(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119137551 A
(43)申请公布日 2024.12.13

(21)申请号 202280078772.X

(22)申请日 2022.05.18

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.05.28

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/020704 2022.05.18

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/223471 JA 2023.11.23

(71)申请人 三菱电机株式会社
地址 日本东京

(72)发明人 滨田健太

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112
专利代理师 何立波 张天舒

(51)Int.Cl.
G05B 19/4069(2006.01)
B23Q 15/00(2006.01)

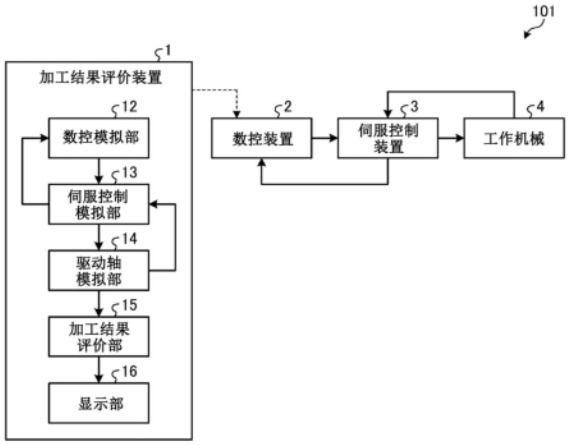
权利要求书3页 说明书11页 附图7页

(54)发明名称

加工结果评价装置、加工结果评价方法、加工条件决定装置及加工条件决定方法

(57)摘要

对通过工作机械(4)实施的加工的加工结果进行评价的加工结果评价装置(1)具有:数控模拟部(12),其对控制伺服控制装置(3)的数控装置(2)的动作进行模拟,输出向工作机械所具有的驱动轴的位置指令;伺服控制模拟部(13),其基于位置指令对伺服控制装置的动作进行模拟,输出向驱动轴的转矩指令;驱动轴模拟部(14),其基于转矩指令对驱动轴的动作进行模拟;以及加工结果评价部(15),其基于与驱动轴的动作相对应的信息对加工结果进行评价,驱动轴模拟部将表示驱动轴的位置的位置信息输出至伺服控制模拟部,伺服控制模拟部使用位置信息对向驱动轴模拟部的反馈控制进行模拟,加工结果评价部对模拟出向驱动轴模拟部的反馈控制的情况下的加工结果进行评价。



CN 119137551 A

1.一种加工结果评价装置,其对通过由伺服控制装置驱动的工作机械实施的加工的加工结果进行评价,

该加工结果评价装置的特征在于,具有:

数控模拟部,其对控制所述伺服控制装置的数控装置的动作进行模拟,输出向所述工作机械所具有的驱动轴的位置指令;

伺服控制模拟部,其基于所述位置指令对所述伺服控制装置的动作进行模拟,输出向所述驱动轴的转矩指令;

驱动轴模拟部,其基于所述转矩指令对所述驱动轴的动作进行模拟;以及

加工结果评价部,其基于与所述驱动轴的动作相对应的信息对所述加工结果进行评价,

所述驱动轴模拟部将表示所述驱动轴的位置的位置信息输出至所述伺服控制模拟部,

所述伺服控制模拟部使用所述位置信息对向所述驱动轴模拟部的反馈控制进行模拟,

所述加工结果评价部对模拟出向所述驱动轴模拟部的反馈控制的情况下的所述加工结果进行评价。

2.根据权利要求1所述的加工结果评价装置,其特征在于,

与所述驱动轴的动作相对应的信息是所述位置信息,

所述加工结果评价部基于所述位置信息对所述加工结果进行评价。

3.根据权利要求1所述的加工结果评价装置,其特征在于,

所述伺服控制模拟部将所述位置信息输出至所述数控模拟部,

所述数控模拟部使用所述位置信息对向所述伺服控制模拟部的反馈控制进行模拟,

所述加工结果评价部对模拟出向所述伺服控制模拟部的反馈控制及向所述驱动轴模拟部的反馈控制的情况下的所述加工结果进行评价。

4.根据权利要求3所述的加工结果评价装置,其特征在于,

与所述驱动轴的动作相对应的信息是由所述伺服控制模拟部输出至所述数控模拟部的所述位置信息,

所述加工结果评价部基于由所述伺服控制模拟部输出至所述数控模拟部的所述位置信息对所述加工结果进行评价。

5.根据权利要求3所述的加工结果评价装置,其特征在于,

与所述驱动轴的动作相对应的信息是由所述数控模拟部输出的所述位置指令,

所述加工结果评价部基于由所述数控模拟部输出的所述位置指令对所述加工结果进行评价。

6.根据权利要求1至5中任一项所述的加工结果评价装置,其特征在于,

所述加工结果评价部进行通过所述工作机械实施的加工的加工时间、加工精度、加工面品质及消耗电力之中的至少1个的评价。

7.一种加工结果评价方法,其对通过由伺服控制装置驱动的工作机械实施的加工的加工结果进行评价,

该加工结果评价方法的特征在于,包含:

数控模拟步骤,加工结果评价装置的数控模拟部对控制所述伺服控制装置的数控装置的动作进行模拟,输出向所述工作机械所具有的驱动轴的位置指令;

伺服控制模拟步骤,所述加工结果评价装置的伺服控制模拟部基于所述位置指令对所述伺服控制装置的动作进行模拟,输出向所述驱动轴的转矩指令;

驱动轴模拟步骤,所述加工结果评价装置的驱动轴模拟部基于所述转矩指令对所述驱动轴的动作进行模拟;以及

加工结果评价步骤,所述加工结果评价装置的加工结果评价部基于与所述驱动轴的动作相对应的信息对所述加工结果进行评价,

在所述驱动轴模拟步骤中,所述驱动轴模拟部将表示所述驱动轴的位置的位置信息输出至所述伺服控制模拟部,

在所述伺服控制模拟步骤中,所述伺服控制模拟部使用所述位置信息对向所述驱动轴模拟部的反馈控制进行模拟,

在所述加工结果评价步骤中,所述加工结果评价部对模拟出向所述驱动轴模拟部的反馈控制的情况下的所述加工结果进行评价。

8.根据权利要求7所述的加工结果评价方法,其特征在于,

在所述伺服控制模拟步骤中,所述伺服控制模拟部将所述位置信息输出至所述数控模拟部,

在所述数控模拟步骤中,所述数控模拟部使用所述位置信息对向所述伺服控制模拟部的反馈控制进行模拟,

在所述加工结果评价步骤中,所述加工结果评价部对模拟出向所述伺服控制模拟部的反馈控制及向所述驱动轴模拟部的反馈控制的情况下的所述加工结果进行评价。

9.一种加工条件决定装置,其决定由伺服控制装置驱动的工作机械执行加工时的加工条件,

该加工条件决定装置的特征在于,具有:

数控模拟部,其对控制所述伺服控制装置的数控装置的动作进行模拟,输出向所述工作机械所具有的驱动轴的位置指令;

伺服控制模拟部,其基于所述位置指令对所述伺服控制装置的动作进行模拟,输出向所述驱动轴的转矩指令;

驱动轴模拟部,其基于所述转矩指令对所述驱动轴的动作进行模拟,输出表示所述驱动轴的动作的动作信息;

加工结果评价部,其基于与所述驱动轴的动作相对应的信息对通过所述工作机械实施的加工的加工结果进行评价;

