



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117881495 A

(43) 申请公布日 2024. 04. 12

(21) 申请号 202180101412.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2021.06.22

B22C 9/24 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2024.02.06

B22D 17/22 (2006.01)

B22C 9/06 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2021/023560 2021.06.22

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02022/269747 JA 2022.12.29

(71) 申请人 株式会社 尼康  
地址 日本东京都

(72) 发明人 一之濑刚

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127  
专利代理师 于靖帅 杨俊波

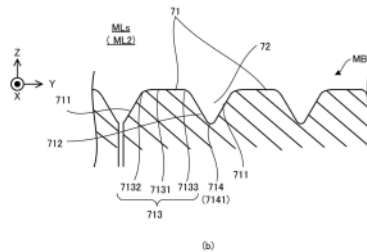
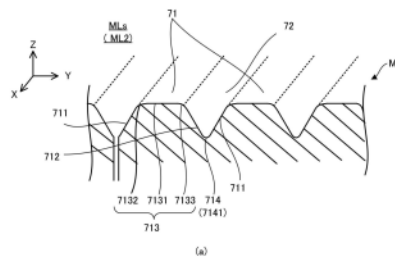
权利要求书3页 说明书43页 附图23页

## (54) 发明名称

模具和叶片部件

## (57) 摘要

本发明提供用于对成型品进行成型的模具，该模具具有供材料接触的成型面，在成型面上形成有多个凸状构造体，多个凸状构造体中的第1凸状构造体的角部与多个凸状构造体中的相邻的第1和第2凸状构造体的边界部中的至少一方包含曲面，在角部和边界部中的至少一方所包含的曲面的曲率半径为R、凸状构造体的间距为P、并且凸状构造体的高度为H的情况下，满足“ $1\ \mu\text{m} < R < 4\ \mu\text{m}$ ”的条件，并满足“ $5\ \mu\text{m} < P < 200\ \mu\text{m}$ ”的条件和“ $2.5\ \mu\text{m} < H < 100\ \mu\text{m}$ ”的条件中的至少一方。



1. 一种模具,该模具用于利用能够熔融的材料注射成型出注射成型品,该注射成型品具有设置在流体中的叶片,其中,

该模具具有供所述材料接触的成型面,

在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

所述多个凸状构造体中的第1凸状构造体的角部与所述多个凸状构造体中的沿着所述第3方向相邻的所述第1凸状构造体和第2凸状构造体的边界部中的至少一方包含曲面,

在所述角部与所述边界部中的至少一方所包含的曲面的曲率半径为R、所述多个凸状构造体的间距为P、并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的从所述边界部起的高度为H的情况下,满足“ $1\text{微米} < R < 4\text{微米}$ ”的第1条件,并且满足“ $5\text{微米} < P < 200\text{微米}$ ”的第2条件和“ $2.5\text{微米} < H < 100\text{微米}$ ”的第3条件中的至少一方。

2. 根据权利要求1所述的模具,其中,

所述注射成型品包含通过所述多个凸状构造体而成型的凸肋构造面,  
所述凸肋构造面能够降低相对于所述流体的阻力。

3. 根据权利要求1或2所述的模具,其中,

该模具还满足“ $2\text{微米} < R < 3\text{微米}$ ”的第4条件。

4. 根据权利要求1至3中的任意一项所述的模具,其中,

所述注射成型品是用于风扇、叶轮、螺旋桨、涡轮或泵的部件。

5. 根据权利要求1至4中的任意一项所述的模具,其中,

所述第1凸状构造体具有彼此朝向相反侧的一对第1侧面,  
所述角部经由所述一对第1侧面的端部而连接所述一对第1侧面。

6. 根据权利要求1至5中的任意一项所述的模具,其中,

所述第1凸状构造体具有与第2凸状构造体对置的第2侧面,  
所述第2凸状构造体具有与所述第1凸状构造体对置的第3侧面,

所述边界部经由所述第2侧面的端部和所述第3侧面的端部而连接所述第2侧面和所述第3侧面。

7. 根据权利要求1至6中的任意一项所述的模具,其中,

所述多个凸状构造体以沿着所述成型面排列的方式形成。

8. 根据权利要求7所述的模具,其中,

所述成型面包含:

第1区域,其形成有所述多个凸状构造体;

第2区域,其未形成有所述多个凸状构造体;以及

第3区域,其沿着所述第1方向位于所述第1区域与所述第2区域之间,并且形成有分别与所述多个凸状构造体连接的多个其他凸状构造体,

所述多个其他凸状构造体从所述第1区域朝向所述第2区域延伸,

随着所述多个其他凸状构造体中的至少一个接近所述第2区域,所述多个其他凸状构造体中的至少一个的高度变低。

9. 根据权利要求7或8所述的模具,其中,

所述成型面包含：

第1区域,其形成有所述多个凸状构造体；

第4区域,其未形成有所述多个凸状构造体；以及

第5区域,其沿着所述第3方向位于所述第1区域与所述第4区域之间，

所述第5区域的表面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度大于所述多个凸状构造体的侧面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度。

10. 根据权利要求7至9中的任意一项所述的模具,其中，

所述成型面的第1部分的所述曲面的曲率半径和所述成型面的与所述第1部分不同的第2部分的所述曲面的曲率半径不同。

11. 根据权利要求10所述的模具,其中，

在所述第1部分的所述凸状构造体的形成密度比所述第2部分的所述凸状构造体的形成密度高的情况下,所述第1部分的所述曲面的曲率半径大于所述第2部分的所述曲面的曲率半径。

12. 根据权利要求10或11所述的模具,其中，

在进行所述注射成型的期间中的所述第1部分的温度比所述第2部分的温度低的情况下,所述第1部分的所述曲面的曲率半径大于所述第2部分的所述曲面的曲率半径。

13. 根据权利要求1至12中的任意一项所述的模具,其中，

所述多个凸状构造体中的至少一个的高度为所述多个凸状构造体的间距以下。

14. 根据权利要求1至13中的任意一项所述的模具,其中，

所述多个凸状构造体中的至少一个的高度为所述多个凸状构造体的间距的一半以下。

15. 根据权利要求1至14中的任意一项所述的模具,其中，

所述多个凸状构造体沿着所述第3方向规则地排列。

16. 根据权利要求1至15中的任意一项所述的模具,其中，

所述多个凸状构造体是多个第4凸状构造体，

在作为所述注射成型品的表面的构造面上形成有以沿着第6方向排列的方式形成有多个第5凸状构造体的凸肋构造,该第5凸状构造体沿着第5方向延伸并且从所述构造面突出,该第5方向沿着所述构造面,该第6方向沿着所述构造面并且与所述第5方向交叉，

