



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119768250 A

(43) 申请公布日 2025. 04. 04

(21) 申请号 202280099574.1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2022.09.06

B23Q 17/09 (2006.01)

B23Q 17/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2025.02.26

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/033385 2022.09.06

(87) PCT国际申请的公布数据
W02024/052978 JA 2024.03.14

(71) 申请人 住友电气工业株式会社
地址 日本大阪府

(72) 发明人 小池雄介

(74) 专利代理机构 北京聿宏知识产权代理有限公司 11372
专利代理师 吴大建 霍玉娟

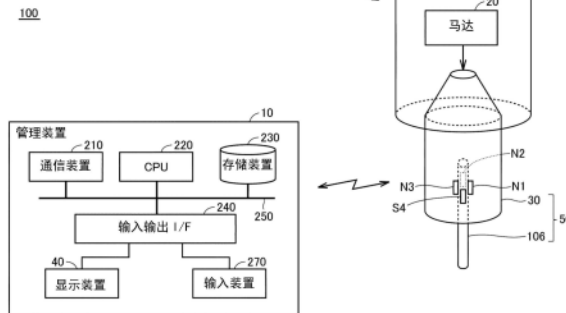
权利要求书2页 说明书15页 附图21页

(54) 发明名称

状态检测系统、方法以及程序

(57) 摘要

一种状态检测系统,其是用于铣削加工的铣削工具的状态检测系统,其中,所述状态检测系统具备:铣削工具,包含轴部,所述轴部具有第一端部和第二端部,所述铣削工具能够以轴部的旋转轴为中心进行旋转;多个传感器,安装于轴部,对作用于铣削工具的外力进行检测;显示装置;以及管理装置。多个传感器对在沿着旋转轴的第一方向上作用于铣削工具的第一力、在沿着以旋转轴为法线的平面的方向上作用于铣削工具的第二力、在妨碍铣削工具的旋转的方向上作用于铣削工具的负载扭矩进行检测,管理装置使基于第一力、第二力以及负载扭矩中的至少两个的信息显示于显示装置。



1. 一种状态检测系统,其是用于铣削加工的铣削工具的状态检测系统,其中,所述状态检测系统具备:
 铣削工具,包含轴部,所述轴部具有设置有用于切削被切削物的刃部的第一端部和安装于机床的第二端部,所述铣削工具能够以所述轴部的旋转轴为中心进行旋转;
 多个传感器,安装于所述轴部,对作用于所述铣削工具的外力进行检测;
 显示装置;以及
 管理装置,
 所述多个传感器对在沿着所述旋转轴的第一方向上作用于所述铣削工具的第一力、在沿着以所述旋转轴为法线的平面的方向上作用于所述铣削工具的第二力、在妨碍所述铣削工具的旋转的方向上作用于所述铣削工具的负载扭矩进行检测,
 所述管理装置使基于所述第一力、所述第二力以及所述负载扭矩中的至少两个的第一信息显示于所述显示装置。
2. 根据权利要求1所述的状态检测系统,其中,所述管理装置使用曲线图来显示所述第一信息。
3. 根据权利要求1或2所述的状态检测系统,其中,
 所述管理装置在使所述第一信息显示于所述显示装置的基础上,还使基于所述第一力、所述第二力以及所述负载扭矩中的至少两个的第二信息显示于所述显示装置,
 所述第二信息是与所述第一信息不同的信息。
4. 根据权利要求1所述的状态检测系统,其中,所述第一信息是基于所述第一力相对于所述负载扭矩的比例和所述第二力相对于所述负载扭矩的比例的信息。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的状态检测系统,其中,
 所述多个传感器包含:
 第一应变传感器、第二应变传感器以及第三应变传感器,对所述第一方向上的应变进行检测,并安装于所述轴部;以及
 第四应变传感器,对所述轴部的周向上的应变进行检测,并安装于所述轴部。
6. 一种方法,其是对用于铣削加工的铣削工具的状态进行检测的方法,其中,
 所述铣削工具包含轴部,所述轴部具有设置有用于切削被切削物的刃部的第一端部和安装于机床的第二端部,所述铣削工具能够以所述轴部的旋转轴为中心进行旋转,
 在所述轴部安装有对作用于所述铣削工具的外力进行检测的多个传感器,
 所述方法包含以下步骤:
 使用所述多个传感器的检测值来获取作用于沿着所述旋转轴的第一方向上的第一力;
 使用所述多个传感器的检测值来获取作用于沿着以所述旋转轴为法线的平面的方向上的第二力;
 使用所述多个传感器的检测值来获取作用于妨碍所述铣削工具的旋转的方向上的负载扭矩;以及
 显示基于所述第一力、所述第二力以及所述负载扭矩中的至少两个的第一信息。
7. 一种程序,其是对用于铣削加工的铣削工具的状态进行检测的程序,其中,
 所述铣削工具包含轴部,所述轴部具有设置有用于切削被切削物的刃部的第一端部和安装于机床的第二端部,所述铣削工具能够以所述轴部的旋转轴为中心进行旋转,

在所述轴部安装有对作用于所述铣削工具的外力进行检测的多个传感器，
所述程序使计算机执行如下步骤：
使用所述多个传感器的检测值来获取作用于沿着所述旋转轴的第一方向上的第一力；
获取作用于沿着以所述旋转轴为法线的平面的方向上的第二力；
获取作用于妨碍所述铣削工具的旋转的方向上的负载扭矩；以及
显示基于所述第一力、所述第二力以及所述负载扭矩中的至少两个的第一信息。

状态检测系统、方法以及程序

技术领域

[0001] 本公开涉及状态检测系统、方法以及程序。

背景技术

[0002] 近年来,要求在各种铣削条件下对铣削工具的状态进行检测的系统。在日本特开昭59-142048(专利文献1)中公开了一种工具异常检测装置,其利用在切削中产生的主分力、进给分力以及背分力的相互关系,对在工具中产生的异常进行检测。在日本特开昭58-217247(专利文献2)中记载了求出主分力、进给分力以及背分力的切削分力比率以及该分力比率相对于时间的微分系数而对缺损进行判断的异状现象监视方法,在日本特开平09-076144(专利文献3)中记载了在机床的钻孔加工中,对X轴、Y轴的负载进行检测而对加工状态进行监视的加工状态监视方法。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开昭59-142048

[0006] 专利文献2:日本特开昭58-217247

[0007] 专利文献3:日本特开平09-076144

发明内容

[0008] 本公开所涉及的用于铣削加工的铣削工具的状态检测系统具备:铣削工具,包含轴部,所述轴部具有设置有用于切削被切削物的刃部的第一端部和安装于机床的第二端部,所述铣削工具能够以轴部的旋转轴为中心进行旋转;多个传感器,安装于轴部,对作用于铣削工具的外力进行检测;显示装置;以及管理装置。多个传感器对在沿着旋转轴的第一方向上作用于铣削工具的第一力、在沿着以旋转轴为法线的平面的方向上作用于铣削工具的第二力、在妨碍铣削工具的旋转的方向上作用于铣削工具的负载扭矩进行检测。管理装置使基于第一力、第二力以及负载扭矩中的至少两个的信息显示于显示装置。

附图说明

[0009] 图1是本实施方式的铣削工具的状态检测系统的概要图。

[0010] 图2是铣削工具的立体图。

[0011] 图3是从Y轴的负方向侧观察图2中的铣削工具时的图。

[0012] 图4是从X轴的正方向侧观察图2中的铣削工具时的图。

[0013] 图5是从Z轴的正方向侧观察图2中的轴部时的图。

[0014] 图6是从Z轴的正方向侧观察图2中的轴部106的自由端时的图。

[0015] 图7是表示外力 F_x 、外力 F_y 、外力 F_z 与刃部的状态的关系性的图。

[0016] 图8是表示铣削工具的状态的曲线图的第一例。

[0017] 图9是表示铣削工具的状态的曲线图的第二例。

- [0018] 图10是表示铣削工具的状态的曲线图的第三例。
- [0019] 图11是表示铣削工具的状态的曲线图的第四例。
- [0020] 图12是表示铣削工具的状态的曲线图的第五例。
- [0021] 图13是表示铣削工具的状态的曲线图的第六例。
- [0022] 图14对外力、比切削阻力和切削面积的关系进行说明。
- [0023] 图15是用于对负载扭矩与切削面积的关系进行说明的图。
- [0024] 图16是表示铣削工具的状态的曲线图的第七例。
- [0025] 图17是表示铣削工具的状态的曲线图的第八例。
- [0026] 图18是表示本实施方式的处理步骤的流程图。
- [0027] 图19是表示用于制作正常区域的试验的测定结果的图。
- [0028] 图20是基于图19的测定结果而示出曲线图的图。
- [0029] 图21是表示对期间Dr2中的正常区域进行设定的例子的图。
- [0030] 图22是表示对期间Dr2、期间Dr3中的正常区域进行设定的例子的图。

具体实施方式

[0031] [本公开所要解决的问题]

[0032] 本公开的目的在于提供一种状态检测系统,对用于铣削加工的铣削工具的状态进行检测。

[0033] [本公开的效果]

[0034] 根据本公开,能够提供一种状态检测系统,其能够基于在铣削工具中产生的作用于沿着旋转轴的方向上的外力、作用于沿着以旋转轴为法线的平面的方向上的外力、以及作用于妨碍旋转的方向上的负载扭矩,对用于铣削工具的异常判定的铣削工具的状态进行检测。

[0035] [本公开的实施方式的说明]

[0036] 首先,列举本公开的实施方式进行说明。

[0037] (1) 本公开所涉及的用于铣削加工的铣削工具的状态检测系统具备:铣削工具,包含轴部,所述轴部具有设置有用于切削被切削物的刃部的第一端部和安装于机床的第二端部,所述铣削工具能够以轴部的旋转轴为中心进行旋转;多个传感器,安装于轴部,对作用于铣削工具的外力进行检测;显示装置;以及管理装置。多个传感器对在沿着旋转轴的第一方向上作用于铣削工具的第一力、在沿着以旋转轴为法线的平面的方向上作用于铣削工具的第二力、在妨碍铣削工具的旋转的方向上作用于铣削工具的负载扭矩进行检测。管理装置使基于第一力、第二力以及负载扭矩中的至少两个的第一信息显示于显示装置。

[0038] (2) 在上述(1)所涉及的状态检测系统的基础上,管理装置使用曲线图来显示第一信息。

[0039] (3) 在上述(1)或(2)所涉及的状态检测系统的基础上,管理装置在使第一信息显示于显示装置的基础上,还使基于第一力、第二力以及负载扭矩中的至少两个的第二信息显示于显示装置。第二信息是与第一信息不同的信息。

[0040] (4) 在上述(1)所涉及的状态检测系统的基础上,第一信息是基于第一力相对于负载扭矩的比例和第二力相对于负载扭矩的比例的信息。

[0041] (5) 在上述(1)至(4)中任一项所涉及的状态检测系统的基础上,多个传感器包含:第一应变传感器、第二应变传感器以及第三应变传感器,对第一方向上的应变进行检测,并安装于轴部;以及第四应变传感器,对轴部的周向上的应变进行检测,并安装于轴部。

[0042] (6) 本发明所涉及的方法是对用于铣削加工的铣削工具的状态进行检测的方法。铣削工具包含轴部,所述轴部具有设置有用于切削被切削物的刃部的第一端部和安装于机床的第二端部,所述铣削工具能够以轴部的旋转轴为中心进行旋转,在轴部安装有对作用于铣削工具的外力进行检测的多个传感器。方法包含以下步骤:使用多个传感器的检测值来获取作用于沿着旋转轴的第一方向上的第一力;使用多个传感器的检测值来获取作用于沿着以旋转轴为法线的平面的方向上的第二力;使用多个传感器的检测值来获取作用于妨碍铣削工具的旋转的方向上的负载扭矩;以及显示基于第一力、第二力以及负载扭矩中的至少两个的第一信息。

[0043] (7) 本公开所涉及的程序是对用于铣削加工的铣削工具的状态进行检测的程序。铣削工具包含轴部,所述轴部具有设置有用于切削被切削物的刃部的第一端部和安装于机床的第二端部,所述铣削工具能够以轴部的旋转轴为中心进行旋转,在轴部安装有对作用于铣削工具的外力进行检测的多个传感器。所述程序使计算机执行如下步骤:使用多个传感器的检测值来获取作用于沿着旋转轴的第一方向上的第一力;获取作用于沿着以旋转轴为法线的平面的方向上的第二力;获取作用于妨碍铣削工具的旋转的方向上的负载扭矩;以及显示基于第一力、第二力以及负载扭矩中的至少两个的第一信息。

[0044] [本公开的实施方式的详细内容]

[0045] 以下,参照附图对本公开的实施方式进行详细说明。需要说明的是,对图中相同或相当的部分标注相同的标号,不重复其说明。

[0046] (状态检测系统的概要)

[0047] 图1是本实施方式的铣削工具50的状态检测系统100的概要图。图1中的铣削工具50的状态检测系统100能够应用于加工中心或铣床等机床的铣削工具。状态检测系统100具备管理装置10和机床70。机床70包含马达20和铣削工具50。

[0048] 铣削工具50是对固定的被切削物(工件)进行切削的铣削工具,是在加工中心或铣床等机床中使用的铣削工具。本实施方式的铣削工具50是立铣刀。需要说明的是,铣削工具50也可以是立铣刀以外的铣削工具,例如也可以是钻头或铣刀等。铣削工具50包含形成有刃部的轴部106。铣削工具50经由保持该轴部106的工具保持件30而安装于机床70。即,在铅垂方向的下方侧的轴部106的端部设置有刃部,铅垂方向的上方侧的轴部106的端部安装于机床70侧的工具保持件30。铅垂方向的下方侧的轴部106的端部是本公开中的“第一端部”的一个例子,铅垂方向的上方侧的轴部106的端部是本公开中的“第二端部”的一个例子。需要说明的是,工具保持件30也可以形成于铅垂方向的上方侧的轴部106的端部。在该情况下,铣削工具50包含工具保持件30。

[0049] 工具保持件30与轴部106连接,从铅垂方向的上方对轴部106进行支承。工具保持件30在Z轴的正方向侧具有呈圆锥形状的端部,该圆锥形状的端部安装于机床70。机床70所包含的马达20使铣削工具50一体地旋转。换言之,马达20驱动铣削工具50旋转。马达20例如为伺服马达。

[0050] 在本实施方式中,作为立铣刀的铣削工具50具有至少一个刃部。通过马达20的驱

动使铣削工具50旋转,由此铣削工具50的刃部与工件的表面接触而切削工件的表面。由此,工件的形状形成为用户所期望的形状。

[0051] 应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4安装于轴部106。应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4是能够对在轴部106产生的应变进行检测的传感器,例如是由桥式电路构成的应变计。应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4通过无线与管理装置10连接,将各自检测出的值发送至管理装置10。

[0052] 管理装置10使用安装于铣削工具50的应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4的检测值,对铣削工具50的状态进行检测。管理装置10包含通信装置210、作为控制装置的CPU(Central Processing Unit)220、存储装置230、输入输出接口(I/F)240、显示装置40以及输入装置270。

[0053] 通信装置210、CPU220、存储装置230以及输入输出I/F240与共用的总线250连接,构成为能够彼此收发信号。显示装置260以及输入装置270通过有线或无线与输入输出I/F240连接。

[0054] 通信装置210为无线通信装置,以无线方式获取安装于工具保持件30的应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4的检测值。CPU220执行存储于存储装置230的程序,对由通信装置210获取到的应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4的检测值进行处理,由此对铣削工具50的状态进行检测。

[0055] 存储装置230包含ROM(Read Only Memory:只读存储器)以及RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)等存储器、以及HDD(Hard Disc Drive:硬盘驱动器)或SSD(Solid State Disk:固态硬盘)等大容量存储设备。存储装置230用作CPU220的处理时的缓冲器,并且用于存储由CPU220执行的程序、应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4的检测值和/或CPU220的运算结果等。

[0056] 输入装置270例如为键盘、鼠标、轨迹球或触摸面板那样的指示设备,接受来自用户的操作信号。显示装置40代表性地为液晶面板或有机EL(Electro Luminescence:电致发光)面板,对用户显示CPU220的运算结果以及存储于存储装置230的信息。在本实施方式中,管理装置10使基于应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4的检测值的信息显示于显示装置40,由此使用户识别到铣削工具50的状态。

[0057] 输入输出I/F240是用于连接显示装置40和输入装置270的接口。经由输入输出I/F240接受来自输入装置270的用户操作信号,并且向显示装置40输出用于向用户通知的信息。