机器学习装置,其根据所述加工结果,生成用于对所述加工条件进行推断的推断模型;以及

加工条件决定部,其使用所述推断模型,决定与由操作者输入的加工结果相对应的加工条件,

所述驱动轴模拟部将表示所述驱动轴的位置的位置信息输出至所述伺服控制模拟部,

所述伺服控制模拟部使用所述位置信息对向所述驱动轴模拟部的反馈控制进行模拟,

所述加工结果评价部对模拟出向所述驱动轴模拟部的反馈控制的情况下的所述加工结果进行评价。

10.根据权利要求9所述的加工条件决定装置,其特征在于,

所述伺服控制模拟部将所述位置信息输出至所述数控模拟部，

所述数控模拟部使用所述位置信息对向所述伺服控制模拟部的反馈控制进行模拟，

所述加工结果评价部对模拟出向所述伺服控制模拟部的反馈控制及向所述驱动轴模拟部的反馈控制的情况下的所述加工结果进行评价。

11.一种加工条件决定方法，其决定由伺服控制装置驱动的工作机械执行加工时的加工条件，

该加工条件决定方法的特征在于，包含：

数控模拟步骤，加工条件决定装置的数控模拟部对控制所述伺服控制装置的数控装置的动作进行模拟，输出向所述工作机械所具有的驱动轴的位置指令；

伺服控制模拟步骤，所述加工条件决定装置的伺服控制模拟部基于所述位置指令对所述伺服控制装置的动作进行模拟，输出向所述驱动轴的转矩指令；

驱动轴模拟步骤，所述加工条件决定装置的驱动轴模拟部基于所述转矩指令对所述驱动轴的动作进行模拟，输出表示所述驱动轴的动作的动作信息；

加工结果评价步骤，所述加工条件决定装置的加工结果评价部基于与所述驱动轴的动作相对应的信息，对通过所述工作机械实施的加工的加工结果进行评价；

机器学习步骤，机器学习装置生成用于根据所述加工结果对所述加工条件进行推断的推断模型；以及

加工条件决定步骤，加工条件决定部使用所述推断模型，决定与由操作者输入的加工结果相对应的加工条件，

在所述驱动轴模拟步骤中，所述驱动轴模拟部将表示所述驱动轴的位置的位置信息输出至所述伺服控制模拟部，

在所述伺服控制模拟步骤中，所述伺服控制模拟部对向使用了所述位置信息的所述驱动轴模拟部的反馈控制进行模拟，

在所述加工结果评价步骤中，所述加工条件决定部对模拟出向所述驱动轴模拟部的反馈控制的情况下的所述加工结果进行评价。

12.根据权利要求11所述的加工条件决定方法，其特征在于，

所述伺服控制模拟部将所述位置信息输出至所述数控模拟部，

所述数控模拟部使用所述位置信息对向所述伺服控制模拟部的反馈控制进行模拟，

所述加工结果评价部对模拟出向所述伺服控制模拟部的反馈控制及向所述驱动轴模拟部的反馈控制的情况下的所述加工结果进行评价。

加工结果评价装置、加工结果评价方法、加工条件决定装置及加工条件决定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及对工作机械的加工结果进行评价的加工结果评价装置、加工结果评价方法、加工条件决定装置及加工条件决定方法。

背景技术

[0002] 近年来,在工作机械实际进行加工前,加工仿真装置对加工后的工件的形状进行评价的加工仿真技术的开发不断发展。该加工仿真装置在虚拟空间上按照加工程序移动刀具,将刀具从作为被加工物的工件经过的区域去除,由此对加工后的工件的形状进行评价。在通过工作机械进行的实际加工中,经常无法按照加工程序进行加工,在基于加工程序的加工仿真中,难以准确地评价加工后的工件的形状。

[0003] 在专利文献1中记载的加工仿真装置,基于由数控装置输出的位置指令和工作机械的传递特性,对工作机械的动作进行仿真,由此对加工后的工件的形状进行评价。

[0004] 专利文献1:日本特开2019—152936号公报

发明内容

[0005] 但是,在上述专利文献1的技术中,没有考虑从比数控装置靠后级的装置即伺服控制装置或者工作机械向数控装置的响应而对加工进行了仿真。因此,在上述专利文献1的技术中,无法对与基于从伺服控制装置或者工作机械向数控装置的响应的返回值的功能相对应的处理进行仿真,存在无法准确地评价加工结果这一问题。

[0006] 本发明就是鉴于上述情况而提出的,其目的在于,得到能够准确地评价加工结果的加工结果评价装置。

[0007] 为了解决上述课题,并达到目的,本发明的加工结果评价装置对通过由伺服控制装置驱动的工作机械实施的加工的加工结果进行评价,该加工结果评价装置具有:数控模拟部,其对控制伺服控制装置的数控装置的动作进行模拟,输出向工作机械所具有的驱动轴的位置指令;伺服控制模拟部,其基于位置指令对伺服控制装置的动作进行模拟,输出向驱动轴的转矩指令;驱动轴模拟部,其基于转矩指令对驱动轴的动作进行模拟;以及加工结果评价部,其基于与驱动轴的动作相对应的信息对加工结果进行评价,驱动轴模拟部将表示驱动轴的位置的位置信息输出至伺服控制模拟部,伺服控制模拟部使用位置信息对向驱动轴模拟部的反馈控制进行模拟,加工结果评价部对模拟出向驱动轴模拟部的反馈控制的情况下的加工结果进行评价。

[0008] 发明的效果

[0009] 本发明所涉及的加工结果评价装置,具有能够准确地评价加工结果这一效果。

附图说明

[0010] 图1是表示具有实施方式1所涉及的加工结果评价装置的加工结果评价系统的结

构的框图。

[0011] 图2是用于对由实施方式1所涉及的加工结果评价装置进行仿真的处理的一个例子进行说明的图。

[0012] 图3是表示由实施方式1所涉及的加工结果评价装置执行的处理的处理顺序的流程图。

[0013] 图4是表示将实施方式1所涉及的加工结果评价装置所具有的处理电路通过运算装置及存储器实现的情况下的处理电路的结构例的图。

[0014] 图5是表示将实施方式1所涉及的加工结果评价装置所具有的处理电路由专用的硬件构成的情况下的处理电路的例子的图。

[0015] 图6是表示实施方式2所涉及的加工条件决定装置的结构的框图。

[0016] 图7是表示实施方式2所涉及的加工条件决定装置使用推断模型对与加工结果相对应的加工条件进行计算的情况下的加工条件决定部的结构的框图。

[0017] 图8是表示实施方式2所涉及的机器学习装置的结构的框图。

[0018] 图9是用于对实施方式2所涉及的机器学习装置所使用的神经网络的例子进行说明的图。

[0019] 图10是表示由实施方式2所涉及的加工条件决定装置执行的处理的处理顺序的流程图。

具体实施方式

[0020] 下面,基于附图对本发明的实施方式所涉及的加工结果评价装置、加工结果评价方法、加工条件决定装置及加工条件决定方法详细地进行说明。

[0021] 实施方式1.

[0022] 图1是表示具有实施方式1所涉及的加工结果评价装置的加工结果评价系统的结构的框图。加工结果评价系统101具有加工结果评价装置1、数控装置2、伺服控制装置3和工作机械4。

[0023] 在加工结果评价系统101中,数控装置2输出位置指令,伺服控制装置3对工作机械4所具有的驱动轴进行控制,以使得追随于位置指令,由此执行切削加工。

[0024] 在切削加工中,工作机械4所具有的驱动轴进行动作,由此在工作机械4所具有的主轴安装的刀具和在工作机械4所具有的工作台或者车削主轴固定的工件(被加工物)移动。而且,在切削加工中,主轴或者车削主轴旋转,由此刀具或者工件旋转,刀具与工件接触,由此刀具将工件的一部分削除。

[0025] 数控装置2对在加工程序中记述的指令码进行解析,基于指令码对伺服控制装置3输出位置指令。

[0026] 伺服控制装置3基于从数控装置2接收的位置指令,对经由工作机械4的电动机连接的驱动轴进行控制。另外,伺服控制装置3进行反馈控制。具体地说,伺服控制装置3进行反馈控制,向电动机流动电流,对驱动轴进行控制,以使得检测器(未图示)从驱动轴检测出的检测位置和从数控装置2接收的位置指令的误差变小。

[0027] 加工结果评价装置1是对通过工作机械4进行加工的加工结果进行评价的计算机。由工作机械4执行的加工的例子是切削加工。加工结果评价装置1具有数控模拟部12、伺服

控制模拟部13、驱动轴模拟部14、加工结果评价部15和显示部16。

[0028] 数控模拟部12对由数控装置2执行的处理进行模拟。具体地说,数控模拟部12对在加工程序中记述的指令码进行解析,对伺服控制模拟部13输出位置指令。

[0029] 伺服控制模拟部13对由伺服控制装置3执行的处理进行模拟。具体地说,伺服控制模拟部13进行反馈控制,对驱动轴模拟部14输出转矩指令,以使得从数控模拟部12接收的位置指令和从驱动轴模拟部14接收的检测位置的误差变小。

[0030] 驱动轴模拟部14基于将工作机械4所具有的驱动轴的动作模型化而得到的驱动轴模型,对驱动轴的动作进行模拟。具体地说,驱动轴模拟部14基于从伺服控制模拟部13接收的转矩指令和针对转矩指令的响应特性(例如,传递函数),对工作机械4所具有的驱动轴的动作进行仿真。另外,驱动轴模拟部14对表示驱动轴的检测位置的位置信息进行计算而输出至伺服控制模拟部13。刀具由驱动轴驱动,因此驱动轴的位置与刀具的位置相对应。

[0031] 如上所述,数控模拟部12对控制伺服控制装置3的数控装置2的动作进行模拟,对向工作机械4所具有的驱动轴的位置指令进行计算并输出。另外,伺服控制模拟部13基于位置指令对伺服控制装置3的动作进行模拟,对向驱动轴的转矩指令进行计算并输出。另外,驱动轴模拟部14基于转矩指令对驱动轴的动作进行模拟,对与驱动轴的动作相对应的驱动轴的位置信息进行计算。驱动轴模拟部14将计算出的位置信息输出至伺服控制模拟部13及加工结果评价部15。