沿着所述第1方向延伸的槽以沿着所述第3方向排列多个的方式形成在所述多个第4凸状构造体之间，

通过流入到所述多个槽的熔融材料,分别形成所述多个第5凸状构造体。

17. 根据权利要求1至16中的任意一项所述的模具,其中，

从该模具拔出所述叶片的方向是基于所述多个凸状构造体所延伸的方向的方向。

18. 根据权利要求1至17中的任意一项所述的模具,其中，

从该模具拔出所述叶片的方向是基于对所述多个凸状构造体所延伸的方向进行平均而得到的方向的方向。

19. 一种叶片部件,其中，

该叶片部件以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉，

该叶片部件包含：

第1区域,其形成有所述多个凸状构造体；

第2区域,其未形成有所述多个凸状构造体；以及

第3区域,其沿着所述第1方向位于所述第1区域与所述第2区域之间,并且形成有分别与所述多个凸状构造体连接的多个其他凸状构造体,

所述多个其他凸状构造体从所述第1区域朝向所述第2区域延伸,

所述多个其他凸状构造体中的至少一个的高度随着接近所述第2区域而变低,

在所述多个凸状构造体的间距为P、并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的高度为H的情况下,满足“5微米<P<200微米”的第1条件和“2.5微米<H<100微米”的第2条件中的至少一方。

20. 一种叶片部件,其中,

该叶片部件以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

该叶片部件包含：

第1区域,其形成有所述多个凸状构造体；

第4区域,其未形成有所述多个凸状构造体；以及

第5区域,其沿着所述第3方向位于所述第1区域与所述第4区域之间,

所述第5区域的表面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度大于所述多个凸状构造体的侧面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度,

在所述多个凸状构造体的间距为P、并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的高度为H的情况下,满足“5微米<P<200微米”的第1条件和“2.5微米<H<100微米”的第2条件中的至少一方。

21. 根据权利要求19或20所述的叶片部件,其中,

所述叶片部件是风扇、叶轮、螺旋桨、涡轮或泵的至少一部分。

22. 根据权利要求21所述的叶片部件,其中,

所述叶片部件是风扇、叶轮、螺旋桨、涡轮或泵的至少一部分的部件。

## 模具和叶片部件

### 技术领域

[0001] 本发明涉及例如用于对成型品进行成型的模具以及动叶或静叶等叶片部件的技术领域。

### 背景技术

[0002] 作为在表面形成有凹凸的物体的一例,专利文献1记载了具有在表面形成有凸肋的机体等的航空器。在这种情况下,要求适当地制造在表面形成有凹凸的物体。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:美国专利申请公开第2017/0144255号说明书

### 发明内容

[0006] 根据第1方式,提供一种模具,该模具用于利用能够熔融的材料对注射成型品进行注射成型,该注射成型品具有设置在流体中的叶片,其中,该模具具有供所述材料接触的成型面,在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,所述多个凸状构造体中的第1凸状构造体的角部以及所述多个凸状构造体中的沿着所述第3方向相邻的所述第1凸状构造体和第2凸状构造体的边界部中的至少一方包含曲面,在所述角部和所述边界部中的至少一方所包含的曲面的曲率半径为R,所述多个凸状构造体的间距为P,并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的从所述边界部起的高度为H的情况下,满足“ $1\text{微米} < R < 4\text{微米}$ ”的第1条件,并且满足“ $5\text{微米} < P < 200\text{微米}$ ”的第2条件和“ $2.5\text{微米} < H < 100\text{微米}$ ”的第3条件中的至少一方。

[0007] 根据第2方式,提供一种叶片部件,其中,在该叶片部件中,以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体,该凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,该叶片部件包含:第1区域,其形成有所述多个凸状构造体;第2区域,其未形成有所述多个凸状构造体;以及第3区域,其沿着所述第1方向位于所述第1区域与所述第2区域之间,并且形成有分别与所述多个凸状构造体连接的多个其他凸状构造体,所述多个其他凸状构造体从所述第1区域朝向所述第2区域延伸,所述多个其他凸状构造体中的至少一个的高度随着接近所述第2区域而变低,在所述多个凸状构造体的间距为P,并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的高度为H的情况下,满足“ $5\text{微米} < P < 200\text{微米}$ ”的第1条件和“ $2.5\text{微米} < H < 100\text{微米}$ ”的第2条件中的至少一方。

[0008] 根据第3方式,提供一种叶片部件,其中,在该叶片部件中,以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体,该凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,该叶片部件包含:第1区域,其形成有所述多个凸状构造体;第4区域,其未形成有所述多个凸状构造体;以及第5区域,其沿

着所述第3方向位于所述第1区域与所述第4区域之间,所述第5区域的表面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度大于所述多个凸状构造体的侧面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度,在所述多个凸状构造体的间距为P,并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的高度为H的情况下,满足“5微米<P<200微米”的第1条件和“2.5微米<H<100微米”的第2条件中的至少一方。

### 附图说明

[0009] 图1是示意性地示出本实施方式的加工系统的整体结构的剖视图。

[0010] 图2是示出本实施方式的加工系统的系统结构的系统结构图。

[0011] 图3是示出涡轮的外观的立体图。

[0012] 图4是示出涡轮动叶的外观的立体图。

[0013] 图5示出涡轮动叶的构造。

[0014] 图6的(a)是示出凸肋构造的立体图,图6的(b)是示出凸肋构造的剖视图(图6的(a)的VI-VI'线剖视图),图6的(c)是示出凸肋构造的俯视图。

[0015] 图7是示出涡轮动叶的剖视图。

[0016] 图8是示出用于制造图7所示的涡轮动叶的模具的剖视图。

[0017] 图9的(a)是示出形成于模具的成型构造的立体图,图9的(b)是示出形成于模具的成型构造的剖视图。

[0018] 图10是示出凸肋构造与成型构造的关系的剖视图。

[0019] 图11的(a)是示出角部和边界部中的至少一方包含曲面的成型构造的立体图,图11的(b)是示出角部和边界部中的至少一方包含曲面的成型构造的剖视图。

[0020] 图12的(a)是示出使用图11的(a)和图11的(b)所示的成型构造而形成的凸肋构造的立体图,图12的(b)是示出使用图11的(a)和图11的(b)所示的成型构造而形成的凸肋构造的剖视图。

[0021] 图13的(a)是示出第1终端构造的立体图,图13的(b)是示出第1终端构造的剖视图(图13的(a)的A-A'线剖视图)。

[0022] 图14的(a)是示出使用形成有图13的(a)和图13的(b)所示的第1终端构造的模具来制造的涡轮动叶的一部分的立体图,图14的(b)是示出使用形成有图13的(a)和图13的(b)所示的第1终端构造的模具来制造的涡轮动叶的一部分的剖视图(图14的(a)的B-B'线剖视图)。

[0023] 图15的(a)是示出第2终端构造的立体图,图15的(b)是示出第2终端构造的剖视图。

[0024] 图16的(a)是示出使用形成有图15的(a)和图15的(b)所示的第2终端构造的模具来制造的涡轮动叶的一部分的立体图,图16的(b)是示出使用形成有图15的(a)和图15的(b)所示的第2终端构造的模具来制造的涡轮动叶的一部分的剖视图。