[0058] (应变传感器的详细情况)

[0059] 图2是铣削工具50的立体图。图2所示的Z轴是铣削工具50的旋转轴。即,铣削工具50通过马达20驱动而以Z轴为中心进行旋转。铣削工具50在从Z轴的正方向侧观察时以顺时针的旋转方向Rd旋转。相互垂直的X轴和Y轴是与Z轴也垂直的轴。在以后的说明中,有时将各图中的Z轴的正方向称为上表面侧,将负方向称为下表面侧。

[0060] 如上所述,旋转的铣削工具50与工件的表面接触而削掉工件的表面。通过使铣削工具50与工件接触,对铣削工具50作用外力。如图2所示,通过铣削工具50与工件的接触而对铣削工具50作用的外力包含分别对X轴方向、Y轴方向、Z轴方向作用的外力 F_x 、外力 F_y 、外力 F_z 以及作用于妨碍铣削工具50的旋转的方向上的负载扭矩 M_z 。负载扭矩 M_z 作用于妨碍铣

削工具50的旋转的方向,因此作用于与铣削工具50的旋转方向 R_d 反向的旋转方向。即,从Z轴的正方向侧观察时,负载扭矩 M_z 逆时针地发挥作用。

[0061] 在图2中,外力 F_x 所作用的方向图示为X轴的正方向,外力 F_y 所作用的方向图示为Y轴的负方向,外力 F_z 所作用的方向图示为Z轴的负方向。如图2所示,对外力 F_x 、外力 F_y 、外力 F_z 标注不同的阴影线。需要说明的是,外力 F_x 、外力 F_y 、外力 F_z 有时也向与图2所示的方向相反的方向发挥作用。

[0062] 应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4配置在同一XY平面上。应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4在轴部106的表面,在轴部106的周向上以 90° 间隔配置。即,在从Y轴的负方向侧观察轴部106时,应变传感器N1和应变传感器N3相对于Z轴而线对称地配置。另外,在从X轴的正方向侧观察轴部106时,应变传感器N2和应变传感器S4相对于Z轴而线对称地配置。

[0063] 应变传感器N1~应变传感器N3对轴部106的Z轴方向上的应变具有测定灵敏度。另一方面,应变传感器S4对轴部106的周向上的应变具有测定灵敏度。以下,使用应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4,对外力 F_x 、外力 F_y 、外力 F_z 以及负载扭矩 M_z 的检测方法进行说明。

[0064] 图3是从Y轴的负方向侧观察图2中的铣削工具50时的图。在图3中示出了外力 F_x 、外力 F_z 。轴部106是在Z轴的正方向侧具有固定端、且形成有刃部的Z轴的负方向侧成为自由端的悬臂梁。因此,通过对铣削工具50作用外力 F_x 而产生弯曲力矩。弯曲力矩的大小由外力 F_x 的大小和Z轴方向上的应变传感器N1、应变传感器N3与轴部106的自由端之间的距离 D_1 决定。

[0065] 通过作用弯曲力矩,轴部106以向X轴的负方向侧形成凸起的方式变形为稍微翘曲弯曲的状态。即,轴部106因外力 F_x 而挠曲。弯曲力矩根据轴部106的截面系数而产生压缩应力 C_x 和拉伸应力 T_x 作为弯曲应力。在图3中,对因外力 F_x 而产生的压缩应力 C_x 以及拉伸应力 T_x 标注与外力 F_x 相同的阴影线。

[0066] 配置于轴部106的X轴的正方向侧的应变传感器N1对压缩应力 C_x 具有测定灵敏度。另外,应变传感器N1对由外力 F_z 产生的拉伸应力 T_z 也具有测定灵敏度。在图3中,对因外力 F_z 而产生的拉伸应力 T_z 标注与外力 F_z 相同的阴影线。因此,应变传感器N1对压缩应力 C_x 与拉伸应力 T_z 的合力进行检测。换言之,应变传感器N1的检测值 D_v1 为压缩应力 C_x 与拉伸应力 T_z 的合力。应变传感器N1将检测值 D_v1 发送至管理装置10。

[0067] 应变传感器N3与应变传感器N1同样地,在对基于外力 F_z 的拉伸应力 T_z 具有测定灵敏度的基础上,还对由外力 F_x 产生的拉伸应力 T_x 具有测定灵敏度。因此,应变传感器N3的检测值 D_v3 为拉伸应力 T_x 与拉伸应力 T_z 的合力。应变传感器N3将检测值 D_v3 发送至管理装置10。

[0068] 管理装置10根据表示压缩应力 C_x 与拉伸应力 T_z 的合力的检测值 D_v1 以及表示拉伸应力 T_x 与拉伸应力 T_z 的合力的检测值 D_v3 ,计算出拉伸应力 T_z 、拉伸应力 T_x 以及压缩应力 C_x 各自的值。应变传感器N1、应变传感器N3在同一XY平面上相对于Z轴而线对称地配置,压缩应力 C_x 和拉伸应力 T_x 是基于同一弯曲力矩而产生的弯曲应力,因此压缩应力 C_x 和拉伸应力 T_x 是相同大小的应力。

[0069] 管理装置10通过计算出检测值 D_v1 与检测值 D_v3 之差,来计算压缩应力 C_x 以及拉伸

应力 T_x 各自的大小。压缩应力 C_x 以及拉伸应力 T_x 各自的大小根据由外力 F_x 的大小和距离 D_1 决定的弯曲力矩而变化。即,管理装置10能够根据压缩应力 C_x 以及拉伸应力 T_x 各自的大小和距离 D_1 来计算外力 F_x 的大小。

[0070] 此外,管理装置10在计算出压缩应力 C_x 以及拉伸应力 T_x 各自的大小之后,通过从检测值 D_{v1} 减去压缩应力 C_x 的大小、或者从检测值 D_{v3} 减去拉伸应力 T_x 的大小中的任意一个处理,也能够计算出拉伸应力 T_z 的大小。拉伸应力 T_z 是由外力 F_z 产生的力,因此管理装置10能够基于拉伸应力 T_z 的大小来计算外力 F_z 的大小。这样,管理装置10根据应变传感器N1、应变传感器N3的检测值 D_{v1} 、检测值 D_{v3} 来计算外力 F_x 的大小、外力 F_z 的大小。

[0071] 图4是从X轴的正方向侧观察图2中的铣削工具50时的图。在图4中示出了通过使铣削工具50与工件接触而产生的外力 F_y 、外力 F_z 。如上所述,应变传感器N2在Z轴方向上具有测定灵敏度。

[0072] 与轴部106通过基于外力 F_x 而产生的弯曲力矩向X轴的负方向侧形成凸起的情况同样地,外力 F_y 产生使得轴部106向Y轴的正方向侧形成凸起的弯曲力矩。即,配置于轴部106的Y轴的正方向侧的应变传感器N2检测出拉伸应力 T_y 与拉伸应力 T_z 的合力作为检测值 D_{v2} 。

[0073] 如在图3中说明的那样,管理装置10根据应变传感器N1的检测值 D_{v1} 、应变传感器N3的检测值 D_{v3} 计算出拉伸应力 T_z 的大小。管理装置10通过从检测值 D_{v2} 减去拉伸应力 T_z ,能够计算出拉伸应力 T_y 的大小。另外,管理装置10与外力 F_x 的大小的计算同样地,能够根据拉伸应力 T_y 的大小和距离 D_1 计算出外力 F_y 的大小。

[0074] 图5是从Z轴的正方向侧观察图2中的轴部106时的图。在图5中,对应变传感器S4的检测值进行说明。应变传感器S4在工具保持件30的周向上具有测定灵敏度。因此,通过使铣削工具50与工件接触,负载扭矩 M_z 沿与铣削工具50以及工具保持件30的旋转方向 R_d 反向的旋转方向作用于工具保持件30。即,只要正在旋转的铣削工具50与工件接触,应变传感器S4的检测值就包含负载扭矩 M_z 。

[0075] 如上述中说明的那样,外力 F_x 和外力 F_y 作用于与工件接触的铣削工具50。外力 F_x 和外力 F_y 与负载扭矩 M_z 同样是沿着XY平面的方向,因此在应变传感器S4的检测值中,在包含负载扭矩 M_z 的基础上,还包含外力 F_x 以及外力 F_y 中的至少一方。

[0076] 应变传感器S4在XY平面上的配置根据工具保持件30的旋转角度而变化。例如,如图5所示,配置 Ag_1 的应变传感器S4由于应变传感器S4的测定方向与X轴方向平行,因此对外力 F_x 具有测定灵敏度。另外,配置 Ag_2 的应变传感器S4由于应变传感器S4的测定方向与Y轴方向平行,因此对外力 F_y 具有测定灵敏度。此外,配置 Ag_3 的应变传感器S4由于应变传感器S4的测定方向与X轴方向以及Y轴方向的双方交叉,因此相对于外力 F_x 、外力 F_y 的双方具有测定灵敏度。应变传感器S4对外力 F_x 、外力 F_y 和负载扭矩 M_z 的合力进行检测。

[0077] 如图3、图4中说明的那样,管理装置10基于应变传感器N1的检测值 D_{v1} ~应变传感器N3的检测值 D_{v3} ,计算出外力 F_x 的大小和外力 F_y 的大小。管理装置10通过从应变传感器S4的检测值中去除外力 F_x 和外力 F_y 的影响,能够计算出负载扭矩 M_z 。这样,在本实施方式中,通过在Z轴方向上具有测定灵敏度的应变传感器N1~应变传感器N3和在轴部106的周向上具有测定灵敏度的应变传感器S4,能够计算出外力 F_x 、外力 F_y 、外力 F_z 以及负载扭矩 M_z 的大小。

[0078] 此外,在状态检测系统100中,不仅可以通过上述方法,还可以通过其他方法来计算外力 F_x 、外力 F_y 、外力 F_z 、负载扭矩 M_z 。在某一方面中,状态检测系统100可以是具有在周向上具有测定灵敏度的三个应变传感器和在Z轴方向上具有测定灵敏度的三个应变传感器共计六个应变传感器的构成,或者是具有在周向上具有测定灵敏度的三个应变传感器和在Z轴方向上具有测定灵敏度的两个应变传感器共计五个应变传感器的构成。这样,通过增加应变传感器的数量,能够直接检测出负载扭矩 M_z 等,因此在状态检测系统100中,能够减少由管理装置10进行的运算处理。

[0079] 图6是从Z轴的正方向侧观察图2中的轴部106的自由端时的图。在本实施方式中,铣削工具50具有刃部6A、刃部6B、刃部6C这三个刃部。在图1~图5中说明的外力 F_x 、外力 F_y 、外力 F_z 以及负载扭矩 M_z 是由于刃部6A~刃部6C分别与工件接触而产生的。

[0080] 即,使用应变传感器S4计算出的负载扭矩 M_z 是作用于图6所示的刃部6A的负载扭矩 M_{zA} 、作用于刃部6B的负载扭矩 M_{zB} 以及作用于刃部6C的负载扭矩 M_{zC} 的合力。各负载扭矩 M_{zA} 、负载扭矩 M_{zB} 、负载扭矩 M_{zC} 全部是朝向同一周向而发挥作用的力,因此使用应变传感器S4计算出的负载扭矩 M_z 为将各负载扭矩 M_{zA} 、负载扭矩 M_{zB} 、负载扭矩 M_{zC} 的绝对值合计而得到的值。

[0081] 另一方面,外力 F_x 、外力 F_y 不是在各刃部产生的外力的绝对值之和,而是作为矢量之和来计算。因此,在各刃部产生的外力有时相互抵消。以下,将外力 F_x 、外力 F_y 的合力称为“外力 F_{xy} ”。如图6所示,外力 F_{xyA} 作用于刃部6A,外力 F_{xyB} 作用于刃部6B,外力 F_{xyC} 作用于刃部6C。

[0082] 外力 F_x 、外力 F_y 作用于沿着XY平面的方向,因此如图6所示,作用于铣削工具50整体的外力 F_{xy} 为表示外力 F_{xyA} 、外力 F_{xyB} 和外力 F_{xyC} 的矢量之和。因此,即使在铣削工具50与工件接触的情况下,作用于各刃部6A的外力 F_{xyA} ~刃部6C的外力 F_{xyC} 也相互抵消,作用于铣削工具50整体的外力 F_{xy} 可能为“0”。换言之,虽然外力 F_{xyA} ~外力 F_{xyC} 作用于各刃部6A~刃部6C,但在铣削工具50整体上有时在表观上处于并没有作用有外力 F_{xy} 的状态。

[0083] 需要说明的是,负载扭矩 M_z 实际上是对外力 F_{xy} 的切线方向上的分力乘以铣削工具50的半径而得到的值,但在图6中为了容易说明,将从切线方向延伸的箭头作为负载扭矩 M_z 进行说明。

[0084] 图7是表示外力 F_x 、外力 F_y 、外力 F_z 与刃部的状态的关系性的图。图7分别示出了状态 St_1 、状态 St_2 、状态 St_3 的刃部6A。状态 St_1 是刃部6A未产生问题而能够适当地进行切削的状态。状态 St_2 是在刃部6A的刀尖产生了磨损的状态。状态 St_3 是在刃部6A的刀尖产生了缺损的状态。在图7中示出了被削掉的工件60。

[0085] 由工件60与刃部6A之间的接触而产生的外力 F_x 由比切削阻力 K_x 和切削面积来决定。比切削阻力 K_x 是基于刃部的状态的X轴方向上的阻力。比切削阻力在X轴、Y轴、Z轴的各方向上为不同的值。切削面积由切入深度 a_p 和进给量 f_z 来决定。

[0086] 如图7的下部所示,外力 F_x 为比切削阻力 K_x 、切入深度 a_p 和进给量 f_z 相乘而得到的值。另外,外力 F_y 也同样地为Y轴方向上的比切削阻力 K_y 、切入深度 a_p 和进给量 f_z 相乘而得到的值。外力 F_z 也同样地为表示Z轴方向上的刃部的状态的比切削阻力 K_z 、切入深度 a_p 和进给量 f_z 相乘而得到的值。由于比切削阻力 K_x 、比切削阻力 K_y 、比切削阻力 K_z 中的每一个根据刀尖在各轴向上的状态而变化,因此比切削阻力 K_x 、比切削阻力 K_y 、比切削阻力 K_z 的值互不

相同。

[0087] <工具磨损的实验例>

[0088] 以下,使用图8~图10示出对铣削工具50的磨损状态进行检测的实验例。在图8~图10中,示出在下述的加工条件下进行的实验结果。工件的材质为碳钢(S50C)。铣削工具50为四刃的立铣刀。工具直径为 $\phi 6\text{mm}$ 。切削速度为 $60\text{m}/\text{min}$ 。每一刃部的进给量为 $0.015\text{mm}/\text{t}$ (tooth)。轴向的切入量为 1mm 。径向的切入量为 2.4mm 。

[0089] 图8是表示铣削工具50的状态的曲线图的第一例。在图8所示的第一例的曲线图中,纵轴表示外力 F_z ,横轴表示外力 F_{xy} 。在图8中示出了标绘点N11~标绘点N18。各标绘点N11~标绘点N18表示通过图2~图6中说明的方法计算出的特定的时机下的外力 F_z 和外力 F_{xy} 。

[0090] 标绘点N11~标绘点N18分别是在通过马达20使铣削工具50旋转而对工件进行切削的期间内检测出的值,按照标绘点N11~标绘点N18的顺序被检测出。标绘点N11是在最早的时间检测出的值,标绘点N18是在最晚的时间检测出的值。即,检测到标绘点N18的时机与检测到其他标绘点的时机相比,切削次数以及切削时间最多。因此,在检测到标绘点N18的时机,与检测到其他标绘点的时机相比,铣削工具50的磨损加剧。

[0091] 如图8的标绘点N11~标绘点N18所示,若切削次数、切削时间变多,则铣削工具50的磨损加剧,外力 F_z 以及外力 F_{xy} 均显示增大趋势。如图7的状态St2所示,若磨损加剧,则工件60与铣削工具50的接触面积增加。若接触面积增加,则铣削工具50与工件60的接触时间、摩擦力增加,因此外力 F_z 以及外力 F_{xy} 也增加。

[0092] 即,各标绘点随着磨损加剧而在曲线图上朝右上方向移动。切削面积与刀尖的状态无关地独立地确定。另外,由于刃部与工件60反复接触,因此切削面积的大小有时会在刃部与工件60每次接触时产生偏差。因此,即使在刀尖的磨损加剧的状态下,根据切削面积的大小,外力 F_z 以及外力 F_{xy} 有时也会减小。然而,若作为整体来掌握从标绘点N11到标绘点N18的运动的趋势,则各标绘点在曲线图上向右上方向移动。