[0032] 在对驱动轴的位置进行检测的检测器是标尺的情况下,驱动轴模拟部14将驱动轴的位置信息直接输出至伺服控制模拟部13及加工结果评价部15。另外,在检测器是对电动机的旋转角度进行检测的编码器的情况下,驱动轴模拟部14对伺服控制模拟部13及加工结果评价部15输出将驱动轴的位置变换为旋转角度后的位置信息。例如在驱动轴是进给螺纹机构的情况下,驱动轴模拟部14能够通过将驱动轴的位置除以进给螺纹的间距从而得到旋转角度。

[0033] 伺服控制模拟部13使用来自驱动轴模拟部14的位置信息对针对驱动轴模拟部14的反馈控制进行模拟。伺服控制模拟部13将从驱动轴模拟部14接收的位置信息用于反馈控制的模拟,并且作为反馈位置而将位置信息输出至数控模拟部12。

[0034] 数控模拟部12使用来自伺服控制模拟部13的位置信息,对针对伺服控制模拟部13的反馈控制进行模拟。即,数控模拟部12对基于从伺服控制模拟部13接收的反馈位置(位置信息)起作用的处理进行仿真。

[0035] 图2是用于对由实施方式1所涉及的加工结果评价装置进行仿真的处理的一个例子进行说明的图。在这里,对在工作机械4沿区块n(n为自然数)的直线62使刀具移动后,使刀具沿作为下一个区块的区块(n+1)的直线63移动的情况进行说明。2个直线62、63正交。

[0036] 工作机械4如图2所示,在使刀具经过2个直线62、63垂直地相交的角部分60的情况下,在该角部分60,通常有时在到达至2个直线62、63的交点前开始下一个区块(n+1)的移动,刀具内旋。在图2中,将刀具内旋的路径通过路径61表示。

[0037] 在刀具内旋的情况下,数控装置2通过使用直至确认到开始下一个区块(n+1)时的前1个区块n中的剩余距离进入至特定的范围内(就位检查)为止不开始下一个区块(n+1)的移动的精确停止功能,从而能够抑制内旋。

[0038] 数控装置2基于从伺服控制装置3接收的位置信息(反馈位置)而执行就位检查。因

此,本实施方式的数控模拟部12,通过从伺服控制模拟部13接收位置信息,从而对精确停止功能进行模拟。

[0039] 数控模拟部12通过模拟就位检查,从而能够准确地评价角部分60中的加工结果(加工精度)。另一方面,无法模拟就位检查的加工结果评价装置无法准确地评价角部分60的加工结果。

[0040] 另外,数控模拟部12由于模拟就位检查,因此能够对与实际的加工相同的路径61进行模拟,由此,能够估计与实际的加工相同的加工时间。另一方面,无法模拟就位检查的加工结果评价装置会模拟出刀具与实际的加工相比发生内旋,因此有可能与实际的加工相比将加工时间估计得较短。

[0041] 另外,使主轴的旋转和驱动轴的进给同步而进行攻丝加工的被称为同步攻丝的功能,是数控装置2从伺服控制装置3接收主轴的旋转角度及驱动轴的位置信息从而起作用。因此,数控模拟部12从伺服控制模拟部13接收主轴的旋转角度及驱动轴的位置信息,基于主轴的旋转角度及驱动轴的位置信息而模拟同步攻丝。由此,数控模拟部12能够准确地评价攻丝孔是否能够准确地加工。另一方面,没有接收主轴的旋转角度及驱动轴的位置信息的加工结果评价装置无法模拟同步攻丝,因此无法准确地评价攻丝孔是否能够准确地加工。

[0042] 如上所述,基于从伺服控制模拟部13接收的位置信息而起作用的数控模拟部12的处理有时会对加工精度、加工时间等加工结果造成影响。因此,为了准确地评价加工结果,需要如数控模拟部12那样准确地模拟在实际的加工中起作用的处理。

[0043] 驱动轴模拟部14进行驱动轴的动作的仿真,对加工结果评价部15输出表示驱动轴的动作的动作信息。该动作信息与刀具的动作(移动路径)相对应。即,在动作信息中包含有驱动轴的位置信息。

[0044] 加工结果评价部15基于从驱动轴模拟部14发送来的动作信息对加工结果进行评价。从驱动轴模拟部14发送来的动作信息是与伺服控制模拟部13的响应及驱动轴模拟部14的响应相对应的动作信息。即,从驱动轴模拟部14发送来的动作信息是反映出从伺服控制模拟部13发送至数控模拟部12的位置信息、和从驱动轴模拟部14发送至伺服控制模拟部13的位置信息的信息。因此,加工结果评价部15对与伺服控制模拟部13的响应及驱动轴模拟部14的响应相对应的加工结果进行评价。

[0045] 如上所述,加工结果评价部15基于模拟出针对伺服控制模拟部13的反馈控制及针对驱动轴模拟部14的反馈控制的情况下的动作信息对加工结果进行评价。此外,加工结果评价部15可以基于从数控模拟部12或者伺服控制模拟部13发送来的信息对加工结果进行评价。

[0046] 此外,从驱动轴模拟部14发送来的动作信息可以是与驱动轴模拟部14的响应相对应的动作信息。即,从驱动轴模拟部14发送来的动作信息可以是没有反映从伺服控制模拟部13发送至数控模拟部12的位置信息的信息。在该情况下,加工结果评价部15对与驱动轴模拟部14的响应相对应的加工结果进行评价。

[0047] 此外,加工结果评价部15可以基于从数控模拟部12输出至伺服控制模拟部13的数据及从伺服控制模拟部13输出至驱动轴模拟部14的数据的至少1个对加工结果进行评价。

[0048] 在由加工结果评价部15评价的加工结果中包含有通过工作机械4进行的加工的加

工时间、加工精度、加工面品质及消耗电力的至少1个。消耗电力是在刀具被驱动时所消耗的电力。

[0049] 加工结果评价部15在对加工时间进行评价的情况下,基于从数控模拟部12输出的数据(位置指令)、伺服控制模拟部13的响应(检测位置)及驱动轴模拟部14的响应(检测位置)之中的至少1个数据(响应结果),能够估计加工时间。加工结果评价部15通过对位置指令或者检测位置的数据间的周期(时间)的总和进行计算,从而能够估计加工时间。即,加工结果评价部15通过对位置指令或者检测位置所示的位置的数据个数和数据的输出周期进行累计,从而能够估计加工时间。

[0050] 加工结果评价部15在对加工精度及加工面品质进行评价的情况下,沿从数控模拟部12输出的数据(位置指令)、伺服控制模拟部13的响应(检测位置)及驱动轴模拟部14的响应(检测位置)的至少1个数据(响应结果),在虚拟空间上使刀具移动。加工结果评价部15通过进行将刀具从工件经过的区域去除的加工仿真,从而能够估计加工后的工件的形状。即,加工结果评价部15通过从配置有工件的区域将工件所经过的区域去除,从而对加工后的工件的形状进行计算。

[0051] 加工结果评价部15在评价消耗电力的情况下,基于从数控模拟部12输出的数据(位置指令)、伺服控制模拟部13的响应(检测位置)及驱动轴模拟部14的响应(检测位置)之中的至少1个数据(响应结果)对驱动轴的速度进行计算。加工结果评价部15对由伺服控制模拟部13输出至驱动轴模拟部14的转矩指令和驱动轴的速度进行累计,由此能够估计电动机的消耗电力。

[0052] 加工结果评价部15将估计出的加工结果(加工时间、加工精度、加工面品质及消耗电力的至少1个)发送至显示部16。显示部16对由加工结果评价部15评价出的加工结果进行显示。

[0053] 图3是表示由实施方式1所涉及的加工结果评价装置执行的处理的处理顺序的流程图。数控模拟部12对在加工程序中记述的指令码进行解析,对与指令码相对应的位置指令进行计算而输出至伺服控制模拟部13(步骤S1)。

[0054] 伺服控制模拟部13对反馈控制进行仿真,对与反馈控制相对应的转矩指令进行计算而输出至驱动轴模拟部14,以使得从数控模拟部12接收的位置指令和从驱动轴模拟部14接收的检测位置的误差变小(步骤S2)。

[0055] 驱动轴模拟部14基于从伺服控制模拟部13接收的转矩指令和针对转矩指令的响应特性,对驱动轴的动作进行仿真,作为与驱动轴的动作相对应的检测位置而计算表示驱动轴的位置的位置信息,输出至伺服控制模拟部13(步骤S3)。另外,驱动轴模拟部14将与驱动轴的位置信息相对应的动作信息输出至加工结果评价部15。