[0025] 图17是示出设计装置的构造的框图。

[0026] 图18是示出设计装置所进行的设计动作的流程的流程图。

[0027] 图19示出设计GUI。

[0028] 图20示出设计GUI所包含的输入画面。

- [0029] 图21示出用于根据设计信息来计算凸肋构造的特性的数据库。
- [0030] 图22示出设计GUI所包含的输出画面。
- [0031] 图23是示出第1变形例中的加工系统所具有的加工光学系统的结构的框图。
- [0032] 图24是示出照射于涡轮动叶的多个加工光的俯视图。
- [0033] 图25是示出照射于涡轮动叶的多个加工光的俯视图。
- [0034] 图26是示出照射于涡轮动叶的多个加工光的俯视图。
- [0035] 图27是示出照射于涡轮动叶的多个加工光的俯视图。
- [0036] 图28示意性地示出进行后加工的加工系统。
- [0037] 图29是示出第2变形例中的加工系统的结构的框图。
- [0038] 图30是示出凸肋构造的变形例的剖视图。

### 具体实施方式

[0039] 以下,参照附图对模具、成型品、叶片部件、元件以及制造方式的实施方式进行说明。以下,使用加工系统SYS对模具、成型品、叶片部件、元件以及制造方式的实施方式进行说明,该加工系统SYS进行使用了加工光EL的加工处理。但是,本发明并不限定于以下说明的实施方式。

[0040] 另外,在以下的说明中,使用由彼此正交的X轴、Y轴以及Z轴定义的XYZ正交坐标系,对构成加工系统SYS的各种构成要素的位置关系进行说明。另外,在以下的说明中,为了便于说明,设为X轴方向和Y轴方向分别为水平方向(即,水平面内的规定方向),Z轴方向为铅垂方向(即,与水平面正交的方向,实质上为上下方向)。另外,将绕X轴、Y轴以及Z轴的旋转方向(换句话说,倾斜方向)分别称为 $\theta_X$ 方向、 $\theta_Y$ 方向以及 $\theta_Z$ 方向。这里,也可以将Z轴方向作为重力方向。另外,也可以将XY平面作为水平方向。

#### [0041] (1) 加工系统SYS的构造

[0042] 首先,参照图1和图2,对本实施方式的加工系统SYS的构造进行说明。图1是示意性地示出本实施方式的加工系统SYS的构造的剖视图。图2是示出本实施方式的加工系统SYS的系统结构的系统结构图。

[0043] 如图1和图2所示,加工系统SYS具有加工装置1、加工光源2以及控制装置3。加工装置1的至少一部分收纳于箱体4的内部空间。箱体4的内部空间可以被氮气等吹扫气体进行吹扫,也可以不被吹扫气体进行吹扫。箱体4的内部空间可以被抽真空,也可以不被抽真空。但是,加工装置1也可以不收纳于箱体4的内部空间。即,加工系统SYS也可以不具有收纳加工装置1的箱体4。

[0044] 加工装置1能够在控制装置3的控制下对作为加工对象物(也可以称为母材)的工件W进行加工。工件W例如可以为金属,也可以为合金(例如,硬铝等),也可以为半导体(例如,硅),也可以为树脂,也可以为CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic:碳纤维增强塑料)等复合材料,也可以为涂料(作为一例,涂布于基材的涂料层),也可以为玻璃,还可以为由除此以外的任意的材料构成的物体。

[0045] 工件W的表面也可以涂布有与工件W不同的材质的膜。在这种情况下,也可以是涂布于工件W的表面的膜的表面是被加工装置1加工的面。在这种情况下,也可以视为加工装置1对工件W进行加工(即,对涂布有膜的工件W进行加工)。

[0046] 为了对工件W进行加工,加工装置1向工件W照射加工光EL。只要能够通过向工件W照射来对工件W进行加工,则加工光EL可以是任何种类的光。在本实施方式中,使用加工光EL是激光的例子来进行说明,但加工光EL也可以是与激光不同的种类的光。此外,只要能够通过向工件W照射来对工件W进行加工,则加工光EL的波长可以是任意的波长。例如,加工光EL可以是可见光,也可以是不可见光(例如,红外光、紫外光以及极紫外光等中的至少一个)。加工光EL也可以包含脉冲光(例如,发光时间为皮秒以下的脉冲光)。或者,加工光EL也可以不包含脉冲光。换句话说,加工光EL也可以是连续光。

[0047] 加工装置1也可以进行通过向工件W照射加工光EL来去除工件W的一部分的去除加工。在本实施方式中,通过进行去除加工,加工装置1在工件W的表面形成之后参照图6进行详细叙述的凸肋构造RB。凸肋构造RB也可以包含能够降低工件W的表面相对于流体的阻力(尤其是,摩擦阻力和紊流摩擦阻力中的至少一方)的构造。因此,凸肋构造RB也可以形成于具有设置在(换句话说,位于)流体中的部件的工件W。另外,这里所说的“流体”是指相对于工件W的表面流动的介质(例如,气体和液体中的至少一方)。例如,在介质自身静止的状况下工件W的表面相对于介质移动的情况下,也可以将该介质称为流体。另外,介质静止的状态也可以指介质相对于规定的基准物(例如,地表面)不移动的状态。

[0048] 在包含这样的能够降低工件W的表面相对于流体的阻力(尤其是,摩擦阻力和紊流摩擦阻力中的至少一方)的构造的凸肋构造RB形成于工件W的情况下,工件W容易相对于流体相对移动。因此,降低了妨碍工件W相对于流体的移动的阻力,因此实现了节能化。即,能够制造对环境友好的工件W。例如,在后述的涡轮动叶BL上形成有凸肋构造RB的情况下,降低了妨碍涡轮动叶BL的移动(典型地,旋转)的阻力,因此实现了使用了涡轮动叶BL的装置(例如,涡轮T)的节能化。即,能够制造对环境友好的涡轮动叶BL(涡轮T)。

[0049] 作为形成有凸肋构造RB的工件W的一例,例举出涡轮动叶BL。在这种情况下,加工装置1也可以通过向涡轮动叶BL进行加工而在涡轮动叶BL的表面形成凸肋构造RB。涡轮动叶BL是用于涡轮T的部件。另外,部件也可以称为元件。涡轮动叶BL是涡轮T的至少一部分。换句话说,涡轮动叶BL是构成设置在流体中的涡轮T的叶片的动叶状的部件。因此,涡轮动叶BL也可以称为叶片部件。

[0050] 图3和图4示出了涡轮T的一例。图3是示出涡轮T的外观的立体图。图4是示出涡轮动叶BL的外观的立体图。如图3和图4所示,涡轮T具有多个涡轮动叶BL。涡轮动叶BL包含柄91和动叶主体92,该动叶主体92与柄91结合并且从柄91向涡轮T的半径方向外侧延伸。柄91和动叶主体92中的至少一方也可以由单一的金属构成。柄91和动叶主体92中的至少一方也可以由多种金属构成。柄91和动叶主体92中的至少一方也可以通过现有的制造方法(例如,使用了铸造、锻造、增材加工、去除加工以及机械加工中的至少一个的制造方法)来制造。柄91和动叶主体92也可以一体地制造。或者,也可以将分别制造出的柄91和动叶主体92通过现有的结合方法(例如,使用了焊接、钎焊以及粘接等中的至少一个的结合方法)来结合。多个涡轮动叶BL分别具有的多个柄91也可以彼此结合。所结合的多个柄91也可以构成能够旋转的转子RT的至少一部分。转子RT和涡轮动叶BL也可以一体地形成。