[0093] 由此,用户能够基于图8所示的曲线图的标绘点的移动的方向以及移动量来推测磨损的加剧程度。即,状态检测系统能够对用户视觉性地显示表示铣削工具50的状态的磨损的加剧程度。即,在本实施方式的状态检测系统100中,能够基于标绘点的移动方向的趋势以及移动量而使用户识别到铣削工具50的磨损的状态。由此,用户能够容易地预测铣削工具50的更换时期。

[0094] 图9是表示铣削工具50的状态的曲线图的第二例。在图9所示的第二例的曲线图中,纵轴表示外力 F_{xy} ,横轴表示负载扭矩 M_z 。在图9中示出了标绘点N21~标绘点N28。标绘点N21~标绘点N28与标绘点N11~标绘点N18同样地以标绘点N21~标绘点N28的顺序被检测出。即,在标绘点N21~标绘点N28中,检测到标绘点N28的时机是磨损加剧最严重的时机。

[0095] 如图9的标绘点N21~标绘点N28所示,若切削次数、切削时间变多,则铣削工具50的磨损加剧,外力 F_{xy} 以及负载扭矩 M_z 均显示增加趋势。如图7的状态St2所示,若磨损加剧,则工件与铣削工具50的接触面积增加。当接触面积增加时,摩擦力增加,因此作用于妨碍铣削工具50的旋转的方向上的负载扭矩也增加。因而,如图9所示,若磨损加剧,则负载扭矩 M_z 也增加,图9中的各标绘点也处于在曲线图上向右上方向移动的趋势。

[0096] 这样,在本实施方式的状态检测系统100中,在纵轴表示外力 F_{xy} 、且横轴表示负载

扭矩 M_z 的图9的曲线图中,也能够基于标绘点的移动方向的趋势以及移动量而使用户识别到铣削工具50的磨损的状态。

[0097] 图10是表示铣削工具50的状态的曲线图的第三例。在图10所示的第三例的曲线图中,纵轴表示外力 F_z ,横轴表示负载扭矩 M_z 。在图10中示出了标绘点N31~标绘点N38。标绘点N31~标绘点N38与标绘点N11~标绘点N18同样地,按照标绘点N31~标绘点N38的顺序被检测出。即,在标绘点N31~标绘点N38中,检测到标绘点N38的时机是磨损加剧最严重的时机。在图10的曲线图中,当磨损加剧时,外力 F_z 以及负载扭矩 M_z 也增加,因此图10中的各标绘点也具有在曲线图上向右上方向移动的趋势。

[0098] 这样,在本实施方式的状态检测系统100中,在纵轴表示外力 F_z 、且横轴表示负载扭矩 M_z 的图10的曲线图中,也能够基于标绘点的移动方向的趋势以及移动量而使用户识别到铣削工具50的磨损的状态。

[0099] 另外,在状态检测系统100中,也可以在不是预先决定的正常区域的范围内检测到标绘点的情况下,检测到发生了异常,并将该情况显示于显示装置40。更具体而言,在特定的铣削工具的形状、特定的加工条件下进行试验性的加工,预先在图8~图10的曲线图中获取伴随磨损而检测出标绘点的范围。即,在状态检测系统100中,预先获取磨损正常加剧时的标绘点的移动范围。之后,在使用作为新的铣削工具的相同形状的铣削工具,以相同的加工条件重新开始加工的情况下,判定在该新的铣削工具中检测出的标绘点是否超过预先获取的磨损正常加剧时的标绘点的移动范围。在与磨损正常加剧时的标绘点的移动范围不同的范围内检测到标绘点的情况下,管理装置10判断为发生了异常,使显示装置40显示发生了异常的意思。

[0100] 图8~图10的曲线图均表示外力 F_z 、外力 F_{xy} 以及负载扭矩 M_z 中的至少两个的关系性。更具体而言,图8的曲线图表示外力 F_z 与外力 F_{xy} 的关系性,图9的曲线图表示外力 F_{xy} 与负载扭矩 M_z 的关系性,图8的曲线图表示外力 F_z 与负载扭矩 M_z 的关系性。作为图8~图10的曲线图而示出的信息是本公开中的“第一信息”的一个例子。

[0101] 在本实施方式的状态检测系统100中,也可以是不仅示出图8~图10的曲线图中的一个曲线图,还同时示出图8~图10的曲线图中的两个曲线图。即,管理装置10能够使图8的曲线图和图9的曲线图显示于显示装置40。另外,管理装置10能够使图9的曲线图和图10的曲线图显示于显示装置40。或者,管理装置10能够使图8的曲线图和图10的曲线图显示于显示装置40。由此,在显示装置40显示包含外力 F_z 、外力 F_{xy} 以及负载扭矩 M_z 的全部的信息的曲线图,在状态检测系统100中,能够对用户显示表示更准确的铣削工具50的状态的信息。在这样显示两个曲线图的情况下,一方的曲线图是“第一信息”的一个例子,另一方的曲线图是“第二信息”的一个例子。需要说明的是,在状态检测系统100中,也可以显示图8~图10的三个曲线图的全部。

[0102] 在本实施方式中,对将外力 F_z 、外力 F_{xy} 以及负载扭矩 M_z 的关系性显示为曲线图的例子进行了说明,但例如也可以将外力 F_z 、外力 F_{xy} 以及负载扭矩 M_z 的大小以表形式简单地显示为数值。另外,在上述的例子中,对以二维的曲线图的形式显示给用户的例子进行了说明,但在某一方面中,状态检测系统100也可以使用三维的立体的曲线图来显示外力 F_z 、外力 F_{xy} 以及负载扭矩 M_z 这三个的关系性。在这样的立体的曲线图中,例如,X轴表示外力 F_z ,Y轴表示外力 F_{xy} ,Z轴表示负载扭矩 M_z 。

[0103] <刀尖缺损的实验例>

[0104] 以下,使用图11~图13示出对铣削工具50的刀尖缺损的状态进行检测的实验例。在图11~图13中,示出在下述的加工条件下进行的实验结果。工件的材质为不锈钢(SUS304)。铣削工具50为四刃的立铣刀。工具直径为 $\phi 16\text{mm}$ 。切削速度为 80m/min 。每一刃部的进给量为 0.10mm/t (tooth)。轴向的切入量为 2mm 。径向的切入量为 10mm 。

[0105] 图11是表示铣削工具50的状态的曲线图的第四例。在图11所示的第四例的曲线图中,纵轴表示外力 F_z ,横轴表示外力 F_{xy} 。图11示出了包含在区域Ar1中的标绘点组Ns1和包含在区域Ar2中的标绘点组Ns2。标绘点组Ns1是在刀尖未产生缺损的状态下检测到的值。标绘点组Ns2是在刀尖产生了缺损的状态下检测到的值。

[0106] 如图11的标绘点组Ns1、标绘点组Ns2所示,由于刀尖缺损,外力 F_{xy} 增加。即,所绘制的区域基于刀尖产生了缺损这一情况而在曲线图上向右方向移动。刀尖缺损不像工具磨损那样随时间加剧,而是突然产生破损。因此,在产生刀尖缺损的前后,所绘制的区域从区域Ar1向区域Ar2移动。

[0107] 这样,在本实施方式的状态检测系统100中,基于所绘制的区域Ar1变化为另一区域Ar2这一情况,能够使用户识别到铣削工具50中是否产生了刀尖的缺损。由此,用户能够判断是否需要修理铣削工具50。

[0108] 在刀尖缺损的例子中,根据刀尖的缺损的位置、形状,各标绘点所移动的方向不同,因此各标绘点的移动方向不存在趋势。因此,在本实施方式的状态检测系统100中,例如使用k近邻法来判断是否绘制在了与在刀尖没有缺损的状态下绘制的区域Ar1不同的区域。即,管理装置10在新绘制的值被聚类到与过去的标绘点不同的范围内的情况下,判断为刀尖发生了破损,并使显示装置40显示该意思。由此,在状态检测系统100中,能够检测出刀尖的缺损状态,并向用户显示检测结果。如后所述,管理装置10也可以通过利用了工具形状以及加工条件的计算、或者通过与事先实施的试验而得到的正常区域的比较,来判断刀尖有无异常。

[0109] 图12是表示铣削工具50的状态的曲线图的第五例。在图12所示的第五例的曲线图中,纵轴表示外力 F_{xy} ,横轴表示负载扭矩 M_z 。图12示出了包含在区域Ar3中的标绘点组Ns3和包含在区域Ar4中的标绘点组Ns4。标绘点组Ns3是在刀尖未产生缺损的状态下检测到的值。标绘点组Ns4是在刀尖产生了缺损的状态下检测到的值。

[0110] 如图12的标绘点组Ns3、标绘点组Ns4所示,由于图12的例子中的缺损的刀尖的位置、形状的影响,外力 F_{xy} 增大,负载扭矩 M_z 减小。即,所绘制的区域基于刀尖产生了缺损这一情况而在曲线图上向左上方向移动。这样,在本实施方式的状态检测系统100中,在纵轴表示外力 F_{xy} 、且横轴表示负载扭矩 M_z 的图12的曲线图中,也能够基于所绘制的区域Ar3变化为另一区域Ar4这一情况,使用户识别在铣削工具50中是否产生了刀尖的缺损。

[0111] 图13是表示铣削工具50的状态的曲线图的第六例。在图13所示的第六例的曲线图中,纵轴表示外力 F_z ,横轴表示负载扭矩 M_z 。图13示出了包含在区域Ar5中的标绘点组Ns5和包含在区域Ar6中的标绘点组Ns6。标绘点组Ns5是在刀尖未产生缺损的状态下检测到的值。标绘点组Ns6是在刀尖产生了缺损的状态下检测到的值。

[0112] 如图13的标绘点组Ns5、标绘点组Ns6所示,由于图12的例子中的缺损的刀尖的位置、形状的影响,负载扭矩 M_z 减小。即,各标绘点基于刀尖产生了缺损这一情况而在曲线图

上向左方向移动。这样,在本实施方式的状态检测系统100中,在纵轴表示外力 F_z 、横轴表示负载扭矩 M_z 的图13的曲线图中,也能够基于所绘制的区域 Ar_5 变化为另一区域 Ar_6 这一情况,使用户识别在铣削工具50中是否产生了刀尖的缺损。

[0113] <切削面积的影响的排除>

[0114] 图14是用于对外力、比切削阻力和切削面积的关系进行说明的图。如上所述,刃部与工件60反复接触,因此切削面积的大小有可能产生偏差。即使比切削阻力 K 因产生工具磨损或刀尖缺损而变化,如果切削面积的大小产生偏差,则外力 F_x 、外力 F_y 、外力 F_z 以及负载扭矩 M_z 也有可能是在表观上以使得比切削阻力 K 不变化的方式被抵消。因此,以下对排除切削面积的影响的方法进行说明。

[0115] 在图14中分别示出了状态 St_4 、状态 St_5 、状态 St_6 的刃部6A。状态 St_4 、状态 St_5 是刃部6A未产生问题而能够适当地进行切削的状态。状态 St_6 是在刃部6A的刀尖产生了磨损的状态。

[0116] 在状态 St_4 、状态 St_6 下,刃部6A的切入深度 a_p 为距离 D_2 。在状态 St_5 下,刃部6A的切入深度 a_p 为距离 D_3 。距离 D_3 比距离 D_2 长。另外,状态 St_4 、状态 St_5 、状态 St_6 的全部的状态下的进给量 f_z 为相同的值。

[0117] 如图7中说明的那样,外力 F_x 是将表示刃部的状态的比切削阻力 K_x 、切入深度 a_p 和进给量 f_z 相乘而得到的值。关于比切削阻力 K_x ,与切削深度 a_p 和进给量 f_z 无关地,根据刃部的状态来确定。另一方面,切入深度 a_p 和进给量 f_z 与刃部的状态无关地,根据刃部与工件60的接触状况而变化。

[0118] 在状态 St_4 下,外力 F_x 基于表示刃部既未产生磨损也未产生缺损的适当的状态的比切削阻力 K_x 、切入距离 D_2 的深度时的切入深度 a_{pD2} 和进给量 f_z 来确定。在状态 St_5 下,外力 F_x 基于表示刃部既未产生磨损也未产生缺损的适当的状态的比切削阻力 K_x 、切入距离 D_3 的深度时的切入深度 a_{pD3} 和进给量 f_z 来确定。在状态 St_6 下,外力 F_x 基于刃部产生了磨损的比切削阻力 K_{xf} 、切入距离 D_2 的深度时的切入深度 a_{pD2} 和进给量 f_z 来确定。如图14所示,对于各状态下的外力 F_y 、外力 F_z 也与外力 F_x 同样地确定。

[0119] 如图14的状态 St_4 的下部所示,在状态 St_4 下,外力 F_x 相对于外力 F_z 的比例为比切削阻力 K_x 相对于比切削阻力 K_z 的比例。即,由于外力 F_z 以及外力 F_x 分别包含切入深度 a_{pD2} 和进给量 f_z ,因此在对外力 F_z 除以外力 F_x 时,消除切入深度 a_{pD2} 和进给量 f_z 的影响。因而,外力 F_x 相对于外力 F_z 的比例排除了切入深度 a_{pD2} 和进给量 f_z 的影响,成为比切削阻力 K_x 相对于比切削阻力 K_z 的比例。在状态 St_4 下,外力 F_y 相对于外力 F_z 的比例也同样地消除了切入深度 a_{pD2} 和进给量 f_z 的影响,成为比切削阻力 K_y 相对于比切削阻力 K_z 的比例。

[0120] 如图14的状态 St_5 的下部所示,状态 St_5 下的外力 F_x 相对于外力 F_z 的比例也与状态 St_4 同样地成为比切削阻力 K_x 相对于比切削阻力 K_z 的比例。即,通过除法运算消除切入深度 a_{pD3} 和进给量 f_z 的影响。因此,状态 St_5 下的外力 F_x 相对于外力 F_z 的比例与状态 St_4 下的外力 F_y 相对于外力 F_z 的比例为相同的值。

[0121] 另一方面,如图14的状态 St_6 的下部所示,在状态 St_6 下,外力 F_x 相对于外力 F_z 的比例为比切削阻力 K_{xf} 相对于比切削阻力 K_{zf} 的比例。通过除法运算消除切入深度 a_{pD2} 和进给量 f_z 的影响,但由于刃部的磨损,比切削阻力 K_{xf} 、比切削阻力 K_{zf} 与状态 St_4 、状态 St_5 下的比切削阻力 K_x 、比切削阻力 K_z 不同。因此,为与状态 St_6 下的外力 F_x 相对于外力 F_z 的比例和

状态St4、状态St5下的外力Fy相对于外力Fz的比例不同的值。

[0122] 这样,在本实施方式的状态检测系统100中,通过使用将外力Fx、外力Fy、外力Fz彼此相除而得到的值,能够排除切削面积的影响,能够着眼于仅比切削阻力K的变化。例如,管理装置10通过显示纵轴表示外力Fx相对于外力Fz的比例、横轴表示外力Fy相对于外力Fz的比例的曲线图,能够向用户显示排除了切削面积的影响的铣削工具50的状态。需要说明的是,只要能够排除切削面积的影响,则将外力Fx、外力Fy、外力Fz相除的组合也可以是其他组合。

[0123] <使用负载扭矩的切削面积的排除>

[0124] 图15是用于对负载扭矩与切削面积的关系进行说明的图。负载扭矩Mz是妨碍旋转的力,是对在铣削工具50的切线方向上产生的外力Ft乘以铣削工具50的半径R1而得到的值。如上所述,在图6中,将从刃部6A的切线方向延伸的箭头作为负载扭矩MzA进行了说明,但实际上如图15所示,是对外力FxyA的切线方向上的分力即外力Ft乘以铣削工具50的半径R1而得到的值。

[0125] 外力Ft与外力Fx、外力Fy、外力Fz同样地,是将比切削阻力Kt、切入深度ap和进给量fz相乘而得到的值。即,负载扭矩Mz包含切入深度ap和进给量fz。因此,通过将外力Fx、外力Fy、外力Fz中的任一个除以负载扭矩Mz,能够排除切削面积的影响。

[0126] 图16是表示铣削工具50的状态的曲线图的第七例。在图16所示的第七例的曲线图中,纵轴表示外力Fz相对于负载扭矩Mz的比例,横轴表示外力Fxy相对于负载扭矩Mz的比例。在图16中示出了标绘点N41~标绘点N48。标绘点N41~标绘点N48与标绘点N11~标绘点N18同样地以标绘点N41~标绘点N48的顺序被检测出。即,在标绘点N41~标绘点N48中,检测到标绘点N48的时机为磨损加剧最严重的时机。

