



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115768572 A

(43) 申请公布日 2023.03.07

(21) 申请号 202180047921.1

(22) 申请日 2021.06.04

(30) 优先权数据

2020-118875 2020.07.10 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.01.05

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/021416 2021.06.04

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/009576 JA 2022.01.13

(71) 申请人 杰富意钢铁株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 日当洸介 堀江正之 高岛由纪雄

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

专利代理师 高培培 赵晶

(51) Int.Cl.

B21D 5/01 (2006.01)

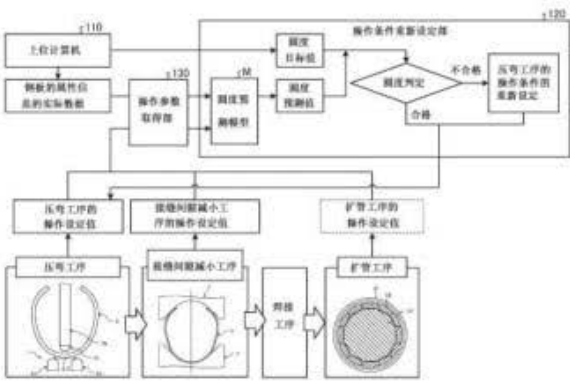
权利要求书2页 说明书22页 附图16页

(54) 发明名称

钢管的圆度预测方法、钢管的圆度控制方法、钢管的制造方法、钢管的圆度预测模型的生成方法及钢管的圆度预测装置

(57) 摘要

本发明所涉及的钢管的圆度预测方法包括如下步骤：使用利用机器学习进行学习而得到的圆度预测模型对扩管工序后的钢管的圆度进行预测，所述圆度预测模型包括从钢板的属性信息中选择出的一个或两个以上的参数、从压弯工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的参数、及从接缝间隙减小工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的参数作为输入数据，并将扩管工序后的钢管的圆度信息作为输出数据。



1. 一种钢管的圆度预测方法,对钢管的制造工序中的扩管工序后的钢管的圆度进行预测,所述钢管的制造工序包括:压弯工序,通过利用冲头的多次按压而将钢板加工成U字状截面的成型体;接缝间隙减小工序,使所述U字状截面的成型体的接缝间隙部减少而形成成为开口管;焊接工序,将所述开口管的端部彼此接合;及所述扩管工序,将端部彼此接合而成的钢管的内径扩大,其中,所述钢管的圆度预测方法包括如下步骤:

使用利用机器学习进行学习而得到的圆度预测模型对所述扩管工序后的钢管的圆度进行预测,所述圆度预测模型包括从所述钢板的属性信息中选择出的一个或两个以上的参数、从所述压弯工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的参数、及从所述接缝间隙减小工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的参数作为输入数据,并将所述扩管工序后的钢管的圆度信息作为输出数据。

2. 根据权利要求1所述的钢管的圆度预测方法,其中,

所述圆度预测模型包括从所述扩管工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的操作参数作为所述输入数据。

3. 根据权利要求1或2所述的钢管的圆度预测方法,其中,

所述钢板的属性信息包括所述钢板的屈服应力、代表板厚和板厚分布信息中的一个或两个以上的参数。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的钢管的圆度预测方法,其中,

所述压弯工序的操作参数包括所述压弯工序所使用的冲头按压钢板的冲压位置信息和冲压压下量、及通过所述压弯工序进行的冲压次数。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的钢管的圆度预测方法,其中,

所述钢管的制造工序包括在所述压弯工序之前对所述钢板的宽度方向端部赋予弯曲的端部弯曲工序,所述圆度预测模型包括从所述端部弯曲工序的操作参数之中选择出的一个或两个以上的参数作为所述输入数据。

6. 一种钢管的圆度控制方法,包括如下步骤:使用权利要求1至5中任一项所述的钢管的圆度预测方法,在所述压弯工序开始前,使用所述钢板的属性信息的实际参数和包括所述压弯工序在内的下游工序中的操作参数的设定值对所述扩管工序后的钢管的圆度进行预测,并对所述压弯工序的操作参数进行重新设定以使扩管工序后的钢管的圆度变小。

7. 一种钢管的圆度控制方法,其特征在于,

包括如下步骤:使用权利要求1至5中任一项所述的钢管的圆度预测方法,在所述压弯工序结束后且所述接缝间隙减小工序开始前,使用所述钢板的属性信息的实际数据、所述压弯工序的操作参数的实际数据、及包括所述接缝间隙减小工序在内的下游工序中的操作参数的设定值对所述扩管工序后的钢管的圆度进行预测,并对所述接缝间隙减小工序的操作参数进行重新设定以使扩管工序后的钢管的圆度变小。

8. 一种钢管的圆度控制方法,包括如下步骤:使用权利要求1至5中任一项所述的钢管的圆度预测方法,在从构成所述钢管的制造工序的端部弯曲工序、压弯工序、接缝间隙减小工序和扩管工序之中选择出的重新设定对象工序开始前,对所述扩管工序后的钢管的圆度信息进行预测,并基于预测出的钢管的圆度信息,至少对从所述重新设定对象工序的操作参数之中选择出的一个或两个以上的操作参数、或从比所述重新设定对象工序靠下游侧的成型加工工序的操作参数之中选择出的一个或两个以上的操作参数进行重新设定。

9.一种钢管的制造方法,包括使用权利要求6至8中任一项所述的钢管的圆度控制方法来制造钢管的步骤。

10.一种钢管的圆度预测模型的生成方法,生成对钢管的制造工序中的扩管工序后的钢管的圆度进行预测的圆度预测模型,所述钢管的制造工序包括:压弯工序,通过利用冲头的多次按压将钢板加工成U字状截面的成型体;接缝间隙减小工序,使所述U字状截面的成型体的接缝间隙部减少而形成成为开口管;焊接工序,将所述开口管的端部彼此接合;及所述扩管工序,将端部彼此接合而成的钢管的内径扩大,其中,所述钢管的圆度预测模型的生成方法包括如下步骤:

取得多个学习用数据,并通过使用了所取得的多个学习用数据的机器学习来生成圆度预测模型,所述多个学习用数据将从所述钢板的属性信息中选择出的一个或两个以上的实际数据、从所述压弯工序的操作实际数据中选择出的一个或两个以上的实际数据、及从所述接缝间隙减小工序的操作实际数据中选择出的一个或两个以上的实际数据作为输入实际数据,并将使用了该输入实际数据的钢管的制造工序中的所述扩管工序后的钢管的圆度的实际数据作为输出实际数据。

11.根据权利要求10所述的钢管的圆度预测模型的生成方法,其中,

作为所述机器学习,使用从神经网络、决策树学习、随机森林和支持向量回归中选择出的机器学习。

12.一种钢管的圆度预测装置,对钢管的制造工序中的扩管工序后的钢管的圆度进行预测,所述钢管的制造工序包括:压弯工序,通过利用冲头的多次按压而将钢板加工成U字状截面的成型体;接缝间隙减小工序,使所述U字状截面的成型体的接缝间隙部减少而形成成为开口管;焊接工序,将所述开口管的端部彼此接合;及所述扩管工序,将端部彼此接合而成的钢管的内径扩大,其中,所述钢管的圆度预测装置具备:

操作参数取得部,取得从所述钢板的属性信息中选择出的一个或两个以上的参数、从所述压弯工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的操作参数、及从所述接缝间隙减小工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的操作参数;及

圆度预测部,通过相对于利用机器学习进行学习而得到的圆度预测模型输入所述操作参数取得部所取得的操作参数,由此对所述扩管工序后的钢管的圆度信息进行预测,所述圆度预测模型包括从所述钢板的属性信息中选择出的一个或两个以上的参数、从所述压弯工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的操作参数、及从所述接缝间隙减小工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的操作参数作为输入数据,并将所述扩管工序后的钢管的圆度信息作为输出数据。

13.根据权利要求12所述的钢管的圆度预测装置,其中,

所述钢管的圆度预测装置具备终端装置,该终端装置具有:输入部,取得基于用户的操作的输入信息;及显示部,显示所述圆度信息,

所述操作参数取得部基于所述输入部所取得的输入信息来更新所取得的操作参数的一部分或全部,

所述显示部显示所述圆度预测部使用更新后的所述操作参数预测出的所述钢管的圆度信息。

钢管的圆度预测方法、钢管的圆度控制方法、钢管的制造方法、钢管的圆度预测模型的生成方法及钢管的圆度预测装置

技术领域

[0001] 本发明涉及对使用了压弯法的钢管的制造工序中的扩管工序后的钢管的圆度进行预测的钢管的圆度预测方法、钢管的圆度控制方法、钢管的制造方法、钢管的圆度预测模型的生成方法及钢管的圆度预测装置。

背景技术

[0002] 作为管线用管等所使用的直径大且管壁厚的钢管的制造技术,广泛普及了如下的钢管(所谓的UOE钢管)的制造技术:将具有规定的长度、宽度和板厚的钢板冲压加工成U字状之后,冲压成型为O字状并焊接对接部而形成钢管,进一步将其直径扩大(所谓的扩管)而提升圆度。但是,在UOE钢管的制造工序中,在对钢板进行冲压加工而成型为U字状和O字状的工序中需要很大的冲压压力,因此需要使用大规模的冲压机器。

[0003] 对此,提出了在制造直径大且管壁厚的钢管时,减轻冲压压力而进行成型的技术。具体而言,如下技术被实用化:在对钢板的宽度方向端部赋予弯曲(所谓的端部弯曲)之后,通过利用冲头进行多次三点弯曲冲压的压弯工序而形成U字状截面的成型体(以下,有时称为U字状成型体),进一步通过使U字状截面的成型体的接缝间隙部减少的接缝间隙减小工序而形成开口管之后,焊接对接部而形成钢管,最后在该钢管的内部插入扩管装置来对钢管的内径进行扩大。另外,作为扩管装置,使用如下装置:包括具有将圆弧分割成多个而得到的曲面的多个扩管工具,通过使扩管工具的曲面与钢管内表面抵接,由此对钢管进行扩管并且调整钢管的形状。

[0004] 在压弯工序中,如果增加三点弯曲冲压的次数,则扩管工序后的钢管的圆度提升,但为了将钢管成型为U字状截面而需要长时间。另一方面,若减少三点弯曲冲压的次数,则存在钢管的截面形状接近多边形形状,难以成为圆形的问题。因此,根据钢管的尺寸,凭经验确定三点弯曲冲压的次数(例如直径1200mm的钢管为5~13次)来进行操作。关于这种用于使扩管工序后的钢管的圆度提升的压弯工序的操作条件,针对其设定方法,以往提出了很多方案。

[0005] 例如,在专利文献1中记载了如下方法:是用于以尽可能少的次数进行三点弯曲冲压的方法,并且使配设在扩管装置的周向上的多个扩管工具与未产生由三点弯曲冲压引起的变形的未变形部抵接而进行扩管。

[0006] 另外,在专利文献2中记载了如下方法:通过使三点弯曲冲压所使用的冲头的外周面的曲率半径与扩管工具的外周面的曲率半径满足规定的关系式,由此使扩管工序后的钢管的圆度提升。

[0007] 而且,在专利文献3中,作为在压弯工序中不需要过大的按压力就能够效率地制造圆度高的钢管的制造方法,记载了如下方法:在进行三点弯曲冲压时,在钢板的至少一部分设置与其他区域相比赋予了极小的曲率的轻加工部,或者设置省略了弯曲加工的未加工部。另外,在专利文献3中记载了如下内容:在接缝间隙减小工序中,不对轻加工部或未加工

部进行约束,而对从轻加工部或未加工部的中心分离规定距离的部位施加按压力。另外,通常在压弯工序之后进行的接缝间隙减小工序中使用O形冲压装置。

[0008] 与此相对,在专利文献4中记载了如下方法(以下称为“闭合冲压法”):在通过三点弯曲冲压成型非圆形的预成型件(U字状截面的成型体)之后,代替通常的O形冲压工序,一边利用两根下侧支承辊支承非圆形的预成型件,一边利用以与下侧支承辊相对的方式配置于上部的压贴工具从非圆形的预成型件的外侧施加压贴力,由此减小接缝间隙。该方法的特征在于,由于从非圆形的预成型件的外侧利用压贴工具施加压贴力,因此装置结构被简化,不需要像O形冲压装置那样根据钢管的外径准备模具。另外,在专利文献4中记载了如下方法:在三点弯曲冲压中,有意地对一部分赋予相对较少地被成型的区域,并在接缝间隙减小工序中使用的闭合冲压法中,对U字状截面的成型体的该区域作用压贴力。

[0009] 现有技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献1:日本特开2012-170977号公报

[0012] 专利文献2:日本特许5541432号公报

[0013] 专利文献3:日本特许6015997号公报

[0014] 专利文献4:日本特开2012-250285号公报

发明内容

[0015] 发明所要解决的课题

[0016] 专利文献1所记载的方法是使三点弯曲冲压的按压位置与扩管工具的按压位置相对应,由此使扩管工序后的钢管的圆度提升的方法。但是,钢管的制造工序至少包括压弯工序、接缝间隙减小工序、焊接工序和扩管工序这多个工序。因此,在专利文献1所记载的方法中,由于没有考虑其他工序中的操作条件对扩管工序后的钢管的圆度产生的影响,因此有时未必能够使扩管工序后的钢管的圆度提升。