[0051] 动叶主体92从柄91的平台911向涡轮T的半径方向外侧延伸。平台911包含正压侧平台9111和负压侧平台9112。动叶主体92包含正压面921、朝向正压面921的相反侧的负压面922、与柄91结合的根部923、以及构成根部923的相反侧的端部的前端部924。动叶主体92

还包含前缘面925和后缘面926,该前缘面925位于正压面921与负压面922之间,该后缘面926在前缘面925的相反侧位于正压面921与负压面922之间。正压面921、负压面922、前缘面925以及后缘面926中的至少一个的表面也可以包含曲面。例如,在图4所示的例子中,至少正压面921和负压面922各自的表面包含曲面。

[0052] 涡轮T能够利用供给到涡轮T的流体的流动来旋转。具体而言,向涡轮T供给流体(例如,水、蒸汽、空气以及气体中的至少一个)。供给到涡轮T的流体沿着多个涡轮动叶BL各自的表面流动。因此,涡轮动叶BL在流体中使用。其结果为,流体的动能通过多个涡轮动叶BL而转换为涡轮T的旋转能。作为这样的涡轮T的一例,例举出使用蒸汽作为流体的蒸汽涡轮以及使用气体作为流体的气体涡轮中的至少一方。作为这样的涡轮T的另一例,例举出使用水作为流体的水力涡轮以及使用空气作为流体的浮力涡轮中的至少一方。另外,涡轮T也可以通过其旋转而生成流体的流动。

[0053] 图3和图4所示的涡轮T具有轴流型的涡轮动叶BL。即,图3和图4所示的涡轮T是轴流涡轮。然而,如图5所示,涡轮T也可以是径流式涡轮(即,辐流式涡轮)。在径流式涡轮中,在图5中如箭头F1和F2所示,流体相对于涡轮动叶BL的旋转轴120平行地侵入涡轮动叶BL,并从出口部分160沿与旋转轴120交叉的方向流出。

[0054] 在以下的说明中,为了便于说明,对工件W是涡轮动叶BL的例子进行说明。但是,工件W并不限定于涡轮动叶BL。即,凸肋构造RB也可以形成于与涡轮动叶BL不同的工件W。作为形成有凸肋构造RB的工件W的另一例,例举出相对于介质(例如,流体)相对移动的任意的部件。例如,工件W也可以是涡轮静叶的至少一部分。即,也可以除了涡轮动叶BL还使用涡轮静叶作为工件,或代替涡轮动叶BL来使用涡轮静叶作为工件,该涡轮动叶BL构成叶片部件,也可以被称为动叶片,该涡轮静叶构成叶片部件,也可以被称为静叶片。例如,工件W也可以是涡轮W中的与叶片部件不同的部件(例如,设置在流体中的部件)。即,工件W也可以是用于涡轮W的任意的部件(例如,设置在流体中的部件)。例如,工件W也可以是涡轮T本身(例如,图3至图5所示的涡轮T)或涡轮T的至少一部分。例如,工件W也可以是风扇、叶轮、螺旋桨或泵本身。例如,工件W也可以是风扇、叶轮、螺旋桨或泵的至少一部分。例如,工件W也可以是用于风扇、叶轮、螺旋桨或泵的部件(例如,设置在流体中的部件)。例如,工件W也可以是风扇、叶轮、螺旋桨或泵螺旋桨的至少叶片部件。风扇用于送风机等,是形成气体的流动的部件(典型地,旋转体)。螺旋桨例如是将从包含发动机和马达的至少一方的原动机输出的旋转力转换为包含飞机和船舶等的至少一个的移动体的推进力的部件(典型地,旋转体)。叶轮例如是用于泵的部件,是能够以产生泵送出(或者,吸出)流体的力的方式旋转的叶轮。例如,工件W也可以是配置于叶轮的周围的静止的分离板的至少一部分。例如,工件W也可以是包含飞机和船舶等的至少一个的移动体的箱体(例如,机体或船体)的至少一部分。例如,工件W也可以是飞机等飞行体的翼部分(所谓的翼片)的至少一部分。

[0055] 工件W也可以包含壳体。即,凸肋构造RB也可以形成于壳体的至少一部分。例如,在壳体用于涡轮T的情况下,凸肋构造RB也可以形成于壳体的内壁面的至少一部分,该壳体的内壁面作为面对容纳涡轮动叶BL(即,动叶片)的容纳空间和供流体流动的通路中的至少一个的壁部件发挥功能。例如,在壳体用于泵的情况下,凸肋构造RB也可以形成于壳体的内壁面的至少一部分,该壳体的内壁面作为面对容纳叶轮的容纳空间和供流体流动的通路中的至少一个的壁部件发挥功能。例如,在壳体用于容纳风扇、螺旋桨或泵的情况下,凸肋构造

RB也可以形成于壳体的内壁面的至少一部分,该壳体的内壁面作为面对收纳风扇、螺旋桨或泵的收纳空间和供流体(例如,制冷剂)流动的通路中的至少一个的壁部件发挥功能。

[0056] 工件W也可以是用于风力发电的风车的叶片(即,动叶)。即,凸肋构造RB也可以形成于风车的叶片。尤其是,凸肋构造RB也可以形成于用于得到环境负担较低的清洁能源(或者,自然能源或可再生能源)的风车的叶片。在这种情况下,能够实现能效的提高。

[0057] 或者,加工装置1也可以除了去除加工还进行增材加工,或进行增材加工来代替去除加工,在该增材加工中,通过向工件W照射加工光EL来向工件W附加新的构造物。在这种情况下,加工装置1也可以通过进行增材加工而在工件W的表面形成上述的凸肋构造RB。或者,加工装置1也可以除了去除加工和增材加工中的至少一方还进行机械加工,或进行机械加工来代替去除加工和增材加工中的至少一方,在该机械加工中,通过使工具与工件W接触而对工件W进行加工。在这种情况下,加工装置1也可以通过进行机械加工而在工件W的表面形成上述的凸肋构造RB。

[0058] 加工光EL从生成加工光EL的加工光源2经由未图示的光传播部件(例如,光纤和反射镜中的至少一方)供给到加工装置1。加工装置1向工件W照射从加工光源2供给的加工光EL。