[0127] 在图16所示的曲线图中,如上述中说明的那样,从纵轴、横轴所示的值中排除了切削面积的影响。由此,图16的曲线图能够更准确地示出比切削阻力K的变化。

[0128] 在图16所示的例子中,如果磨损加剧,则外力Fxy相对于负载扭矩Mz的比例变小。即,由磨损加剧引起的负载扭矩Mz的增加率大于外力Fxy的增加率。另外,若磨损加剧,则外力Fxy相对于负载扭矩Mz的比例变大。由磨损加剧引起的负载扭矩Mz的增加率小于外力Fxy的增加率。因此,如图16所示,各标绘点具有在曲线图上向右下方向移动的趋势。

[0129] 图17是表示铣削工具50的状态的曲线图的第八例。在图17所示的第八例的曲线图中,纵轴表示外力Fz相对于负载扭矩Mz的比例,横轴表示外力Fxy相对于负载扭矩Mz的比例。图17示出了包含在区域Ar7中的标绘点组Ns7和包含在区域Ar8中的标绘点组Ns8。标绘点组Ns7是在刀尖未产生缺损的状态下检测到的值。标绘点组Ns8是在刀尖产生了缺损的状态下检测到的值。

[0130] 如图17的标绘点组Ns7、标绘点组Ns8所示,因产生刀尖缺损,外力Fxy相对于负载扭矩Mz的比例增加。即,所绘制的区域基于刀尖产生了缺损这一情况而在曲线图上向右方向移动。这样,在本实施方式的状态检测系统100中,在纵轴表示外力Fz相对于负载扭矩Mz的比例、横轴表示外力Fxy相对于负载扭矩Mz的比例的图17的曲线图中,也能够基于所绘制的区域Ar7变化为另一区域Ar8这一情况,使用户识别在铣削工具50中是否产生了刀尖的缺损。

[0131] 这样,在图16、图17中,在本实施方式的状态检测系统100中,在纵轴表示相对于负

载扭矩 M_z 的外力 F_z 、横轴表示相对于负载扭矩 M_z 的外力 F_{xy} 的图16、图17的曲线图中,也能够使用户识别到铣削工具50的磨损的状态以及刀尖的缺损。

[0132] 另外,如图6中说明的那样,只要旋转的铣削工具50的刃部与工件60接触,则负载扭矩 M_z 始终为大于“0”的值。另一方面,关于外力 F_x 、外力 F_y 、外力 F_z 中的每一个,有时在各刃部产生的外力彼此相互抵消而在表观上为“0”。在图16、图17所示的例子中,纵轴、横轴所示的值的分母为负载扭矩。因此,纵轴、横轴所示的值不会除以“0”,因此不会发生由于纵轴、横轴所示的值除以“0”而无法进行检测的状况。

[0133] 需要说明的是,应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4是本公开中的“第一应变传感器~第四应变传感器”各自的一个例子。

[0134] 图18是表示本实施方式的处理步骤的流程图。在图18中,示出了用于显示图8~图13、图16、图17中的任意一个曲线图的处理步骤。图18所示的处理步骤通过由管理装置10的CPU220执行存储装置230中的程序来实现。

[0135] 管理装置10获取外力 F_z (步骤S100)。接着,管理装置10获取外力 F_{xy} (步骤S110)。进而,管理装置10获取负载扭矩 M_z (步骤S120)。更具体而言,在步骤S100~步骤S120中,管理装置10如图3、图4中说明的那样,使用应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4的检测值,计算出外力 F_z 、外力 F_{xy} 以及负载扭矩 M_z 。

[0136] 之后,管理装置10显示还基于外力 F_z 、外力 F_{xy} 以及负载扭矩 M_z 中的至少两个而制作的曲线图(步骤S130)。即,管理装置显示图8~图13、图16、图17中的任意一个曲线图。

[0137] [基于事先实施的试验的正常区域的制作方法]

[0138] 在本实施方式的状态检测系统100中,对使用k近邻法来判断是否从在刀尖没有缺损的状态下绘制的区域 A_{r1} 而绘制到了不同的区域的构成进行了说明。但是,判定是否发生了异常的方法并不限于使用了k近邻法的方法。以下,对在曲线图上制作正常区域的方法进行说明。

[0139] 图19是表示用于制作正常区域的试验的测定结果的图。在图19中示出了外力 F_z 、外力 F_{xy} 以及负载扭矩 M_z 的时间序列数据。更具体而言,在图19中示出了0~17.5秒为止的期间内的外力 F_z 、外力 F_{xy} 以及负载扭矩 M_z 的值。

[0140] 在图19中示出了在下述的加工条件下进行的试验的测定结果。铣削工具50的转速为2300次/min。进给速度为500mm/min。半径方向的切入量为10mm。即,刃部6A~刃部6C分别从0mm到10mm逐渐增大切入量的方式对工件进行切削。

[0141] 如图19所示,外力 F_z 、外力 F_{xy} 以及负载扭矩 M_z 分别随着时间的经过而变动。期间 Dr_1 是切入量为0mm~1mm的期间。期间 Dr_2 是切入量为4mm~5mm的期间。期间 Dr_3 是切入量为9mm~10mm的期间。

[0142] 图20是基于图19的测定结果而示出曲线图的图。在图20中示出了纵轴为外力 F_z 且横轴为负载扭矩 M_z 的曲线图、纵轴为外力 F_{xy} 且横轴为负载扭矩 M_z 的曲线图、纵轴为外力 F_z 且横轴为外力 F_{xy} 的曲线图、以及纵轴为外力 F_z 相对于负载扭矩 M_z 的比例且横轴为外力 F_{xy} 相对于负载扭矩 M_z 的比例的曲线图这四个曲线图。

[0143] 在各曲线图中显示有标绘点P1、标绘点P2、标绘点P3这三种标绘点。如图20的左上部所示,标绘点P1是图19中的期间 Dr_1 中的标绘点。标绘点P2是图19中的期间 Dr_2 中的标绘点。标绘点P3是图19中的期间 Dr_3 中的标绘点。即,在图20中,图19所示的外力 F_z 、外力 F_{xy} 以

及负载扭矩 M_z 的值按每个期间显示为曲线图。

[0144] 在图20的例子中,不是将图19所示的外力 F_z 、外力 F_{xy} 以及负载扭矩 M_z 的实测值显示为标绘点,而是将图19所示的外力 F_z 、外力 F_{xy} 以及负载扭矩 M_z 的移动平均显示为标绘点。由此,如图20所示,各标绘点在同一期间内在曲线图上固定配置在预定的范围内。另外,如上所述,在图19中,以切入量逐渐增大的加工条件进行试验,因此可以说在期间 Dr_1 、期间 Dr_2 以及期间 Dr_3 中进行了基于不同的加工条件的试验。

[0145] 图21是表示对期间 Dr_2 中的正常区域进行设定的例子的图。在图21中显示有与图20所示的四个曲线图同样的曲线图。在图21中分别示出了与四个曲线图重叠的正常区域 Cr_1 、正常区域 Cr_2 、正常区域 Cr_3 、正常区域 Cr_4 。正常区域 Cr_1 ~正常区域 Cr_4 以期间 Dr_2 中的标绘点 P_2 为基准来确定。正常区域 Cr_1 ~正常区域 Cr_4 例如是包含期间 Dr_2 中的全部的标绘点 P_2 的区域,是以标绘点 P_2 的集合的平均值为中心的椭圆或圆形所示的区域。正常区域 Cr_1 ~正常区域 Cr_4 由管理装置10决定。需要说明的是,管理装置10也可以不使用标绘点 P_2 的集合的平均值而将包含全部标绘点 P_2 的集合的最小限度的区域确定为正常区域 Cr_1 ~正常区域 Cr_4 。

[0146] 这样,状态检测系统100获取通过进行在图19、图20中进行的试验性加工而应绘制的区域即正常区域 Cr_1 ~正常区域 Cr_4 。之后,在进行与期间 Dr_2 对应的加工条件下的加工的情况下,在新检测出的标绘点不位于正常区域 Cr_1 ~正常区域 Cr_4 内的情况下,能够判定为发生了异常。即,管理装置10在不是正常区域 Cr_1 ~正常区域 Cr_4 内的区域中检测到标绘点的情况下,能够使显示装置40显示发生了异常的意思。另外,管理装置10也可以使显示装置40实时显示图22所示的四个曲线图和正常区域 Cr_1 ~正常区域 Cr_4 。由此,用户能够实时地在视觉上掌握各标绘点是否位于正常区域 Cr_1 ~正常区域 Cr_4 的范围内。

[0147] 图22是表示对期间 Dr_2 、期间 Dr_3 中的正常区域进行设定的例子的图。在图22中示出了正常区域 Cr_5 、正常区域 Cr_6 、正常区域 Cr_7 、正常区域 Cr_8 。正常区域 Cr_5 ~正常区域 Cr_8 以期间 Dr_2 中的标绘点 P_2 以及期间 Dr_3 中的标绘点 P_3 为基准来确定。正常区域 Cr_5 ~正常区域 Cr_8 例如是包含全部的标绘点 P_2 、标绘点 P_3 的区域,是以标绘点 P_2 、标绘点 P_3 的集合的平均值为中心的矩形形状的区域。

[0148] 这样,状态检测系统100通过在图19、图20中进行的试验性加工来获取正常区域 Cr_5 ~正常区域 Cr_8 。之后,在进行与期间 Dr_2 、期间 Dr_3 对应的加工条件下的加工的情况下,能够根据新检测出的标绘点是否位于正常区域 Cr_5 ~正常区域 Cr_8 内来判定是否发生了异常。如图21、图22所示,在状态检测系统100中,能够制作与每个加工条件相应的正常区域。

[0149] 需要说明的是,在图20的例子中,对不使用图19中的实测值而使用移动平均值的例子进行了说明,但在某一方面的状态检测系统100中,也可以使用实测值,也可以使用每单位时间的平均值、最大值、标准偏差等。该单位时间可以基于铣削工具50的转速来确定。另外,在本实施方式中,对使用了外力 F_x 、外力 F_y 、外力 F_{xy} 的铣削工具的状态检测进行了说明,但在某一方面的状态检测系统100中,也可以使用在各轴向上产生的扭矩 M_x 、扭矩 M_y 、扭矩 M_{xy} 来分别代替外力 F_x 、外力 F_y 、外力 F_{xy} 。

[0150] (变形例)

[0151] 在本实施方式的铣削工具50中,是使用工具保持件30来保持轴部106的构成。但是,在变形例的铣削工具50中,也可以不使用本实施方式的铣削工具50那样的工具保持件,

而将轴部106直接安装于机床70的主轴。在该情况下,轴部106具备壳体。

[0152] 应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4容纳在设置于轴部106的壳体的内部。应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4与本实施方式的铣削工具50同样地在轴部106的周向上等间隔地配置。这样,在不使用工具保持件而直接安装于主轴的铣削工具50中,通过在轴部106的壳体内配置应变传感器N1~应变传感器N3、应变传感器S4,管理装置10也能够获取在铣削工具50产生的外力、负载扭矩。

[0153] 另外,在本实施方式中,对管理装置10与机床70分体的构成进行了说明。但是,管理装置10也可以包含于机床70。换言之,管理装置10和机床70也可以构成为一体。

[0154] 应当认为本次公开的实施方式在所有方面都是示例,而不是限制性的。本公开的范围不是由上述的实施方式的说明表示,而是由权利要求书表示,意图包含与权利要求书等同的意思以及范围内的全部变更。

[0155] 附图标记说明

[0156] 6A~6C:刃部;10:管理装置;20:马达;30:工具保持件;40:显示装置;50:铣削工具;60:工件;70:机床;100:状态检测系统;Ag1~Ag3:配置;Ar1~Ar8:区域;Cx:压缩应力;D1~D3:距离;Dv1~Dv3:检测值;Ft、Fx、Fxy、FxyA~FxyC、Fy、Fz:外力;K、Kt、Kx、Kxf、Ky、Kz、Kzf:比切削阻力;Mz、MzA~MzC:负载扭矩;N1~N3、S4:应变传感器;N11~N18、N21~N28、N31~N38、N41~N48、P1~P3:标绘点;Ns1~Ns8:标绘点组;R1:半径;Rd:旋转方向;St1~St6:状态;Tx、Ty、Tz:应力;ap、apD2、apD3:切入深度;Cr1~Cr8:正常区域。

