信号是基于由线性编码器检测的位置而计算的,电动机电流的反馈信号是根据电流传感器的检测结果而计算的。将位置、速度、电动机电流的反馈信号以下分别称为位置反馈信号、速

度反馈信号、电流反馈信号。

[0044] 数据取得部16使从驱动控制部15输出的控制信号和表示基于该控制信号而动作的工作机械2的运转状态的运转状态信号同步而作为同定用数据进行输出。具体地说,数据取得部16使用从驱动控制部15输出的控制信号和从工作机械2的传感器输出的运转状态信号,使各信号所包含的数据时间性地同步,作为同步用数据向振动判定部12及同定部13输出。运转状态信号如上所述,是表示工作机械2的运转状态的信号,包含能够对刀具及工件之中的至少一者的振动进行检测的信号。在这里,如上所述,以作为传感器而具有线性编码器、电流传感器及力传感器为前提,因此数据取得部16能够取得主轴及进给轴的位置、速度及电流的反馈信号和由力传感器检测的力、扭矩等而作为运转状态信号。下面,也将由力传感器检测的力、扭矩等实测值称为力信息。运转状态信号由于在工作机械接收到控制信号后生成的信号,因此由于通信所需的时间等的影响,运转状态信号相对于所对应的控制信号而时间性地发生延迟。因此,数据取得部16以与通信时间等的差异相当的时间将运转状态信号所包含的数据或者控制信号所包含的数据错开,由此对两个信号间的时间偏差进行补偿。数据取得部16将时间上的偏移被补偿后的数据,即同步的数据汇总为同定用数据,输出至振动判定部12及同定部13。

[0045] 振动判定部12使用同定用数据,对是否在工作机械2发生了振动进行判定,在判定为发生了振动的情况下对其振动的种类进行判别,将判别结果输出至同定部13。下面,叙述振动判定部12的详细内容。此外,振动判定部12对是否发生了振动进行判定时的振动,表示与由刀具和工件的切削力引起的振动成分相比振幅大的振动。

[0046] 由振动判定部12进行的振动发生的判定是通过公知的单元执行的。例如,在从力传感器输出的力信息所示的力或者扭矩在时间区域中超过规定的振幅的情况下判定为发生了振动。振动判定所使用的信号的种类并不限定于力信息,例如振动判定部12也可以使用运转状态信号所包含的电流反馈信号而判定是否发生了振动。另外,振动判定部12也可以将是否发生了振动的判定所使用的信号变换为频率区域的信号,在频率区域上成为最大振幅的振动成分超过规定的振幅的情况下判定为发生了振动。

[0047] 另外,在振动现象存在强制振动和自激振动,颤振是自激振动的一种。强制振动是切削力成为施振源,在刀具或者工件的附近存在的构件被激励的振动现象。已知通过该性质,强制振动的振动频率成为基本切削频率的整数倍。另一方面,自激振动即颤振是由切削力和该构件的位移构成的系统不稳定而发生的振动现象。根据该性质,已知颤振的振动频率成为基本切削频率的非整数倍。在上述中,基本切削频率是主轴转速乘以刀具刃数而得到的频率。

[0048] 振动判定部12在判定为发生了振动的情况下,对振动的种类进行判别。详细地说,振动判定部12作为振动的种类的判别而对所发生的振动是强制振动还是颤振进行判定。振动的种类的判别是基于判定出的振动的频率是否是基本切削频率的整数倍而执行的。即,如果振动的频率是基本切削频率的整数倍,则振动判定部12判别为强制振动,如果该频率是基本切削频率的非整数倍,则判别为颤振。

[0049] 此外,振动判定部12在判定为没有发生振动的情况下,判定为稳定加工。稳定加工是仅产生由刀具和工件的切削力引起的振动成分的加工状态,是没有激励出构件的固有振动频率附近的振动的加工状态。

[0050] 振动判定部12始终执行上述的处理,由此对各时刻的同定用数据是稳定加工、强制振动、颤振中的哪一者进行判别,将判别结果作为振动判定结果而输出至同定部13。即,振动判定部12基于同定用数据,对工作机械2的振动的状态是稳定加工、强制振动、颤振的多个状态之中的哪一者进行判别。

[0051] 同定部13基于振动判定部12的判别结果,将加工特性参数之中的能够同定的加工特性参数作为选择参数进行选择,使用从数据取得部16输入的同定用数据而进行选择参数的同定。另外,同定部13基于振动判定部12的判别结果,作为选择参数,进一步对动态特性参数之中的能够同定的动态特性参数进行选择。下面,也将选择参数称为能够同定的参数。同定部13将同定处理的结果向校正部11输出。同定处理是使用同定用数据和加工条件信息而执行的。加工条件信息是表示同定动作中的加工条件的信息,是预先设定于同定部13的信息。在加工条件信息例如包含刀具直径、刀具刃数、刀具扭转角、刀具轴向进刀量、刀具径向进刀量、上切或者下切的加工样式。

[0052] 此外,下面,说明同定部13进行动态特性参数和加工特性参数这两者的同定的例子,但同定部13也可以仅对动态特性参数和加工特性参数中的任一者进行同定。例如,同定部13基于振动判定部12的判别结果,将加工特性参数之中的能够同定的加工特性参数作为选择参数进行选择,使用同定用数据而进行选择参数的同定。

[0053] 一般来说,加工中的主轴转速和进给速度以恒定值被指定。在该情况下,同定部13仅能够取得通过一组主轴转速和进给速度进行了加工的情况下的同定用数据。在同定用数据中,如上所述,包含由工作机械2的传感器检测出的动作状态信号,因此同定部13仅能够取得通过一组主轴转速和进给速度进行了加工的情况下的动作状态信号。但是,在本实施方式中,通过同定动作生成部14而生成主轴转速和进给速度各自连续地变化的指令,因此同定部13能够取得通过在各时刻不同组合的主轴转速和进给速度进行了加工的情况下的动作状态信号。

[0054] 在这里,对动态特性参数和加工特性参数进行说明。动态特性参数是表示后面记述的动力学模型的特性的参数,是表示工作机械2的振动的特性的参数。动态特性参数例如是等价质量、衰减系数、固有振动频率。另一方面,加工特性参数是表示后面记述的加工工艺模型的特性的参数,是表示刀具和工件之间的加工现象的特性的参数。加工特性参数例如是相对切削阻力、边缘力、刀具偏心量、刀具磨损幅度。

[0055] 动力学模型是对工作机械2内部的机械构件、刀具和工件的动力学进行记述的数学模型。下面,对动力学模型的一个例子进行说明。图5是表示在实施方式1中,在固定于工作台的工作台31上载置工件32,构成主轴的工具系统34对刀具33进行保持的结构例为前提。另外,在图5中,相对位移35示出工件前端相对于工作台31的振动方向上的相对位移,切削力36示出工件32中的切削力,干扰力37示出对工作台31传递的干扰力。此时的切削力36、干扰力37、相对位移35的关系能够通过下面的式(1)表示。式(1)所示的动力学模型是用于在产生切削力36时,通过包含刀具33或者工件32的机械构造对传递至进给轴的干扰力37进行计算,并且在产生切削力36时通过机械构造对在各进给轴产生的位置偏差进行计算的数学模型。

[0056] 式1

$$\left. \begin{aligned} f_c &= m_t \ddot{x} + c_t \dot{x} + k_t x \\ f_d &= c_t \dot{x} + k_t x \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

[0058] 在这里,

[0059] f_c : 切削力, f_d : 干扰力, m_t : 等价质量,

[0060] x : 工件前端相对于工作台的振动方向的相对位移

$$[0061] \quad c_t = 2m_t \zeta \omega_n, \quad k_t = m_t \omega_n^2,$$

[0062] ζ : 衰减系数, ω_n : 固有振动频率

[0063] 式(1)所示的动力学模型是将工作台31上的工件32作为1自由度振动系统而记述的模型,但动力学模型并不限定于上述的例子。例如,也可以作为包含对工件32进行固定的固定部及工作台31在内的多自由度振动系统而记述。并且,可以设定与由刀具33、工具系统34及主轴电机构成的刀具侧构件相关的动力学模型。并且,也可以设定作为将包含对工件32进行固定的固定部及工作台31在内的工件侧构件和刀具侧构件组合后的振动系统的动力学模型。

[0064] 加工工艺模型是对刀具和工件之间的切削工艺进行记述的数学模型。在下面的式(2)表示加工工艺模型的一个例子。

[0065] 式2

$$[0066] \quad f_c = (K^c a h(\varphi(t)) + K^{ce}) g(\varphi(t)) \quad \dots (2)$$

[0067] f_c : 切削力, K^c : 相对切削阻力, K^{ce} : 边缘力,

[0068] a : 刀具轴向进刀量, h : 工件切除厚度, φ : 刀具旋转角度, t : 时间

$$[0069] \quad g(\varphi(t)) = \begin{cases} 1(\varphi_s \leq \varphi(t) \leq \varphi_f) \\ 0(\varphi(t) < \varphi_s, \varphi_f < \varphi(t)) \end{cases}$$