[0059] 为了对工件W进行加工,加工装置1具有加工头11、头驱动系统12、工作台13以及工作台驱动系统14。

[0060] 加工头11向工件W照射来自加工光源2的加工光EL。为了向工件W照射加工光EL,加工头11具有加工光学系统111。加工头11经由加工光学系统111向工件W照射加工光EL。加工光学系统111例如也可以将加工光EL会聚在工件W的表面。加工光学系统111例如也可以控制加工光EL的光学特性。作为加工光EL的光学特性的一例,例举出加工光EL的强度、加工光EL的强度的经时变化、加工光EL的会聚位置、加工光EL相对于工件W的入射角度、加工光EL在与加工光学系统111的光轴交叉的光学面内的形状、加工光EL在该光学面内的强度分布、以及加工光的脉冲数(其中,加工光为脉冲光的情况)的至少一个。

[0061] 头驱动系统12在控制装置3的控制下,使加工头11沿着X轴方向、Y轴方向以及Z轴方向的至少一方移动。另外,头驱动系统12也可以除了使加工头11沿着X轴方向、Y轴方向以及Z轴方向的至少一方移动,还使加工头11沿着 $\theta X$ 方向、 $\theta Y$ 方向以及 $\theta Z$ 方向的至少一方移动,或代替使加工头11沿着X轴方向、Y轴方向以及Z轴方向的至少一方移动,而使加工头11沿着 $\theta X$ 方向、 $\theta Y$ 方向以及 $\theta Z$ 方向的至少一方移动。当加工头11移动时,工作台13(进而,载置于工作台13的工件W)与加工头11的位置关系发生改变。进而,当工作台13和工件W与加工头11的位置关系发生改变时,加工光EL在工件W上的照射位置发生改变。

[0062] 工件W载置在工作台13上。工作台13也可以不保持载置于工作台13的工件W。即,工作台13也可以不对载置于工作台13的工件W施加用于保持该工件W的保持力。或者,工作台13也可以对载置于工作台13的工件W进行保持。即,工作台13也可以对载置于工作台13的工件W施加用于保持该工件W的保持力。例如,工作台13也可以通过对工件W进行真空吸附和/或静电吸附来保持工件W。或者,也可以是用于保持工件W的治具对工件W进行保持,工作台13对保持着工件W的治具进行保持。

[0063] 工作台驱动系统14在控制装置3的控制下使工作台13移动。具体而言,工作台驱动系统14使工作台13相对于加工头11移动。例如,工作台驱动系统14也可以在控制装置3的控

制下使工作台13沿着X轴方向、Y轴方向、Z轴方向、 $\theta X$ 方向、 $\theta Y$ 方向以及 $\theta Z$ 方向的至少一方移动。另外,使工作台13沿着 $\theta X$ 方向、 $\theta Y$ 方向以及 $\theta Z$ 方向的至少一方移动也可以视为等价于使工作台13(进而,载置于工作台13的工件W)的绕X轴、Y轴以及Z轴的至少一个的姿势改变。或者,使工作台13沿着 $\theta X$ 方向、 $\theta Y$ 方向以及 $\theta Z$ 方向的至少一方移动也可以视为等价于使工作台13绕X轴、Y轴以及Z轴的至少一个进行旋转(或旋转移动)。

[0064] 当工作台13移动时,工作台13(进而,载置于工作台13的工件W)与加工头11的位置关系发生改变。进而,工作台13和工件W与加工头11的位置关系发生改变时,加工光EL在工件W上的照射位置发生改变。

[0065] 控制装置3控制加工系统SYS的动作。例如,控制装置3也可以生成用于对工件W进行加工的加工控制信息,并且按照根据所生成的加工控制信息对工件W进行加工的方式,根据加工控制信息来控制加工装置1。即,控制装置3也可以控制工件W的加工。

[0066] 控制装置3例如也可以包含运算装置和存储装置。运算装置例如也可以包含CPU(Central Processing Unit:中央处理单元)和GPU(Graphics Processing Unit:图形处理单元)中的至少一方。控制装置3通过运算装置执行计算机程序,作为控制加工系统SYS的装置的装置发挥功能。该计算机程序是用于使控制装置3(例如,运算装置)进行(即,执行)控制装置3要进行的后述的动作用的计算机程序。即,该计算机程序是用于以使加工系统SYS进行后述的动作用的方式使控制装置3发挥功能的计算机程序。运算装置所执行的计算机程序可以记录在控制装置3所具有的存储装置(即,记录介质),也可以记录在能够内置于控制装置3或外置于控制装置3的任意的存储介质(例如,硬盘或半导体存储器)。或者,运算装置也可以经由网络接口而从控制装置3的外部的装置下载要执行的计算机程序。

[0067] 控制装置3也可以不设置于加工系统SYS的内部。例如,控制装置3也可以作为服务器等设置于加工系统SYS外。在这种情况下,控制装置3与加工系统SYS也可以通过有线和/或无线的网络(或者,数据总线和/或通信线路)连接。作为有线的网络,例如也可以使用如下的网络:使用以IEEE1394、RS-232x、RS-422、RS-423、RS-485以及USB中的至少一个为代表的串行总线方式的接口的网络。作为有线的网络,也可以使用如下的网络:使用并行总线方式的接口的网络。作为有线的网络,也可以使用如下的网络:使用基于以10BASE-T、100BASE-TX以及1000BASE-T的至少一个为代表的以太网(注册商标)的接口的网络。作为无线的网络,也可以使用如下的网络:使用了电波的网络。作为使用了电波的网络的一例,列举出以IEEE802.1x为基准的网络(例如,无线LAN和Bluetooth(注册商标)中的至少一方)。作为无线的网络,也可以使用如下的网络:使用了红外线的网络。作为无线的网络,也可以使用如下的网络:使用了光通信的网络。在这种情况下,控制装置3和加工系统SYS也可以构成能够经由网络进行各种信息的发送/接收。另外,控制装置3也可以能够经由网络向加工系统SYS发送指令、控制参数等信息。加工系统SYS也可以具有经由上述网络而接收来自控制装置3的指令、控制参数等信息的接收装置。或者,也可以为,进行控制装置3所进行的处理中的一部分的第1控制装置设置于加工系统SYS的内部,而进行控制装置3所进行的处理中的另一部分的第2控制装置设置于加工系统SYS的外部。

[0068] 在控制装置3内也可以安装有运算模型,该运算模型能够通过运算装置执行计算机程序而通过机械学习来构建。作为能够通过机械学习来构建的运算模型的一例,例如,列举出包含神经网络的运算模型(所谓的人工智能(AI:Artificial Intelligence))。在这种

情况下,运算模型的学习也可以包含神经网络的参数(例如,权重和偏置的至少一个)的学习。控制装置3也可以使用运算模型来控制加工系统SYS的动作。即,对加工系统SYS的动作进行控制的动作也可以包含使用运算模型来对加工系统SYS的动作进行控制的动作。另外,控制装置3也可以安装有通过使用了教师数据的离线的机械学习而构建完毕的运算模型。另外,安装于控制装置3的运算模型也可以在控制装置3上通过在线的机械学习来更新。或者,控制装置3也可以除了安装于控制装置3的运算模型以外,还使用安装于控制装置3的外部的装置(即,设置于加工系统SYS的外部的装置)的运算模型,对加工系统SYS的动作进行控制,或使用安装于控制装置3的外部的装置(即,设置于加工系统SYS的外部的装置)的运算模型来代替安装于控制装置3的运算模型,对加工系统SYS的动作进行控制。