[0056] 伺服控制模拟部13对与从驱动轴模拟部14接收的检测位置相对应的反馈位置(位置信息)进行计算,输出至数控模拟部12(步骤S4)。

[0057] 数控模拟部12基于从伺服控制模拟部13接收的反馈位置,对由数控装置2执行的处理进行仿真(步骤S5)。换言之,数控模拟部12对基于从伺服控制模拟部13接收的反馈位置起作用的处理进行仿真。

[0058] 如上所述,加工结果评价装置1对基于反馈位置的反馈控制进行仿真。

[0059] 加工结果评价装置1判定加工仿真中的加工是否结束(步骤S6)。在加工没有结束

的情况下(步骤S6,No),加工结果评价装置1返回至步骤S1的处理,直至加工结束为止重复仿真(步骤S1～S6的处理)。

[0060] 在加工结束的情况下(步骤S6,Yes),加工结果评价部15基于从驱动轴模拟部14发送来的动作信息对加工结果进行评价(步骤S7)。在该情况下,加工结果评价部15基于从数控模拟部12输出至伺服控制模拟部13的数据、从伺服控制模拟部13输出至驱动轴模拟部14的数据、从驱动轴模拟部14输出至加工结果评价部15的数据(动作信息)、伺服控制模拟部13的响应及驱动轴模拟部14的响应中的至少1个,对加工结果进行评价。

[0061] 此外,加工结果评价装置1也可以一边通过加工结果评价部15对加工结果进行评价、一边对加工进行仿真。即,加工结果评价部15可以在每次从数控模拟部12、伺服控制模拟部13、或者驱动轴模拟部14输出数据时对加工结果进行评价。加工结果评价部15将评价出的加工结果发送至显示部16。

[0062] 显示部16对由加工结果评价部15评价出的加工结果进行显示(步骤S8)。由此,操作者能够参照加工结果。操作者基于加工结果,对数控装置2的设定(加工参数等)进行变更,通过变更后的设定使数控装置2动作。

[0063] 如上所述,在实施方式1所涉及的加工结果评价装置1中,通过从驱动轴模拟部14对伺服控制模拟部13返回响应,从而伺服控制模拟部13能够对在实际的加工中起作用的处理准确地进行模拟。另外,在加工结果评价装置1中,通过从伺服控制模拟部13对数控模拟部12返回响应,从而数控模拟部12能够对在实际的加工中起作用的处理准确地进行模拟。因此,实施方式1所涉及的加工结果评价装置1能够准确地对加工结果进行评价。

[0064] 接下来,对加工结果评价装置1的硬件结构进行说明。在加工结果评价装置1中,数控模拟部12、伺服控制模拟部13、驱动轴模拟部14、加工结果评价部15、显示部16通过处理电路实现。该处理电路可以是执行在存储器中储存的程序的处理器及存储器,也可以是专用的硬件。处理电路也被称为控制电路。

[0065] 图4是表示将实施方式1所涉及的加工结果评价装置所具有的处理电路通过运算装置及存储器实现的情况下的处理电路的结构例的图。在图4中,示出了实现实施方式1所涉及的加工结果评价装置1的硬件的结构。

[0066] 加工结果评价装置1具有:运算装置41,其是进行运算处理的处理器;存储器42,其由运算装置41用作工作区域;存储装置43,其对程序及数据进行存储;通信装置44,其进行与外部的通信;输入装置45,其接受来自操作者的输入;以及显示装置46。

[0067] 运算装置41的例子是CPU(Central Processing Unit)、处理装置、微处理器或者DSP(Digital Signal Processor)。存储器42的例子是半导体存储器。存储装置43例如是RAM(Random Access Memory)、ROM(Read Only Memory)、闪存、EPROM(Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM(注册商标)(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)等非易失性或者易失性的半导体存储器、磁盘、软盘、光盘、压缩盘、迷你盘或者DVD(Digital Versatile Disk)等。

[0068] 在存储装置43中存储的加工结果评价程序是使运算装置41执行由数控模拟部12、伺服控制模拟部13、驱动轴模拟部14及加工结果评价部15执行的顺序或者方法的程序。即,数控模拟部12、伺服控制模拟部13、驱动轴模拟部14及加工结果评价部15的功能是通过由运算装置41执行在存储装置43中存储的加工结果评价程序而实现的。

[0069] 显示部16的一部分功能也通过执行在存储装置43中存储的显示程序的运算装置41实现。存储装置43还是用于对用于实现显示部16的一部分功能的显示程序进行存储的装置。即,存储装置43也对使运算装置41执行由显示部16执行的顺序或者方法的一部分的显示程序进行存储。

[0070] 输入装置45的例子是键盘、指点设备及鼠标的一部分或者全部。显示装置46是实现显示部16的单元。显示装置46的例子是液晶显示装置。输入装置45和显示装置46可以被一体化。具体地说,输入装置45和显示装置46可以通过触摸面板实现。

[0071] 图5是表示将实施方式1所涉及的加工结果评价装置所具有的处理电路由专用的硬件构成的情况下的处理电路的例子的图。在图5中,示出了实施方式1所涉及的加工结果评价装置1所具有的数控模拟部12、伺服控制模拟部13、驱动轴模拟部14、加工结果评价部15及显示部16的一部分或者全部由处理电路实现的情况下的处理电路51。

[0072] 处理电路51是专用的硬件。处理电路51例如是单一电路、复合电路、被程序化的处理器、被并行程序化的处理器、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、FPGA(Field Programmable Gate Array)或者它们的组合。

[0073] 关于数控模拟部12、伺服控制模拟部13、驱动轴模拟部14、加工结果评价部15及显示部16的多个功能,可以将该多个功能的一部分通过软件或者固件实现,将该多个功能的剩余部通过专用的硬件实现。如上所述,数控模拟部12、伺服控制模拟部13、驱动轴模拟部14、加工结果评价部15及显示部16的多个功能能够通过硬件、软件、固件或者它们的组合实现。此外,伺服控制模拟部13、驱动轴模拟部14、加工结果评价部15及显示部16的一部分也可以通过彼此不同的处理电路实现。

[0074] 加工结果评价装置1可以内置于数控装置2,也可以经由通信网络而与数控装置2连接。或者,加工结果评价装置1也可以安装于服务器、云上。

[0075] 如上所述,在实施方式1的加工结果评价装置1中,驱动轴模拟部14将表示驱动轴的位置的位置信息输出至伺服控制模拟部13,伺服控制模拟部13使用位置信息对针对驱动轴模拟部14的反馈控制进行模拟。而且,加工结果评价部15基于模拟出针对驱动轴模拟部14的反馈控制的情况下的动作信息等对加工结果进行评价。由此,加工结果评价装置1能够准确地对在实际的加工中起作用的处理进行模拟,因此能够准确地评价加工精度、加工时间等加工结果。

[0076] 另外,在加工结果评价装置1中,伺服控制模拟部13将位置信息输出至数控模拟部12,数控模拟部12使用位置信息对针对伺服控制模拟部13的反馈控制进行模拟。而且,加工结果评价部15基于模拟出针对伺服控制模拟部13的反馈控制及针对驱动轴模拟部14的反馈控制的情况下的动作信息等对加工结果进行评价。由此,加工结果评价装置1能够更准确地对在实际的加工中起作用的处理进行模拟,因此能够更准确地评价加工精度、加工时间等加工结果。

[0077] 实施方式2.

[0078] 接下来,使用图6至图9对实施方式2进行说明。在实施方式2中,预先学习加工结果和加工条件之间的对应关系,决定与加工结果相对应的加工条件。

[0079] 图6是表示实施方式2所涉及的加工条件决定装置的结构的框图。对图6的各结构要素之中的与图1所示的实施方式1的加工结果评价装置1实现同一功能的结构要素标注同

一标号,省略重复的说明。加工条件决定系统102具有加工条件决定装置5、数控装置2、伺服控制装置3和工作机械4。

[0080] 实施方式2所涉及的加工条件决定装置5具有实施方式1所涉及的加工结果评价装置1所具有的数控模拟部12、伺服控制模拟部13、驱动轴模拟部14和加工结果评价部15。另外,实施方式2所涉及的加工条件决定装置5不具有实施方式1所涉及的加工结果评价装置1所具有的显示部16。实施方式2所涉及的加工条件决定装置5具有实施方式1所涉及的加工结果评价装置1所不具有的机器学习装置22及加工条件决定部21。即,加工条件决定装置5与实施方式1所涉及的加工结果评价装置1相比较,取代显示部16而具有机器学习装置22及加工条件决定部21。此外,加工条件决定装置5也可以具有显示部16。

[0081] 在实施方式2中,主要对与实施方式1的差异点进行说明。机器学习装置22接受从加工结果评价部15输出的加工结果。另外,机器学习装置22接受数控模拟部12在模拟中使用的加工条件。机器学习装置22以对加工条件和加工结果之间的对应关系进行计算的方式进行机器学习,由此生成推断模型(训练好的模型)。机器学习装置22将生成的推断模型发送至加工条件决定部21。