[0070] φ_s : 刀具啮合角度, φ_f : 刀具未啮合角度

[0071] 上述的式(2)是根据与各时刻的刀具33的旋转角度相对应的切除厚度,对由刀具33对工件32赋予的切削力进行计算的算式。在这里,切除厚度是指在刀具33的刃尖即刀具刃尖经过工件32时将工件32切除的厚度。切削力如图6及图7所示,在处于刀具刃尖与工件32接触的角度的情况下作为大于或等于零的值进行计算,但在处于刀具刃尖不与工件32接触的角度的情况下作为零进行计算。图6是表示在实施方式1中,刀具刃尖与工件32接触的刀具33的旋转角度的一个例子的图,图7是表示刀具刃尖不与工件32接触的刀具33的旋转角度的一个例子的图。即,在刀具33的每个旋转角度或者时刻,基于位置偏差对是否与工件接触进行判定,在刀具刃尖与工件32接触的情况下对切除厚度进行计算,在刀具刃尖不与工件32接触的情况下将切除厚度作为零进行计算。

[0072] 将式(2)所示的运算在刀具的切线方向、半径方向及轴向这3个方向进行,由此能够对3方向的切削力进行计算。在加工工艺模型中,针对具有上述3方向的成分的切削力而乘以与刀具33的旋转角度即刀具旋转角度相对应的旋转矩阵,由此进行坐标变换,由此对

刀具基准坐标系中的切削力进行计算。在式 (3) 示出坐标变换的一个例子。

[0073] 式3

$$[0074] \begin{bmatrix} f_{cx} \\ f_{cy} \\ f_{cz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi(t) & \sin \varphi(t) & 0 \\ -\sin \varphi(t) & \cos \varphi(t) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{ct} \\ f_{cr} \\ f_{ca} \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

[0075] f_{cx} : X轴方向切削力, f_{cy} : Y轴方向切削力, f_{cz} : Z轴方向切削力,

[0076] f_{ct} : 刀具切线方向切削力, f_{cr} : 刀具半径方向切削力, f_{ca} : 刀具轴向切削力

[0077] 将上述的式 (2) 及式 (3) 所示的运算以刀具刃尖的数量执行, 对计算结果进行累计, 由此能够最终地对刀具整体产生的切削力进行运算。式 (2) 所示的加工工艺模型是用于基于刀具刃尖和刀具33的加工对象即工件32之间的相对位置及刀具旋转角度对切除厚度进行计算, 基于切除厚度对在刀具和工件之间产生的切削力进行计算的数学模型。式 (2) 中的切除厚度能够使用每1刃的进给量和刀具旋转角度通过式 (4) 进行计算。

[0078] 式4

$$[0079] \quad h(\varphi(t)) = c \sin \varphi(t) \quad \dots (4)$$

[0080] c : 每1刃的进给量

[0081] 作为其他例, 切除厚度也能够使用式 (5) 进行计算。

[0082] 式5

$$[0083] \quad h(\varphi(t)) = c \sin \varphi(t) + \{v(\varphi, t) - w(\varphi, t)\} + \Delta r(\varphi, t, N_{\text{tooth}}) \quad \dots (5)$$

[0084] v : 刀具半径方向的刀具中心位移量, w : 刀具半径方向的前加工面位移量,

[0085] Δr : 与各刀具刃尖相对应的校正量, N_{tooth} : 刀具刃尖编号

[0086] 式 (5) 是相对于式 (4), 追加根据当前的刀具位移和1刃前的刀具刃尖所生成的加工面即前加工面的差而进行计算的变动量, 并且追加有与各刀具刃尖相对应的校正量的切除厚度的计算式。在式 (5) 所示的运算中, 在当前的刀具刃尖产生的位移量和在大于或等于1刃前的刀具刃尖产生的位移量内, 以对加工面形状赋予影响的位移量和在当前的刀具刃尖产生的位移量的差对切除厚度进行修正。即, 切除厚度是基于与切削相关的当前的刀具刃尖所生成的轨迹和以当前的刀具刃尖为基准而在大于或等于1刃前的刀具刃尖内对加工面形状赋予影响的刀具刃尖的轨迹的差进行计算的。

[0087] 在这里, 刀具中心位移量 v 是与式 (1) 的相对位移 x 之中的从刀具中心至刀具刃尖为止的方向的成分相当的位移量。另外, 前加工面位移量 w 是通过由大于或等于1刃前的刀具刃尖进行切削时的相对位移 x 而在加工面产生的位移量。此外, 大于或等于1刃前的刀具刃尖是与以关于切削的刀具刃尖为基准的时刻相比在之前的时刻与切削有关的刀具刃尖。例如, 在刃数为2的刀具中, 在当前切削中的刀具刃尖为第2刃的情况下, 1刃前的刀具刃尖是180度旋转前的第1刃, 2刃前是360度旋转前的第2刃, 3刃前的刀具刃尖是540度旋转前的第1刃。在切削中在刀具产生位移而暂时地刃尖从工件32分离的情况下, 当前的刀具刃尖不仅对通过1刃前的刀具刃尖生成的前加工面, 还对通过大于或等于2刃前的刀具刃尖生成的前加工面进行切削。

[0088] 并且, 在式 (5) 所示的运算中, 切除厚度通过与表示刀具刃尖的编号即刀具刃尖编号和刀具旋转角度相对应的校正量进行修正。在这里, 校正量是为了对以针对每个刀具刃

尖而不同的旋转半径进行切削所引起的切除厚度的变化进行修正而导入的。作为需要导入校正量的事例,以下进行举例。例如,在特定的刃尖发生了磨损、卷刃等的情况下,其刀具刃尖的旋转半径与其他刀具刃尖相比变短,因此追加与磨损幅度、卷刃幅度等相对应的校正量。作为其他例,在刃尖更换式的刀具中,在存在刀具刃尖的安装误差的情况下,追加与安装误差相对应的校正量。作为其他例,在主轴旋转中心与刀具中心不一致的情况下即存在刀具偏心的情况下,追加与刀具偏心量相对应的校正量。此外,刀具中心是刀具的外切圆的中心。

[0089] 刀具偏心量是指如图8及图9所示在刀具中心和主轴旋转中心之间产生了偏移量的情况下,针对每个刀具刃尖以刀具刃尖的旋转半径增减的量对切除厚度进行修正的量。图8是表示在实施方式1中,在刀具中心和主轴旋转中心之间产生了偏移量情况下的第1刃尖处的切削的情形图,图9是表示在刀具中心和主轴旋转中心之间产生了偏移量情况下的第2刃尖处的切削的情形图。第1刃尖43及第2刃尖44是刀具的刃尖。在图8及图9所示的例子中,在刀具中心41和主轴旋转中心42之间存在偏差。在如上所述的情况下,需要相对于没有偏差的情况下的切除厚度而对切除厚度进行修正,刀具偏心量表示此时的修正量。即,在切除厚度加上或者减去与刀具33的旋转角度相对应的刀具偏心量。通过修正量对切除厚度进行修正的事例并不限定于上述的事例,修正量也可以与在刀具刃尖发生的现象相应地适当变更。

[0090] 此外,加工工艺模型并不限定于式(2)。例如,可以使用式(2),在切削速度大于或等于阈值的高速的情况下和切削速度小于阈值的低速的情况下使相对切削阻力的值变化。并且,可以在式(2)右边,设为追加有工艺阻尼力的模型。在这里,工艺阻尼力是刀具刃尖的退刀面与工件接触而产生的力。工艺阻尼能够表现为例如将退刀面接触面积乘以工艺阻尼系数而得到的值。在该情况下,工艺阻尼系数成为加工特性参数的一个。

[0091] 作为其他例,可以使用针对存在扭转角的刀具的加工工艺模型。具体地说,可以设为下述模型,即将刀具在轴向分割为微小厚度的刀具,对分割后的各微小厚度刀具中的切削力进行计算,将该切削力在刀具轴向累计而对最终的切削力进行计算。并且作为其他例,可以设为通过有限要素解析对切除厚度和切削力进行计算的模型。

[0092] 下面,在动力学模型为式(1),加工工艺模型为式(2)的情况下,根据振动判定结果对能够同定的参数进行判别,关于对该参数进行同定的处理进行叙述。此外,以下所述的能够同定的参数的候选是动态特性参数即等价质量、衰减系数、固有振动频率、加工特性参数即相对切削阻力、边缘力和刀具偏心量。

[0093] 同定部13如果从振动判定部12作为振动判定结果而输入了表示是稳定加工、强制振动、颤振中的任一者的振动判定结果,则与该振动判定结果相应地进行以下处理。此外,强制振动和颤振同时地发生的情况很稀少,在如上所述的情况下,判定为颤振而进行同定。

[0094] [判定结果为稳定加工的情况]

[0095] 同定部13作为能够同定的参数对加工特性参数即相对切削阻力和边缘力进行选择。并且,同定部13通过下述的处理对相对切削阻力和边缘力进行同定。同定部13使用从力传感器输出的力信息和在同定部13中预先记录的加工条件,按照式(2)~式(4)对相对切削阻力和边缘力进行计算。即,以在向式(3)代入式(2)及式(4)时计算的各轴向的力的计算值与由力传感器检测出的力的实测值大致一致的方式,对式(2)中的相对切削阻力和边缘力

进行计算。相对切削阻力和边缘力的计算方法只要使用已知的优化方法或者数值仿真即可。例如,能够使用最小2乘法或者梯度法。

[0096] [判定结果为强制振动的情况]

[0097] 同定部13作为能够同定的参数对动态特性参数即衰减系数和固有振动频率及加工特性参数即相对切削阻力和边缘力进行选择。并且,同定部13通过下述的处理对衰减系数、固有振动频率、相对切削阻力和边缘力进行同定。

[0098] 同定部13使用从力传感器输出的力信息和在同定部13中预先记录的加工条件,按照式(1)~式(4)对衰减系数、固有振动频率及相对切削阻力和边缘力进行同定。具体地说,在将式(1)变形而得到的下式(6)中的 f_d ,代入由力传感器检测出的力的实测值。