[0017] 专利文献2所记载的方法与专利文献1所记载的方法同样地,是通过使作为压弯工序的操作条件的三点弯曲冲压所使用的冲头的外周面的曲率半径与作为扩管工序的操作条件的扩管工具的外周面的曲率半径满足规定的关系式,由此使扩管工序后的钢管的圆度提升的方法。但是,在专利文献2所记载的方法中,与专利文献1所记载的方法同样地,存在不能考虑接缝间隙减小工序等压弯工序以外的工序的影响的问题。

[0018] 专利文献3所记载的方法是通过将压弯工序中的三点弯曲冲压的加工条件根据钢板的位置进行变更并且设为与接缝间隙减小工序中的成型条件相关联的条件,由此使扩管工序后的钢管的圆度提升的方法。但是,在专利文献3所记载的方法中,当作为坯料的钢板的板厚、材质产生了偏差时,存在即使在相同的成型条件下扩管工序后的钢管的圆度也产生偏差的问题。

[0019] 专利文献4所记载的方法也是通过将压弯工序中的成型为U字状截面的成型体的成型条件与接缝间隙减小工序中的成型条件设为相关联的条件,由此使扩管工序后的钢管的圆度提升的方法。但是,在专利文献4所记载的方法中,也是当作为坯料的钢板的板厚、材质产生了偏差时,存在即使在相同的成型条件下扩管工序后的钢管的圆度也产生偏差的问题。

[0020] 本发明是为了解决以上问题而作出的,其目的在于提供一种钢管的圆度预测方法和圆度预测装置,能够高精度地预测对由多个工序构成的钢管的制造工序中的扩管工序后的钢管的圆度。另外,本发明的另一目的在于提供一种钢管的圆度控制方法,能够高精度地控制由多个工序构成的钢管的制造工序中的扩管工序后的钢管的圆度。另外,本发明的另一目的在于提供一种钢管的制造方法,能够高成品率地制造具有所期望的圆度的钢管。而且,本发明的另一目的在于提供一种钢管的圆度预测模型的生成方法,能够生成高精度地对由多个工序构成的钢管的制造工序中的扩管工序后的钢管的圆度进行预测的圆度预测模型。

[0021] 用于解决课题的技术方案

[0022] 本发明所涉及的钢管的圆度预测方法对钢管的制造工序中的扩管工序后的钢管的圆度进行预测,所述钢管的制造工序包括:压弯工序,通过利用冲头的多次按压而将钢板加工成U字状截面的成型体;接缝间隙减小工序,使所述U字状截面的成型体的接缝间隙部减少而形成开口管;焊接工序,将所述开口管的端部彼此接合;及所述扩管工序,将端部彼此接合而成的钢管的内径扩大,其中,所述钢管的圆度预测方法包括如下步骤:使用利用机器学习进行学习而得到的圆度预测模型对所述扩管工序后的钢管的圆度进行预测,所述圆度预测模型包括从所述钢板的属性信息中选择出的一个或两个以上的参数、从所述压弯工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的参数、及从所述接缝间隙减小工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的参数作为输入数据,并将所述扩管工序后的钢管的圆度信息作为输出数据。

[0023] 也可以是,所述圆度预测模型包括从所述扩管工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的操作参数作为所述输入数据。

[0024] 也可以是,所述钢板的属性信息包括所述钢板的屈服应力、代表板厚和板厚分布信息中的一个或两个以上的参数。

[0025] 也可以是,所述压弯工序的操作参数包括所述压弯工序所使用的冲头按压钢板的冲压位置信息和冲压压下量、及通过所述压弯工序进行的冲压次数。

[0026] 也可以是,所述钢管的制造工序包括在所述压弯工序之前对所述钢板的宽度方向端部赋予弯曲的端部弯曲工序,所述圆度预测模型包括从所述端部弯曲工序的操作参数之中选择出的一个或两个以上的参数作为所述输入数据。

[0027] 本发明的第一方式所涉及的钢管的圆度控制方法包括如下步骤:使用本发明所涉及的钢管的圆度预测方法,在所述压弯工序开始前,使用所述钢板的属性信息的实际参数和包括所述压弯工序在内的下游工序中的操作参数的设定值对所述扩管工序后的钢管的圆度进行预测,并对所述压弯工序的操作参数进行重新设定以使扩管工序后的钢管的圆度变小。

[0028] 本发明的第二方式所涉及的钢管的圆度控制方法包括如下步骤:使用本发明所涉及的钢管的圆度预测方法,在所述压弯工序结束后且所述接缝间隙减小工序开始前,使用所述钢板的属性信息的实际数据、所述压弯工序的操作参数的实际数据、及包括所述接缝间隙减小工序在内的下游工序中的操作参数的设定值对所述扩管工序后的钢管的圆度进行预测,并对所述接缝间隙减小工序的操作参数进行重新设定以使扩管工序后的钢管的圆度变小。

[0029] 本发明的第三方式所涉及的钢管的圆度控制方法包括如下步骤：使用本发明所涉及的钢管的圆度预测方法，在从构成所述钢管的制造工序的端部弯曲工序、压弯工序、接缝间隙减小工序和扩管工序之中选择出的重新设定对象工序开始前，对所述扩管工序后的钢管的圆度信息进行预测，并基于预测出的钢管的圆度信息，至少对从所述重新设定对象工序的操作参数之中选择出的一个或两个以上的操作参数、或从比所述重新设定对象工序靠下游侧的成型加工工序的操作参数之中选择出的一个或两个以上的操作参数进行重新设定。

[0030] 本发明所涉及的钢管的制造方法包括使用本发明所涉及的钢管的圆度控制方法来制造钢管的步骤。

[0031] 本发明所涉及的钢管的圆度预测模型的生成方法生成对钢管的制造工序中的扩管工序后的钢管的圆度进行预测的圆度预测模型，所述钢管的制造工序包括：压弯工序，通过利用冲头的多次按压将钢板加工成U字状截面的成型体；接缝间隙减小工序，使所述U字状截面的成型体的接缝间隙部减少而形成成为开口管；焊接工序，将所述开口管的端部彼此接合；及所述扩管工序，将端部彼此接合而成的钢管的内径扩大，其中，所述钢管的圆度预测模型的生成方法包括如下步骤：取得多个学习用数据，并通过使用了所取得的多个学习用数据的机器学习来生成圆度预测模型，所述多个学习用数据将从所述钢板的属性信息中选择出的一个或两个以上的实际数据、从所述压弯工序的操作实际数据中选择出的一个或两个以上的实际数据、及从所述接缝间隙减小工序的操作实际数据中选择出的一个或两个以上的实际数据作为输入实际数据，并将使用了该输入实际数据的钢管的制造工序中的所述扩管工序后的钢管的圆度的实际数据作为输出实际数据。

[0032] 也可以是，作为所述机器学习，使用从神经网络、决策树学习、随机森林和支持向量回归中选择出的机器学习。

[0033] 本发明所涉及的钢管的圆度预测装置对钢管的制造工序中的扩管工序后的钢管的圆度进行预测，所述钢管的制造工序包括：压弯工序，通过利用冲头的多次按压而将钢板加工成U字状截面的成型体；接缝间隙减小工序，使所述U字状截面的成型体的接缝间隙部减少而形成成为开口管；焊接工序，将所述开口管的端部彼此接合；及所述扩管工序，将端部彼此接合而成的钢管的内径扩大，其中，所述钢管的圆度预测装置具备：操作参数取得部，取得从所述钢板的属性信息中选择出的一个或两个以上的参数、从所述压弯工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的操作参数、及从所述接缝间隙减小工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的操作参数；及圆度预测部，通过相对于利用机器学习进行学习而得到的圆度预测模型输入所述操作参数取得部所取得的操作参数，由此对所述扩管工序后的钢管的圆度信息进行预测，所述圆度预测模型包括从所述钢板的属性信息中选择出的一个或两个以上的参数、从所述压弯工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的操作参数、及从所述接缝间隙减小工序的操作参数中选择出的一个或两个以上的操作参数作为输入数据，并将所述扩管工序后的钢管的圆度信息作为输出数据。

[0034] 也可以是，具备终端装置，该终端装置具有：输入部，取得基于用户的操作的输入信息；及显示部，显示所述圆度信息，所述操作参数取得部基于所述输入部所取得的输入信息来更新所取得的操作参数的一部分或全部，所述显示部显示所述圆度预测部使用更新后的所述操作参数预测出的所述钢管的圆度信息。

[0035] 发明效果

[0036] 根据本发明所涉及的钢管的圆度预测方法和圆度预测装置,能够高精度地预测由多个工序构成的钢管的制造工序中的扩管工序后的钢管的圆度。另外,根据本发明所涉及的钢管的圆度控制方法,能够高精度地控制由多个工序构成的钢管的制造工序中的扩管工序后的钢管的圆度。另外,根据本发明的钢管的制造方法,能够高成品率地制造具有所期望的圆度的钢管。而且,根据本发明所涉及的钢管的圆度预测模型的生成方法,能够生成高精度地对由多个工序构成的钢管的制造工序中的扩管工序后的钢管的圆度进行预测的钢管的圆度预测模型。

附图说明

[0037] 图1是表示作为本发明的一个实施方式的钢管的制造工序的图。

[0038] 图2是表示使用压弯装置成型U字状截面的成型体的工序的一例的图。

[0039] 图3是表示使用压弯装置成型U字状截面的成型体的工序的一例的图。

[0040] 图4是表示O形冲压装置的结构例的图。

[0041] 图5是表示闭合冲压装置的结构例的图。

[0042] 图6是表示扩管装置的结构例的图。

[0043] 图7是表示钢管的外径形状的测定装置的结构例的图。

[0044] 图8是表示作为本发明的一个实施方式的圆度预测模型的生成方法的图。

[0045] 图9是表示伴随压弯工序的操作条件的变更的冲压加工量与扩管工序后的钢管的圆度之间的关系的变化的一例的图。

[0046] 图10是表示每次压下的冲压压下位置和冲压压下量的一例的图。

[0047] 图11是表示作为本发明的一个实施方式的圆度控制方法的流程的图。

[0048] 图12是表示C形冲压装置的整体结构的立体图。

[0049] 图13是表示冲压机构的结构的剖视图。

[0050] 图14是表示作为本发明的另一实施方式的圆度预测模型的生成方法的图。

[0051] 图15是表示作为本发明的一个实施方式的钢管的圆度控制方法的图。

[0052] 图16是表示作为本发明的一个实施方式的钢管的圆度预测装置的结构例的图。

具体实施方式

[0053] (钢管的制造工序)

[0054] 图1是表示作为本发明的一个实施方式的钢管的制造工序的图。如图1所示,在作为本发明的一个实施方式的钢管的制造工序中,作为成为坯料的钢板,使用通过作为钢管的制造工序的前工序的厚板轧制工序而制造的厚钢板。在此,厚钢板以屈服应力245~1050MPa、拉伸强度415~1145MPa、板厚6.4~50.8mm、板宽1200~4500mm及长度10~18m的厚钢板为代表。另外,厚钢板的宽度方向端部被预先磨削成被称为坡口的倒角状的形状。这是为了在之后的焊接工序中,防止宽度方向端部的外表面拐角部的过加热而使焊接强度稳定化。另外,厚钢板的宽度对成型为钢管之后的外径产生影响,因此考虑到后续工序中的变形履历而调整为规定范围。

[0055] 在钢管的制造工序中,有时进行对钢板的宽度方向端部赋予弯曲的端部弯曲工

序。端部弯曲工序利用C形冲压装置来进行,对钢板的宽度方向端部实施端部弯曲加工(也称为卷边加工)。C形冲压装置具备上下一对模具和保持钢板的宽度方向中央部的上下一对夹紧件。由于模具的长度比钢板的长度短,因此一边在长度方向上依次进给钢板一边反复进行端部弯曲加工。对钢板的宽度方向两端部进行这样的端部弯曲加工。由于在三点弯曲冲压中难以对宽度方向端部施加弯矩,因此端部弯曲工序是预先利用模具来施加弯曲变形的工序。由此,能够使作为最终产品的钢管的圆度提升。此时,作为用于确定加工条件的操作参数,可举出模具从钢板的宽度方向端部朝向宽度方向中央方向接触的长度即端部弯曲加工宽度、夹紧件的把持力、在钢板的长度方向上反复进行端部弯曲加工时的模具的进给量、进给方向及进给次数等。

[0056] 之后的压弯工序是通过利用压弯装置进行多次利用冲头的三点弯曲冲压而将钢板加工成U字状截面的成型体的工序。另外,之后的接缝间隙减小工序是通常使用O形冲压装置使U字状截面的成型体的接缝间隙部减少而形成成为开口管的工序。但是,也可以使用专利文献4所记载的闭合冲压法来代替O形冲压装置。另外,之后的焊接工序是对形成于开口管的端部的接缝间隙部以端部彼此接触的方式进行约束而将端部彼此接合的工序。由此,成型体成为端部彼此接合的钢管。之后的扩管工序是使用包括具有将圆弧分割成多个而得到的曲面的多个扩管工具的扩管装置,通过使扩管工具的曲面与钢管的内表面抵接来对钢管进行扩管的工序。这样制造出的钢管在检查工序中被判定材质、外观、尺寸等品质是否满足规定的规格,之后作为产品被出厂。另外,在本实施方式中,检查工序包括对钢管的圆度进行测定的圆度测定工序。