[0082] 加工条件决定部21针对由操作者输入的加工结果,对适当的加工条件进行计算。加工条件决定部21使用由机器学习装置22生成的推断模型,对与加工结果相对应的加工条件进行计算。

[0083] 加工条件决定部21将决定出的加工条件所包含的加工参数输出至数控装置2。由此,数控装置2使用从加工条件决定部21发送来的加工参数对伺服控制装置3进行控制。

[0084] 图7是表示实施方式2所涉及的加工条件决定装置使用推断模型对与加工结果相对应的加工条件进行计算的情况下的加工条件决定部的结构的框图。加工条件决定部21具有推断部200。推断部200具有以通过从加工结果评价部15被输入加工结果从而输出加工条件的方式进行机器学习得到的训练好的推断模型。具体地说,推断部200对预先进行了机器学习的推断模型输入加工结果,以使得输出加工条件,由此输出与加工结果相对应的加工条件。

[0085] 与加工结果相对应的加工条件是能够使期望的加工结果和仿真得到的加工结果的差减少的加工条件。即,加工条件决定部21基于仿真后的加工结果对能够得到期望的加工结果的加工条件进行计算。

[0086] 图8是表示实施方式2所涉及的机器学习装置的结构的框图。机器学习装置22是针对推断模型进行学习的装置,对加工条件和加工结果之间的对应关系进行学习。机器学习装置22具有数据取得部201和学习部202。

[0087] 数据取得部201取得加工条件和加工结果的组合。具体地说,数据取得部201取得加工时间、加工精度、加工面品质及消耗电力的至少1个和加工条件的组合。

[0088] 数据取得部201例如从数控模拟部12取得加工条件。此外,数据取得部201也可以从伺服控制模拟部13或者驱动轴模拟部14取得加工条件。另外,数据取得部201例如从加工结果评价部15取得与加工条件相对应的加工结果。

[0089] 此外,数据取得部201也可以从数控装置2取得加工条件。另外,数据取得部201也可以取得由工作机械4实际加工出的工件的加工结果。数据取得部201将加工条件和加工结果的组合输出至学习部202。

[0090] 学习部202按照基于加工条件和加工结果的组合而创建的数据集,对加工条件和加工结果之间的对应关系进行学习。具体地说,学习部202使用基于从数据取得部201输出的加工条件、加工时间、加工精度、加工面品质及消耗电力的组合而创建的数据集,对加工条件和加工结果之间的对应关系进行学习。数据集是状态变量和加工条件彼此相关联而得到的数据。状态变量是加工时间、加工精度、加工面品质及消耗电力中的至少1个。学习部202对推断模型进行调整,以使得在将状态变量输入至推断模型的情况下从推断模型输出加工条件。学习部202通过对加工条件和加工结果之间的对应关系进行学习,从而生成训练好的的推断模型。

[0091] 机器学习装置22生成加工条件决定装置5所使用的训练好的推断模型。即,机器学习装置22为了对与由加工条件决定装置5计算出的加工时间、加工精度、加工面品质及消耗电力相对应的加工条件进行学习而使用。机器学习装置22可以是与加工条件决定装置5分体的装置,也可以内置于加工条件决定装置5。在机器学习装置22是与加工条件决定装置5分体的装置的情况下,机器学习装置22例如经由通信网络与加工条件决定装置5连接。另外,机器学习装置22也可以存在于服务器、云上。另外,加工条件决定部21可以是与加工条件决定装置5分体的装置,也可以内置于加工条件决定装置5。在加工条件决定部21是与加工条件决定装置5分体的装置的情况下,加工条件决定部21例如经由通信网络与加工条件决定装置5连接。另外,加工条件决定部21可以存在于服务器、云上。

[0092] 学习部202例如按照神经网络模型,通过所谓的有教师学习,对加工条件和加工结果之间的对应关系进行学习。有教师学习是指下述模型,即,通过将某输入和结果(标签)的数据组大量地赋予给学习装置,从而对在数据集中存在的特征进行学习,根据输入对结果进行推定。

[0093] 神经网络由通过多个神经元构成的输入层、通过多个神经元构成的中间层(隐藏层)及通过多个神经元构成的输出层构成。中间层可以为1层,也可以为大于或等于2层。

[0094] 图9是用于对实施方式2所涉及的机器学习装置所使用的神经网络的例子进行说明的图。例如,在图9所示的3层神经网络中,如果将多个输入向输入层(X1—X3)输入,则通过对输入的值乘以权重W1(w11—w16)而得到的值输入至中间层(Y1—Y2)。通过对输入至中间层(Y1—Y2)的值乘以权重W2(w21—w26)而得到的值从输出层(Z1—Z3)输出。输出结果根据权重W1和权重W2的值而改变。

[0095] 例如神经网络按照基于由数据取得部201取得的加工条件、加工时间、加工精度、加工面品质及消耗电力的组合而创建的数据集,通过所谓的有教师学习对加工条件和加工结果之间的对应关系进行学习。即,神经网络通过调整权重W1和权重W2从而进行学习,以使得对输入层输入加工时间、加工精度、加工面品质及消耗电力而从输出层输出的结果接近加工条件。

[0096] 神经网络可以通过所谓的无教师学习对加工条件和加工结果之间的对应关系进行学习。无教师学习是对下述装置进行学习的方法,该装置通过仅将输入数据大量地赋予给机器学习装置22,从而对输入数据为何种分布进行学习,即使不赋予对应的教师输出数据,也针对输入数据例如进行压缩、分类及整形的一部分或者全部。例如神经网络能够将在数据集中存在的特征相似者进行聚类。神经网络使用得到的结果,设置某基准而进行使该结果最佳的输出的分配,由此能够实现输出的预测。

[0097] 作为无教师学习和有教师学习的中间性的问题设定,还存在被称为有半教师学习的学习。有半教师学习是存在仅一部分输入和输出的数据组,剩余部是仅输入的数据的情况下的学习。

[0098] 学习部202可以按照针对多个加工条件决定装置5创建的数据集,对加工条件和加工结果之间的对应关系进行学习。学习部202可以从在同一现场使用的多个加工条件决定装置5取得数据集,也可以利用从在不同的现场独立运转的多个加工条件决定装置5收集的数据集,对加工条件和加工结果之间的对应关系进行学习。

[0099] 对数据集进行收集的加工条件决定装置5可以在中途追加至对象,加工条件决定装置5也可以从对象被去除。对加工条件和加工结果之间的对应关系进行了学习的机器学习装置22安装于与机器学习装置22分体的加工条件决定装置5,关于该分体的加工条件决定装置5,可以对加工条件和加工结果之间的对应关系进行再学习而更新。

[0100] 在学习部202所使用的学习算法中,能够使用对特征量本身的提取进行学习的深层学习(Deep Learning)。学习部202可以按照其他公知的方法,例如遗传编程、功能逻辑编程或者支持向量机等执行机器学习。

[0101] 图10是表示由实施方式2所涉及的加工条件决定装置执行的处理的处理顺序的流程图。加工条件决定装置5执行与在图3中说明的由加工结果评价装置1执行的步骤S1～S7相同的处理。

[0102] 在加工条件决定装置5中,加工结果评价部15将评价出的加工结果输出至机器学习装置22。机器学习装置22生成用于对加工条件和加工结果之间的对应关系进行计算的推断模型(推断部200)(步骤S9)。加工条件决定部21使用推断模型对与加工结果相对应的加工条件进行计算(步骤S10)。

[0103] 加工条件决定部21将决定出的加工条件所包含的加工参数输出至数控装置2。由此,数控装置2使用从加工条件决定部21发送来的加工参数对伺服控制装置3进行控制。

[0104] 如上所述,实施方式2所涉及的加工条件决定装置5通过从伺服控制模拟部13对数控模拟部12返回响应,从而能够准确地模拟在实际的加工中起作用的处理。因此,实施方式2所涉及的加工条件决定装置5能够准确地对加工结果进行评价。

[0105] 另外,实施方式2所涉及的加工条件决定装置5使用对加工条件和准确地评价出的加工结果之间的对应关系进行了学习的推断模型,对与加工结果相对应的加工条件进行计算。加工条件决定装置5对与由操作者指定出的加工结果相对应的加工条件进行计算。

[0106] 加工条件决定装置5在对与由操作者指定出的加工结果相对应的加工条件进行计算的情况下,能够决定满足操作者所希望的加工结果的加工条件。因此,实施方式2所涉及的加工条件决定装置5仅使操作者输入表示所希望的加工结果的信息,就能够决定满足操作者所希望的加工结果的加工条件。