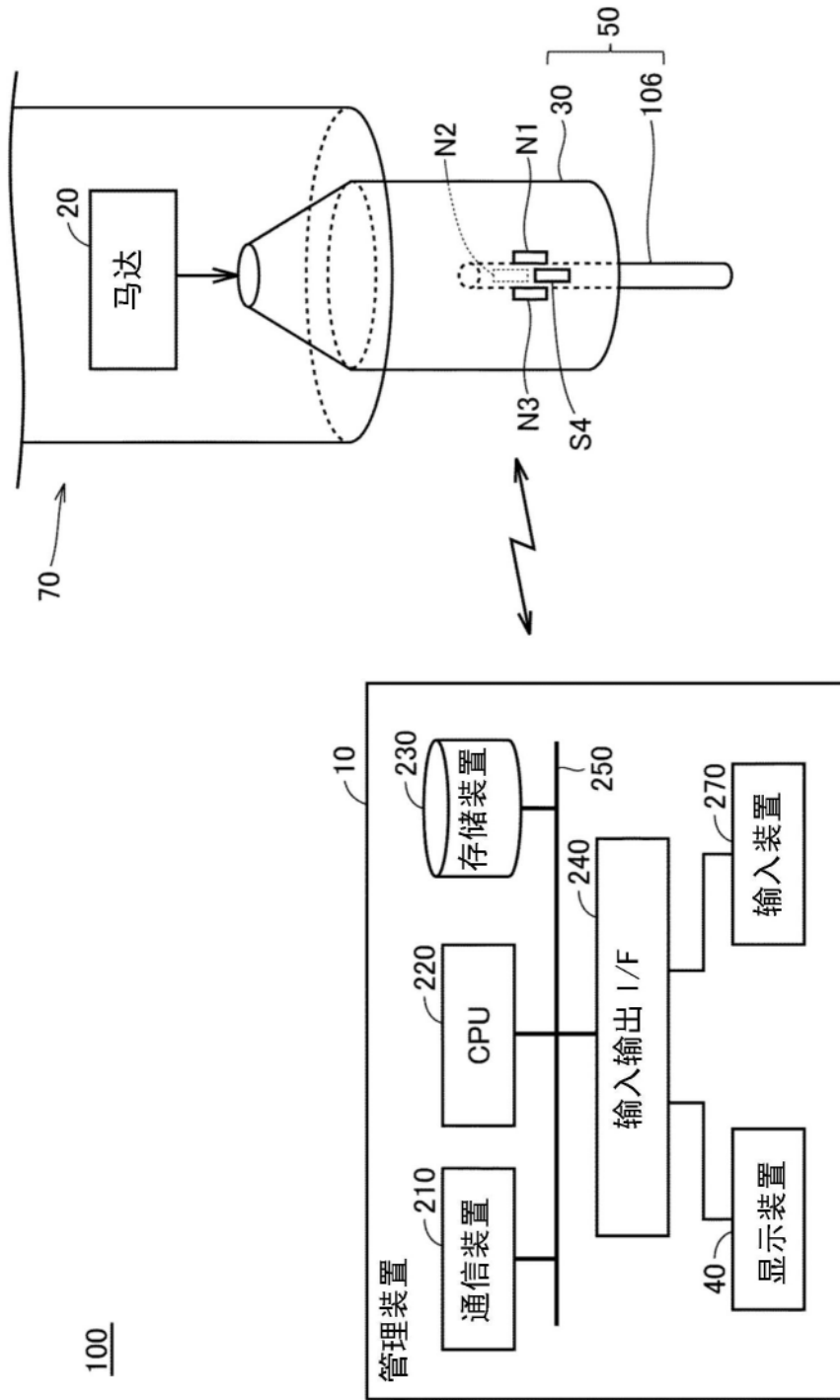


图1

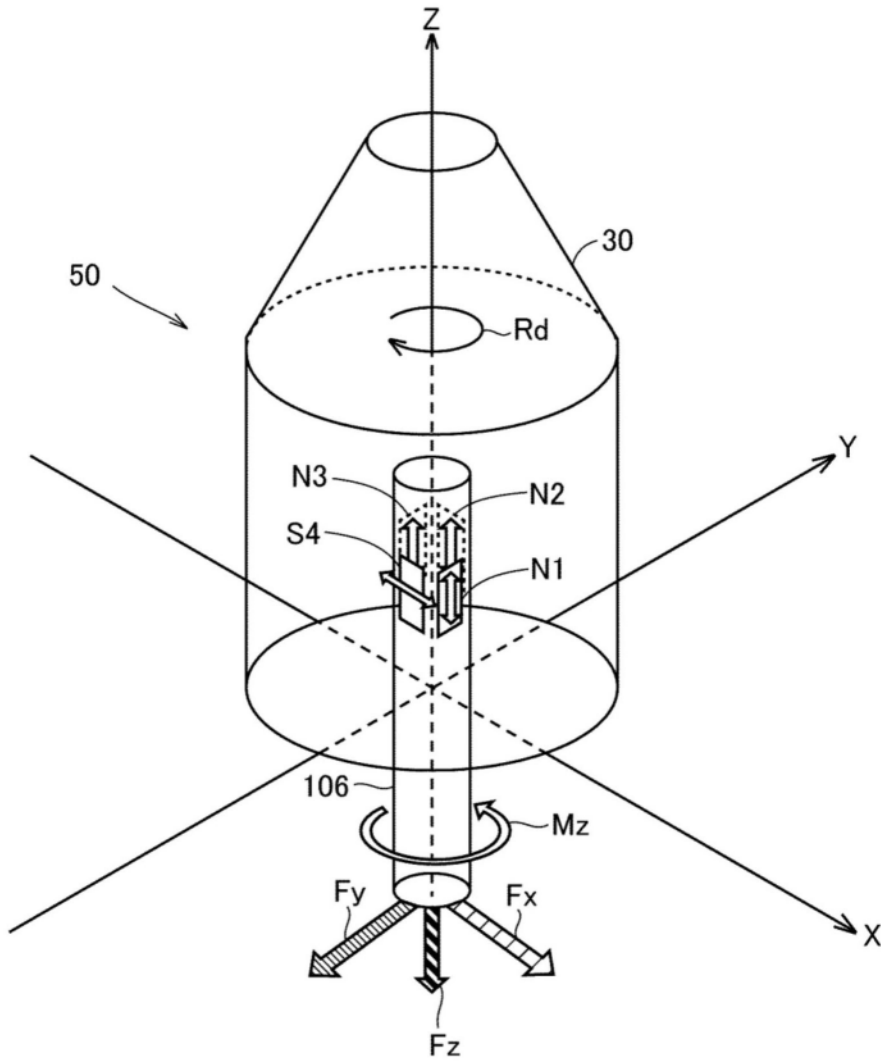


图2

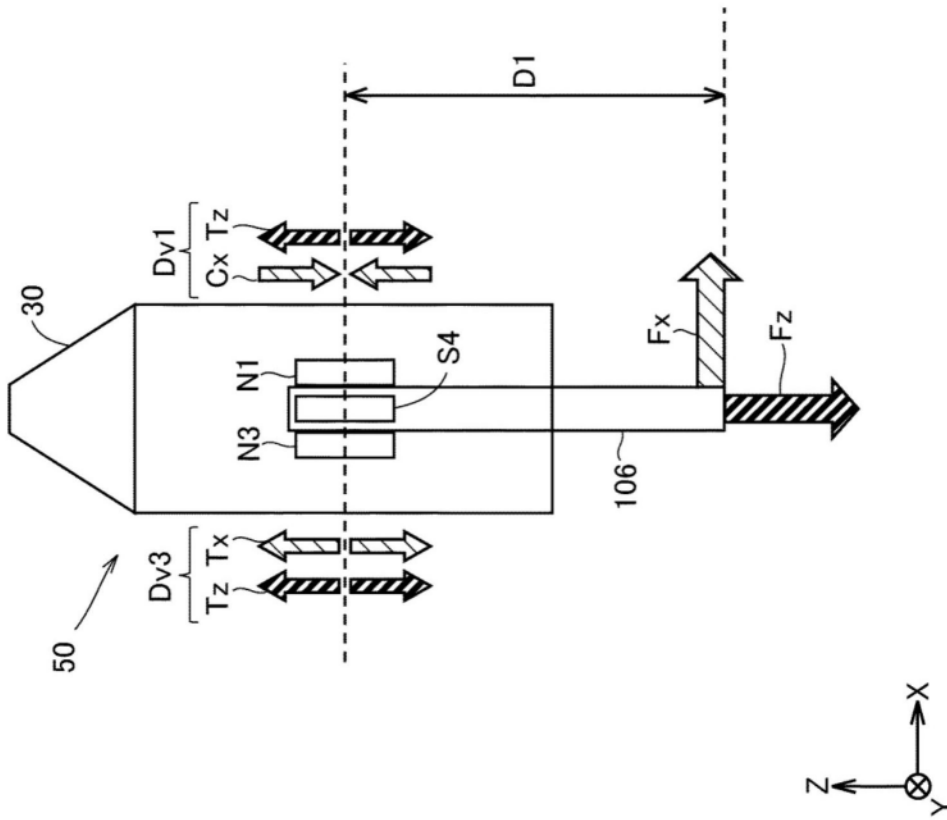


图3

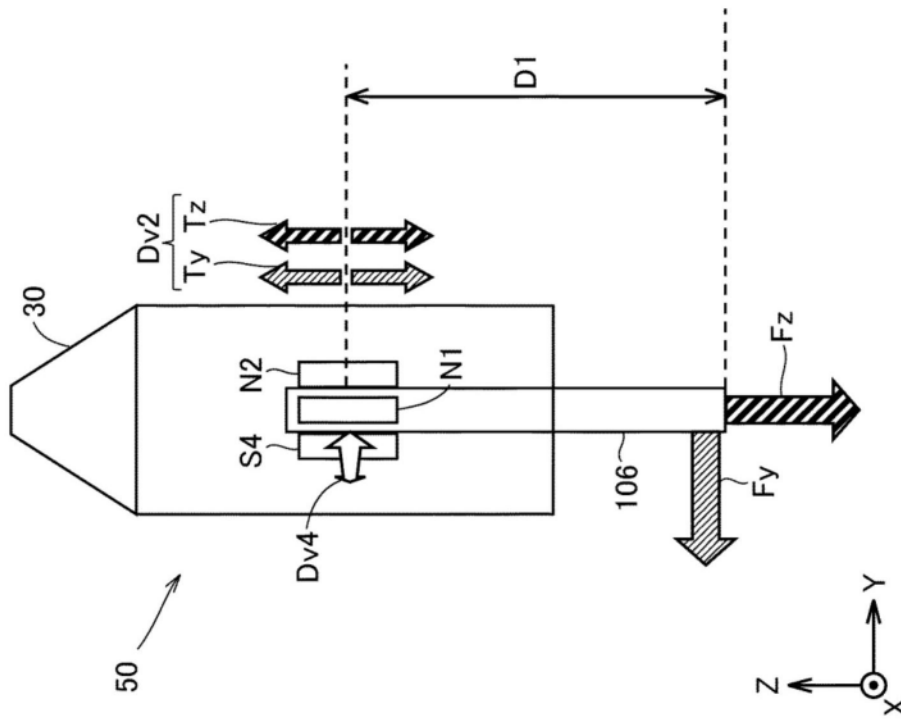


图4

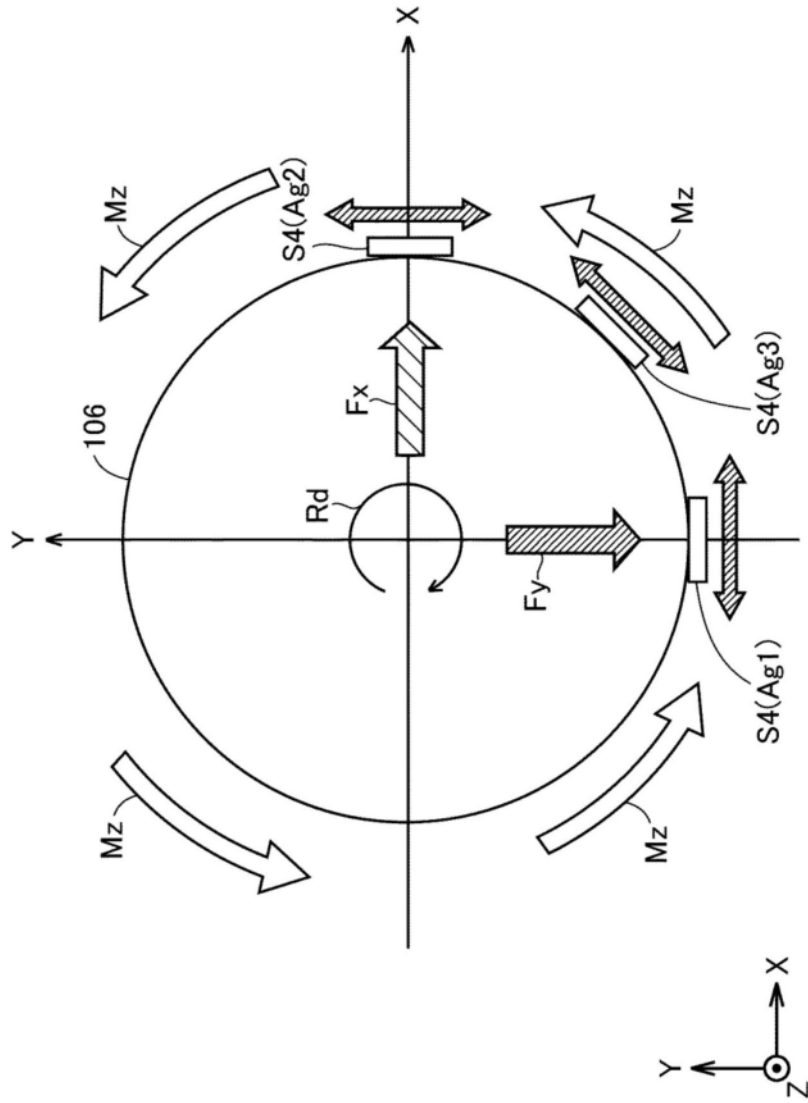


图5

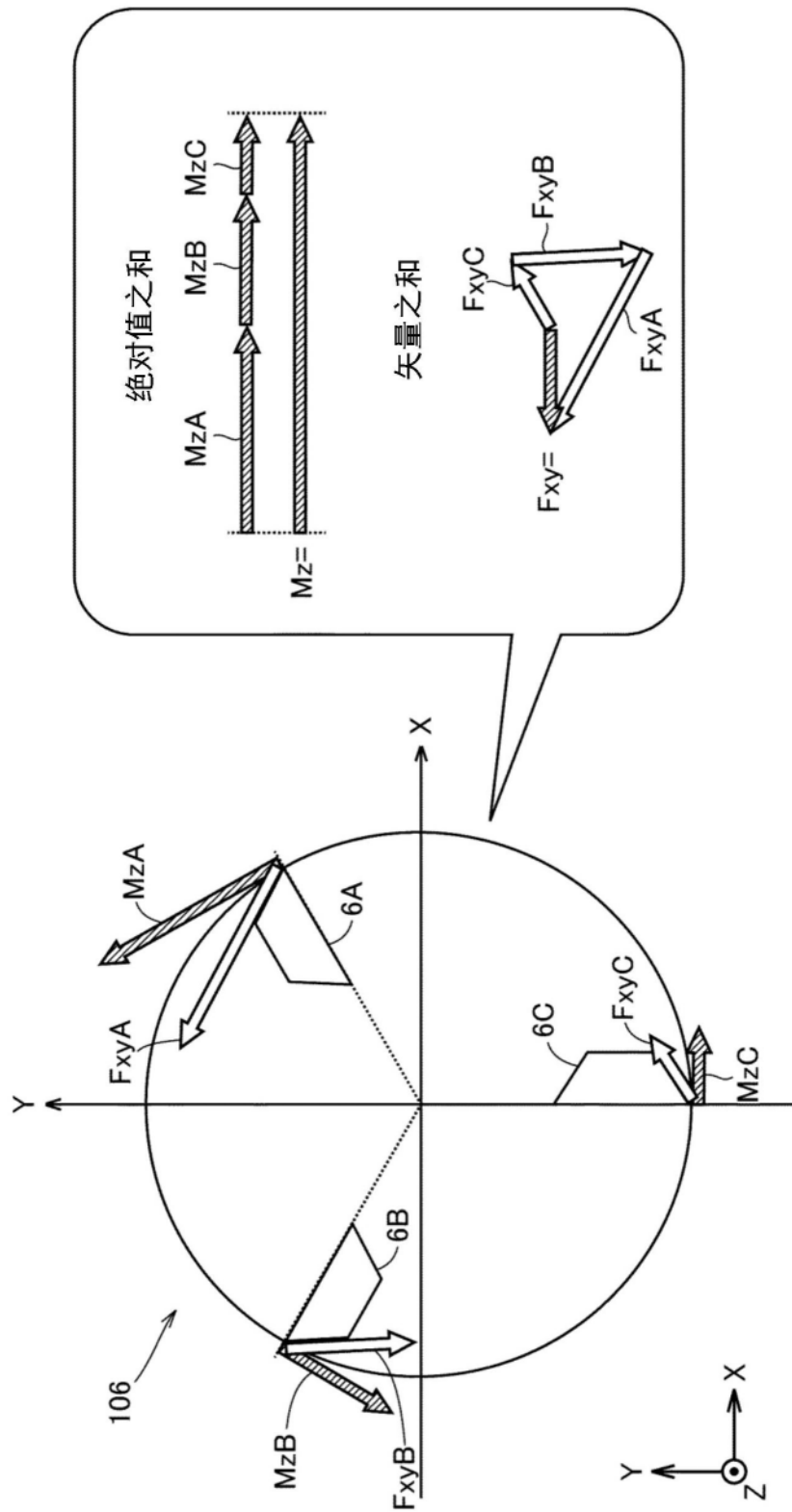


图6