[0069] 另外,作为对运算装置所执行的计算机程序进行记录的记录介质,也可以使用CD-ROM、CD-R、CD-RW或软盘、MO、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD+R、DVD-RW、DVD+RW以及Blu-ray(注册商标)等光盘、磁带等磁介质、光磁盘、USB存储器等半导体存储器、以及能够保存其他程序的任意的媒体中的至少一个。记录介质也可以包含能够记录计算机程序的设备(例如,以能够以软件和固件等中的至少一方的方式执行的状态安装有计算机程序的通用设备或专用设备)。另外,计算机程序所包含的各处理、功能可以利用通过控制装置3(即,计算机)执行计算机程序而在控制装置3内实现的逻辑处理块来实现,也可以利用控制装置3所具有的规定的门阵列(FPGA、ASIC)等硬件来实现,还可以通过逻辑处理块与实现硬件的一部分的要素的局部的硬件模块混合的形式来实现。

#### [0070] (2) 加工系统SYS所形成的凸肋构造RB

[0071] 接着,参照图6的(a)至图6的(c),对利用加工系统SYS形成于工件W的凸肋构造RB进行说明。图6的(a)是示出凸肋构造RB的立体图,图6的(b)是示出凸肋构造RB的剖视图(图6的(a)的VI-VI'线剖视图),图6的(c)是示出凸肋构造RB的俯视图。另外,以下,对形成于作为工件W的一个具体例的涡轮动叶BL的凸肋构造RB进行说明。但是,形成于与涡轮动叶BL不同的工件W的凸肋构造RB也可以具有以下说明的构造。

[0072] 如图6的(a)至图6的(c)所示,凸肋构造RB也可以包含如下的构造:沿着第1方向延伸的凸状构造体81沿着第2方向排列有多个,该第1方向沿着涡轮动叶BL的表面,该第2方向沿着涡轮动叶BL的表面且与第1方向交叉。即,凸肋构造RB也可以包含以沿着第1方向延伸的方式形成的凸状构造体81沿着第2方向排列的构造。在图6的(a)至图6的(c)所示的例子中,凸肋构造RB包含沿着X轴方向延伸的凸状构造体81沿着Y轴方向排列有多个的构造。

[0073] 凸状构造体81是沿着与凸状构造体81所延伸的方向和凸状构造体81所排列的方向双方交叉的方向突出的构造体。另外,典型地,凸状构造体81所延伸的方向也可以指凸状构造体81的长度方向。凸状构造体81是从涡轮动叶BL的表面突出的构造体。在图6的(a)至图6的(c)所示的例子中,凸状构造体81是沿着Z轴方向突出的构造体。另外,凸状构造体81也可以包含相对于涡轮动叶BL的表面突起的突起形状的构造。凸状构造体81也可以包含相对于涡轮动叶BL的表面凸出的凸形状的构造。凸状构造体81也可以包含相对于涡轮动叶BL的表面成为山的山形状的构造。

[0074] 在相邻的凸状构造体81之间形成有与周围相比凹陷的槽构造82。因此,凸肋构造RB也可以包含沿着第1方向延伸的槽构造82沿着第2方向排列有多个的构造,该第1方向沿着涡轮动叶BL的表面,该第2方向沿着涡轮动叶BL的表面且与第1方向交叉。即,凸肋构造RB

也可以包含以沿着第1方向延伸的方式形成的槽构造82沿着第2方向排列的构造。在图6的(a)至图6的(c)所示的例子中,凸肋构造RB包含沿着X轴方向延伸的槽构造82沿着Y轴方向排列有多个的构造。另外,槽构造82也可以称为槽状构造体。

[0075] 另外,凸状构造体81也可以视为从槽构造82突出的构造。凸状构造体81也可以视为在相邻的两个槽构造82之间形成突起形状的构造、凸形状的构造以及山形状的构造中的至少一个的构造。槽构造82也可以视为从凸状构造体81凹陷的构造。槽构造82也可以视为在相邻的两个凸状构造体81之间形成槽形状的构造的构造。另外,槽构造82也可以称为槽状构造体。

[0076] 多个凸状构造体81也可以以多个凸状构造体81规则地排列的方式形成。例如,多个凸状构造体81也可以以多个凸状构造体81等间距地排列的方式形成。例如,多个凸状构造体81也可以以包含至少两个凸状构造体81的构造组等间距地排列多个的方式形成。多个凸状构造体81也可以以如下的方式形成:在涡轮动叶BL的表面的第1部分中,至少两个凸状构造体81按照第1规则来规则地排列,在涡轮动叶BL的表面的第2部分中,至少两个凸状构造体81按照相同的第1规则来规则地排列。多个凸状构造体81也可以以如下的方式形成:在涡轮动叶BL的表面的第1部分中,至少两个凸状构造体81按照第1规则来规则地排列,而在涡轮动叶BL的表面的第2部分中,至少两个凸状构造体81按照与第1规则不同的第2规则来规则地排列。另外,凸状构造体81与槽构造82交替地形成,因此多个凸状构造体81规则地排列的状态也可以视为与多个槽构造82规则地排列的状态等价。

[0077] 凸状构造体81所延伸的方向也可以是沿着涡轮动叶BL的表面的流线的方向。即,凸状构造体81也可以沿着涡轮动叶BL的表面的流线延伸。另外,涡轮动叶BL的流线也可以指将涡轮动叶BL的表面中的流场的速度矢量作为切线的曲线。在这种情况下,也可以在涡轮动叶BL的表面形成有沿着流线呈曲线状延伸的凸状构造体81。或者,也可以为,涡轮动叶BL的表面被分割成多个表面区域,在各表面区域中,形成有沿着通过对各表面区域的流线进行平均化而得到的直线所延伸的方向呈直线状延伸的凸状构造体81,并且,在各表面区域内呈直线状延伸的凸状构造体81在多个表面区域之间至少局部地连接。加工系统SYS可以通过形成呈曲线状延伸的凸状构造体81来形成凸肋构造RB,也可以通过形成呈直线状延伸的凸状构造体81来形成凸肋构造RB。另外,关于在两个凸状构造体81之间形成的槽构造82,也可以说是相同的。

[0078] 凸状构造体81例如具有彼此朝向相反侧的一对侧面811和812。另外,本实施方式中的“一个面与另一个面彼此朝向相反侧的状态”也可以指例如一个面朝向与一个面和另一个面交叉的轴线的一侧,而另一个面朝向沿着相同轴线的另一侧(即,一侧的相反侧)的状态。在图6的(a)至图6的(c)所示的例子中,凸状构造体81具有朝向-Y侧的侧面811和朝向+Y侧的侧面812。一对侧面811和812分别为平面。但是,一对侧面811和812中的至少一方也可以包含曲面。