[0099] 式6

$$[0100] \quad \ddot{f}_d = 2\zeta\omega_n(\dot{f}_c - \dot{f}_d) + \omega_n^2(f_c - f_d) \quad \dots(6)$$

[0101] 并且,将在向式(3)代入式(2)及式(4)时计算的各轴向的力的计算值代入至式(6)中的 f_c 。此时,存在式(6)成立的衰减系数和固有振动频率及相对切削阻力和边缘力的组合,因此同定部13对满足式(6)的衰减系数和固有振动频率及相对切削阻力和边缘力的组合进行计算。具体地说,同定部13使用梯度法以使得式(6)的两边的误差成为最小,对衰减系数和固有振动频率及相对切削阻力和边缘力进行探索。作为其他方法,也能够通过最小2乘法对衰减系数和固有振动频率及相对切削阻力和边缘力进行计算。

[0102] [判定结果为颤振的情况]

[0103] 同定部13作为能够同定的参数对动态特性参数即等价质量、衰减系数和固有振动频率及加工特性参数即相对切削阻力、边缘力和刀具偏心量进行选择。并且,同定部13通过下述的处理对等价质量、衰减系数、固有振动频率、相对切削阻力、边缘力和刀具偏心量进行同定。

[0104] 同定部13使用从力传感器输出的力信息和在同定部13中预先记录的加工条件,按照式(1)、式(2)、式(3)及式(5)对等价质量、衰减系数、固有振动频率及相对切削阻力、边缘力和刀具偏心量进行同定。具体地说,按照图10所示的顺序能够对等价质量、衰减系数、固有振动频率及相对切削阻力、边缘力和刀具偏心量进行同定。

[0105] 图10是表示由振动判定部12判定为颤振的情况下的实施方式1的同定部13中的同定处理顺序的一个例子的流程图。首先,同定部13在步骤S1,关于参数的组对初始值进行设定。此时的参数的组是动态特性参数即等价质量、衰减系数和固有振动频率及加工特性参数即相对切削阻力、边缘力和刀具偏心量的各参数的组合。

[0106] 在步骤S2,同定部13对同时满足动力学模型和加工工艺模型的位移量进行计算。例如,对同时满足动力学模型即式(1)和加工工艺模型即式(2)及式(5)的位移量进行计算。在这里,位移量是式(1)中的相对位移 x 和式(5)中的 v 、 w 。

[0107] 在步骤S3,同定部13对向动力学模型赋予位移量时的干扰力进行计算。例如,同定部13向动力学模型即式(1)赋予通过步骤S2计算出的位移量而对干扰力 f_d 进行计算。

[0108] 在步骤S4,同定部13对由力传感器检测出的力的实测值和通过步骤S3计算出的力的计算值的误差是否小于或等于容许值进行判定。同定部13如果误差小于或等于容许值(步骤S4 Yes),则将该时刻的参数的组的值作为同定结果,结束同定处理。同定部13在误差超过容许值的情况下(步骤S4 No),在步骤S5,对参数的组的值进行更新,返回步骤S2的处

理。

[0109] 作为步骤S5中的参数的更新方法,例如能够使用使各参数以预先确定的量增加或者减少的方法。此外,由振动判定部12判定为颤振的情况下的同定部13中的同定处理并不限于上述的步骤S1~S5的处理。例如,也可以将式(1)、式(2)、式(3)及式(5)联立,使用最小2乘法对各参数进行计算。

[0110] 返回图1的说明,校正部11从同定部13对同定结果即动态特性参数和加工特性参数进行接收,基于同定结果,将用于对工作机械2的运转进行校正的校正信号输出至驱动控制部15。具体地说,在校正部11内执行与机械动力学及加工工艺相关的仿真,对刀具刃尖的振动振幅小于或等于规定值的主轴转速和进给速度的组合进行计算。校正部11基于计算出的主轴转速和进给速度,生成用于对主轴转速和进给速度进行校正的校正信号,向驱动控制部15输出。在这里规定值是在校正部11预先设定的值,是为了满足确定了加工结果的尺寸交叉所设定的值。此外,进行校正的对象除了主轴转速和进给速度以外,也可以包含刀具轴向或者刀具径向的进刀量。

[0111] 使用图11对以上所述的实施方式1的数控装置1的动作用的例子进行说明。图11是表示实施方式1的数控装置1的动作用的一个例子的流程图。在步骤S11,数控装置1开始同定动作。具体地说,同定动作生成部14生成同定动作指令,驱动控制部15针对工作机械2,将控制信号输出至工作机械2,以使得工作机械2执行通过同定动作指定出的动作。

[0112] 在步骤S12,振动判定部12取得同定用数据。具体地说,数据取得部16从驱动控制部15取得控制信号,从工作机械2的传感器取得运转状态信号,生成将两者的时间偏差补偿后的同定用数据,向振动判定部12及同定部13输出。

[0113] 在步骤S13,振动判定部12基于同定用数据对振动的状态进行判别。具体地说,振动判定部12基于同定用数据的动作状态信号对是否发生了振动进行判定,在判定为没有发生的情况下,判别为振动的状态是稳定加工。另外,振动判定部12在判定为发生了振动的情况下,基于振动的频率对是强制振动、颤振中的哪一者进行判别。振动判定部12将振动的状态的判别结果作为振动判定结果向同定部13输出。

[0114] 在步骤S14,同定部13基于同定用数据和振动判定结果,对能够同定的参数进行选择。具体地说,同定部13与振动判定结果相应地从动态特性参数和加工特性参数中对能够同定的参数进行选择。

[0115] 在步骤S15,同定部13使用同定用数据,对通过步骤S14选择出的能够同定的参数进行同定。在步骤S16,数控装置1在直至步骤S15为止的同定动作结束后,即,在通常的加工动作中,基于同定结果对工作机械2的运转进行校正。具体地说,校正部11基于由同定部13计算出的同定结果,生成用于对工作机械2的运转进行校正的校正信号,向驱动控制部15输出。驱动控制部15基于加工路径和该加工路径中的基准主轴转速及基准进给速度和校正信号,生成控制信号,向工作机械2输出。

[0116] 数控装置1在加工中时时刻刻执行从步骤S11至步骤S15为止的一系列处理,由此能够进行参数同定。并且,在同定动作后,通过步骤S16的处理,使用同定结果能够改善加工的状态。

[0117] 接下来,对数控装置1的硬件结构进行说明。图1所示的数控装置1的各部是通过处理电路实现的。处理电路可以是具有处理器的电路,也可以是专用硬件。

[0118] 在处理电路是具有处理器的电路的情况下,处理电路例如是图12所示的结构的处理电路。图12是表示实施方式1的处理电路的结构例的图。处理电路200具有处理器201及存储器202。在数控装置1的各部通过图12所示的处理电路200实现的情况下,处理器201将在存储器202中储存的程序读出而执行,由此将它们实现。即,在数控装置1的各部通过图12所示的处理电路200实现的情况下,它们的功能是使用软件即程序而实现的。存储器202还作为处理器201的作业区域被使用。处理器201是CPU(Central Processing Unit)等。存储器202例如是RAM(Random Access Memory)、ROM(Read Only Memory)、闪存等非易失性或易失性的半导体存储器、磁盘等。

[0119] 在将数控装置1的各部实现的处理电路为专用硬件的情况下,处理电路例如是FPGA(Field Programmable Gate Array)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)。此外,数控装置1的各部也可以将具有处理器的处理电路及专用硬件组合而实现。数控装置1的各部可以通过多个处理电路而实现。

[0120] 如以上说明所述,实施方式1的数控装置1针对主轴和进给轴而生成速度连续地变化的指令,将该指令独立地赋予给主轴和进给轴,由此使工作机械执行同定动作。而且,实施方式1的数控装置1根据通过同定动作而收集的同定用数据对工作机械2的振动的状态进行判别,与其判别结果相应地对能够同定的加工特性参数进行同定。如上所述,实施方式1的数控装置1能够有效地以短时间对加工特性参数进行同定。并且,实施方式1的数控装置1也能够对能够与判别结果相应地对振动的状态进行同定的动态特性参数进行同定。另外,实施方式1的数控装置1能够针对工作机械2在一次的同定动作中再现多个种类的振动状态,因此作业者不每次变更加工条件,也能够以短时间有效地进行同定。并且,通过对颤振状态进行再现,从而能够同时推定动态特性参数和加工特性参数。其结果,实施方式1的数控装置1能够基于同定结果而校正针对工作机械的控制信号,因此不使加工不良发生而能够继续加工。另外,如果使主轴转速以台阶状阶段性地变化而进行同定,则只能离散地探索成为固有振动频率的候选的峰值。与此相对,在本实施方式中,如上所述,针对主轴和进给轴而生成速度连续地变化的指令,因此与使主轴转速以台阶状阶段性地变化的情况相比,能够高精度地对动态特性参数和加工特性参数进行同定。

[0121] 此外,动力学模型及加工工艺模型并不限定于上述式(1)及(2),能够根据机械构造及加工方法而适当变更。因此,动态特性参数并不限定于等价质量、衰减系数和固有振动频率,同样地,加工特性参数并不限定于相对切削阻力、边缘力和刀具偏心量。动态特性参数和加工特性参数可以与动力学模型及加工工艺模型相应地适当变更,具有与本实施方式1同等的效果。