[0057] 在本实施方式中,在将钢板成型为开口管,进一步在焊接后进行扩管工序的一系列制造工序之中,将端部弯曲工序、压弯工序、接缝间隙减小工序和扩管工序称为“成型加工工序”。这些工序作为对钢板赋予塑性变形来控制钢管的尺寸和形状的工序是共通的。以下,参照附图对钢管的制造工序的各工序进行详细说明。

[0058] <端部弯曲工序>

[0059] 使用图12、图13对进行端部弯曲加工的C形冲压装置进行详细说明。图12是表示C形冲压装置的整体结构的立体图。如图12所示,C形冲压装置30具备:输送机构31,将钢板S以沿着其长度方向的方向为输送方向进行输送;冲压机构32A,将钢板S的输送方向下游侧作为前方,将一个宽度方向端部Sc弯曲加工成规定的曲率;冲压机构32B,将另一个宽度方向端部Sd弯曲加工成规定的曲率;及未图示的间隔调整机构,根据要实施端部弯曲加工的钢板S的宽度,调整左右的冲压机构32A、32B之间的间隔。输送机构11由分别配置于冲压机构32A、32B的前后的多个被旋转驱动的输送辊31a构成。另外,图中的标号Sa表示钢板S的前端部(长度方向前方端部)。

[0060] 图13(a)表示从自钢板S的输送方向上游侧朝向输送方向下游侧的方向观察对钢板S的一个宽度方向端部Sc进行弯曲加工的冲压机构32A而得到的宽度方向截面。另外,冲压机构32A和冲压机构32B左右对称,具有相同的结构。冲压机构32A、32B具备:在上下方向上相对配置的作为一对模具的上模具33和下模具34;及将下模具34与工具保持件35一起推起(使其向接近上模具33的方向移动),并以规定的冲压力进行合模的作为模具移动单元的液压缸36。另外,冲压机构32A、32B有时具备在上模具33和下模具34的宽度方向内侧把持钢板S的夹紧机构37。上模具33和下模具34在钢板S的长度方向上的长度通常比钢板S的长度

短。在该情况下,一边利用输送机构31(参照图12)在长度方向上间歇地进给钢板S,一边进行多次端部弯曲加工。

[0061] 在端部弯曲工序中,与要被实施端部弯曲加工的钢板S的宽度方向端部Sc、Sd的成为弯曲方向外侧的面相接的下模34具有与上模33相对的按压面34a。上模具33具备与按压面34a相对并具有与要制造的钢管的内径对应的曲率半径的凸曲面状的成型面33a。按压面34a具有随着朝向宽度方向外侧而接近上模具33的凹曲面状。但是,虽然下模具34的按压面34a为凹曲面状,但只要是随着朝向宽度方向外侧而接近上模具33这样的面即可,也可以是倾斜的平面。作为上模具33和下模具34的曲面形状,有时根据钢板S的厚度、外径等来设计适当的形状,并根据对象材料适当地选择使用。

[0062] 图13(b)是与图13(a)相同的位置处的冲压机构32A的宽度方向截面,但示出了利用液压缸36将下模具34推起而进行了合模的状态。下模具34被液压缸36推起,钢板S的宽度方向端部Sc被弯曲加工成沿着上模具33的圆弧状的成型面33a的形状。实施端部弯曲成型的宽度(端部弯曲加工宽度)根据钢板S的宽度而不同,但一般为100~400mm左右。

[0063] <压弯工序>

[0064] 图2是表示使用压弯装置来成型U字状截面的成型体的工序的一例的图。图中,标号1表示配置在钢板S的输送路径内的冲模。冲模1由将钢板S沿着其输送方向在两处进行支承的左右一对的棒状构件1a、1b构成,能够根据应成型的钢管的尺寸而变更其间隔 ΔD 。另外,标号2表示能够向接近和离开冲模1的方向移动的冲头。冲头2具备:冲头前端部2a,具有与钢板S直接相接而将钢板S按压成凹形状的呈向下的凸状的加工面;及冲头支承体2b,与冲头前端部2a的背面相连,并支承冲头前端部2a。另外,通常,冲头前端部2a的最大宽度与冲头支承体2b的宽度(厚度)相等。

[0065] 在使用由上述结构构成的压弯装置对钢板S实施弯曲加工时,将钢板S载置到冲模1之上,一边以规定的进给量间歇地进给钢板S,一边按照图3所示的要领,从钢板S的宽度方向两端部朝向中央部利用冲头2逐次进行三点弯曲冲压。另外,图3是表示对于预先实施了端部弯曲加工的钢板S,从左列的上到下(加工前半(a)~(e))、接着从中央列的上到下(加工后半(f)~(i))实施弯曲加工和钢板S的进给,由此成型如右列图((j))所示的成型体 S_1 的工序的图。另外,在图3中,对钢板S和冲头2标注的箭头表示各个工序中的钢板S和冲头2的移动方向。另外,在基于本工序的加工后的U字状截面的成型体 S_1 中,将端部彼此的间隙称为“接缝间隙”。

[0066] 在此,作为决定压弯工序中的操作条件的操作参数,可举出冲压次数、冲压位置信息、冲压压下量、下模间隔和冲头曲率等。

[0067] 所谓冲压次数,是指利用三点弯曲冲压在宽度方向上按压钢板的总次数。冲压次数越多,则U字状截面的成型体成为越平滑的曲线形状,扩管工序后的钢管的圆度越提升。

[0068] 所谓冲压位置信息,是指利用冲头进行按压的钢板的宽度方向的位置。具体而言,可以通过距钢板的一方的宽度方向端部的距离或以钢板的宽度方向中央部为基准的距离来确定。按压位置信息优选作为与按压的次数(按压次数从第一次到第N次的顺序)相关联的数据来处理。

[0069] 所谓冲压压下量,是指各个按压位置处的冲头2的压入量。冲压压下量由以图2所示的对冲模1的最上面的点进行连结的线为基准,冲头前端部2a的下端面从该基准向下方

向突出的量定义。此时,冲头前端部2a的压入量能够设定为针对每次按压而不同的值,因此优选将按压的次数与冲压压入量作为相关联的数据进行处理。因此,当将冲压次数设为N时,将按压的次数、冲压位置信息和冲压压入量作为一组数据集,并通过1~N个数据集来确定压弯工序中的操作条件。使用这些数据集是因为,在压弯工序中,通过局部地变更冲压位置、冲头的压入量,从而在成为开口管的状态下整体的截面形状发生变化,对扩管工序后的钢管的圆度也产生影响。但是,不需要将N个数据集全部作为后述的圆度预测模型的输入变量。也可以选择对扩管工序后的钢管的圆度影响大的条件,例如使用压弯工序的最初(第一次)或最后(第N次)的冲压位置信息和冲压压入量来生成圆度预测模型。

[0070] 所谓下模间隔,是指图2所示的左右一对的棒状构件1a、1b的间隔,是由图中的 ΔD 表示的参数。若下模间隔变大,则即使对于相同的冲压压入量,局部的钢板的曲率也发生变化,因此对扩管工序后的钢管的圆度也产生影响。因此,优选将根据应成型的钢管的尺寸而设定的下模间隔用于压弯工序中的操作参数。另外,在冲头每次压入时变更下模间隔这样的情况下,也可以作为与冲压次数相关联的数据而用于操作参数。

[0071] 所谓冲头曲率,是指进行按压的冲头前端部的曲率。冲头曲率越大,则在三点弯曲冲压时赋予钢板的局部的曲率越增加,对扩管工序后的钢管的圆度越产生影响。但是,在对一张钢板进行成型时冲头曲率针对每次按压进行变更是困难的,优选将根据应成型的钢管的尺寸设定的冲头曲率用于压弯工序中的操作参数。

[0072] <接缝间隙减小工序>

[0073] 接缝间隙减小工序是减小通过压弯工序而成型的U字形截面的成型体的接缝间隙的工序,施加弯曲力和压缩力以使U字形截面的成型体的端部彼此接近。此时,即使对U字形截面的成型体施加弯曲力或压缩力,也会由于卸除载荷时的回弹而导致接缝间隙扩大。因此,预先预测回弹的发生而赋予强的弯曲力或压缩力,并赋予使U字状截面的成型体作为整体在纵向上压扁那样的变形。

[0074] 图4表示作为接缝间隙减小工序一般使用的O形冲压装置的结构。如图4(a)所示,O形冲压装置使用上模具3和下模具4对U字状截面的成型体 S_1 在纵向上施加压缩变形。此时,上模具3和下模具4的与U字形截面的成型体 S_1 相接的面被加工成曲面形状,通过使上模具3与下模具4接近,U字形截面的成型体 S_1 的下部被约束成沿着下模具4的曲面。并且,包括端部在内的成型体 S_1 的上部通过上模具3而受到弯曲力和压缩力,由此端部彼此沿着上模具3的曲面接近。由此,在周向上彼此相对的端部之间的接缝间隙暂时减小。然后,通过释放由模具进行的压入,接缝间隙因回弹而扩大,图4(b)所示的开口管 S_2 的最终接缝间隙部G的开口量被决定。此时,所谓O形冲压压入量,是从作为目标的钢管的外径减去模具压入时的上模具3的内切面的最上点与下模具4的内切面的最下点之间的距离而得到的值。另外,有时也使用它们的比率而称为O形冲压压入率。

[0075] 在此,作为确定接缝间隙减小工序中的操作条件的操作参数,除了O形冲压压入量以外,还可举出O形冲压压入位置 and O形冲压模具R等。

[0076] 所谓O形冲压压入位置,是指对具有U字状截面的成型体 S_1 的接缝间隙部的端部与宽度方向中心位置进行连结的线与铅垂线所成的角度。另外,所谓O形冲压模具R,是指上模具3和下模具4中的与成型体 S_1 抵接的区域的曲率。在此,O形冲压装置中的O形冲压压入量越大,则成型体 S_1 的3点钟部和9点钟部附近的曲率越增加,由此钢管的最终圆度越减少。

[0077] 另一方面,在使用闭合冲压法来代替0形冲压装置的情况下,作为由成型体 S_1 形成开口管 S_2 的装置,使用图5所示的闭合冲压装置。如图5所示,闭合冲压装置具有下侧工具10a、10b。下侧工具10a、10b相互隔开间隔地设置,分别具备能够使旋转方向反转的驱动机构。另外,下侧工具10a、10b经由弹簧单元11a、11b等被支承。与下侧工具10a、10b相对地配置具备冲头12的上侧工具13。经由冲头12从外侧向U字状截面的成型体 S_1 施加压贴力。

[0078] 此时,U字状截面的成型体 S_1 通过两个步骤而成型为开口管 S_2 。在第一步骤中,成型体 S_1 经由能够旋转的下侧工具10a、10b如由单点划线概略地表示的那样对冲压位置进行定位,以使位于接缝间隙部G的右侧的想要赋予弯曲变形的区域R1成为钟表上的3点钟附近。然后,利用冲头12施加压贴力,在施加了压贴力之后进行冲头12的卸除载荷。接着,作为第二步骤,与上述第一步骤同样地,对冲压位置进行定位,以使位于接缝间隙部G的左侧的想要赋予弯曲变形的区域R2成为钟表上的9点钟附近。然后,利用冲头12施加压贴力,在施加了压贴力之后进行冲头12的卸除载荷,由此成型为开口管 S_2 。

[0079] 在此,第一及第二步骤中的冲压位置是指对接缝间隙部G中心与钢板的宽度方向中心位置进行连结的线的角度(图5的单点划线与铅垂线所成的角度)。另外,第一及第二步骤中的压贴力是指冲头12对成型体 S_1 的按压力。

[0080] <焊接工序>

[0081] 然后,开口管 S_2 将接缝间隙部的端面相互对接,并利用焊接机(接合单元)进行焊接而形成钢管。作为焊接机(接合单元),例如应用由临时附着焊接机、内表面焊接机和外表面焊接机这三种焊接机构成的焊接机。在这些焊接机中,临时附着焊接机利用排辊使对接的面以适当的位置关系连续地紧贴,并将紧贴部遍及其管轴方向全长地进行焊接。接着,被临时附着的管由内表面焊接机从对接部的内表面进行焊接(潜弧焊接),进一步由外表面焊接机从对接部的外表面进行焊接(潜弧焊接)。

[0082] <扩管工序>

[0083] 对于对接缝间隙部进行焊接而成的钢管,在钢管的内部插入扩管装置来扩大钢管的直径(所谓的扩管)。图6(a)~(c)是表示扩管装置的结构例的图。如图6(a)所示,扩管装置沿着锥形外周面17的周向包括具有将圆弧分割成多个而得到的曲面的多个扩管模具16。在利用扩管装置对钢管进行扩管时,如图6(b)、(c)所示,首先,通过使用钢管移动装置移动钢管P而使扩管模具16与扩管开始位置对准,并使拉杆18从扩管开始位置后退,由此进行第一次扩管处理。由此,与锥形外周面17滑动接触的扩管模具16分别通过楔作用而向辐射方向位移,对钢管P进行扩管。然后,钢管P的截面形状的凹凸变小,钢管P的截面形状接近正圆形状。接着,使拉杆18前进至扩管开始位置,利用释放机构使扩管模具16向轴垂直方向的内侧复原后,使钢管P进一步移动与扩管模具16的间距(轴向的长度)相应的量。然后,使扩管模具16与新的扩管位置对准后重复进行上述的动作。由此,能够在钢管P的全长范围内每次以扩管模具16的间距量进行第一次扩管处理。