[0107] 实施方式2中的加工条件决定部21的至少一部分的功能可以由执行在存储装置中储存的程序的运算装置实现。该存储装置是用于对由加工条件决定部21执行的步骤的至少一部分步骤最终得以执行的程序进行储存的存储装置、且是与存储装置43相同的存储装置。该情况下的运算装置是与运算装置41相同的运算装置。另外,加工条件决定部21的至少一部分功能可以通过处理电路实现。该处理电路是与在图4中说明的处理电路或者在图5中说明的处理电路51相同的处理电路。

[0108] 实施方式2中的加工条件决定部21所具有的推断部200的至少一部分的功能可以通过执行在存储装置中储存的程序的运算装置实现。该存储装置是用于对由推断部200执行的步骤的至少一部分的步骤最终得以执行的程序进行储存的存储装置、且是与存储装置43相同的存储装置。该情况下的运算装置是与运算装置41相同的运算装置。推断部200的至少一部分的功能可以通过处理电路实现。该处理电路是与在图4中说明的处理电路或者在图5中说明的处理电路51相同的处理电路。

[0109] 实施方式2所涉及的机器学习装置22所具有的数据取得部201及学习部202的至少一部分的功能,可以通过执行在存储装置中储存的程序的运算装置实现。该存储装置是用于对由数据取得部201及学习部202执行的步骤的至少一部分的步骤最终得以执行的程序进行储存的存储装置、且是与存储装置43相同的存储装置。该情况下的运算装置是与运算装置41相同的运算装置。数据取得部201及学习部202的至少一部分的功能可以通过处理电路实现。该处理电路是与在图4中说明的处理电路或者在图5中说明的处理电路51相同的处理电路。

[0110] 另外,加工条件决定装置5的至少一部分的功能可以通过与在图4中说明的处理电路或者在图5中说明的处理电路51相同的处理电路实现。

[0111] 如上所述,在实施方式2的加工条件决定装置5中,驱动轴模拟部14将表示驱动轴的位置的位置信息输出至伺服控制模拟部13,伺服控制模拟部13使用位置信息对针对驱动轴模拟部14的反馈控制进行模拟。而且,加工结果评价部15基于模拟出针对驱动轴模拟部14的反馈控制的情况下的动作信息对加工结果进行评价。并且,机器学习装置22生成用于根据加工结果对加工条件进行推断的推断模型,加工条件决定部21使用推断模型而决定与加工结果相对应的加工条件。由此,加工条件决定装置5能够决定与准确地模拟在实际的加工中起作用的处理而得到的加工结果相对应的加工条件。

[0112] 另外,在加工条件决定装置5中,伺服控制模拟部13将位置信息输出至数控模拟部12,数控模拟部12使用位置信息对针对伺服控制模拟部13的反馈控制进行模拟。而且,加工结果评价部15基于模拟出针对伺服控制模拟部13的反馈控制及针对驱动轴模拟部14的反馈控制的情况下的动作信息对加工结果进行评价。由此,加工条件决定装置5能够更准确地模拟在实际的加工中起作用的处理,因此能够决定与更准确地模拟出的加工结果相对应的加工条件。

[0113] 以上的实施方式所示的结构表示一个例子,也能够与其他公知技术组合,也能够将实施方式彼此组合,在不脱离主旨的范围也能够将结构的一部分省略、变更。

[0114] 标号的说明

[0115] 1加工结果评价装置,2数控装置,3伺服控制装置,4工作机械,5加工条件决定装置,12数控模拟部,13伺服控制模拟部,14驱动轴模拟部,15加工结果评价部,16显示部,21加工条件决定部,22机器学习装置,41运算装置,42存储器,43存储装置,44通信装置,45输入装置,46显示装置,51处理电路,60角部分,61路径,62、63直线,101加工结果评价系统,102加工条件决定系统,200推断部,201数据取得部,202学习部。

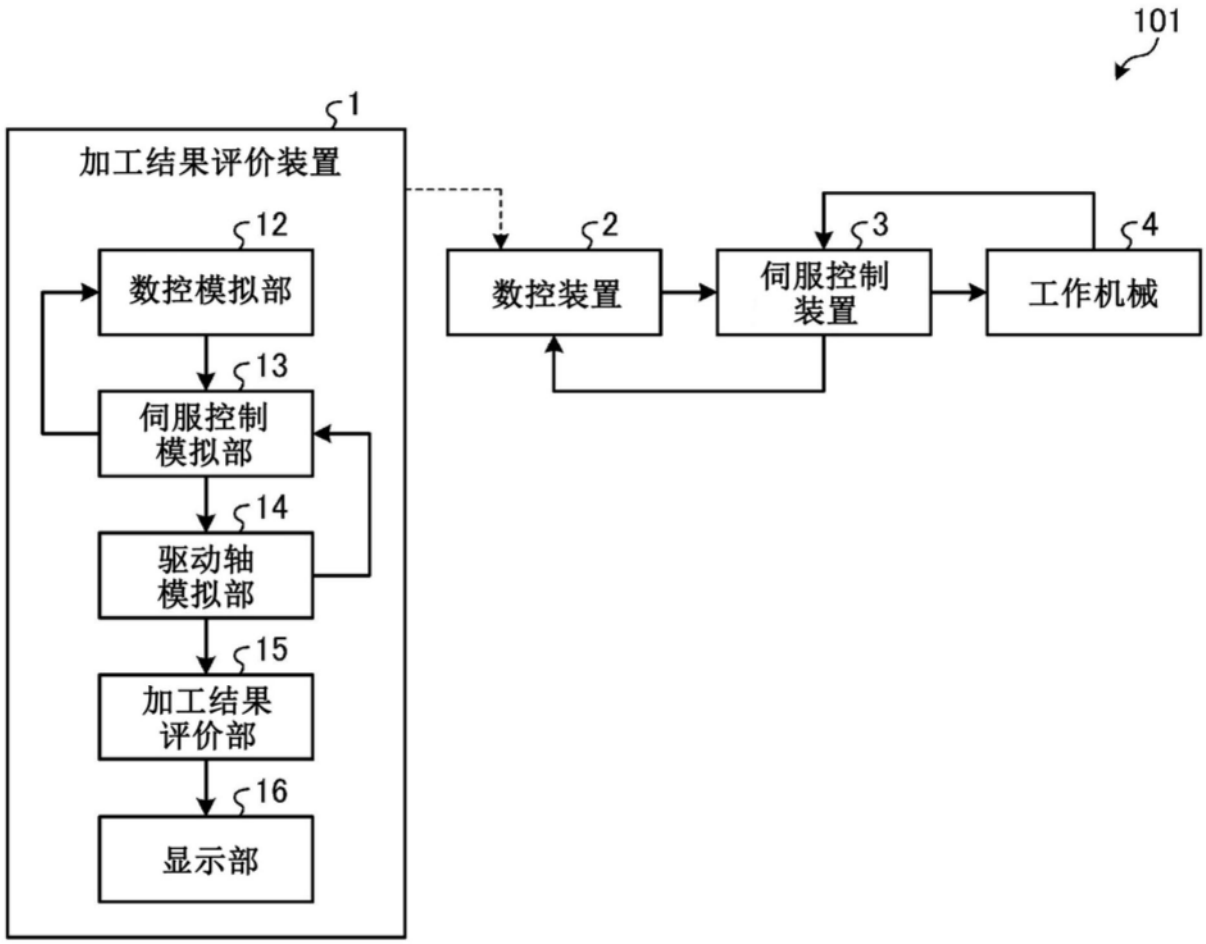

101
1
加工结果评价装置
12
数控模拟部
13
伺服控制
模拟部
14
驱动轴
模拟部
15
加工结果
评价部
16
显示部
2
数控装置
3
伺服控制
装置
4
工作机械