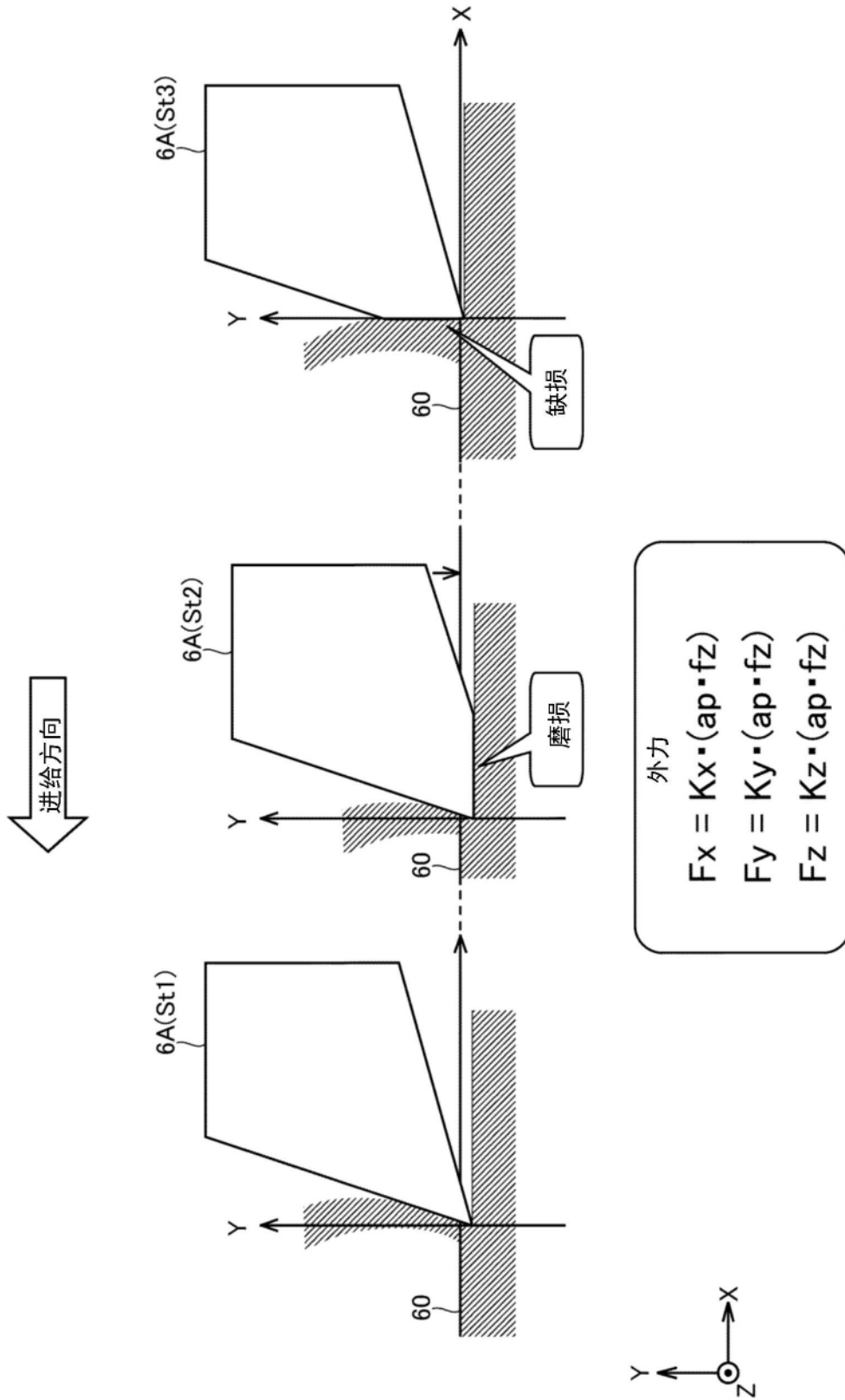


图7

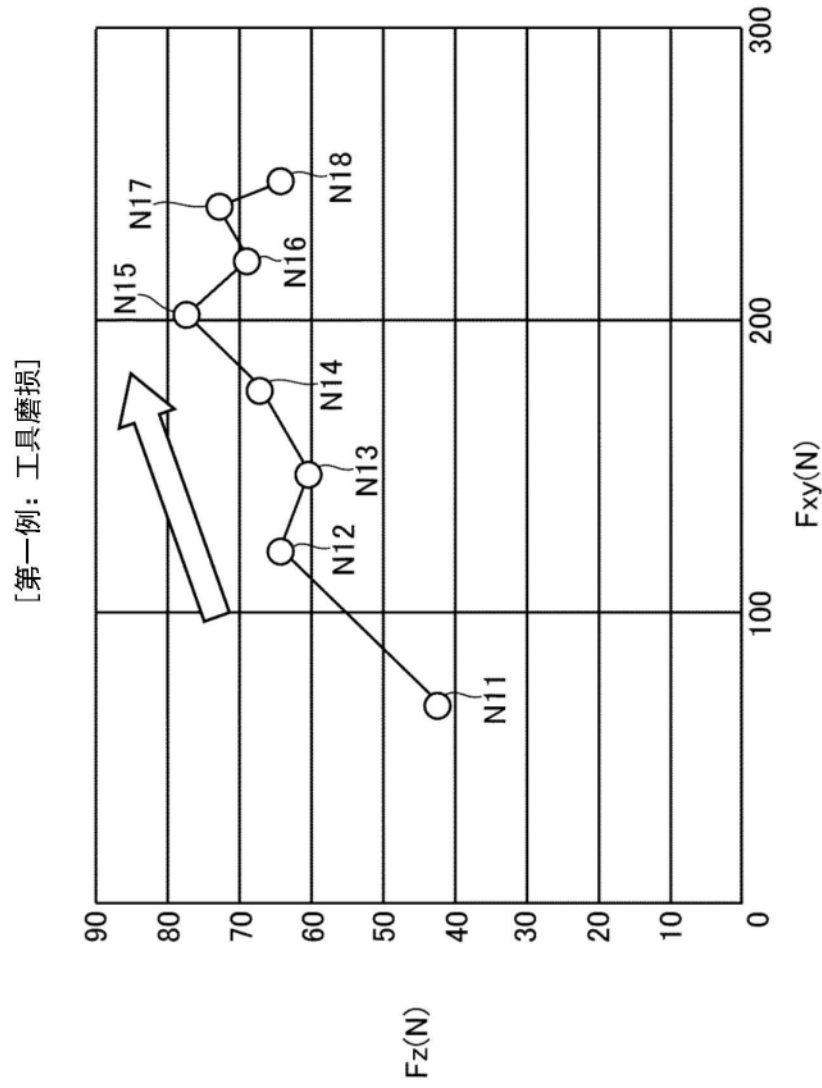


图8

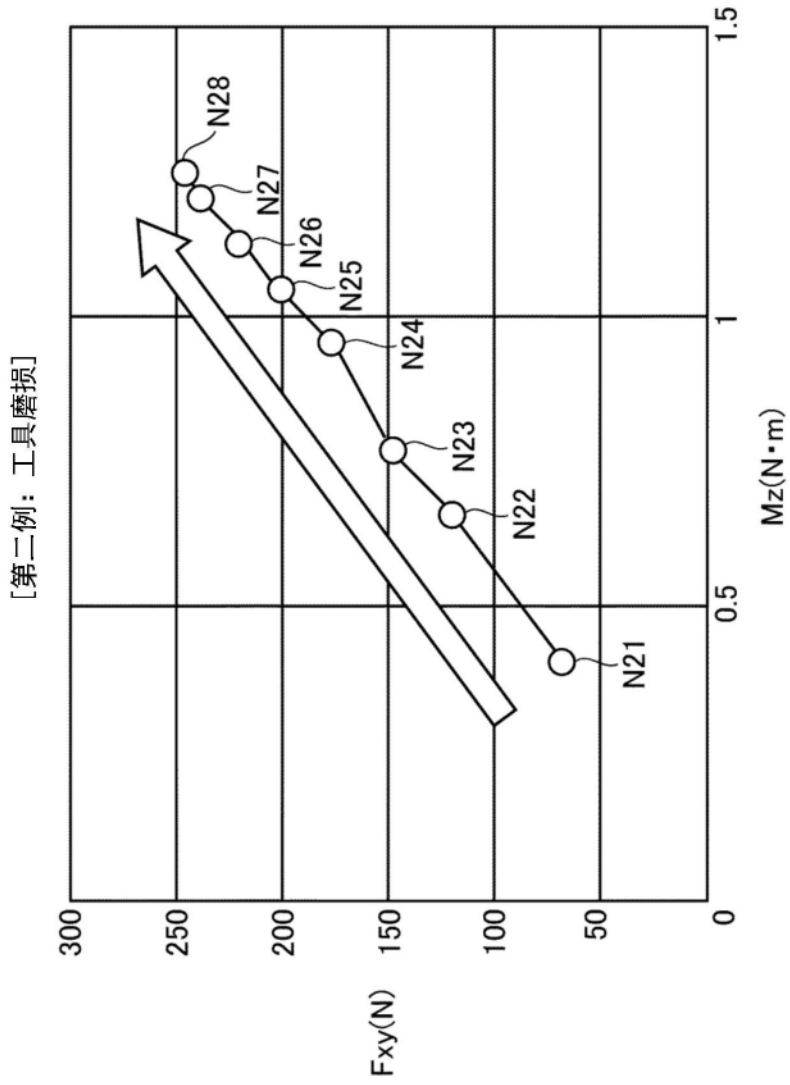


图9

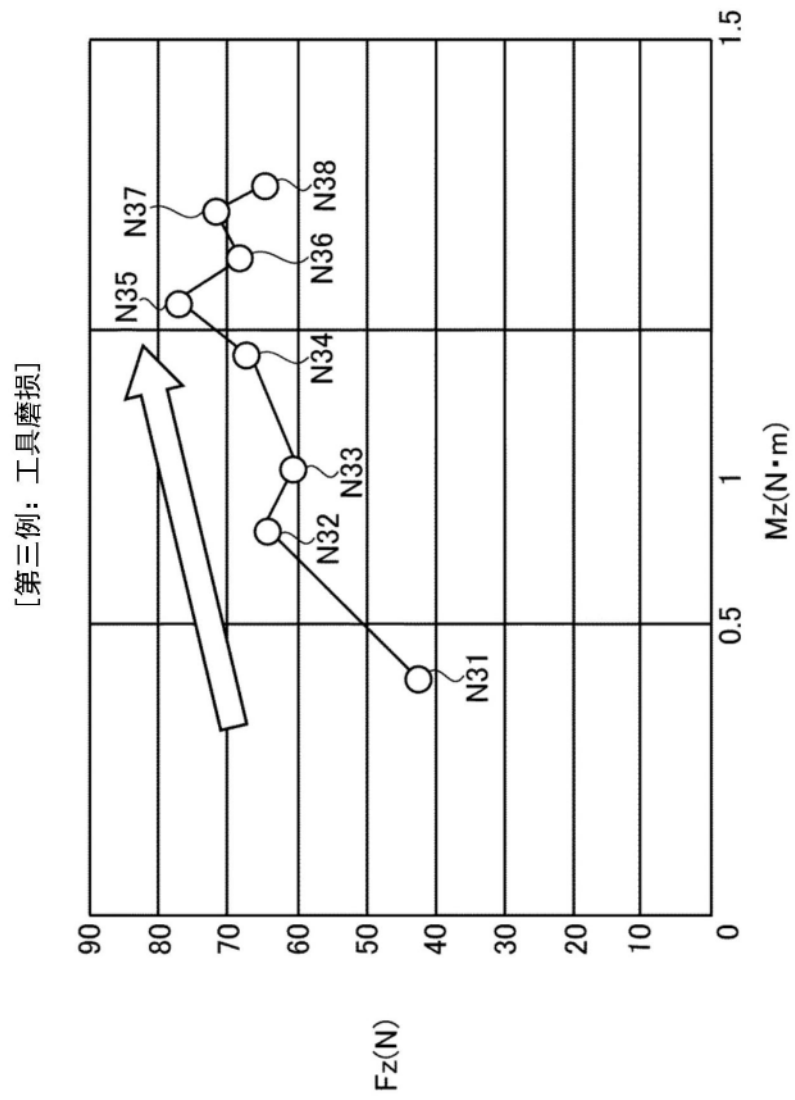


图10

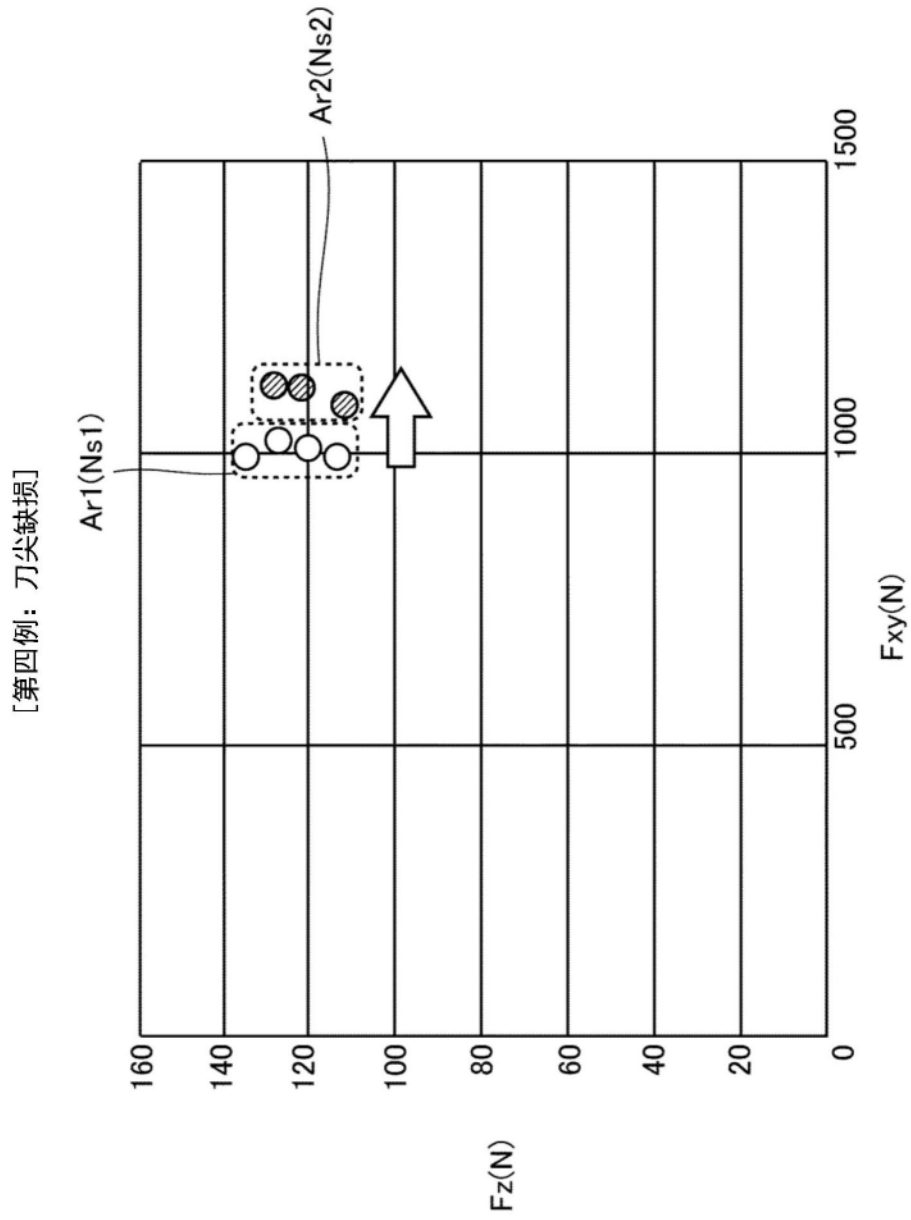


图11

[第五例：刀尖缺损]

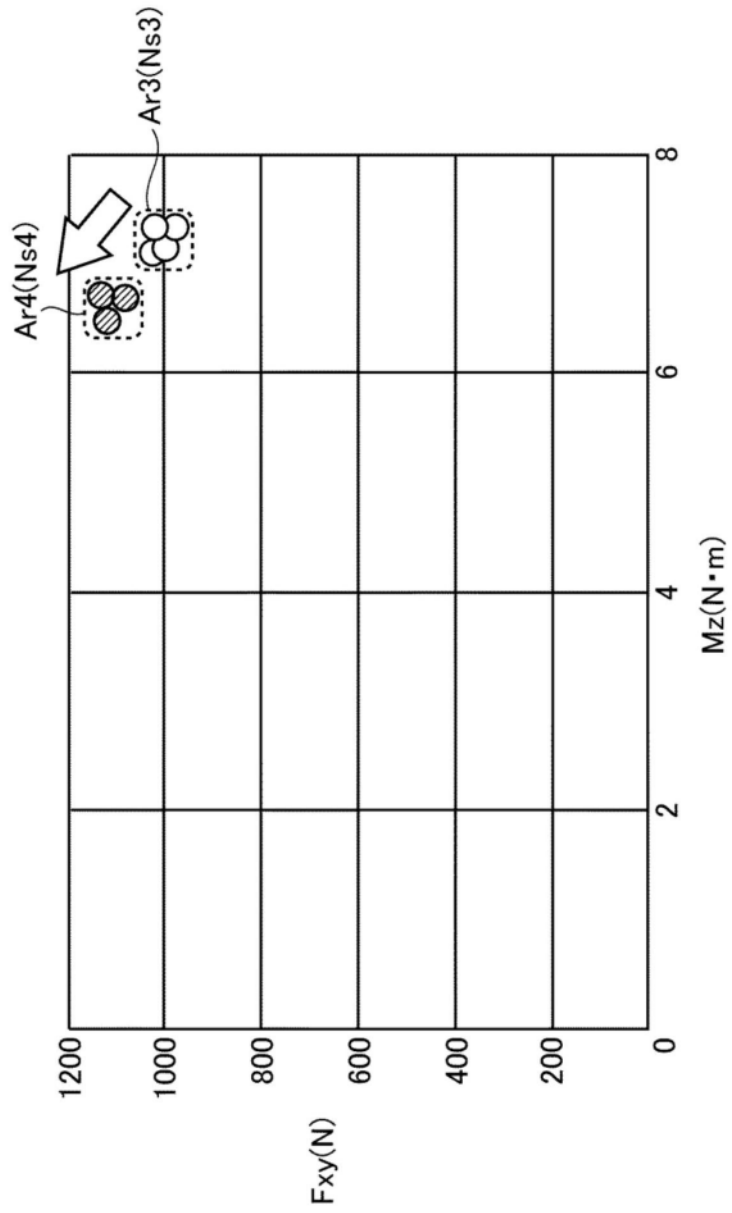


图12

[第六例：刀尖缺损]