[0084] 此时,作为决定扩管工序的操作条件的操作参数,可举出扩管率、扩管模具片数和扩管模具直径等。所谓扩管率,是指扩管后的外径与扩管前的外径之差相对于扩管前的外径的比例。扩管前后的外径可以通过测量钢管的周长来计算。扩管率可以通过将扩管模具向半径方向扩张时的行程量来调整。所谓扩管模具片数,是指在进行扩管时与配设在周向上的钢管抵接的部分的片数。所谓扩管模具直径,是指各扩管模具中的与钢管抵接的部分

的曲率。

[0085] 其中,能够容易地调整扩管工序后的圆度的操作参数是扩管率。当扩管率增加时,遍及整周与扩管模具相接的区域的曲率根据扩管模具R而被均等地赋予,由此改善圆度。此时,扩管模具片数越多,则越能够抑制钢管的周向上的局部的曲率的变动,因此扩管工序后的钢管的圆度变得良好。但是,如果扩管率过大,则由于包辛格效应,有时钢管产品的压缩屈服强度会下降。在将钢管用于管线用管等的情况下,由于在管周方向上作用有高的压缩应力,因此作为钢管的材质也需要高的压缩屈服强度,将扩管率增大到必要以上是不合适的。因此,在实际的操作中,将扩管率设定为,在比预先设定的扩管率的上限值小的扩管率下钢管的圆度收敛于规定的值。

[0086] <圆度测定工序>

[0087] 在成为钢管的制造工序的最后的检查工序中,进行钢管的品质检查,测定钢管的圆度。所谓在圆度测定工序中测定的圆度,是针对钢管的外径形状表示偏离正圆的程度的指标。通常,圆度越接近0,则表示钢管的截面形状是越接近完全的圆的形状。圆度基于由圆度测定机测量出的钢管的外直径信息来计算。例如,在任意的管长位置处将管沿周向等分并测量相对的位置处的外直径,并将它们中的最大径和最小径分别设为 D_{max} 、 D_{min} 的情况下,圆度可以由 $D_{max}-D_{min}$ 定义。此时,等分的数量越多,则扩管工序后的钢管中的小的凹凸越能成为数值化的指标,故而优选。具体而言,采用4~36000等分的信息为宜。更优选地,为360等分以上。

[0088] 另外,要测定圆度的钢管的长度方向位置可以任意地选择。可以测定钢管的长度方向端部附近的圆度,也可以测量钢管的长度方向中央部处的圆度。另外,可以从钢管的长度方向选择多个圆度测定位置,并测定各位置处的圆度,也可以求出在长度方向的多个位置处测定的圆度的平均值。但是,作为圆度,也可以不必基于最大径与最小径之差。也可以定义为:根据用连续的线图表示钢管的外径形状的图形,计算出具有与该曲线的内侧的面积相同的面积的等效的假定的正圆(直径),并以该假定的正圆为基准,将与钢管的外径形状发生了偏离的区域表示为图像。作为钢管的外径形状的测定手段,例如可以使用以下的方法。

[0089] (a) 如图7(a)所示,使用具有能够以钢管P的大致中心轴线为中心旋转360度的臂20、安装于臂20的前端的位移计21a、21b和对臂20的旋转轴的旋转角度进行检测的旋转角度检测器22的装置,针对臂20的旋转的每个微小的角度单位,利用位移计21a、21b对臂20的旋转中心与钢管P的外周上的测定点之间的距离进行测定,并基于该测定值来确定钢管P的外径形状。

[0090] (b) 如图7(b)所示,使用具备绕钢管P的中心轴旋转的旋转臂25、以能够在钢管P的半径方向上移动的方式设置于旋转臂25的端部侧的未图示的架台、分别与钢管P的端部外表面和内表面抵接并随着旋转臂25的旋转而自转的一对按压辊26a、26b和使按压辊26a、26b按压到钢管P的外表面和内表面的相对于架台被固定的一对按压用气缸的装置,基于架台的半径方向的移动量和各按压用气缸对按压辊26a、26b的按压位置来确定钢管的外径形状。

[0091] 在此,在本实施方式中,关于后述的圆度预测模型对圆度的预测结果,通过与在上述检查工序中得到的圆度的测定值进行比较,能够验证其预测精度。因此,对于后述的圆度

量的信息,对压弯工序和接缝间隙减小工序中的变形行为产生影响,并对扩管工序后的钢管的圆度产生影响。另外,这是因为,是按每个作为坯料的钢板具有偏差的属性信息。

[0106] 屈服强度是能够通过从作为坯料的厚钢板采集到的品质保证用的小试验片的拉伸试验而得到的信息,能够用作作为坯料的钢板的面内的代表值。另外,所谓代表板厚,是代表作为坯料的钢板的面内的板厚的板厚,可以使用钢板的长度方向的任意位置处的钢板的宽度方向中央部的板厚,也可以使用长度方向的板厚的平均值。而且,还可以求出钢板的面内整体的板厚的平均值,并将其作为代表板厚。另外,所谓板厚分布信息,是指代表钢板的宽度方向的板厚分布的信息。作为代表性的例子,可举出钢板的凸度。所谓凸度,表示钢板的宽度方向中央部与从钢板的宽度方向端部分离规定距离(例如,使用100mm、150mm等)的位置处的板厚之差。但是,作为板厚分布信息并不限于此,也可以将利用二次以上的函数对宽度方向的板厚分布进行近似而得到的近似式的系数作为板厚分布信息。这样的代表板厚和板厚分布信息可以从在厚板轧制工序的轧制过程中由板厚计测定的数据取得,也可以是在厚钢板的检查工序中测定的数据。

[0107] 另外,所谓代表板宽,是与作为坯料的钢板的宽度相关的代表值。在作为坯料的厚钢板的宽度存在偏差的情况下或在通过坡口加工对端部进行磨削时,钢板的宽度有时会发生变动,影响作为产品的钢管的外径精度的偏差。代表宽度的值可以使用钢板的长度方向的任意位置处的宽度,也可以使用长度方向的宽度的平均值。此时,优选在压弯工序之前实测钢板的宽度,并使用其值。

[0108] <端部弯曲工序的操作参数>

[0109] 在将端部弯曲工序的操作参数用于圆度预测模型的输入的情况下,能够将用于确定在C形冲压装置30中使用的上模具33的成型面33a所成的形状和下模具34的按压面34a所成的形状的参数用作操作参数。另外,也可以将端部弯曲工序中的端部弯曲加工宽度(实施端部弯曲成型的宽度)、钢板的进给量、进给方向及进给次数、推起力(C形冲压压力)、夹紧机构37的把持力用作操作参数。这是因为,这些是能够对端部弯曲工序中的钢板的宽度方向端部的变形产生影响的因素。

[0110] 在此,关于上模具33的成型面33a所成的形状,存在以具有多个曲率半径的圆弧连续而成的形状被赋予的情况和通过渐开线曲线等而被赋予的情况,能够使用用于确定几何的截面形状的参数。例如,在由抛物线形状构成截面形状的情况下,通过使用表示通过原点的抛物线的二次式的一次项和二次项的系数,能够确定截面形状,因此能够将这样的系数作为端部弯曲工序的操作参数。

[0111] 另一方面,在根据要制造的钢管的外径、壁厚和钢种等条件,作为上模具33的成型面33a所成的形状,保有多个模具并将它们适当地更换使用的情况下,也可以将用于确定在端部弯曲工序中使用的模具的模具管理编号作为端部弯曲工序的操作参数。

[0112] <压弯工序的操作参数>

[0113] 在本实施方式中,将压弯工序的操作参数用于圆度预测模型的输入。作为压弯工序的操作参数,可以使用上述记载的三点弯曲冲压的冲压次数、冲压位置信息、冲压压下量、下模间隔及冲头曲率等对钢板的局部的弯曲曲率和这些钢板的宽度方向的分布产生影响的各种参数。特别优选使用包括冲头按压钢板的冲压位置信息和冲压压下量及通过压弯工序进行的冲压次数的全部的信息。所谓包括这些信息的全部,可以例示出图10所示的方

法。图10(a)、(b)分别示出了针对同一宽度的钢板以冲压次数16次和10次进行了冲头的按压的情况下的冲压压下位置和冲压压下量的例子。此时,冲压压下位置是表示距作为钢板的基准的宽度方向端部的距离的信息,将其用作冲压压下位置信息。另一方面,对应于各冲压压下位置,记载了冲压压下量,这样的“压下次数”、“冲压压下位置”、“冲压压下量”可以作为一个组数据。在图10(a)、(b)所示的例子中,在冲压次数为16次和10次时,分别通过16组、10组数据来确定压弯工序的操作参数。

[0114] 在本实施方式中,将这样的数据集作为圆度预测模型的输入,以如下的形式使用。例如,作为圆度预测模型的输入,可以使用在钢板的一个端部且在最靠近端部的位置进行冲压压下时的冲压压下位置和冲压压下量、及在钢板的另一个端部且在最靠近端部的位置进行冲压压下时的冲压压下位置和冲压压下量。在三点弯曲冲压中,在使钢板的一个端部处的冲压压下量增加的情况下,图2所示的钢管中的相当于大致1点钟的部分和相当于大致11点钟的部分处的曲率变大,作为U字状截面的成型体,整体上成为横长的形状。另外,这些冲压压下位置越接近钢板的端部,则接缝间隙部的位置越低,作为U字状截面的成型体,整体上成为横长的形状。作为其结果,成型为开口管并经过焊接工序、扩管工序后的钢管也作为整体残留有横长形状,对圆度产生影响。而且,冲压压下时的冲头曲率、整体的冲压压下次数和冲压压下时的下模的间隔也对成为钢管后的圆度产生影响。

[0115] 另一方面,作为圆度预测模型的输入,通过将所有的冲压压下位置信息和冲压压下量的数据与冲压次数一起使用,能够进一步提升圆度预测模型的预测精度。例如,以设想的最大的冲压次数为基准,在进行压下的情况下根据压下次数存放冲压压下位置和冲压压下量的数据。并且,不进行压下以后的冲压加工中的冲压压下位置和冲压压下量为0。例如在图10(a)、(b)所示的例子中,在将设想的最大的冲压次数假设为16次的情况下,在冲压次数为10次时,第11~16次的数据作为0而成为圆度预测模型的输入。此时,作为压弯工序中的操作实际数据,冲压次数、冲压压下位置和冲压压下量是为了控制压弯装置而需要的信息,因此能够使用由上位计算机设定的设定值。但是,在具备对冲头的压下位置和压下量进行测定的测量装置的情况下,也可以将其测定结果作为操作实际数据。

[0116] <接缝间隙减小工序的操作参数>

[0117] 在本实施方式中,将接缝间隙减小工序的操作参数用于圆度预测模型的输入。作为接缝间隙减小工序,在使用O形冲压装置的情况下,可以使用O形冲压压下量、O形冲压压下位置和O形冲压模具R。另一方面,在使用闭合冲压法的情况下,使用上述各步骤中的闭合冲压压下位置和闭合冲压压贴力。特别是使用O形冲压装置的情况下,优选使用O形冲压压下量。这是因为,当增大O形冲压压下量时,从上模具受到约束/按压力的点与被下模具约束的点之间的区域、主要是钢管的3点钟部和9点钟部附近没有约束,弯曲和压缩的变形集中,因此该区域的曲率增加,由此对最终的圆度产生影响。此时,作为接缝间隙减小工序中的操作实际数据,O形冲压压下量、O形冲压压下位置和O形冲压模具R是为了控制O形冲压装置所需要的信息,能够使用由上位计算机设定的设定值。但是,在具备对O形冲压压下量和O形冲压压下位置进行测定的测量装置(激光式测距仪等)的情况下,也可以将其测定结果作为操作实际数据。

[0118] <扩管工序的操作参数>

[0119] 除了上述操作参数之外,在将扩管工序的操作参数用于圆度预测模型的输入的情

况下,也可以将扩管率用作扩管工序的操作参数。扩管率越大,则扩管工序后的钢管的圆度越提升,但从作为钢管产品的压缩屈服强度的观点出发,扩管率的上限值受到限制,因此使用该范围内的值。此时,扩管率是为了控制扩管装置所需要的信息,能够使用由上位计算机设定的设定值。另外,也可以在扩管后利用形状尺寸计等测定装置对整周的平均外径进行测定,并将根据与从加工前的钢板的宽度计算出的外径之间的变化量而计算出的平均扩管率作为操作实际数据。而且,在扩管工序中,在具备扩管率的测量装置的情况下,也可以将其测定结果作为操作实际数据。另外,作为扩管工序的操作参数,除了扩管率以外,也可以使用扩管模具片数、扩管模具直径。