[0122] 在实施方式1中,说明了将1个工作机械2通过1个数控装置1控制的结构,但也可以在数控装置1连接大于或等于2个工作机械。例如,针对第1工作机械而生成使主轴转速变化的指令,针对第2工作机械而生成使进给速度变化的指令,对各个工作机械同时地赋予动作指令,由此具有与通过1个工作机械进行动作相比能够以短时间完成同定的效果。此外,在实施方式1中,说明了通过刀具的旋转进行铣削加工的工作机械2,但本发明也能够应用于通过工件的旋转进行车削加工的工作机械。

[0123] 此外,在本实施方式1中,设为通过力传感器直接检测力的结构,但使用其他传感器间接地推定力也能够具有与本实施方式1相同的效果。例如,使用电动机电流指令即参照

电动机电流和通过线性编码器检测出的位置,数据取得部16或者同定部13能够通过下式(7)对力进行计算。

[0124] 式7

$$f_{\text{est}} = K_T I_{\text{ref}} - M\ddot{u} \quad \cdots (7)$$

[0126] f_{est} : 伺服轴干扰力, K_T : 扭矩常数,

[0127] I_{ref} : 参照电动机电流, M : 进给轴等价质量, u : 线性编码器检测位置

[0128] 作为其他例,使用加速度传感器也能够同样地对力进行计算。在该情况下,使用由加速度传感器检测出的加速度,数据取得部16或者同定部13能够通过下式(8)对力进行计算。

[0129] 式8

$$f_{\text{est}} = K_T I_{\text{ref}} - M\alpha \quad \cdots (8)$$

[0131] α : 加速度传感检测量

[0132] 式(7)及式(8)是将进给轴视作1个惯性体时的力的计算式,但也可以与进给轴的构造相应地适当使用视作多惯性体的计算式。并且,可以追加对摩擦力进行补偿的项。

[0133] 实施方式2.

[0134] 图13是表示本发明的实施方式2所涉及的数控装置的结构例的框图。在实施方式1中,说明了根据将同定动作执行一次的期间的控制信号和运转状态信号而进行同定处理的例子。在实施方式1中,在一次的同定动作中没有发生颤振的情况下,存在动态特性参数和加工特性参数之中的无法同定的参数。本实施方式2中,说明在执行同定动作时没有发生颤振的情况下对同定动作进行修正的例子。此后,关于具有与实施方式1相同功能的结构要素,使用同一标号而省略重复说明。下面,以与实施方式1的不同点为中心进行说明。

[0135] 数控装置1a如图13所示,除了取代实施方式1的同定部13及同定动作生成部14而具有同定部13a及同定动作生成部14a以外,与实施方式1相同。同定部13a及同定动作生成部14a与实施方式1的同定部13及同定动作生成部14同样地通过处理电路而实现。

[0136] 同定部13a与实施方式1的同定部13同样地,使用从振动判定部12输入的振动判定结果,在动态特性参数和加工特性参数内,对能够同定的参数进行选择。另外,同定部13a与实施方式1的同定部13同样地,基于从数据取得部16输入的同定用数据,执行用于对选择出的能够同定的参数进行同定的同定处理,将同定处理的结果向校正部11输出。同定处理使用同定用数据和加工条件信息,通过与实施方式1的同定部13相同的方法而执行。

[0137] 并且,在同定部13a,将动态特性参数和加工特性参数之中的至少1个作为同定对象的参数而预先设定。同定部13a在进行大于或等于一次的同定处理后,在存在同定对象的参数之中的未同定的参数的情况下,向后面记述的同定动作生成部14a输出同定动作修正信号。同定动作修正信号是表示存在未同定的动态特性参数或者加工特性参数的信号。

[0138] 同定动作生成部14a与实施方式1的同定动作生成部14同样地,生成对工作机械的主轴转速和进给速度进行变更的同定动作指令,向驱动控制部15输出同定动作指令。

[0139] 并且,同定动作生成部14a基于从同定部13a输出的同定动作修正信号,对同定动作的指令模式进行修正。与同定部13同样地,同定部13a能够在工作机械发生了颤振的情况下对最多种类的参数进行同定。因此,同定动作生成部14a对使主轴转速或者进给速度变化的范围进行变更,由此以在同定动作的过程发生颤振的方式对同定动作进行修正。具体地

说,同定动作生成部14a生成将前述的主轴转速的最大值S1、最小值S2、进给速度的最大值F1及最小值F2之中的至少1个以预先确定的比例变更后的同定动作指令模式。具体地说,例如,关于主轴转速及进给速度之中的至少1个,以通过前一次同定动作所设定的变化的范围成为不同的范围的方式,对主轴转速的最大值S1、最小值S2、进给速度的最大值F1及最小值F2之中的至少1个进行变更。

[0140] 使用图14对以上所述的实施方式2的数控装置1a的动作用的例子进行说明。图14是表示实施方式2的数控装置1a的动作用的一个例子的流程图。在步骤S21,数控装置1a开始同定动作。在初次的步骤S21中,同定动作生成部14a生成初次的同定动作指令,驱动控制部15针对工作机械,将控制信号输出至工作机械以使得工作机械执行通过同定动作所指定出的动作。

[0141] 在步骤S22~S25,进行与在实施方式1中说明的图11的步骤S12~S15相同的处理。在步骤S26,同定部13a对是否同定到预先确定的同定对象的参数进行判定,如果同定完成(步骤S26 Yes),则向步骤S28进入。如果存在预先确定的同定对象的参数之中的没有同定的参数(步骤S26 No),则数控装置1a在步骤S27对同定动作指令进行修正,重复从步骤S21起的处理。具体地说,在步骤S27,同定部13a将同定动作修正信号向同定动作生成部14a输出,以同定部13a对轴转速及进给速度之中的至少1个变化的范围进行变更的方式对同定动作指令进行修正,将修正后的同定动作指令向驱动控制部15输出。在第2次及其以后的步骤S21中,基于由驱动控制部15修正后的同定动作指令,针对工作机械2而生成控制信号,输出至工作机械2。

[0142] 在步骤S28,数控装置1a基于同定结果对工作机械2的运转进行校正。具体地说,校正部11与实施方式1的校正部11同样地,在同定动作结束后,基于由同定部13a计算出的同定结果,生成校正信号而输出至驱动控制部15。驱动控制部15基于加工路径、该加工路径中的基准主轴转速及基准进给速度和校正信号,生成控制信号而向工作机械2输出。

[0143] 数控装置1a在加工中重复执行从步骤S21至步骤S27为止的一系列的处理。即,同定部13a在使用与同定动作指令相对应的期间的同定用数据进行同定后,在存在作为同定对象而设定的参数即同定对象参数之中的同定未完成的参数的情况下,生成对同定动作的变更进行指示的同定动作修正信号而输出至同定动作生成部14a。而且,同定动作生成部14a如果接收到同定动作修正信号,则对同定动作指令进行变更,数据取得部16使基于变更后的同定动作指令而生成的控制信号和表示基于该控制信号而动作的工作机械2的运转状态的运转状态信号同步而作为同定用数据向振动判定部12及同定部13a输出。而且,直至作为同定对象而设定的全部参数的同定完成为止重复这些动作。由此,能够进行作为同定对象所设定的全部动态特性参数和加工特性参数的同定。并且,通过步骤S28的处理,能够使用同定结果而改善加工的状态。此外,在这里,说明了在一次的同定动作完成后对同定动作指令进行修正的情况下的处理流程,但也可以是在同定动作的中途对同定动作进行修正的处理流程。

[0144] 如以上说明所述,实施方式2的数控装置1a在存在预先确定的同定对象的参数之中的同定未完的参数的情况下,对同定动作进行修正而再次实施同定动作。因此,实施方式2的数控装置1a在初次的同定动作的指令模式中无法同定的参数的情况下,对同定动作进行修正而使颤振发生,由此具有也能够对预先指定出的同定对象的参数之中的全部参

数进行同定的效果。

[0145] 实施方式3.

[0146] 图15是表示本发明的实施方式3所涉及的数控装置的结构例的框图。在实施方式2中,直至预先在内部设定的同定对象的参数的全部同定完成为止重复同定动作。在本实施方式3中,对能够从外部对同定对象的参数进行设定的例子进行说明。此后,关于具有与实施方式2相同功能的结构要素,使用同一标号而省略重复说明。下面,以与实施方式2的不同点为中心进行说明。

[0147] 如图15所示,实施方式3的数控装置1b在实施方式2的数控装置1a中追加有输入部17。输入部17能够从外部接受同定对象的参数的输入。输入部17例如能够从外部设备、作业者等,作为同定对象的参数而接受动态特性参数和加工特性参数之中的至少1个输入。输入部17可以是与外部设备进行通信的通信电路,也可以是从外部介质读取数据的外部介质的接口电路,也可以是键盘、鼠标等输入单元。另外,输入部17在接受来自作业者的输入的情况下,显示器、监视器等显示单元还作为输入部17使用。同定对象的参数可以作为数控程序而输入至输入部17,也可以由作业者通过对话形式而输入至输入部17。另外,输入部17可以通过对话式编程的形式而接受同定对象的参数的输入。输入部17将接受到的同定对象的参数向同定部13a输出。作为同定对象的参数由作业者或者从外部进行指定的情形,例如设想到“希望将已经通过其他单元等同定完成的参数从同定对象去除的情况”(第1情形)、“希望仅对优先级高的同定对象进行同定而削减同定所花费的时间的情况”(第2情形)这样的情形。因此,如果设想到第1情形,则例如在菜单一览中,关于同定完成参数以通过过去的同定得到的值被预先输入等而能够对同定完成的参数进行区分的方式进行显示,由此未同定的参数的判别变得容易。另外,如果设想到第2情形,则设为能够将同定对象的参数通过选择框等进行选择,设置在每次向选择框输入勾选时同定预想时间变化这样的显示窗,由此作业者能够在同定时间处于同定容许时间内的范围对最多的参数进行选择。对话式编程的形式并不限于这些例子,可以是任意的方式,但如上述所示对作业者为了进行选择而要考虑的信息进行显示,由此作业者能够容易地对同定对象的参数进行选择。