[0079] 一对侧面811和812也可以彼此不平行。在这种情况下,凸状构造体81所具有的一对侧面811和812也可以经由它们的一端部(在图6的(a)至图6的(c)所示的例子中为+Z侧的上端部)连接。凸状构造体81所具有的一对侧面811和812所连接的部分构成凸状构造体81的角部813。凸状构造体81的角部813也可以构成凸状构造体81的顶点。凸状构造体81的角部813也可以构成凸状构造体81所具有的一对侧面811和812的边界部。在这种情况下,一对

侧面811和812也可以视为经由凸状构造体81的角部813连接。在图6的(a)至图6的(c)所示的例子中,一对侧面811和812以侧面811的上端部与侧面812的上端部接触的方式连接。在这种情况下,凸状构造体81的包含Z轴的截面的形状也可以为三角形的形状。在这种情况下,凸状构造体81的包含Z轴的截面的形状可以为左右对称的三角形的形状,也可以为左右不对称的三角形的形状。但是,凸状构造体81的包含Z轴的截面的形状也可以具有与三角形的形状不同的任意的形状。另外,如后面详述的那样,角部813也可以包含曲面。

[0080] 另外,一对侧面811和812彼此不平行也可以包含如下的情况:包含侧面811的假想面(典型地,平面)与包含侧面812的假想面(典型地,平面)彼此交叉。这时,包含侧面811的假想面和包含侧面812的假想面也可以分别是侧面811的近似平面和侧面812的近似平面。

[0081] 在一对侧面811和812彼此不平行的情况下,也可以视为侧面811相对于侧面812倾斜且侧面812相对于侧面811倾斜。典型地,在一对侧面811和812彼此不平行的情况下,也可以是一对侧面811和812分别相对于凸状构造体81所突出的方向(在图6的(a)至图6的(c)所示的例子中为Z轴方向)倾斜。在这种情况下,侧面811和812也可以分别称为倾斜部。但是,一对侧面811和812也可以彼此平行。

[0082] 一个凸状构造体81的侧面811以及沿着凸状构造体81所排列的方向与一个凸状构造体81相邻的其他凸状构造体81的侧面812也可以经由连接它们的另一端部(在图6的(a)至图6的(c)所示的例子中为-Z侧的下端部)的边界部814来连接。即,相邻的两个凸状构造体81分别具有并且彼此对置的侧面811和812也可以经由构成相邻的两个凸状构造体81的边界的边界部814来连接。在图6的(a)至图6的(c)所示的例子中,边界部814包含分别与边界部814所连接的侧面811和812交叉的面。在这种情况下,也可以视为通过边界部814以及边界部814所连接的侧面811和812来形成槽构造82。

[0083] 边界部814也可以是平面。在这种情况下,槽构造82的包含Z轴的截面的形状为梯形的形状。但是,槽构造82的包含Z轴的截面的形状也可以具有与梯形的形状不同的任意的形状。另外,如后面详述的那样,边界部814也可以包含曲面。

[0084] 但是,一个凸状构造体81的侧面811与其他凸状构造体81的侧面812也可以不经由包含面的边界部814来连接。例如,一个凸状构造体81的侧面811与其他凸状构造体81的侧面812也可以以它们的另一端部(在图6的(a)至图6的(c)所示的例子中为-Z侧的下端部)接触的方式来连接。在这种情况下,一个凸状构造体81的侧面811的另一端部与其他凸状构造体81的侧面812的另一端部连接的部分也可以称为边界部814。

[0085] 多个凸状构造体81的至少一个的高度 $H_{rb}$ 也可以设定为根据凸状构造体81的间距 $P_{rb}$ 而确定的高度。例如,多个凸状构造体81的至少一个的高度 $H_{rb}$ 也可以为凸状构造体81的间距 $P_{rb}$ 以下。例如,多个凸状构造体81的至少一个的高度 $H_{rb}$ 也可以为凸状构造体81的间距 $P_{rb}$ 的一半以下。作为一例,凸状构造体81的间距 $P_{rb}$ 也可以大于5微米并且小于200微米。即,凸状构造体81的间距 $P_{rb}$ 也可以满足“ $5\text{微米} < P_{rb} < 200\text{微米}$ ”的第1间距条件。在这种情况下,多个凸状构造体81的至少一个的高度 $H_{rb}$ 也可以大于5微米并且小于100微米。多个凸状构造体81的至少一个的高度 $H_{rb}$ 也可以满足“ $2.5\text{微米} < H_{rb} < 100\text{微米}$ ”的第1高度条件。即,凸肋构造RB也可以满足第1间距条件和第1高度条件中的至少一方。但是,由于凸肋构造RB的加工精度的制约,作为多个凸状构造体81的至少一个的高度 $H_{rb}$ 的下限值(例如,在间距 $P_{rb}$ 成为作为下限值的5微米的状况下的高度 $H_{rb}$ 的下限值),也可

以使用2.0微米来代替2.5微米。

[0086] 作为满足第1间距条件和第1高度条件双方的凸肋构造RB的一例,高度 $H_{rb}$ 为2.5微米,间距 $P_{rb}$ 为5微米,并且满足这样的第1间距条件的凸肋构造RB与不满足第1间距条件的凸肋构造RB相比,能够更适当地降低涡轮动叶BL的表面相对于流体的阻力。但是,即使是不满足第1间距条件的凸肋构造RB,与原本未形成有凸肋构造RB的情况相比,也能够降低涡轮动叶BL的表面相对于流体的阻力。同样地,满足这样的第1高度条件的凸肋构造RB与不满足第1高度条件的凸肋构造RB相比,能够更适当地降低涡轮动叶BL的表面相对于流体的阻力。但是,即使是不满足第1高度条件的凸肋构造RB,与原本未形成有凸肋构造RB的情况相比,也能够降低涡轮动叶BL的表面相对于流体的阻力。

[0087] 另外,本实施方式中的凸状构造体81的高度 $H_{rb}$ 也可以指凸状构造体81在凸状构造体81所突出的方向(在图6的(a)至图6的(c)所示的例子中为Z轴方向)上的尺寸。凸状构造体81的高度 $H_{rb}$ 也可以指在凸状构造体81所突出的方向上的、从凸状构造体81的下端部到凸状构造体81的上端部的距离。凸状构造体81的高度 $H_{rb}$ 也可以指在凸状构造体81所突出的方向上的、从与凸状构造体81的下端部相连的边界部814到相当于凸状构造体81的顶点的角部813的距离。另外,凸状构造体81的高度实质上也可以视为与槽构造82的深度等价。另外,本实施方式中的凸状构造体81的间距 $P_{rb}$ 也可以指在与凸状构造体81所延伸的方向交叉的方向上相邻的两个凸状构造体81的对应的相同部位(例如,顶点)之间的距离。在图6的(a)至图6的(c)所示的例子中,凸状构造体81的间距 $p_{rb}$ 也可以指在Y轴方向上相邻的两个凸状构造体81的顶点之间的距离。另外,在与凸状构造体81所延伸的方向交叉的方向上,凸状构造体81与槽构造82交替地形成,因此凸状构造体81的间距 $P_{rb}$ 也可以视为与槽构造82的间距等价。槽构造82的间距也可以指在与槽构造82所延伸的方向交叉的方向上相邻的两个槽构造82的对应的相同部位之间的距离。在图6的(a)至图6的(c)所示的例子中,槽构造82的间距也可以指在Y轴方向上相邻的两个槽构造82的对应的相同部位之间的距离。