[0120] 〈扩管工序后的圆度的预测方法〉

[0121] 使用了如以上那样生成的圆度预测模型的扩管工序后的钢管的圆度预测方法如下那样使用。即,通过使用该方法,在钢管的制造工序中,能够进行各个工序中的制造条件是否恰当的验证,所述钢管的制造工序包括:压弯工序,通过利用冲头进行的多次按压而加工成U字状截面的成型体;接缝间隙减小工序,使U字状截面的成型体的接缝间隙部减少而形成开口管;焊接工序,将开口管的端部彼此接合;及扩管工序,将端部彼此接合而成的钢管的内径扩大。压弯工序和接缝间隙减小工序的操作条件对扩管工序后的钢管的圆度产生复杂影响,并且上游工序中的钢板的属性信息的偏差产生影响,因此能够定量地评价这些因素对产品的圆度的影响。由此,能够根据作为坯料的钢板的属性信息的偏差的实际情况来预测钢管产品的圆度的偏差,由此能够进行考虑了这样的坯料的偏差的压弯工序和接缝间隙减小工序的操作条件的变更。即,即使坯料的属性信息存在一定的偏差,也能够事先进行压弯工序和接缝间隙减小工序的操作条件的优化,以使钢管产品的圆度收敛于规定的范围内。

[0122] 〈圆度控制方法〉

[0123] 接着,对使用了如上述那样生成的圆度预测模型的扩管工序后的钢管的圆度控制方法进行说明。在要经过大量的工序而制造的钢管的制造工序的中途阶段,使用比当前时间点靠上游侧的工序中的操作实绩和在下游侧的工序中预先设定的操作条件的设定值来预测扩管工序后的钢管的圆度,由此能够判断所预测的钢管的圆度是否收敛于作为产品所允许的圆度。由此,能够根据需要重新设定比当前时间点靠下游侧的工序中的操作条件。将这样的实施方式例示于图11。如图11所示,本实施方式是在钢管的制造工序中,从上位计算机110发送与作为坯料的钢板的属性信息相关的实际数据,并在压弯工序之前进行扩管工序后的钢管的圆度预测的例子。此时,包括作为压弯工序的操作条件而预先设定的设定值、作为接缝间隙减小工序的操作条件而预先设定的设定值、及根据需要作为扩管工序的操作条件而预先设定的设定值在内的各工序的设定值被发送到操作条件重新设定部120。另外,从上位计算机110向操作条件重新设定部120发送所收集到的钢板的属性信息的实际数据和作为扩管工序后的钢管的目标圆度而预先设定的圆度目标值。

[0124] 根据这些信息,在线使用圆度预测模型M来预测扩管工序后的钢管的圆度。然后,将预测出的圆度(圆度预测值)与作为目标的圆度(圆度目标值)进行比较,在预测出的圆度小于圆度目标值的情况下,以不变更压弯工序、接缝间隙减小工序和扩管工序的操作条件的设定值的方式来制造钢管。另一方面,在预测出的圆度大于圆度目标值的情况下,重新设定压弯工序的操作条件。具体而言,重新设定成使压弯工序的冲压次数增加一次或两次以

- [0180] 33a 成型面
- [0181] 34 下模具
- [0182] 34a 按压面
- [0183] 36 液压缸
- [0184] 37 夹紧机构
- [0185] 100 圆度预测模型生成部
- [0186] 100a 数据库
- [0187] 100b 机器学习部
- [0188] 110 上位计算机
- [0189] 120 操作条件重新设定部
- [0190] 160 钢管的圆度预测装置
- [0191] 161 操作参数取得部
- [0192] 162 存储部
- [0193] 163 圆度预测部
- [0194] 164 输出部
- [0195] 165 输入部
- [0196] 166 显示部
- [0197] G 接缝间隙部
- [0198] M 圆度预测模型
- [0199] P 钢管
- [0200] R1、R2 区域
- [0201] S 钢板
- [0202] S₁ 成型体
- [0203] S₂ 开口管