[0148] 同定部13a与实施方式2的同定部13a同样地,取代预先所设定的同定对象的参数而使用从输入部17输入的同定对象的参数,进行与实施方式2相同的动作。此外,同定部13a可以能够执行使用预先所设定的同定对象的参数的动作和使用从输入部17输入的同定对象的参数的动作这两者。同定部13a将同定处理的结果向校正部11输出。校正部11的动作与实施方式1相同。此外,按照数控程序,对同定对象的参数进行指定的情况下的校正部11的动作如下所述。在数控程序中,通常记述有加工路径、主轴转速、进给速度、刀具编号等信息。在作业者从数控程序对同定对象的参数进行指定的情况下,在数控程序中对进行同定动作的加工路径和同定对象的参数进行指定。在同定部13a的同定完成的情况下,例如,校正部11从刀具编号被变更的定时至对设定有其他同定动作的加工路径进行加工的定时为止,持续生成刀具刃尖的振动振幅小于或等于规定值这样的校正信号。以上所述以外的实施方式3的数控装置1b的动作与实施方式2的数控装置1a的动作相同。

[0149] 如以上说明所述,实施方式3的数控装置1b在通过来自外部的输入所设定的同定对象的参数之中的同定未完的参数存在的情况下,对同定动作进行修正而再次实施同定动作。因此,具有与实施方式2相同的效果,并且能够与作业者的希望等相应地对同定对象的

参数进行变更。

[0150] 实施方式4.

[0151] 图16是表示本发明的实施方式4所涉及的数控装置的结构例的框图。在实施方式3中,叙述了能够从外部对同定对象的参数进行设定的结构。在本实施方式4中,进一步对能够通过来自外部的输入对同定动作的指令模式进行设定的结构进行说明。此后,关于具有与实施方式3相同功能的结构要素,使用同一标号而省略重复说明。下面,以与实施方式3的不同点为中心进行说明。

[0152] 数控装置1c如图16所示,除了取代同定动作生成部14a及输入部17而具有同定动作生成部14b及输入部17a以外,与实施方式3的数控装置1b相同。

[0153] 输入部17a与实施方式3的输入部17同样地,能够从外部接受同定对象的参数,将接受到的同定对象的参数向同定部13a输出。并且,输入部17a能够从外部接受用于决定同定动作的指令模式的指令模式信息的输入。输入部17a将接受到的指令模式信息向同定动作生成部14b输出。指令模式信息例如是表示图2~图4中的主轴转速S0、S1、进给速度F0、F1、时间常数T1、T2的信息。即,指令模式信息是表示与通过同定动作指令使主轴转速和进给速度变化时的主轴转速及进给速度的时间对应的波形的信息。指令模式信息例如作为数控程序或者通过对话式输入至输入部17a。另外,指令模式信息也可以通过对话式编程的形式输入。在指令模式信息,可以构成为在图2~图4所示的波形或者表示波形的信息的基础上,还能够从外部对波形进行设定。

[0154] 输入部17a与输入部17同样地,可以是与外部设备进行通信的通信电路,也可以是从外部介质读取数据的外部介质的接口电路,也可以是键盘、鼠标等输入单元。另外,输入部17a在接收来自作业者的输入的情况下,显示器、监视器等显示单元还作为输入部17a使用。同定对象的参数及指令模式信息可以通过数控程序的形式从外部设备输入至输入部17a,也可以由作业者通过对话形式输入至输入部17a。另外,输入部17a可以通过对话式编程的形式创建程序,通过该程序对同定对象的参数及指令模式信息进行指定。输入部17a将接受到的同定对象的参数向同定部13a输出,将接受到的指令模式信息向同定动作生成部14b输出。同定部13a及校正部11的动作与实施方式3相同。

[0155] 同定动作生成部14b基于由输入部17a接受到的同定动作的指令模式信息,生成同定动作的指令模式,对驱动控制部15输出同定动作指令。并且,同定动作生成部14b与实施方式2的同定动作生成部14a同样地,基于从同定部13a输出的同定动作修正信号,对同定动作的指令模式进行修正。以上所述以外的本实施方式的数控装置1c的动作与实施方式3的数控装置1b相同。

[0156] 如以上说明所述,实施方式4的数控装置1c在实施方式3所述的同定对象的参数的基础上,关于同定动作的指令模式还能够通过来自外部的输入进行设定。因此,实施方式4的数控装置1c具有下述效果,即,能够相对于通过来自外部的输入所指定出的参数的组合而优先地对同定结果进行计算。

[0157] 以上的实施方式所示的结构,表示本发明的内容的一个例子,也能够与其他公知技术进行组合,在不脱离本发明的主旨的范围,也能够对结构的一部分进行省略、变更。