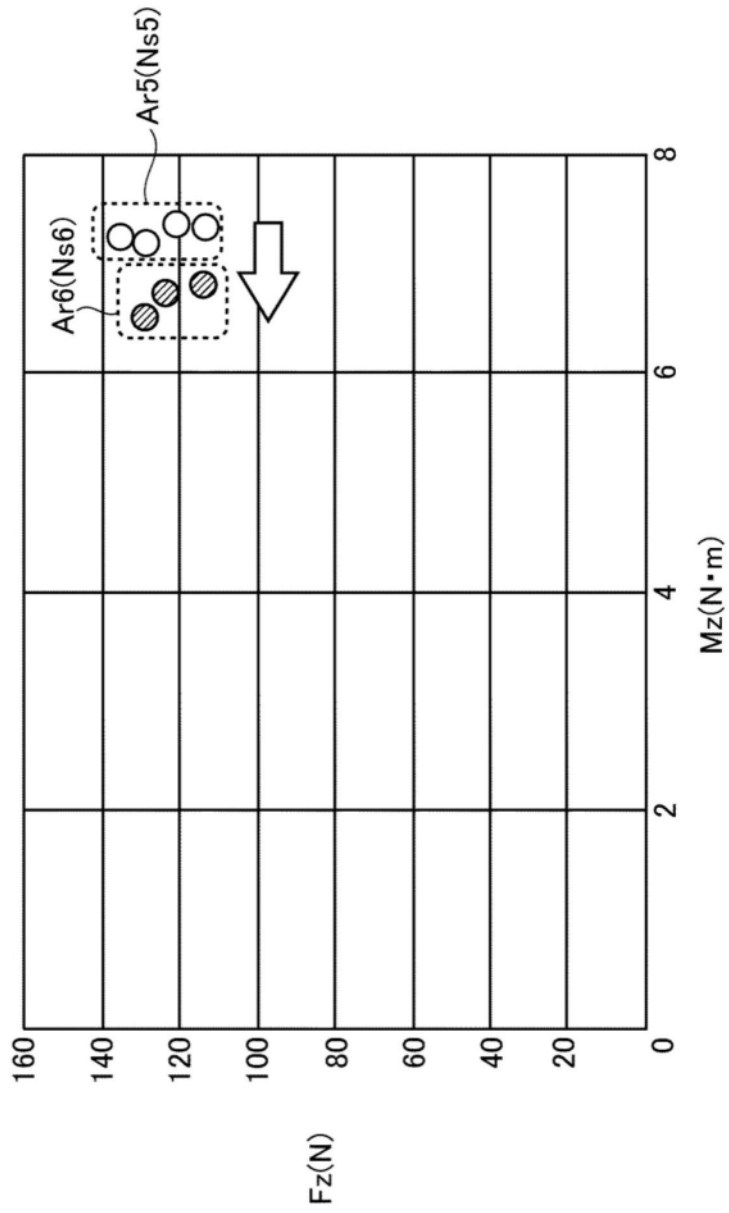


图13

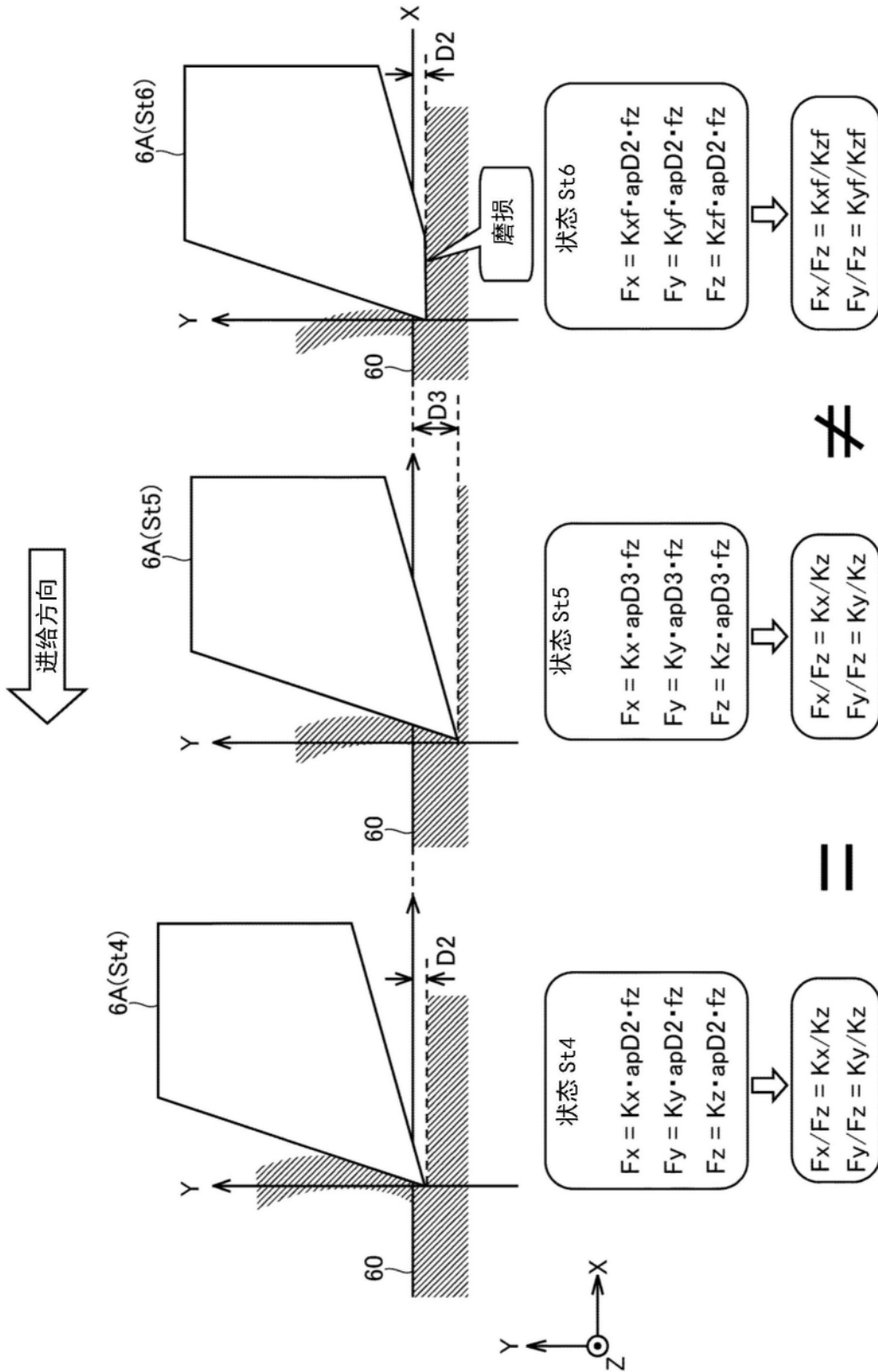


图14

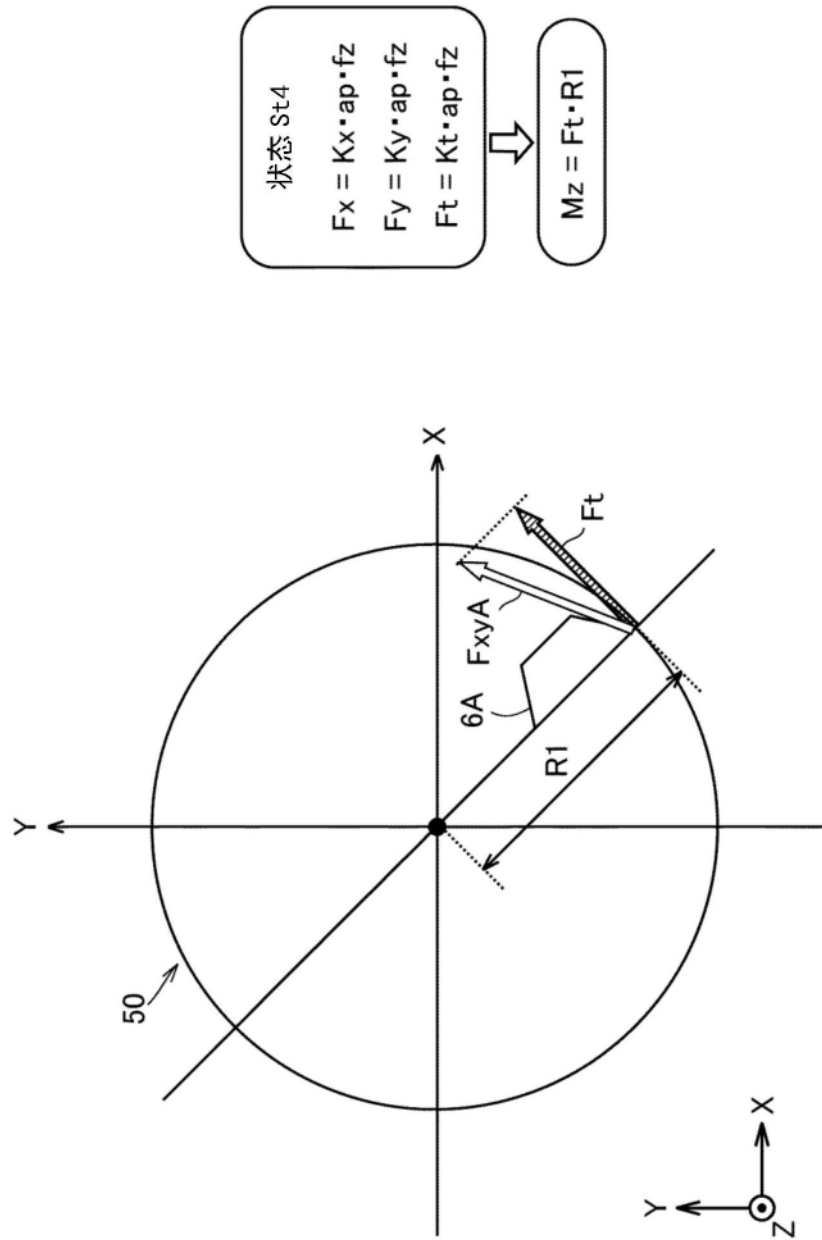


图15

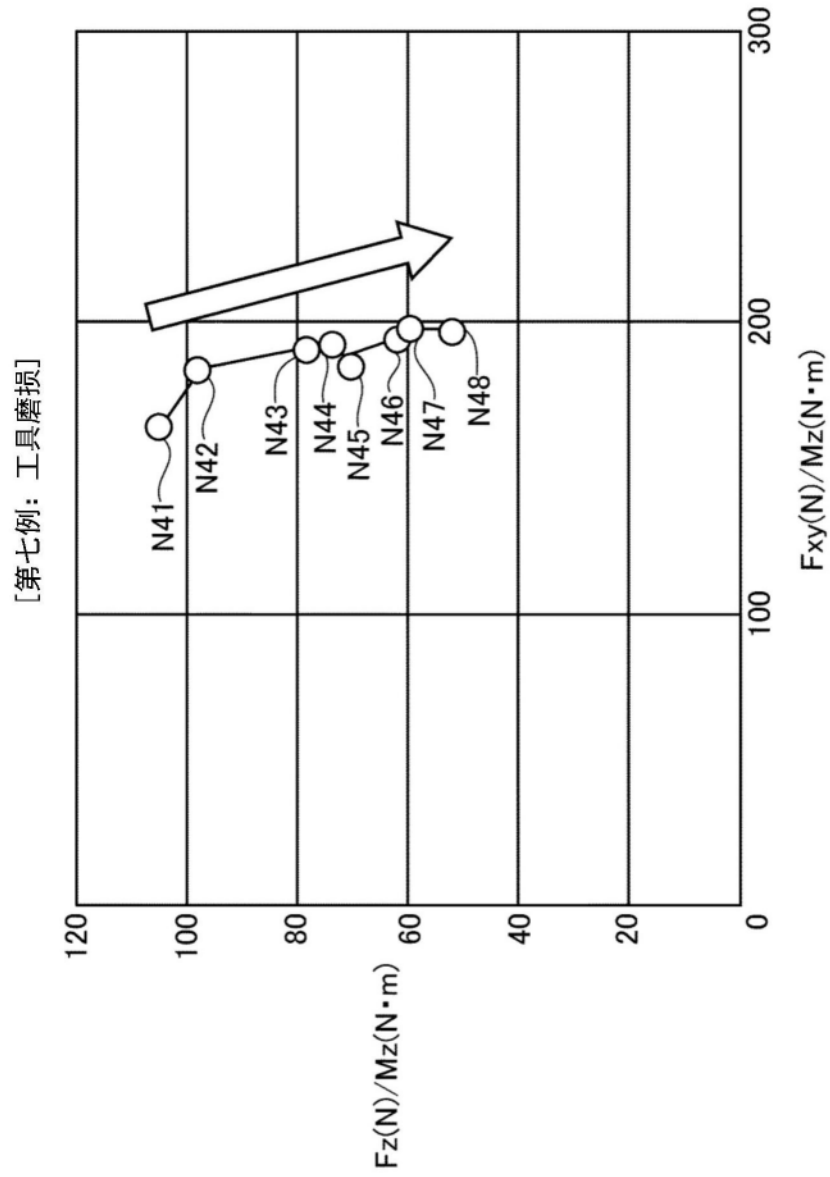


图16

[第八例：刀尖缺损]