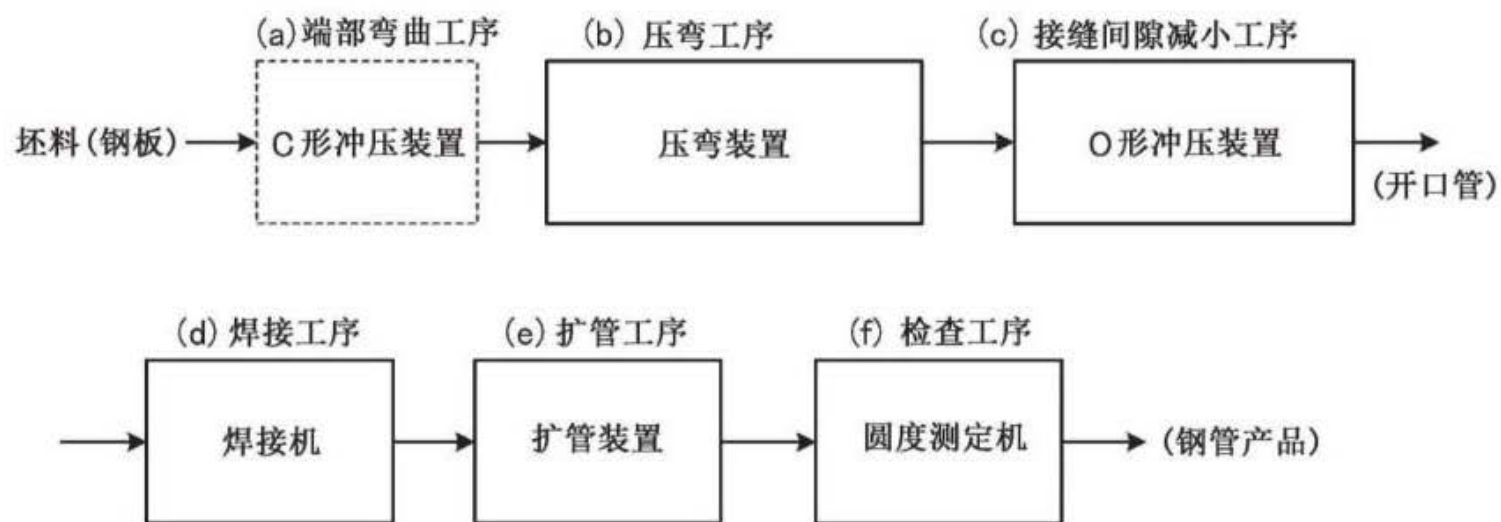


图1

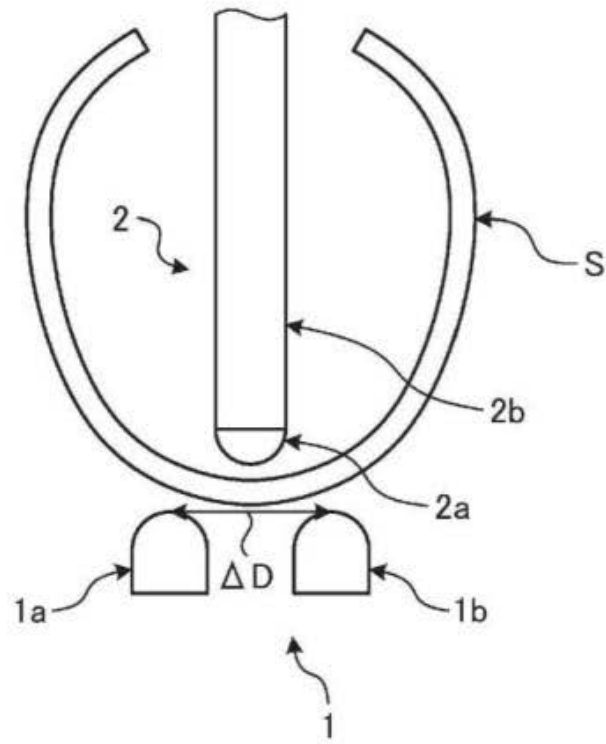


图2

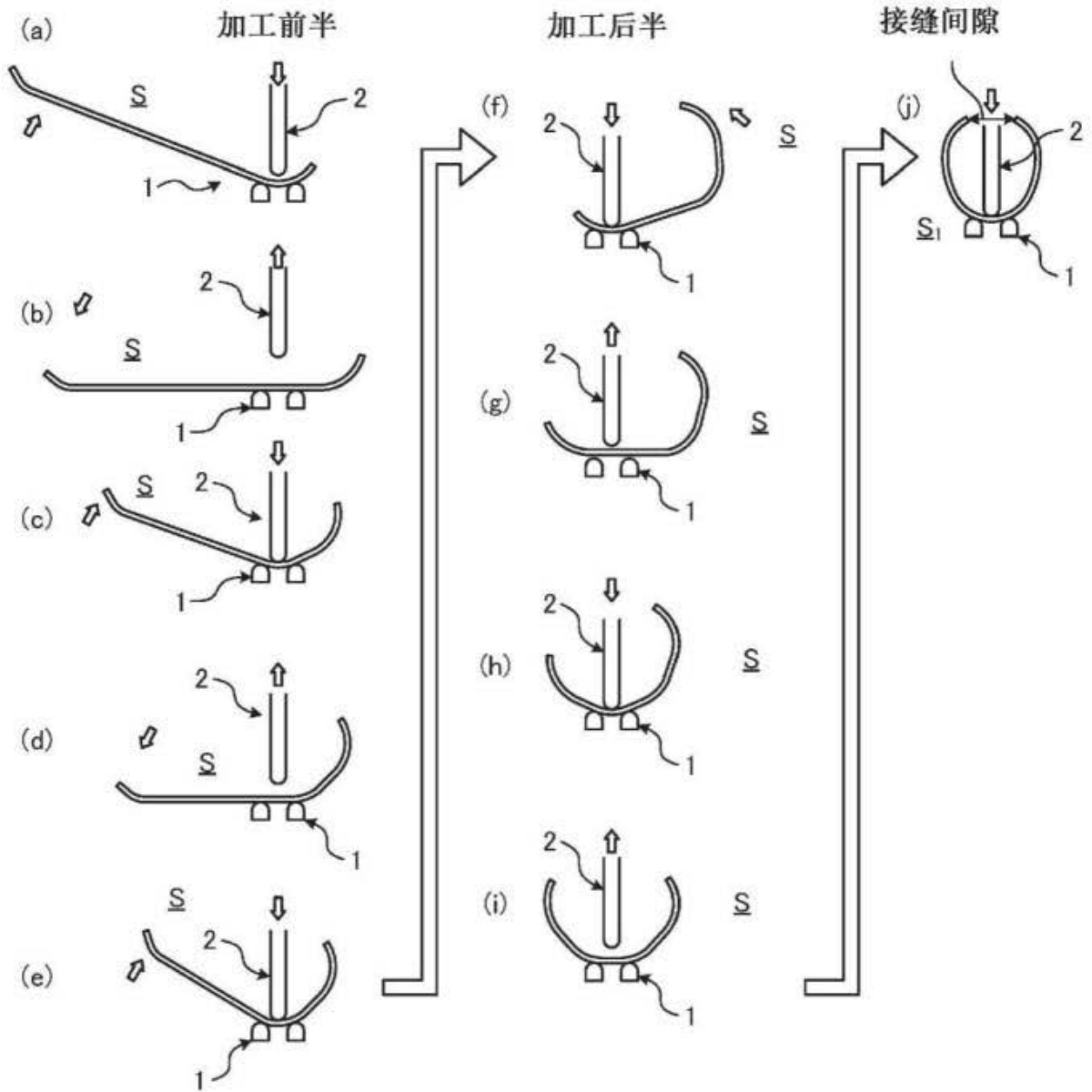


图3

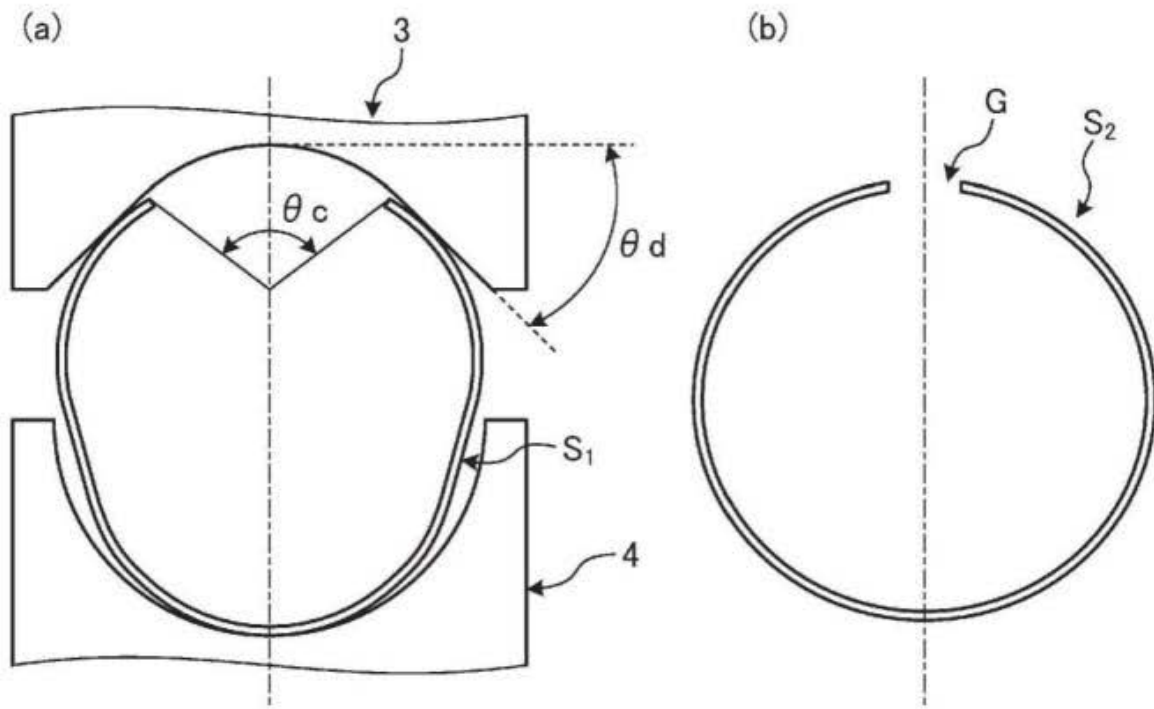


图4

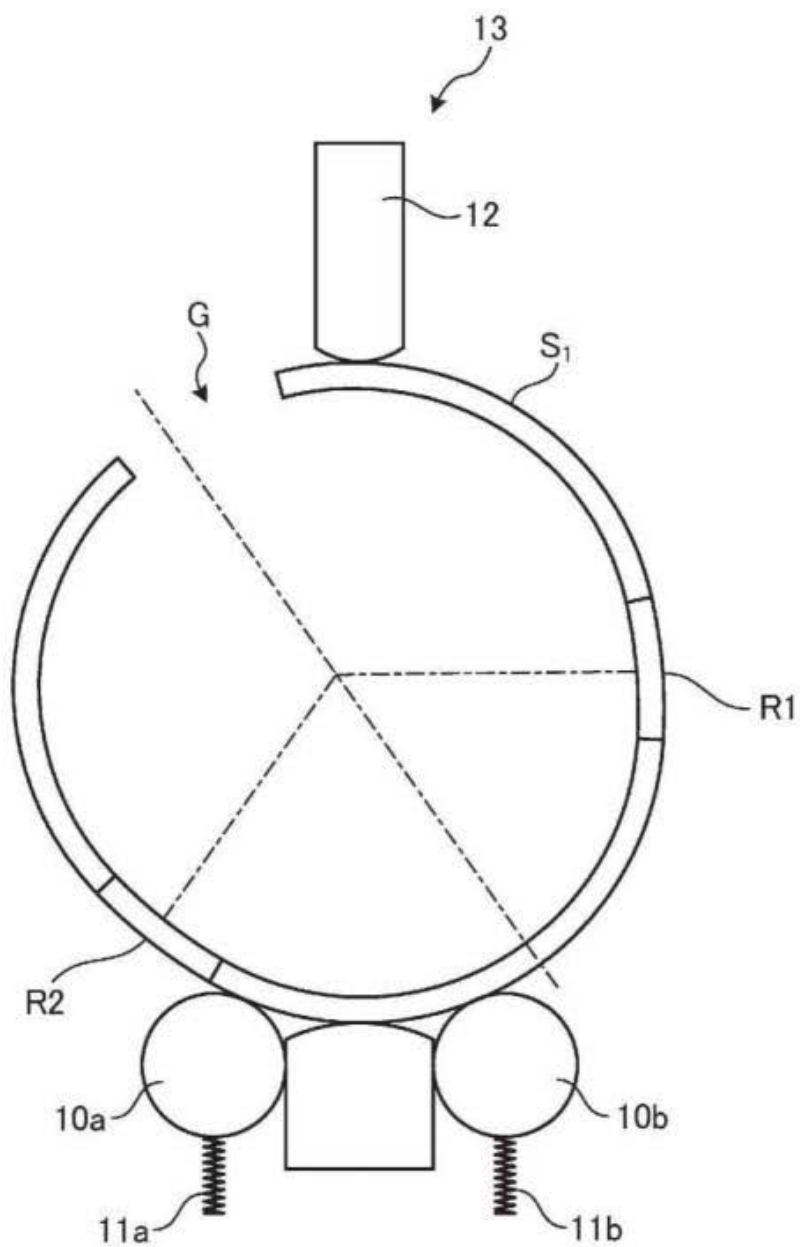


图5

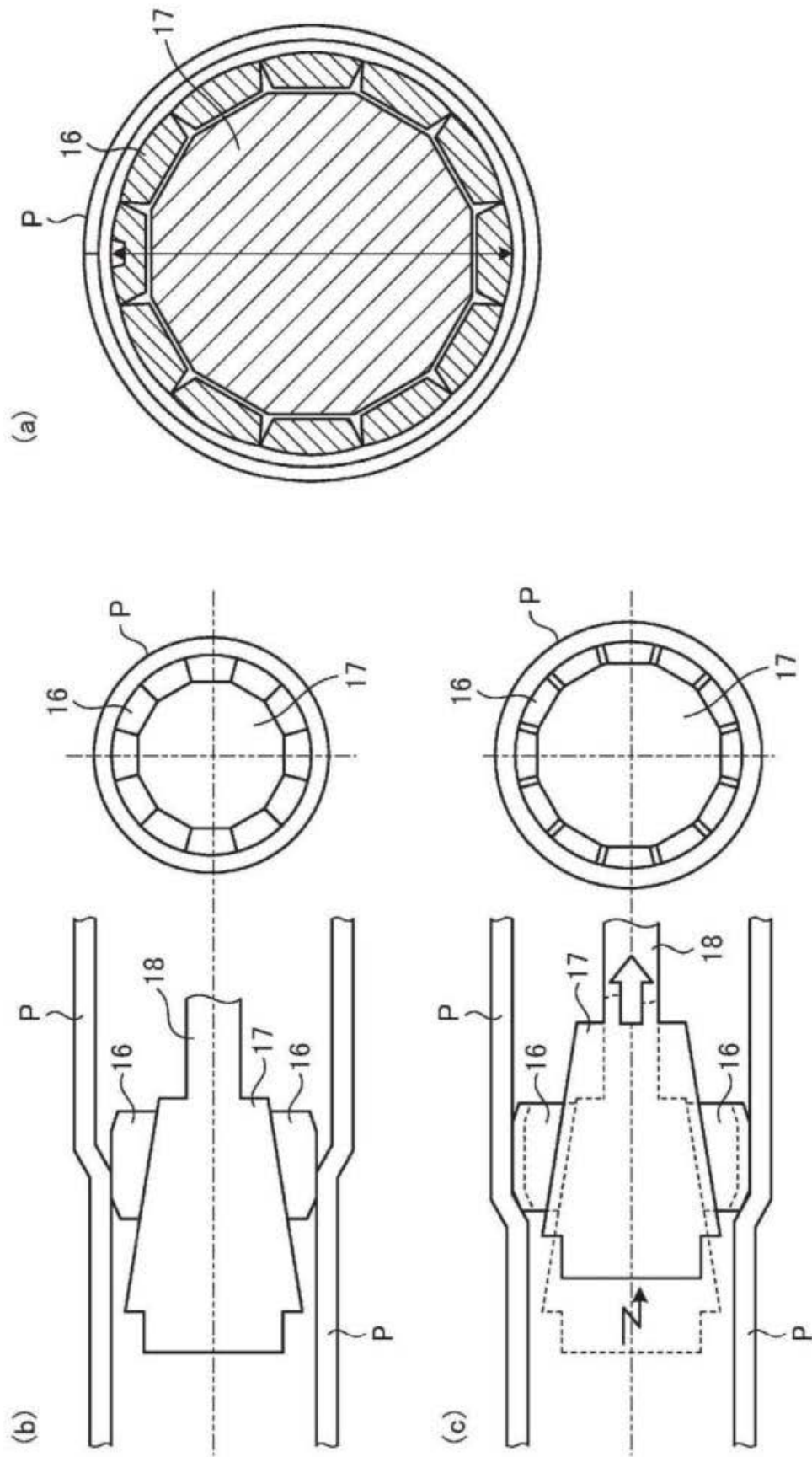


图6

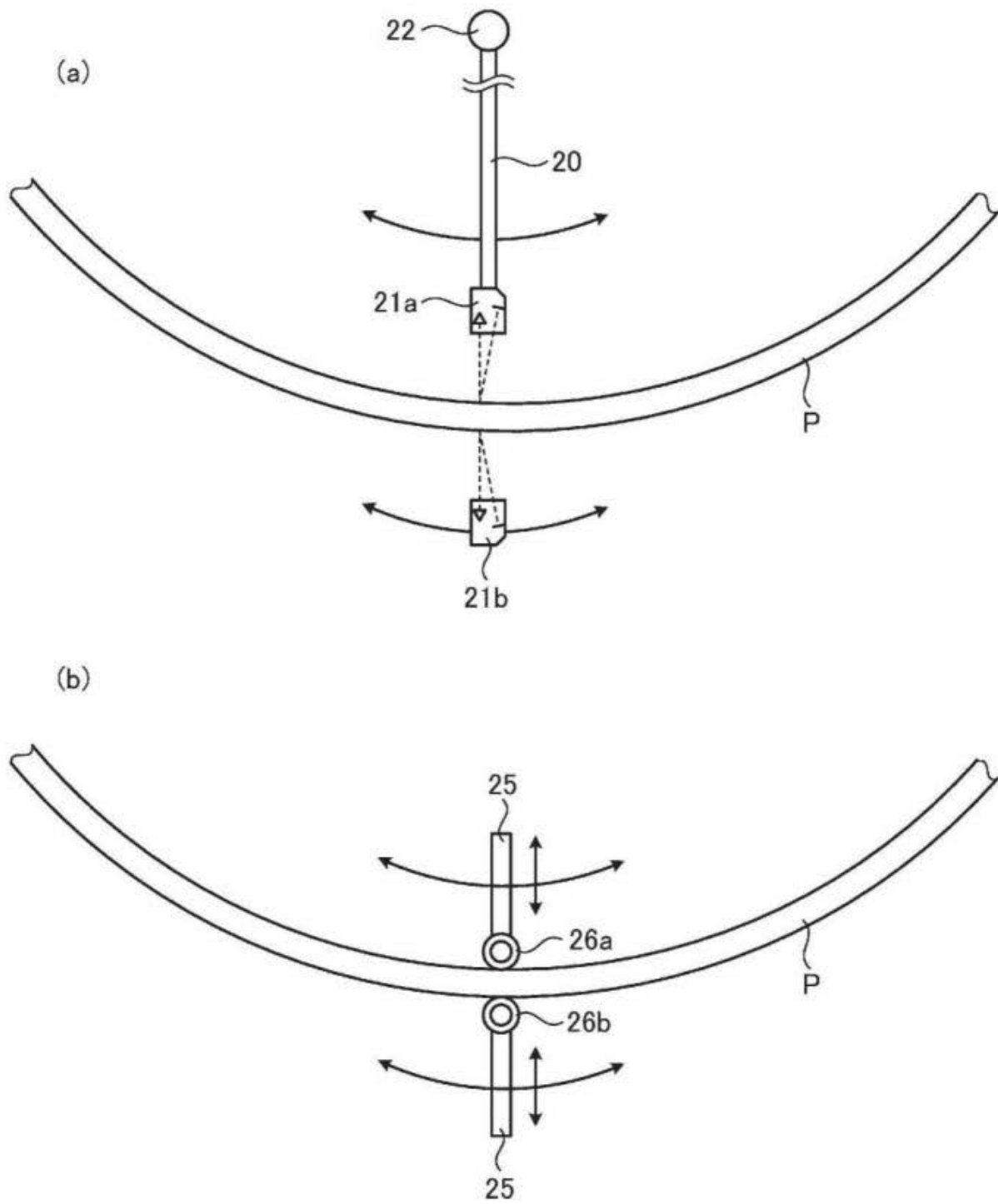


图7

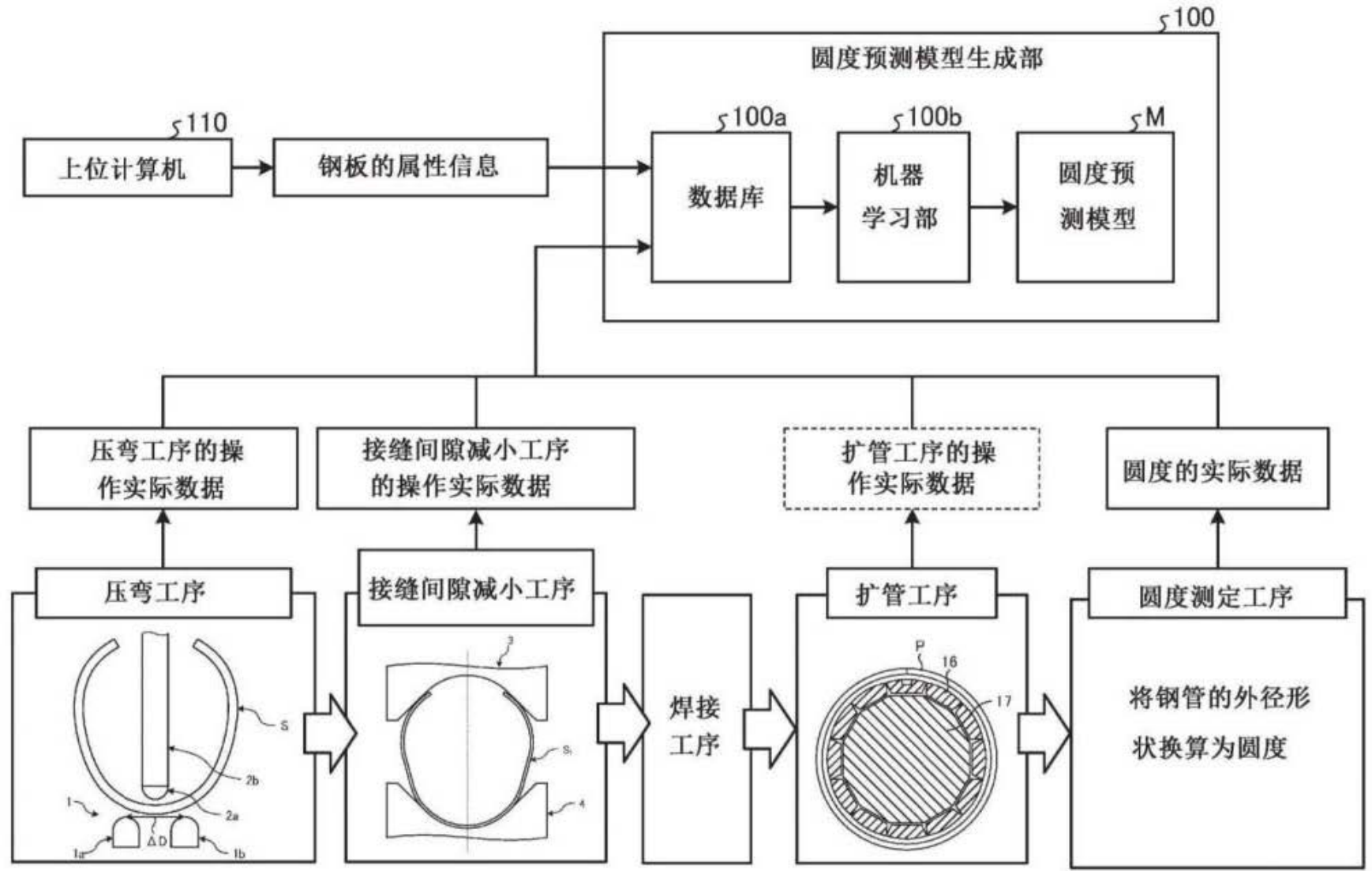


图 8