[0158] 标号的说明

[0159] 1、1a、1b、1c数控装置,2工作机械,11校正部,12振动判定部,13同定部,14同定动

作生成部,15驱动控制部,16数据取得部,17、17a输入部。

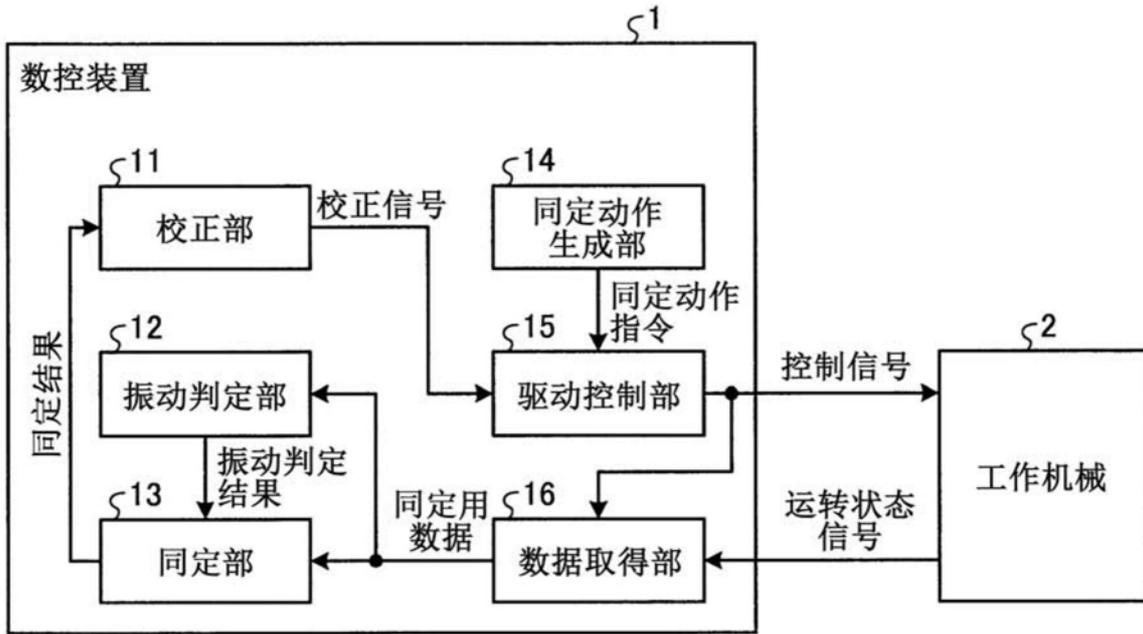


图1

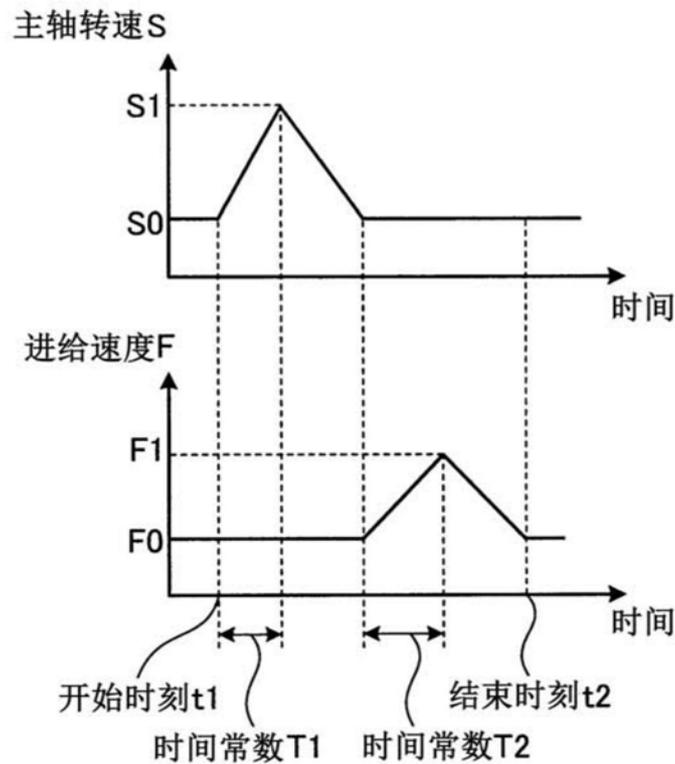


图2

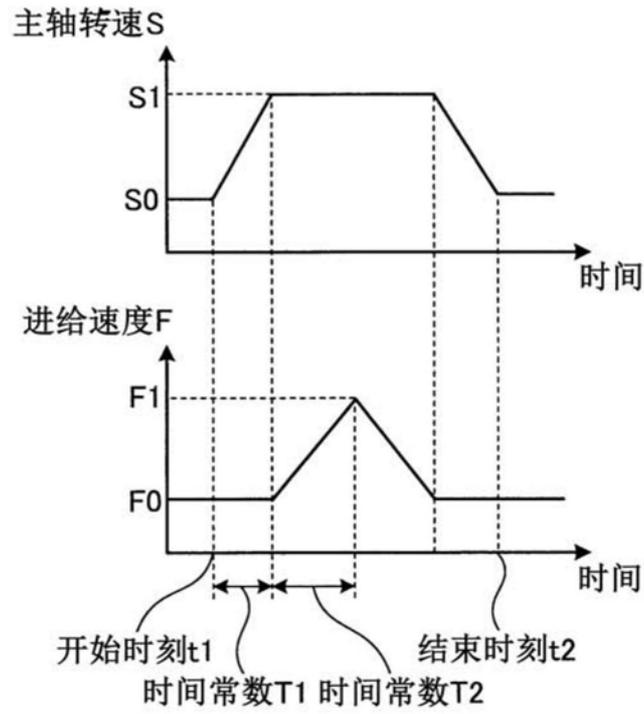


图3

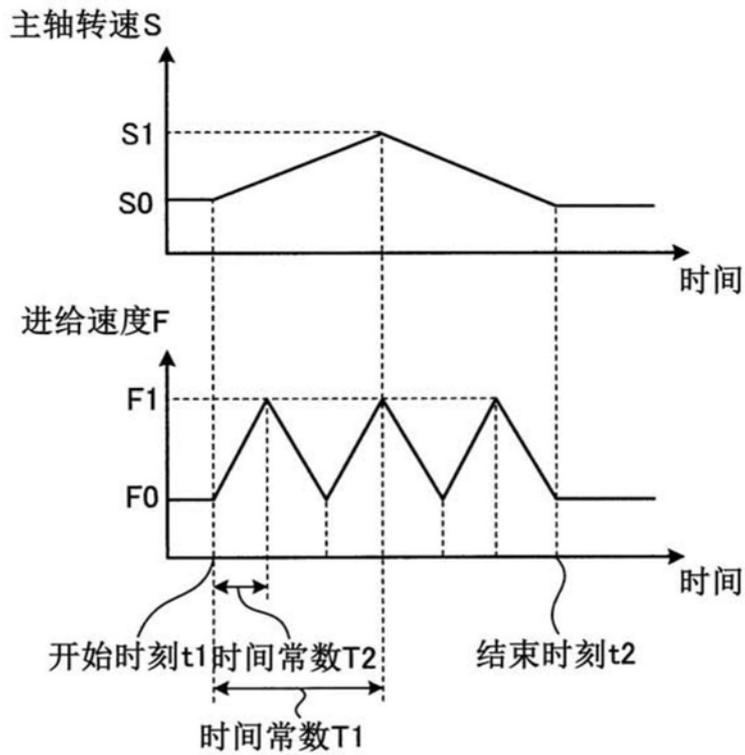