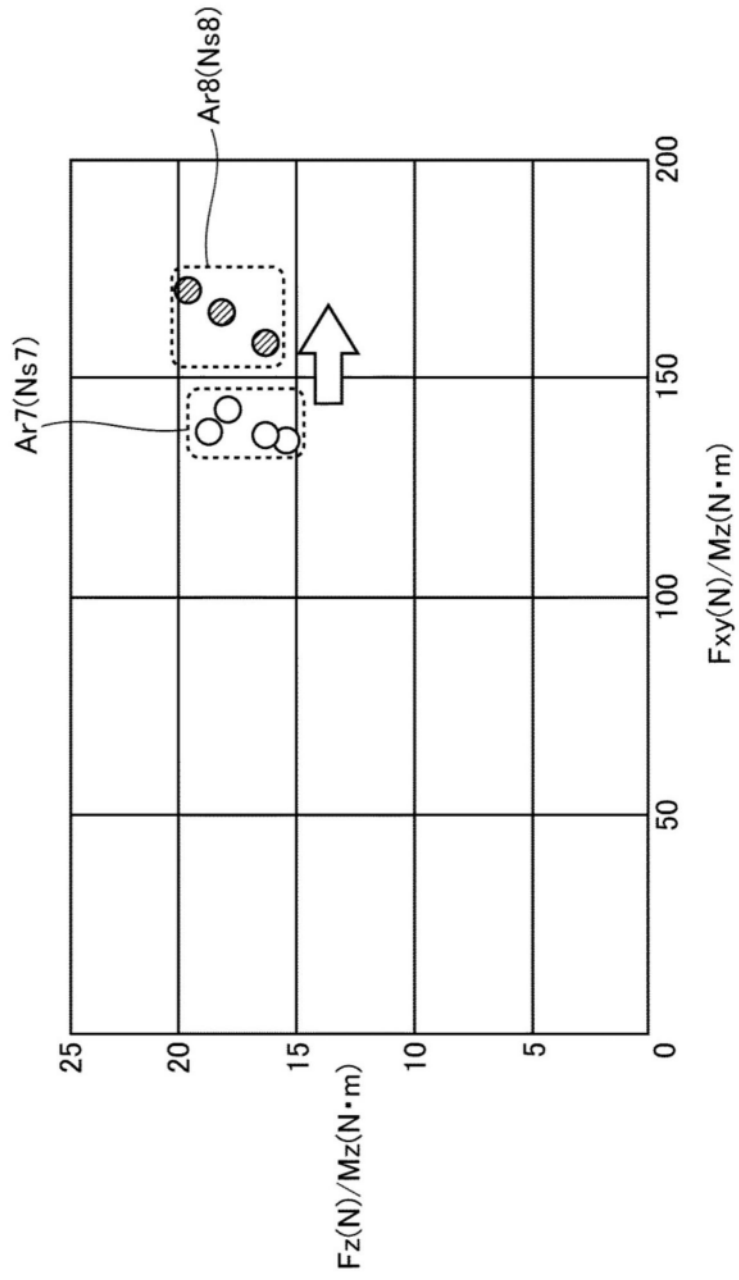


图17

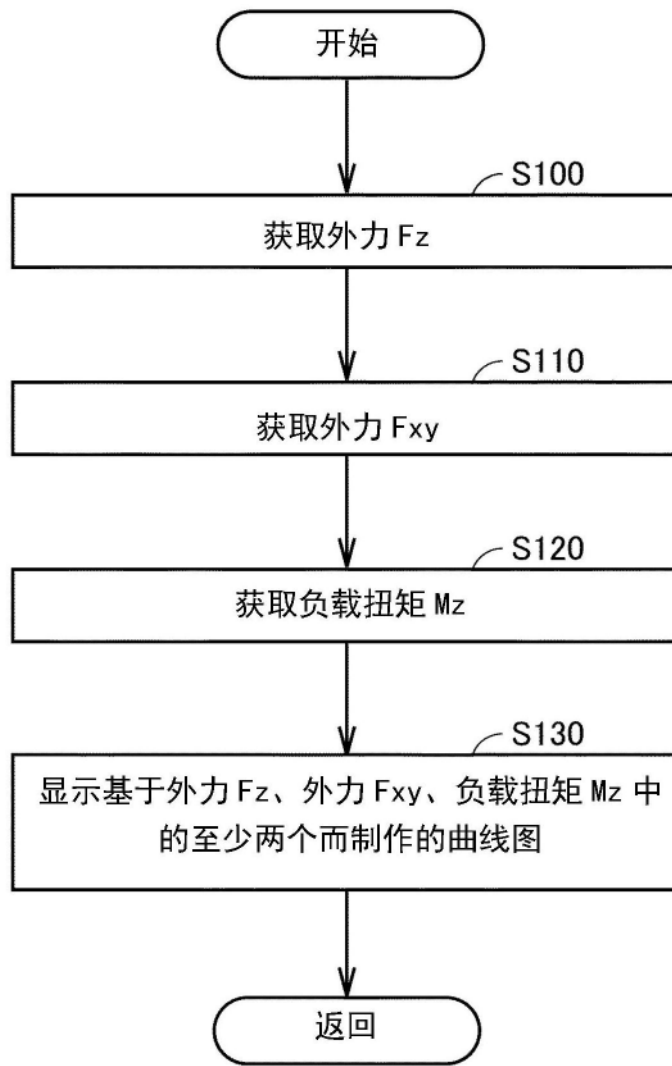


图18

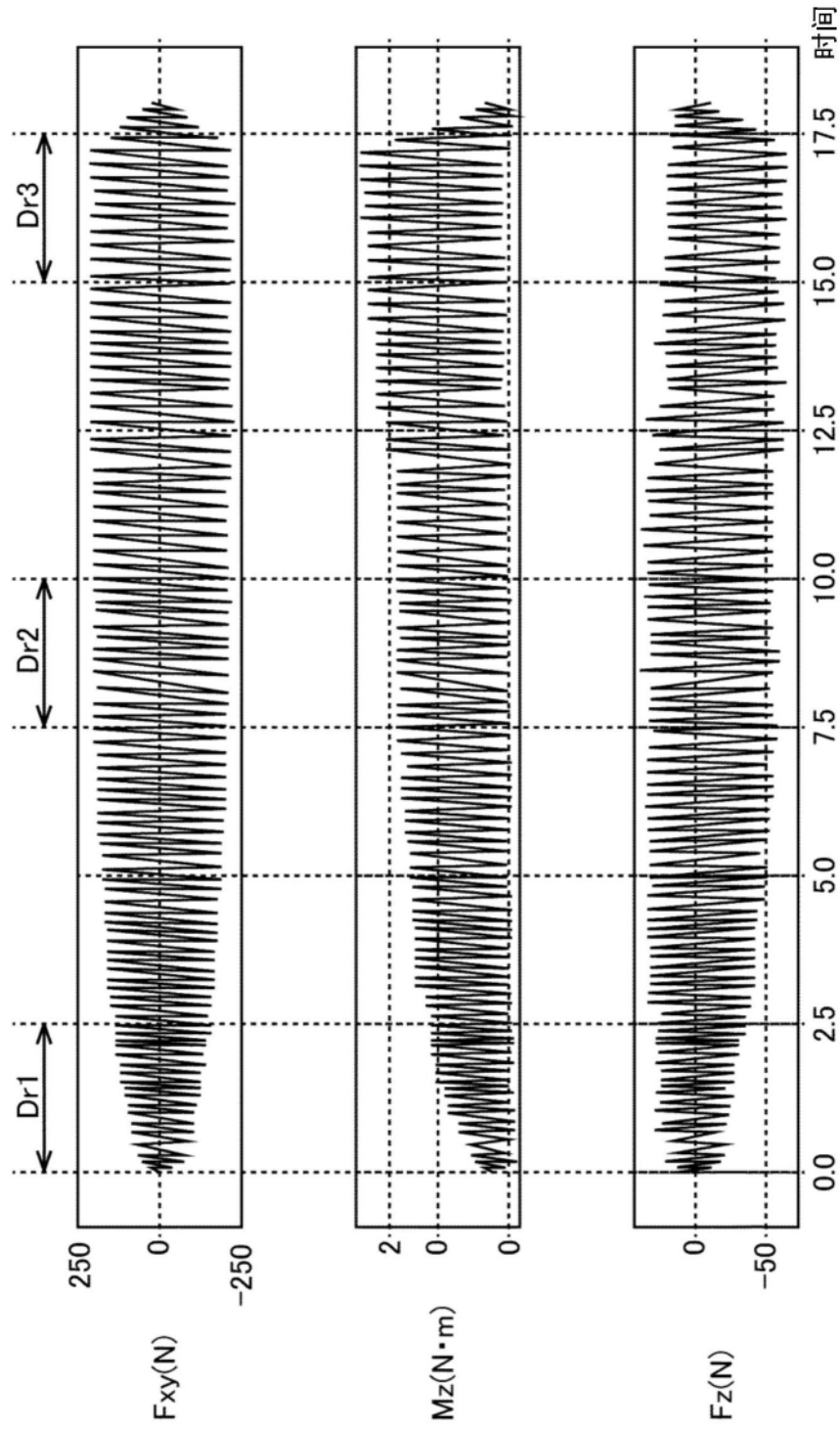


图19

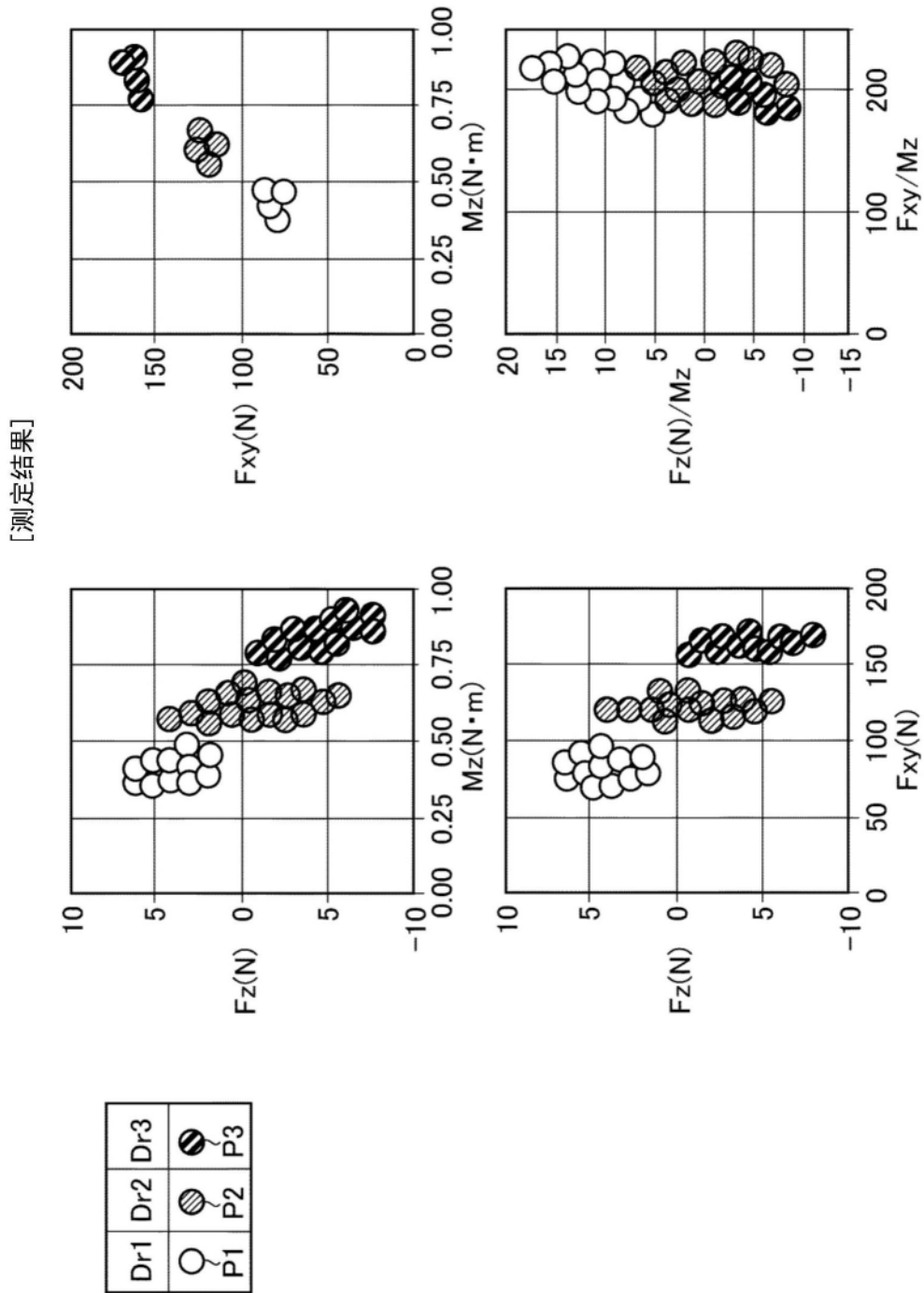


图20

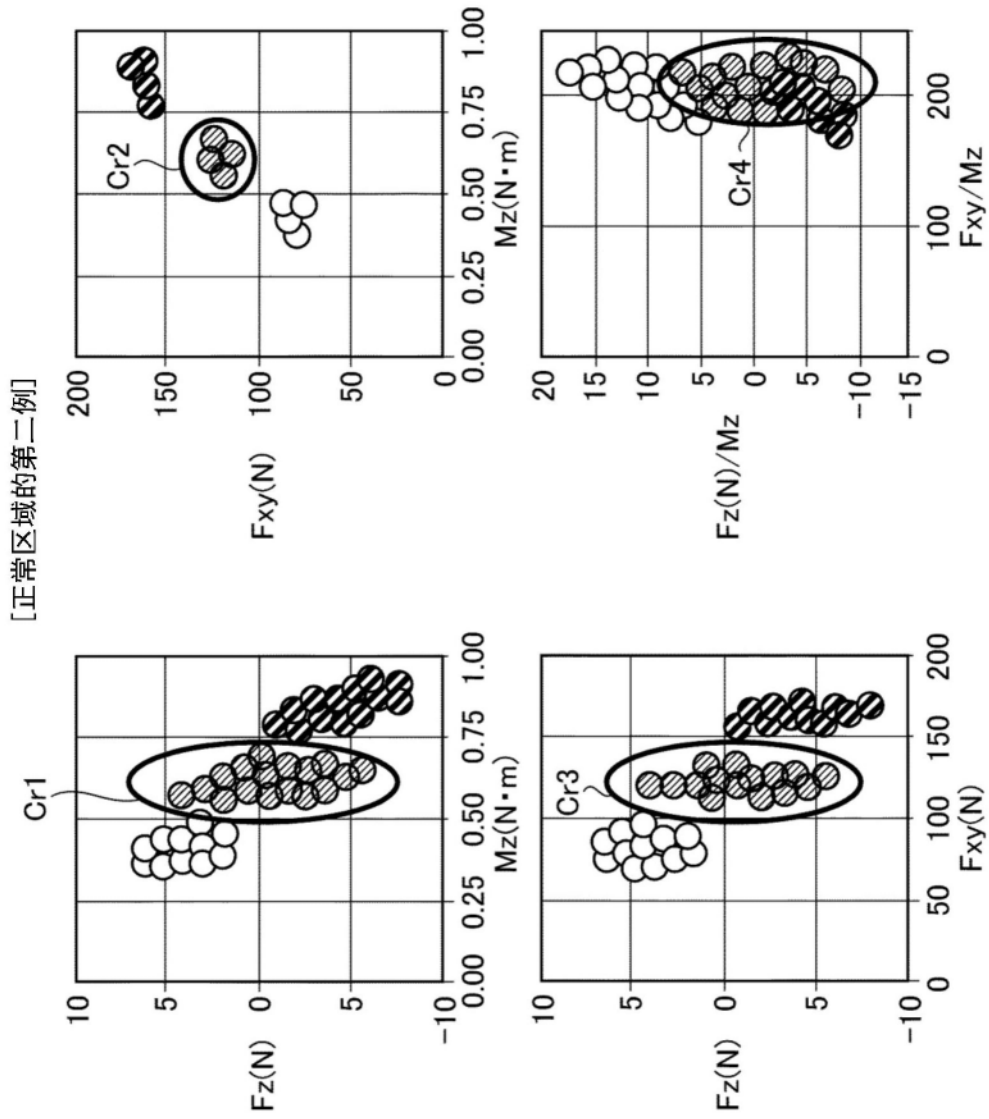


图21

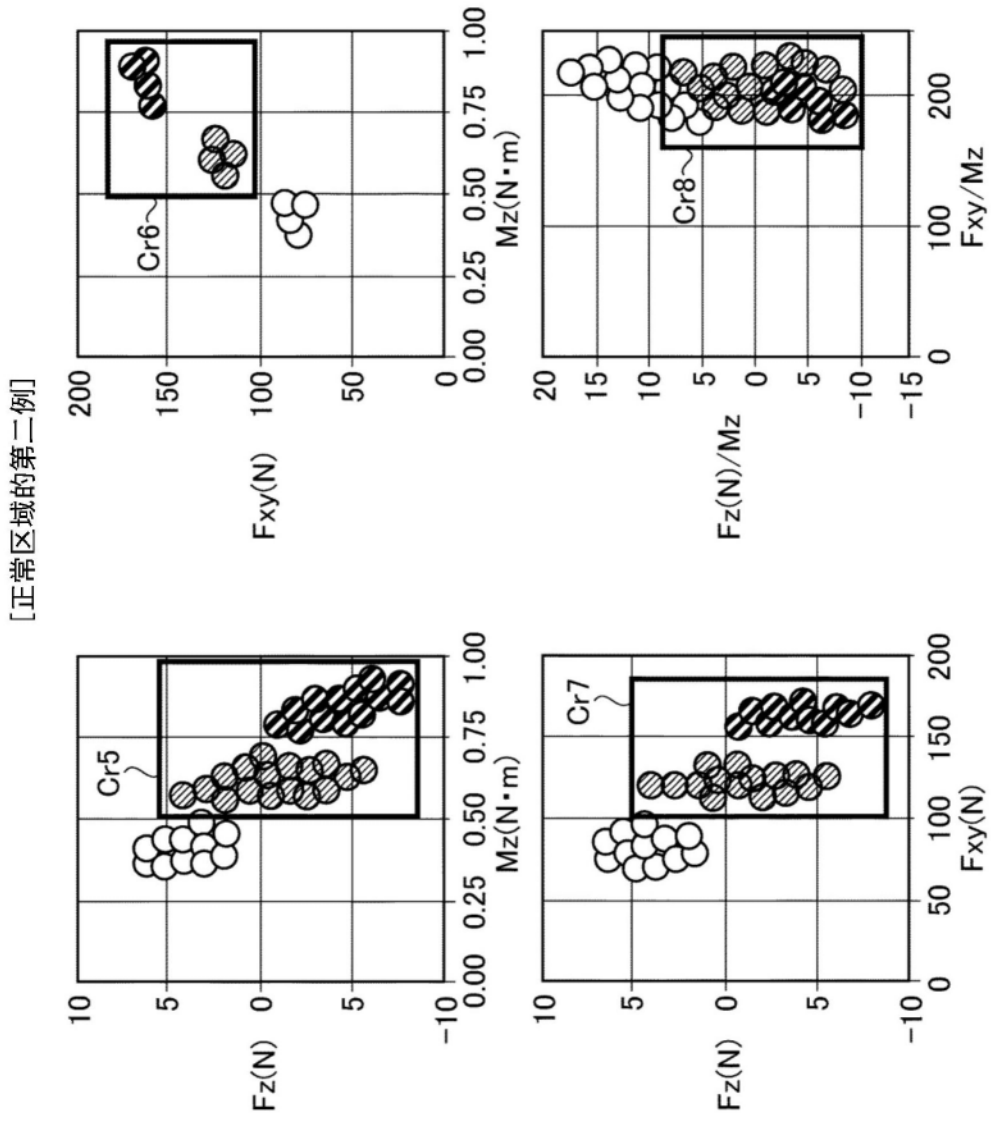


图22