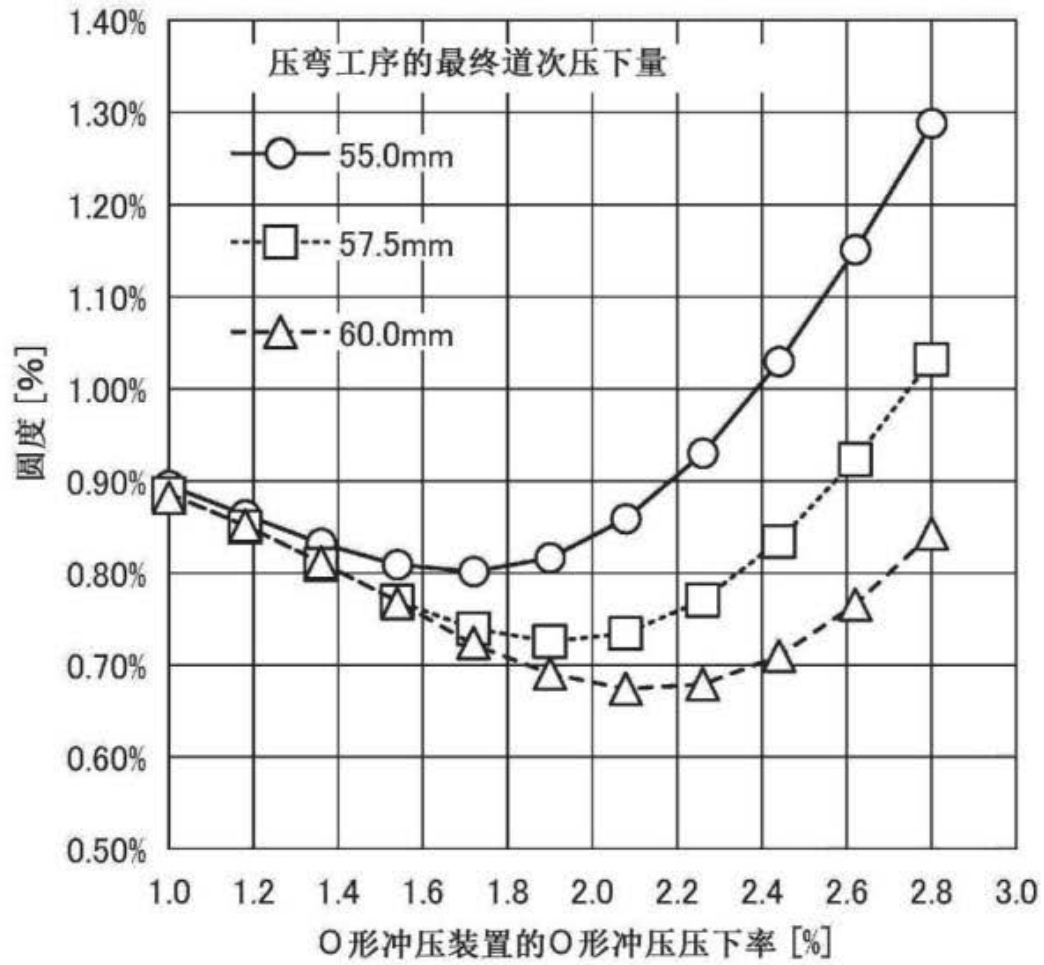


图9

(a) 冲压次数=16			(b) 冲压次数=10		
压下次数	冲压压下位置	冲压压下量	压下次数	冲压压下位置	冲压压下量
1	200	10	1	200	10
2	250	10	2	300	10
3	300	20	3	400	20
4	350	15	4	500	15
5	400	30	5	600	30
6	500	50	6	700	50
7	600	50	7	800	50
8	700	50	8	900	50
9	750	30	9	1000	30
10	800	20	10	1100	20
11	850	20	11	0	0
12	900	15	12	0	0
13	950	30	13	0	0
14	1000	50	14	0	0
15	1050	50	15	0	0
16	1100	20	16	0	0