图4

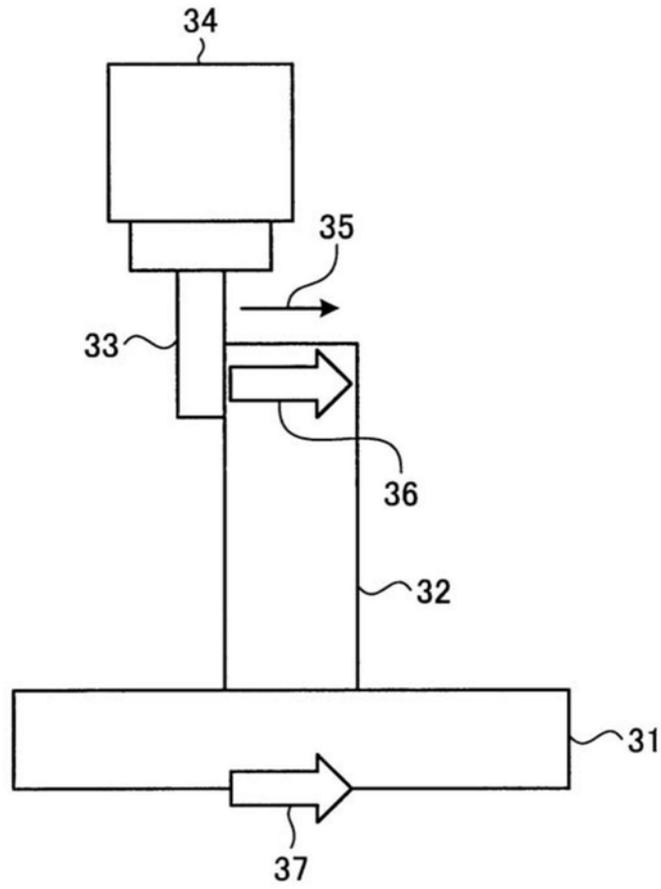


图5

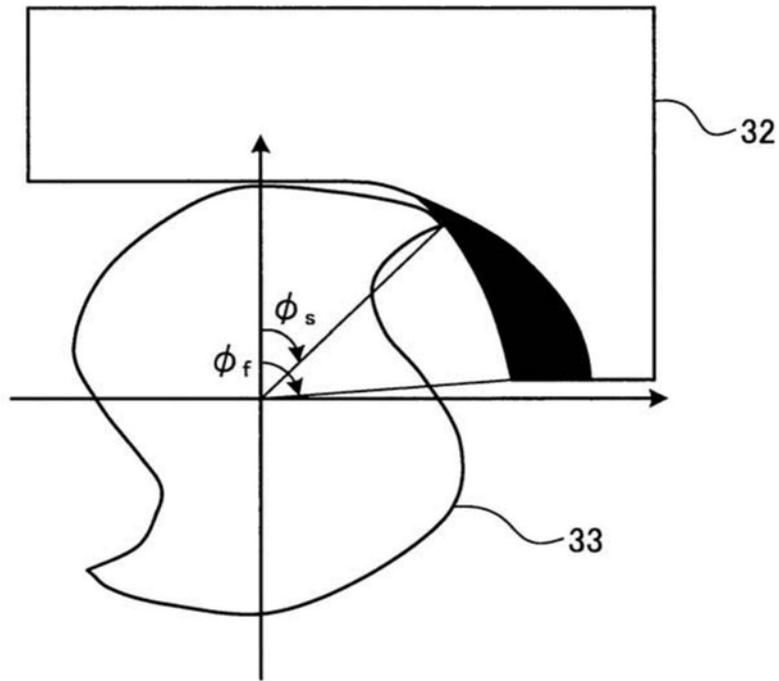


图6

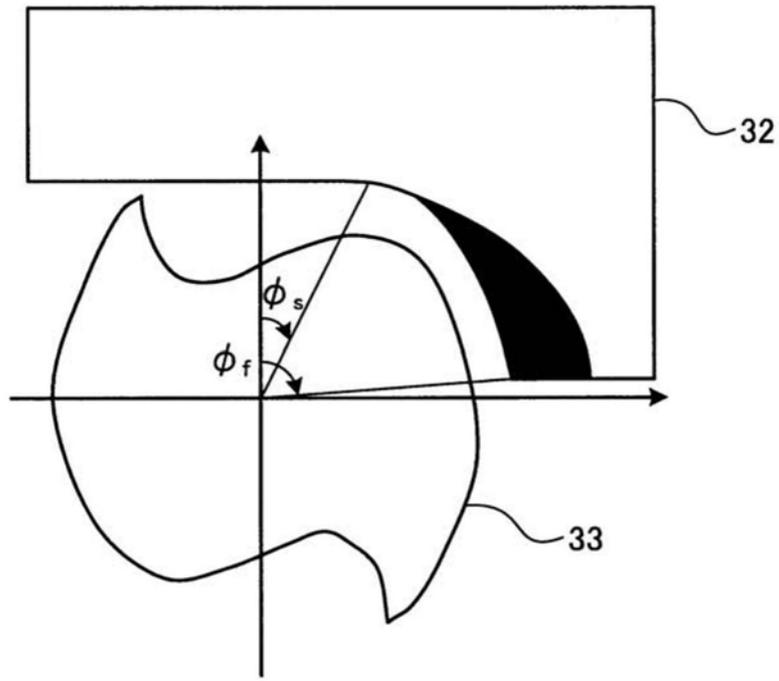


图7

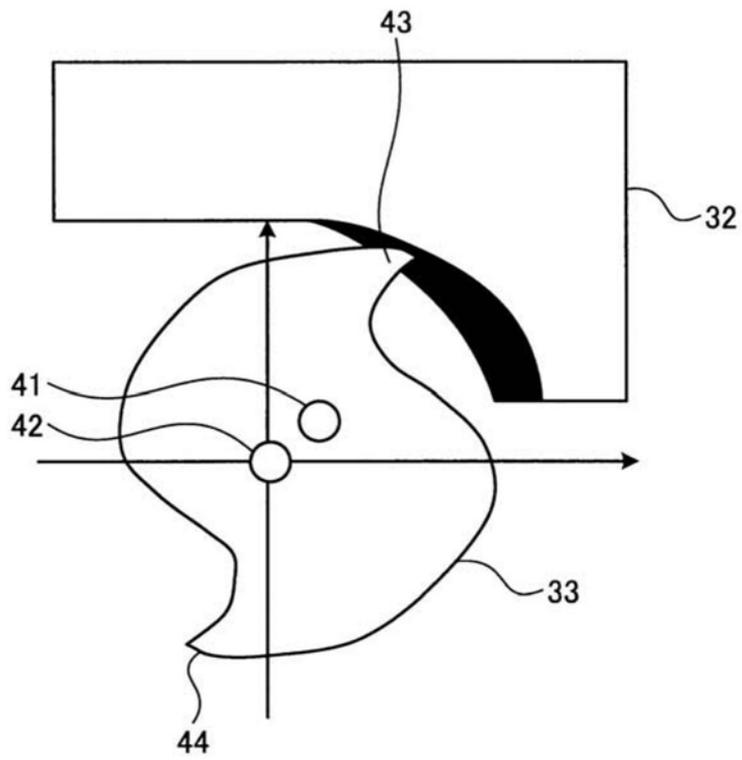


图8

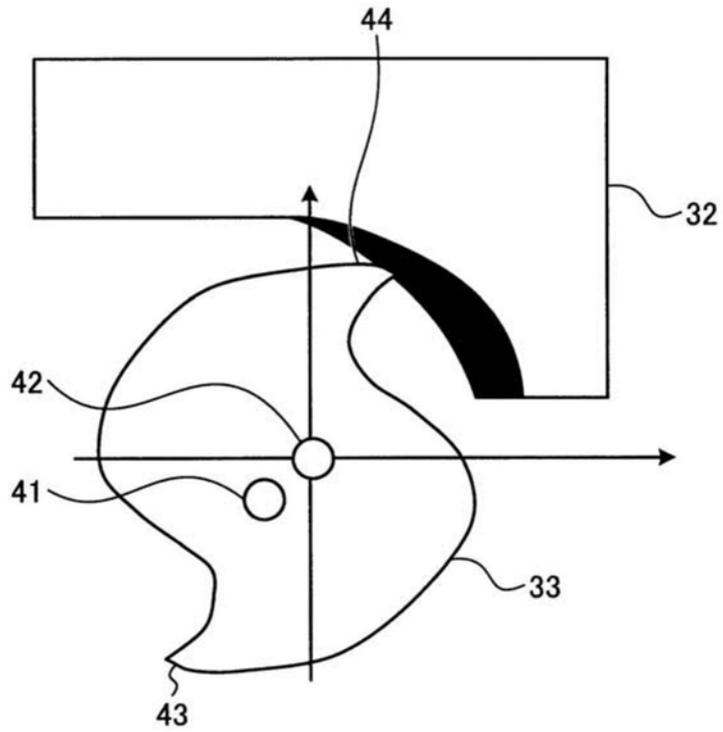


图9