图1

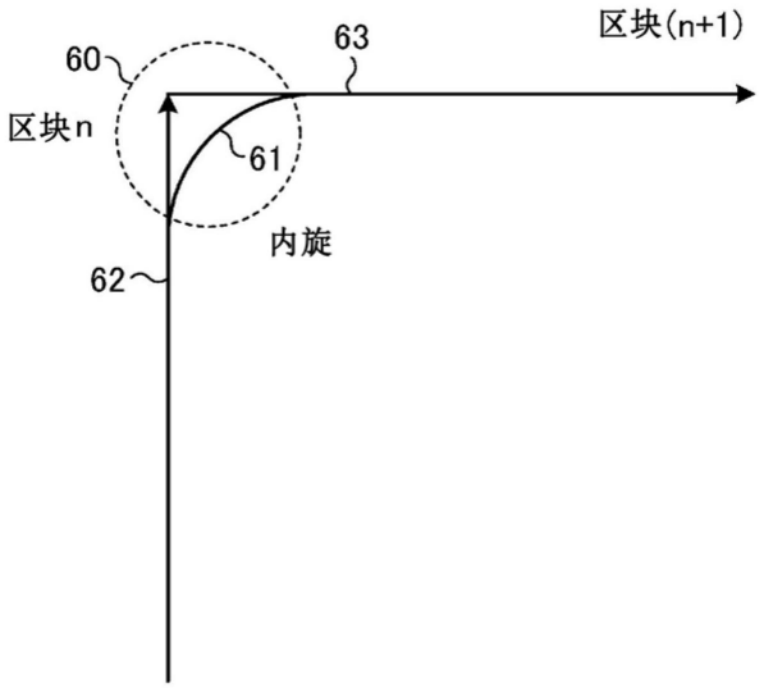


图2

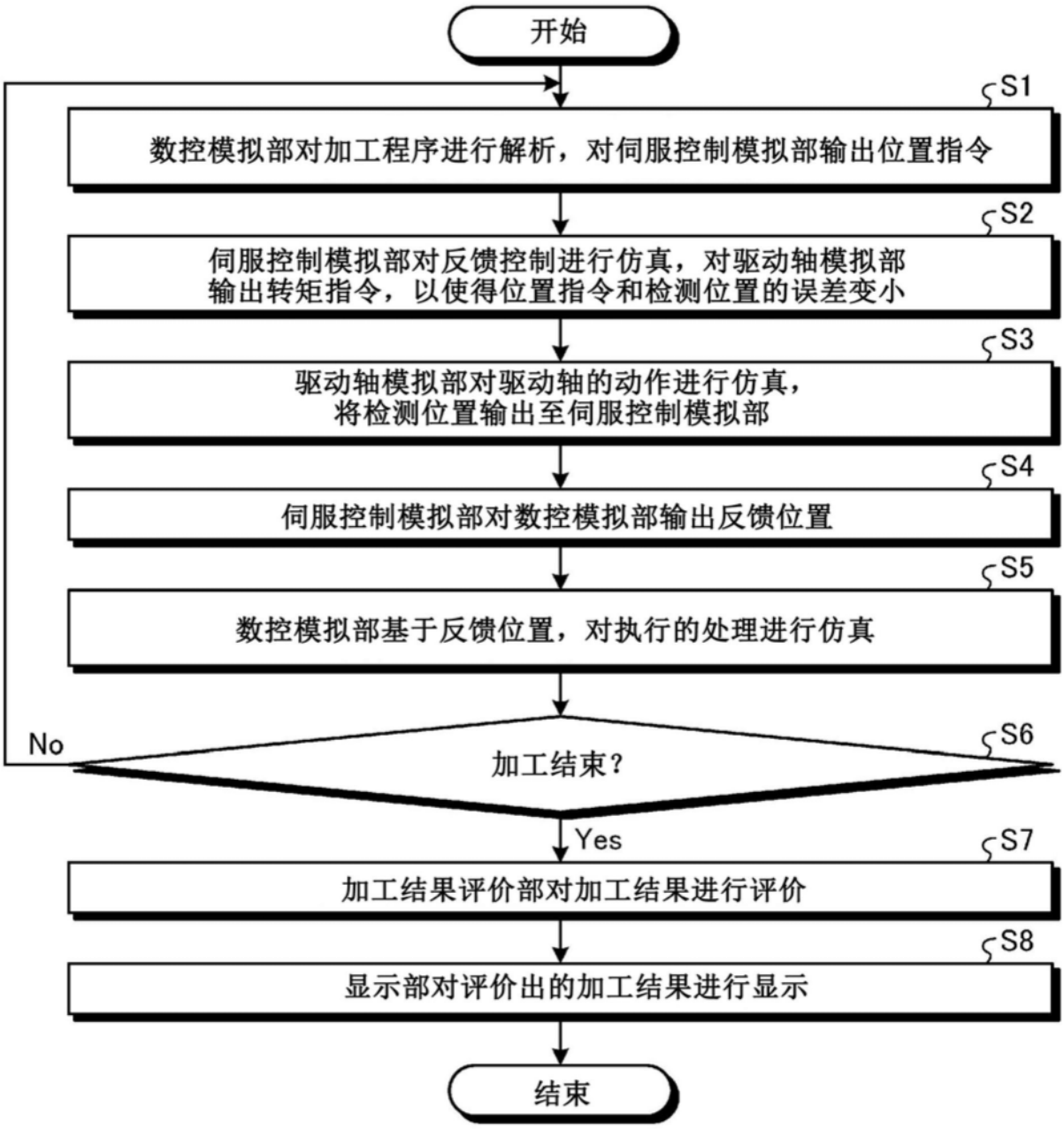

开始
S1
数控模拟部对加工程序进行解析，对伺服控制模拟部输出位置指令
S2
伺服控制模拟部对反馈控制进行仿真，对驱动轴模拟部
输出转矩指令，以使得位置指令和检测位置的误差变小
S3
驱动轴模拟部对驱动轴的动作进行仿真，
将检测位置输出至伺服控制模拟部
S4
伺服控制模拟部对数控模拟部输出反馈位置
S5
数控模拟部基于反馈位置，对执行的处理进行仿真
S6
No
加工结束？
Yes
S7
加工结果评价部对加工结果进行评价
S8
显示部对评价出的加工结果进行显示
结束