图10

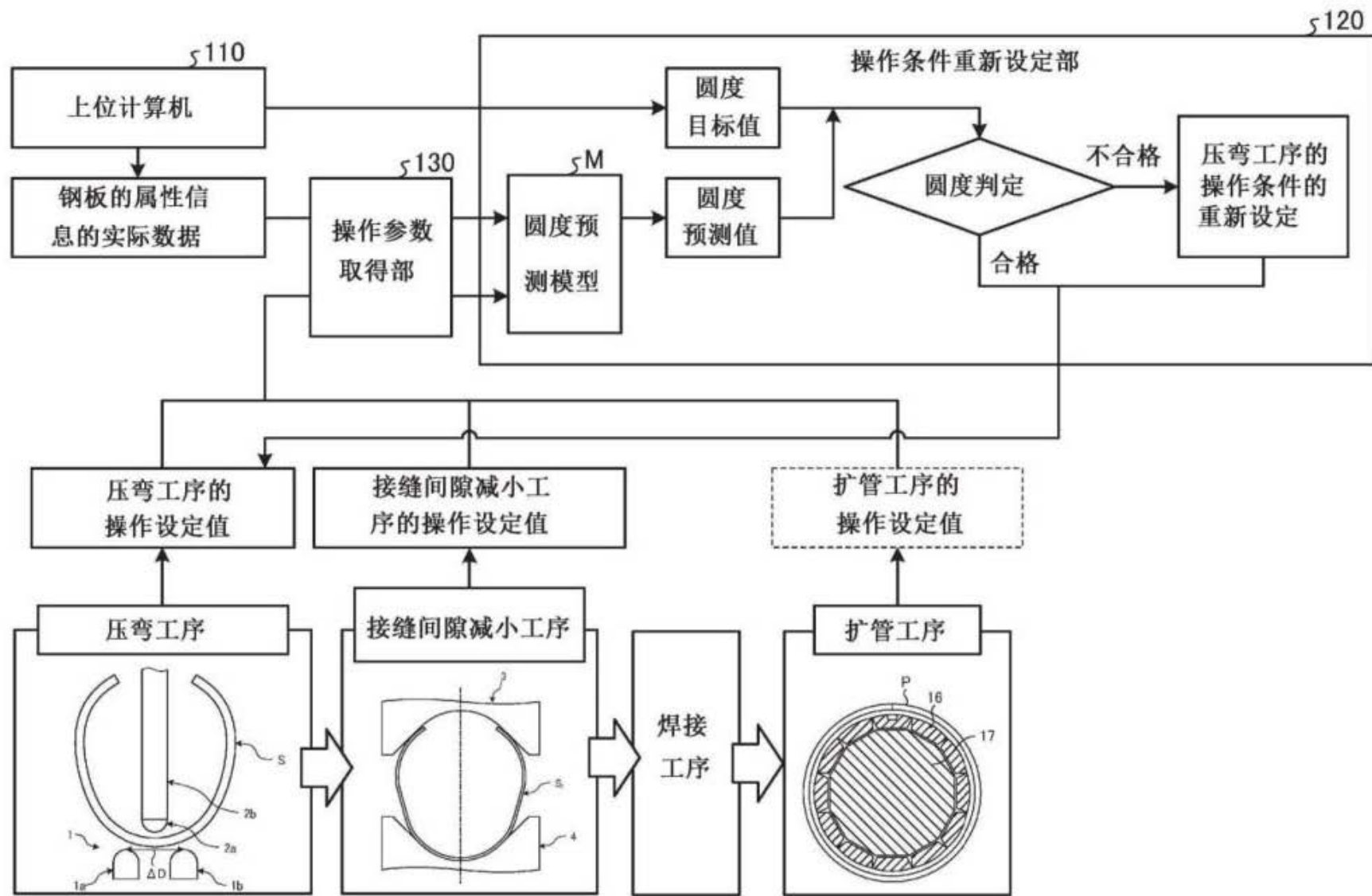


图11

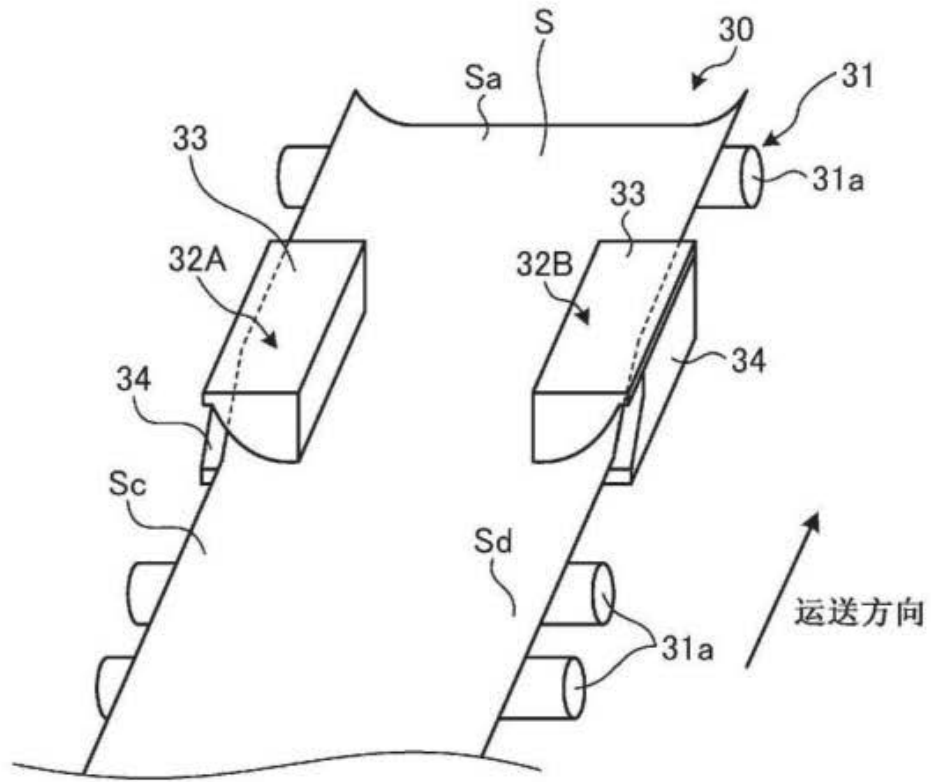


图12

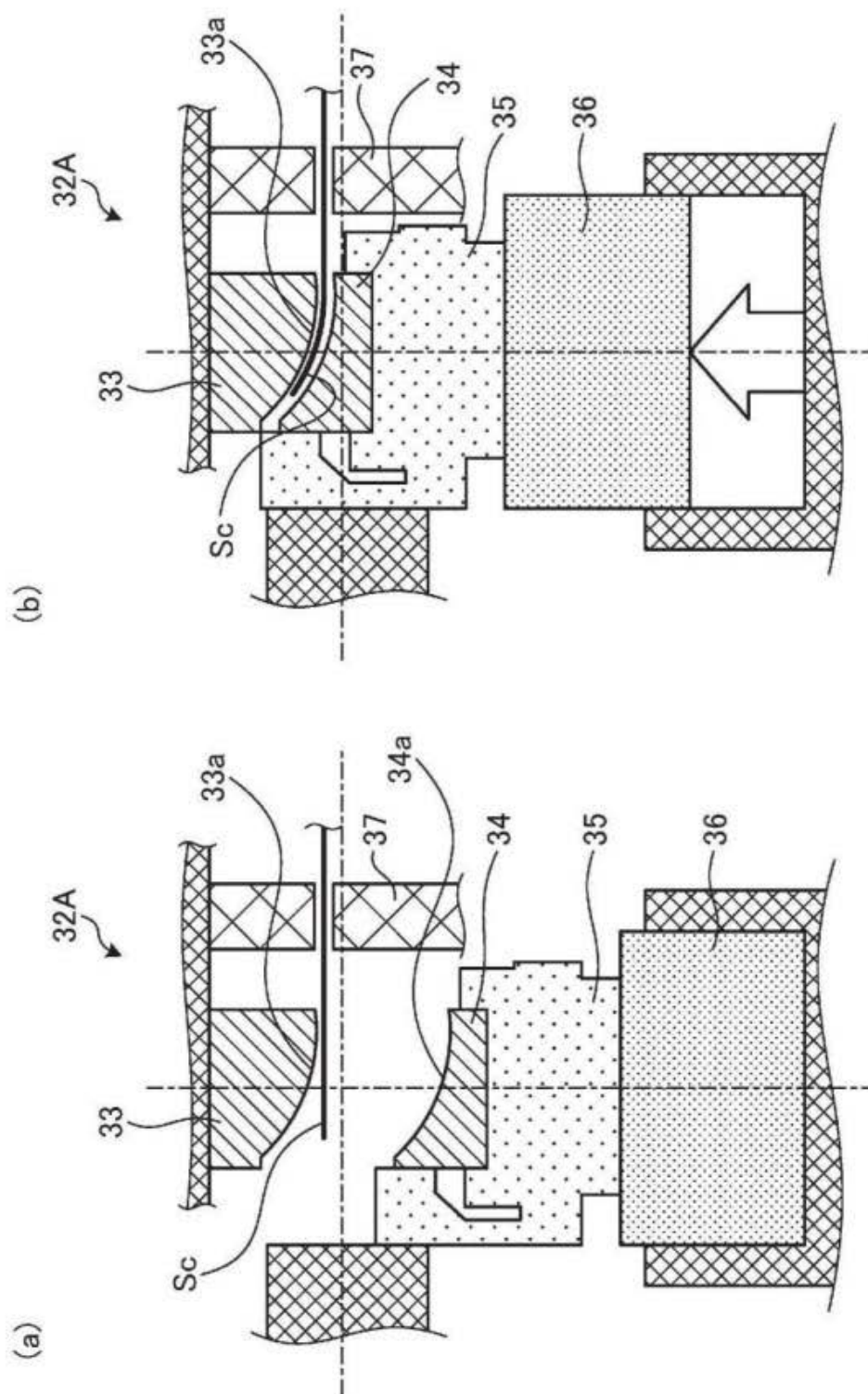


图13

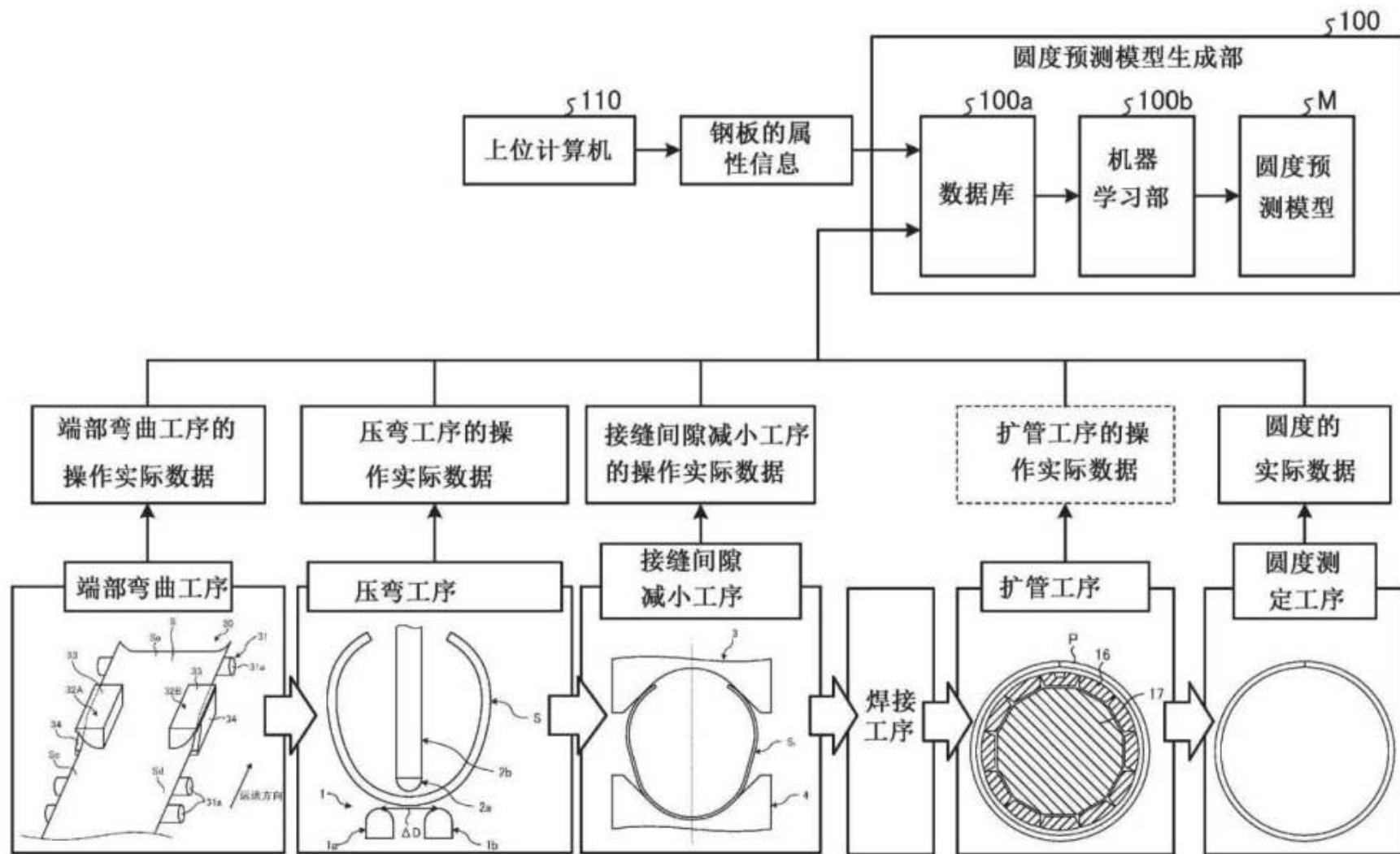


图14

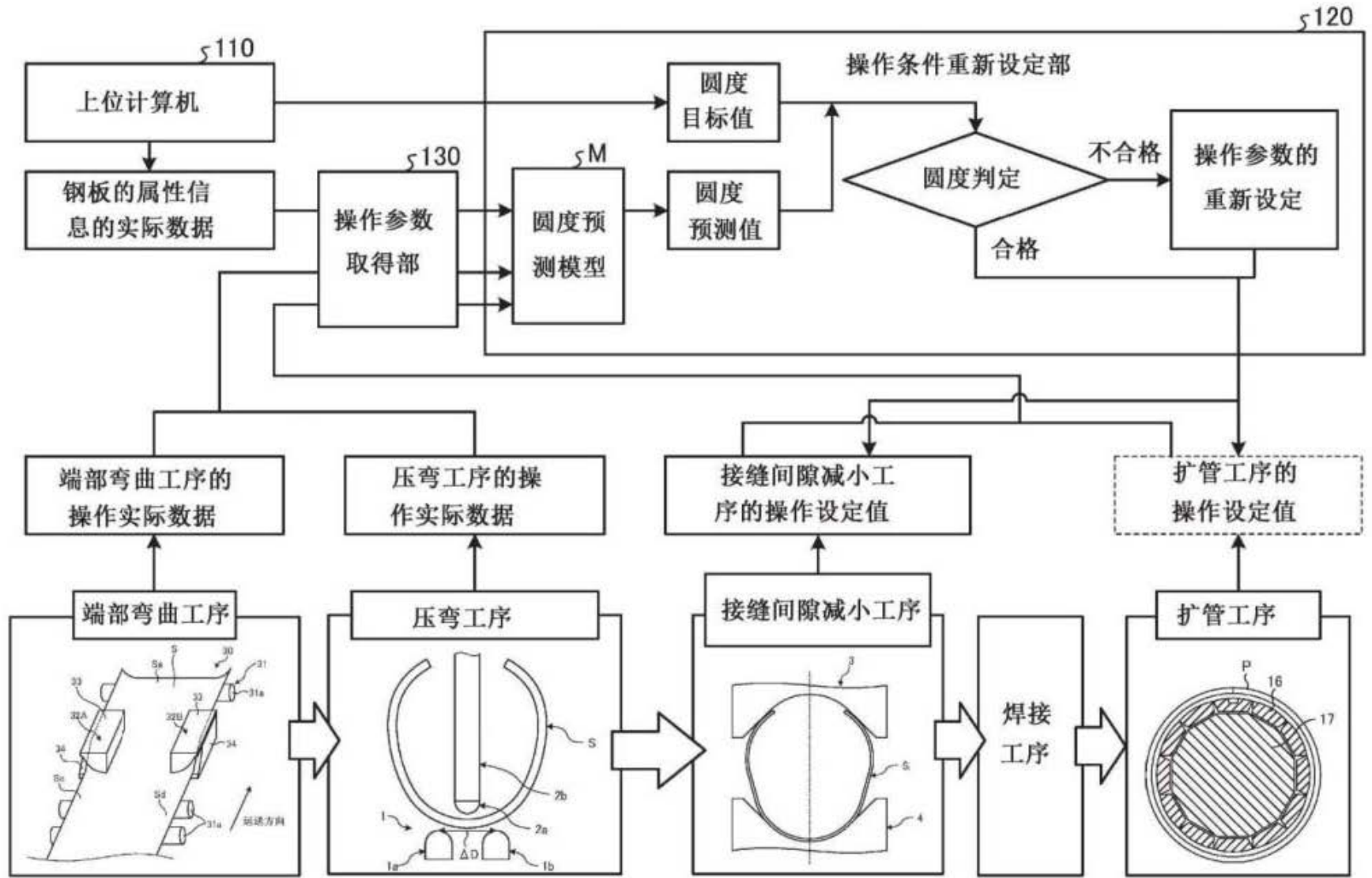


图15

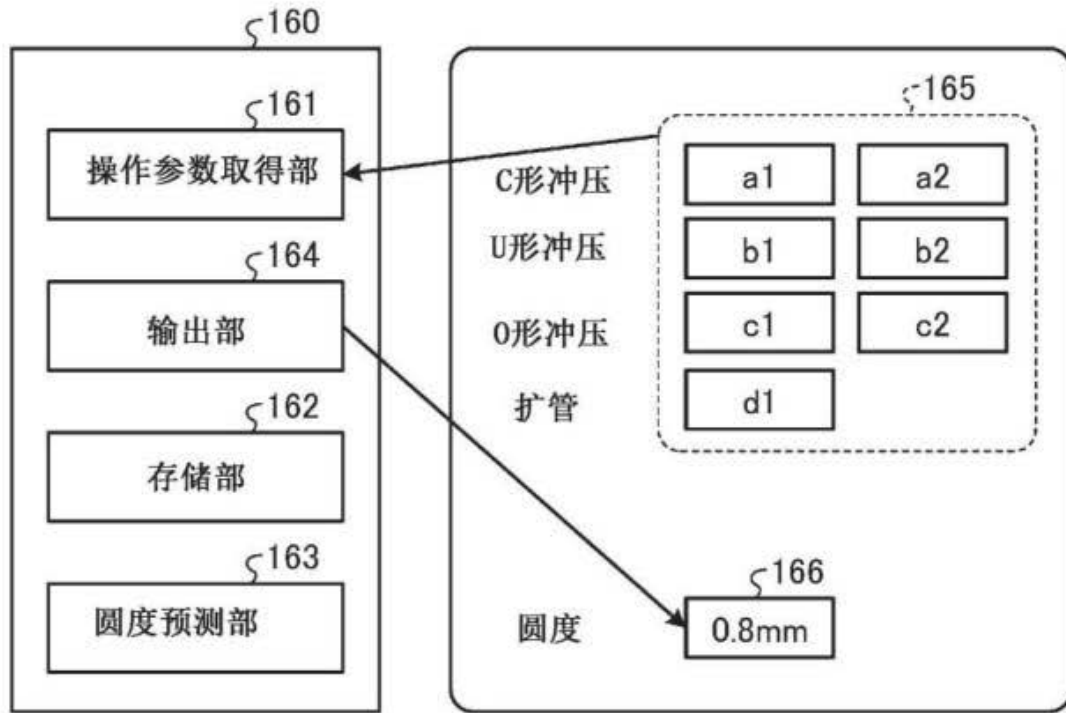


图16