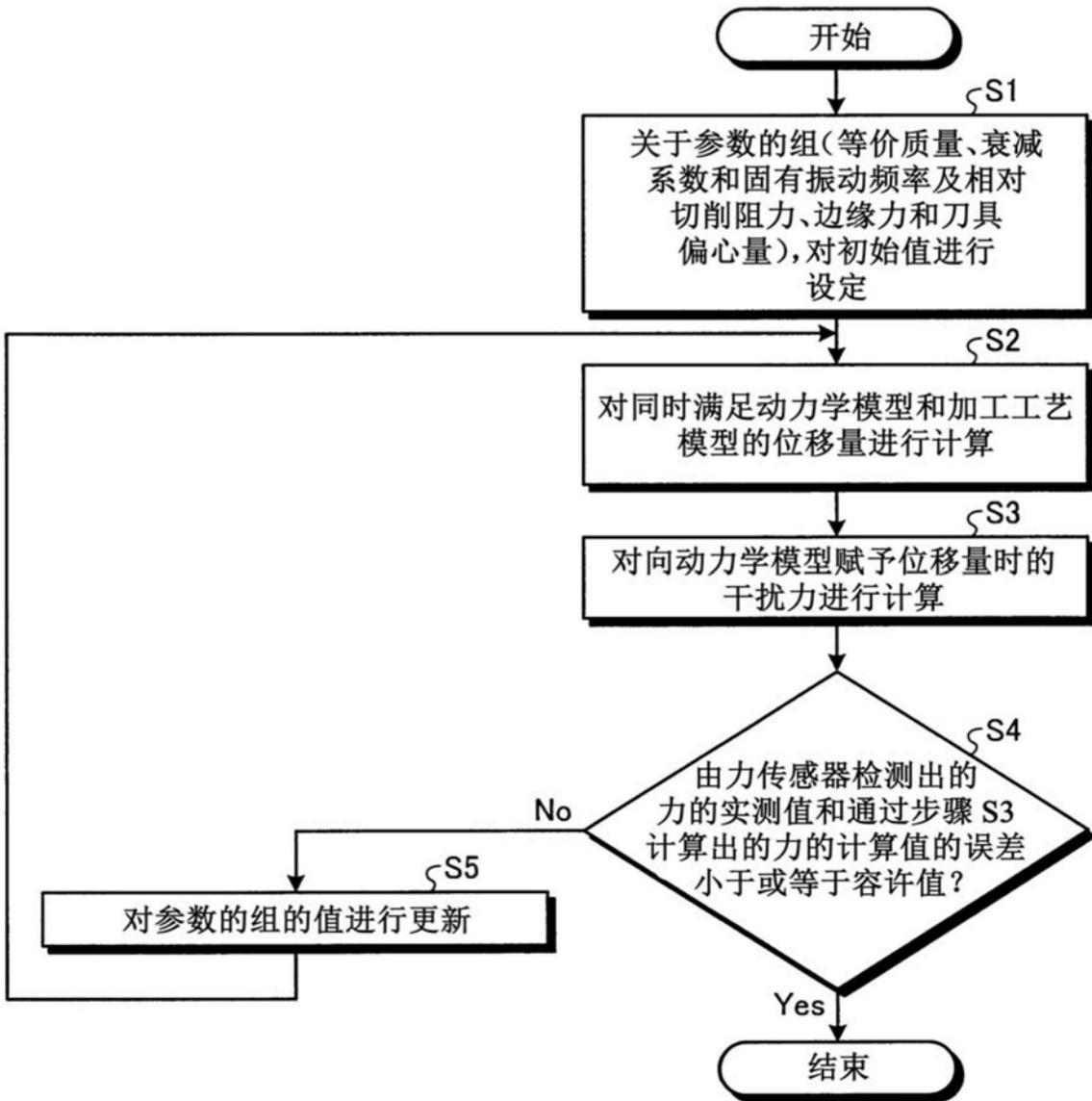


图10



图11

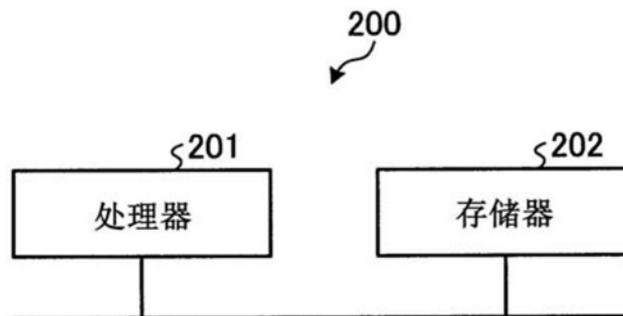


图12

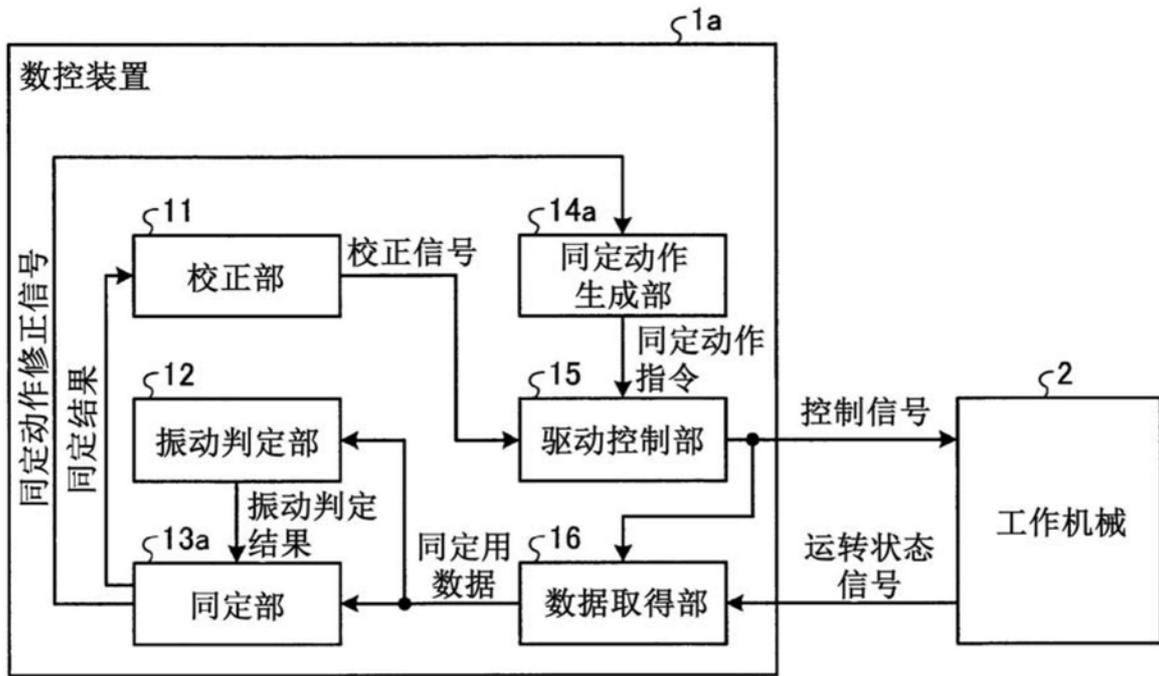


图13

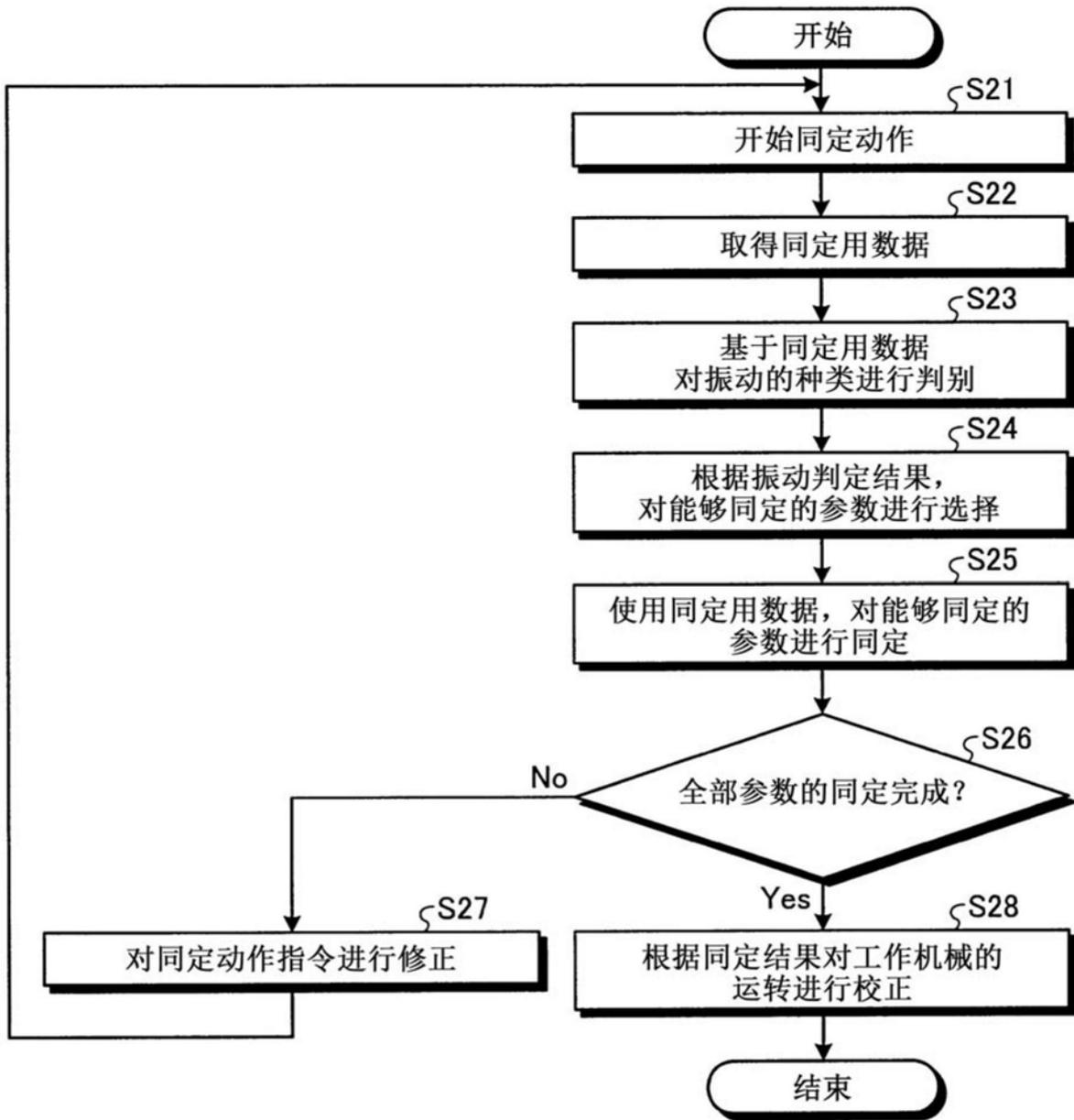


图14

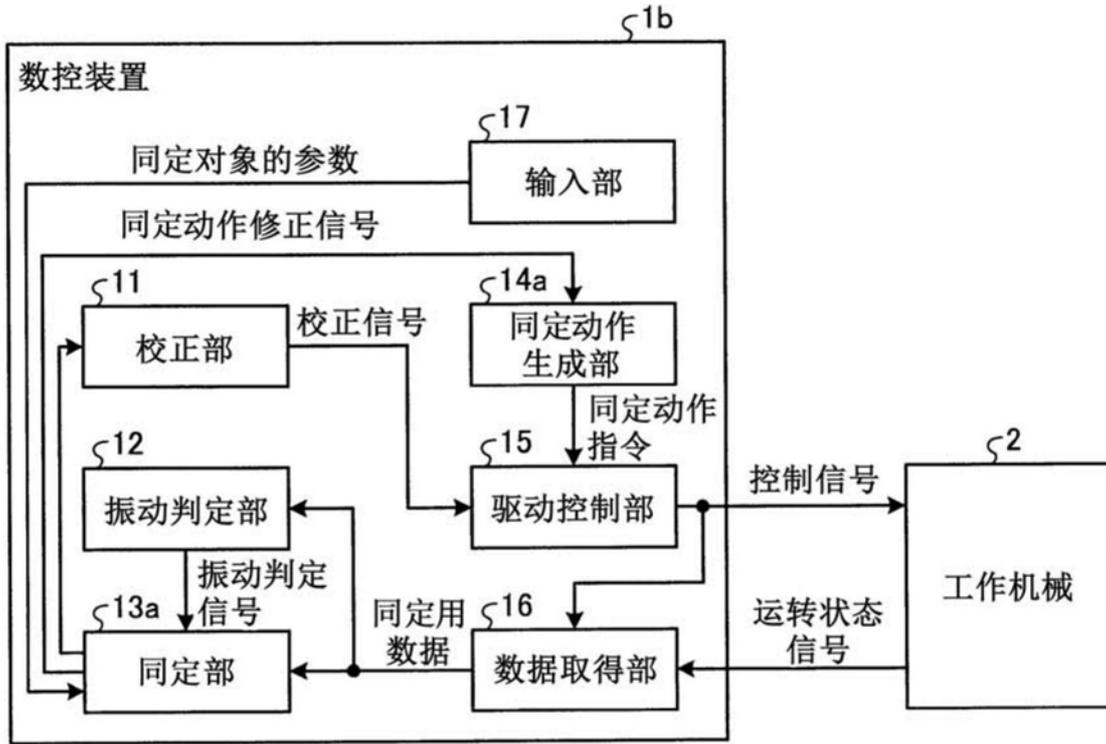


图15

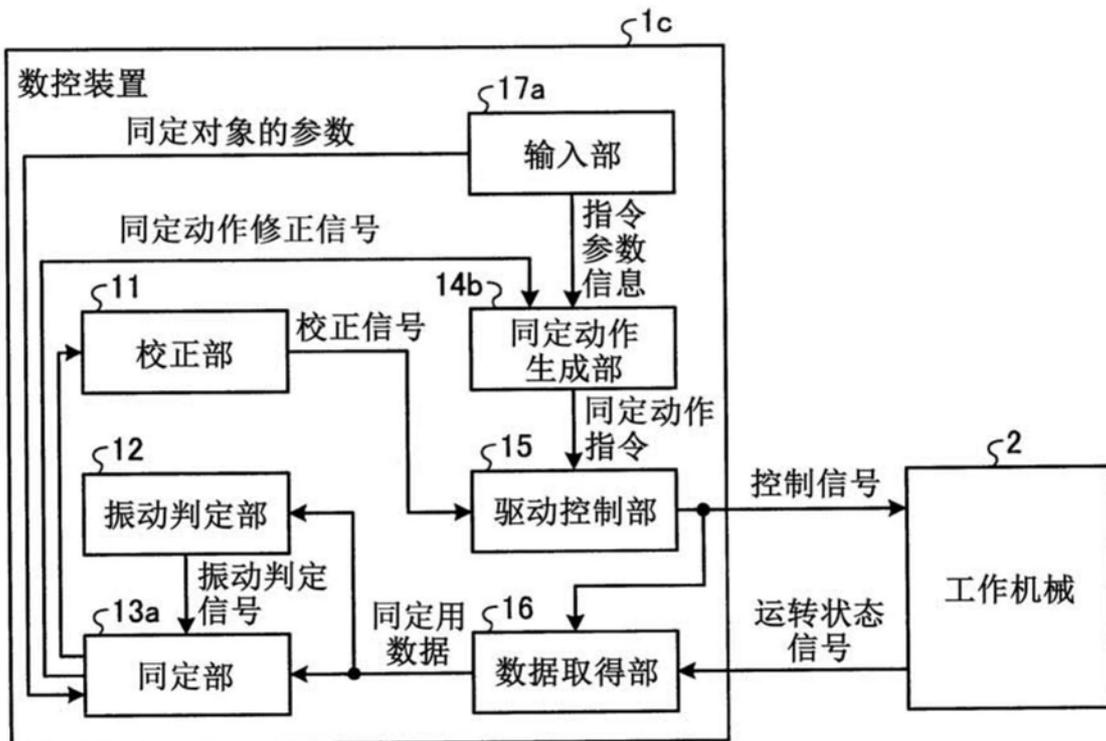


图16