图3

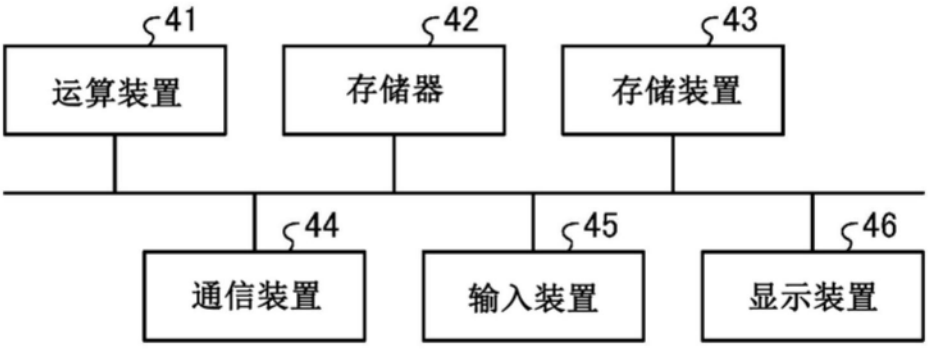


图4



图5

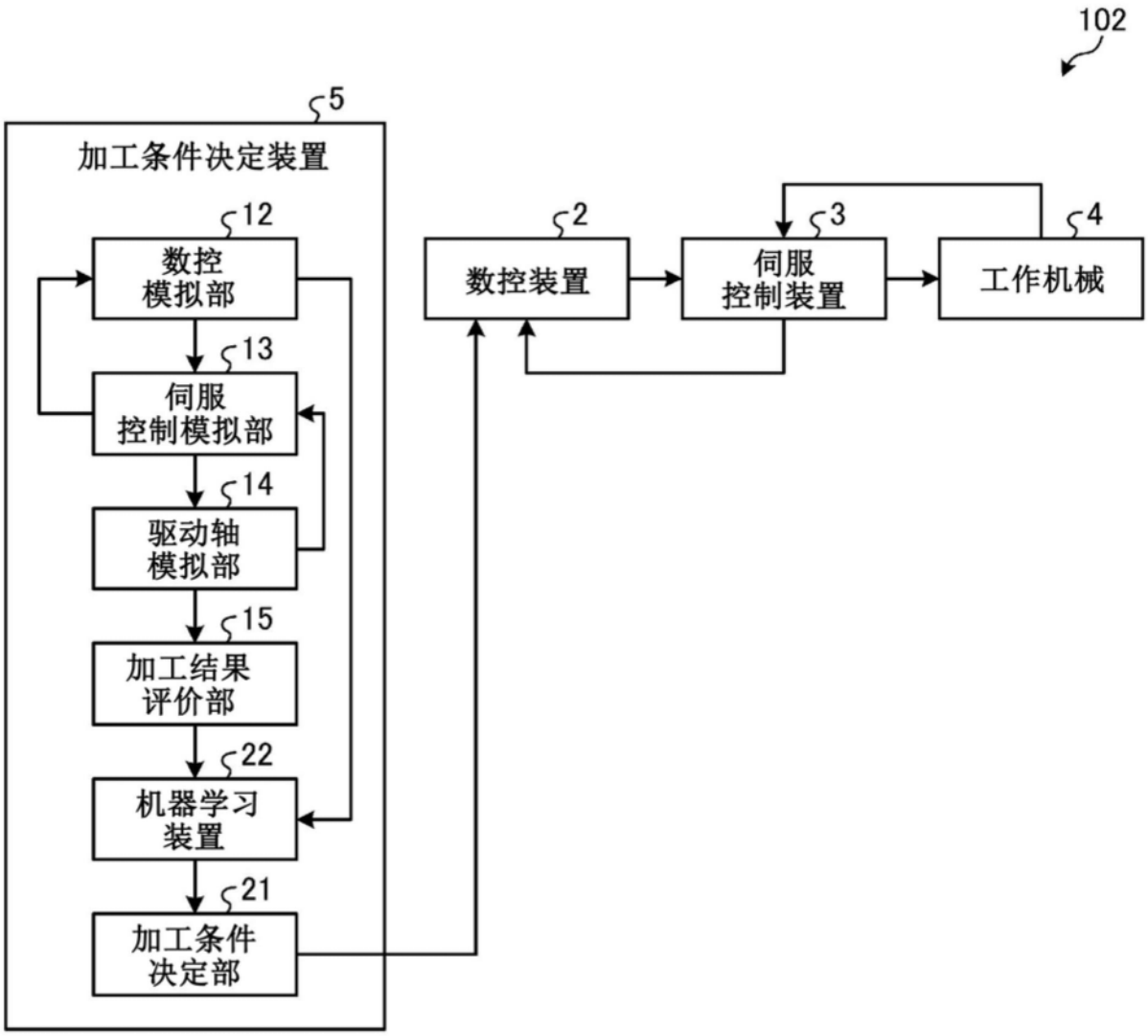

102
5
加工条件决定装置
12
数控
模拟部
13
伺服
控制模拟部
14
驱动轴
模拟部
15
加工结果
评价部
22
机器学习
装置
21
加工条件
决定部
2
数控装置
3
伺服
控制装置
4
工作机械

图6

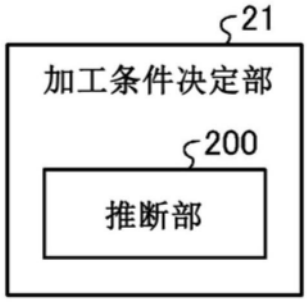

21
加工条件决定部
200
推断部

图7

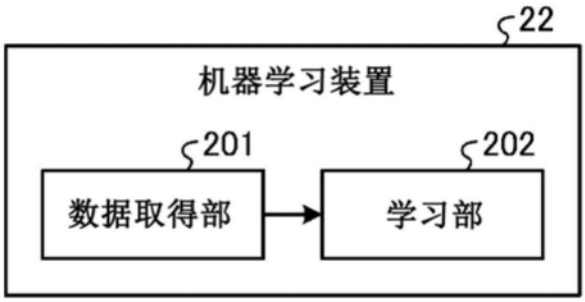

22
机器学习装置
201
202
数据取得部
学习部

图8

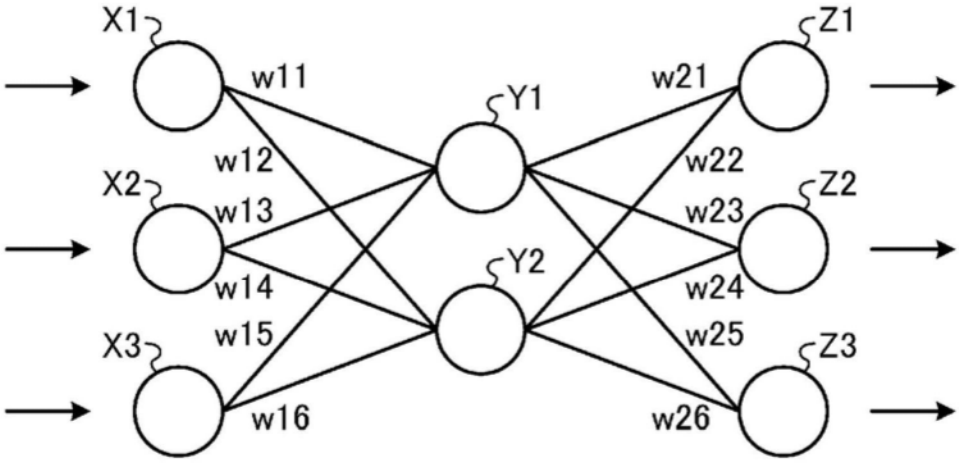

X1
X2
X3
w11
w12
w13
w14
w15
w16
Y1
Y2
w21
w22
w23
w24
w25
w26
Z1
Z2
Z3

图9

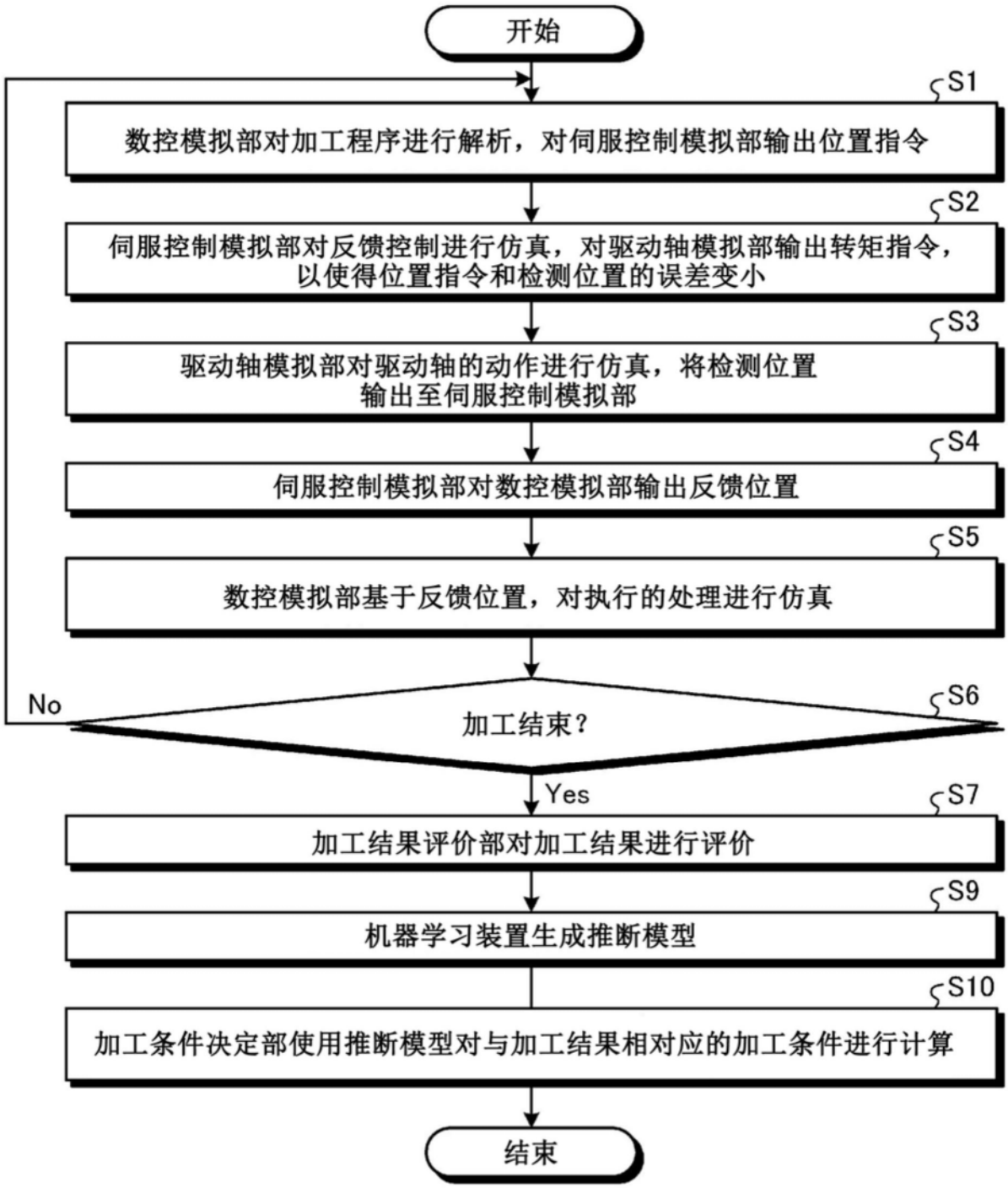

开始
S1
数控模拟部对加工程序进行解析，对伺服控制模拟部输出位置指令
S2
伺服控制模拟部对反馈控制进行仿真，对驱动轴模拟部输出转矩指令，以使得位置指令和检测位置的误差变小
S3
驱动轴模拟部对驱动轴的动作进行仿真，将检测位置输出至伺服控制模拟部
S4
伺服控制模拟部对数控模拟部输出反馈位置
S5
数控模拟部基于反馈位置，对执行的处理进行仿真
S6
加工结束？
No
Yes
S7
加工结果评价部对加工结果进行评价
S9
机器学习装置生成推断模型
S10
加工条件决定部使用推断模型对与加工结果相对应的加工条件进行计算
结束

图10