[0088] 如上所述,本实施方式的加工系统SYS通过进行去除加工来形成凸肋构造RB。因此,加工系统SYS针对涡轮动叶BL的表面中的形成有凸肋构造RB的面部分(以下,称为“凸肋构造面BLs”)进行去除加工,由此形成凸肋构造RB。具体而言,加工系统SYS也可以进行去除涡轮动叶BL中的形成有槽构造82的部分的去除加工,由此形成凸肋构造RB。即,加工系统SYS也可以以残留涡轮动叶BL中的形成有凸状构造体81的部分的方式进行去除涡轮动叶BL的一部分的去除加工,由此形成凸肋构造RB。例如,加工系统SYS也可以以对涡轮动叶BL的凸肋构造面BLs中的形成有槽构造82的部分照射加工光EL的方式向涡轮动叶BL照射加工光EL。具体而言,加工系统SYS也可以通过重复进行扫描动作和行进动作来形成凸肋构造RB,在该扫描动作中,一边使被照射加工光EL的目标照射区域EA(参照图1)沿着槽构造82所延伸的X轴方向移动一边向涡轮动叶BL的凸肋构造面BLs照射加工光EL,在该行进动作中,不向涡轮动叶BL的凸肋构造面BLs照射加工光EL,使加工光EL的目标照射区域EA沿着槽构造82所排列的Y轴移动。在这种情况下,也可以说加工系统SYS通过形成槽构造82来形成凸肋构造RB(即,形成凸状构造体81)。

[0089] 其结果为,形成有凸肋构造RB的凸肋构造面BLs也可以作为能够降低涡轮动叶BL相对于流体的阻力的面来发挥功能。

[0090] (3)凸肋构造RB的其他形成方法

[0091] 在上述说明中,加工系统SYS在涡轮动叶BL上形成凸肋构造RB。即,形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL由加工系统SYS制造。换句话说,加工系统SYS对涡轮动叶BL进行加工,由此制造形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL。然而,形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL也可以通过与加工系统SYS对涡轮动叶BL进行加工的方法不同的方法来制造。即,凸肋构造RB也可以通过与加工系统SYS对涡轮动叶BL进行加工的方法不同的方法来形成。

[0092] 作为一例,形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL也可以使用模具(例如,金属模具和铸模的至少一个)ML来制造。即,形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL也可以使用成型法来制造,在该成型法中,使熔融的材料流入模具ML,然后使熔融的材料冷却并凝固。在这种情况下,形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL也可以视为使用模具ML而成型的成型品。形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL也可以视为使用模具ML而注射成型的注射成型品。模具ML也可以作为用于利用能够熔融的材料对形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL进行成型(例如,注射成型)的模具来发挥功能。

[0093] 只要能够使用模具ML来制造涡轮动叶BL,则模具ML可以是任何材质的模具。作为一例,也可以使用由氧化锆(氧化锆陶瓷)形成的模具、由预硬钢形成的模具、由轧制钢形成的模具以及由不锈钢形成的模具中的至少一个作为模具ML。也可以使用由任意的金属形成的模具作为模具ML。也可以使用由与金属不同的任意的材料形成的模具作为模具ML。

[0094] 以下,对用于制造形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL的模具ML的具体例进行说明。在以下的说明中,为了便于说明,对用于制造涡轮动叶BL的模具ML进行说明,如图7所示,该涡轮动叶BL具有构成正压面921(参照图4)的凸肋构造面BLs和构成负压面922(参照图4)的凸肋构造面BLs。另外,图7相当于图4的IV-IV'线剖视图。在以下的说明中,将构成正压面921的凸肋构造面BLs称为凸肋构造面BLs1,将构成负压面922的凸肋构造面BLs称为凸肋构造面BLs2。但是,也可以为,与具有凸肋构造面BLs1和BLs2的涡轮动叶BL不同的涡轮动叶BL(或者,上述的任意的工件W)通过具有与以下说明的模具ML相同的特征的模具ML来制造。

[0095] (3-1)用于制造形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL的模具ML的第1具体例

[0096] 首先,参照图8,对用于制造形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL的模具ML的第1具体例进行说明。另外,在以下的说明中,将模具ML的第1具体例称为“模具ML1”。图8是示出模具ML1的构造的剖视图。

[0097] 如图8所示,模具ML1具有模具ML11和模具ML12,该模具ML11也可以被称为模芯或阳模,该模具ML12也可以被称为模腔或阴模。即,在图8所示的例子中,模具ML1是2板型的模具。但是,模具ML1也可以为3板型,还可以是包含四个以上模具的多板型的模具。模具ML1也可以是组合模(即,被分割成多个金属模具元件的模具,对多个金属模具元件进行组合的模具)。或者,模具ML1也可以是美国专利申请公开第2016/325818号说明书所记载的辊方式的模具。或者,模具ML1也可以是冲压方式的模具。

[0098] 模具ML11和ML12分别具有成型面MLs。另外,在以下的说明中,根据需要,将模具ML11所具有的成型面MLs称为成型面MLs11,将模具ML12所具有的成型面MLs称为成型面MLs12。但是,在不需要对成型面MLs11和成型面MLs12进行区别的情况下,将两者统称为成型面MLs。

[0099] 成型面MLs是供为了制造涡轮动叶BL而流入模具ML1的材料接触的面。因此,被成

型面MLs包围的空间成为被供给为了制造涡轮动叶BL而流入模具ML1的材料的成型空间SP。流入模具ML1的材料典型地是具有流动性的材料。作为一例,流入模具ML1的材料可以是熔融的材料(例如,熔融金属),也可以是软化的材料。成型空间SP具有与涡轮动叶BL的形状相应的形状。因此,在图8所示的例子中,模具ML1也可以视为模制型的模具。

[0100] 具体而言,在以形成成型空间SP的方式组合模具ML11和ML12之后(即,使模具ML11和ML12彼此紧密接触之后),经由贯穿模具ML并与成型空间SP相连的材料供给路MS(例如,直浇道、浇口以及浇道中的至少一个)向成型空间SP供给熔融的材料。然后,熔融的材料被冷却。其结果为,熔融的材料固化。因此,材料的流动性变低。然后,将模具ML11和ML12分离,由此固化的材料作为涡轮动叶BL从成型空间SP被取出。

[0101] 在成型面MLs上也可以形成有用于形成(即,成型)凸肋构造RB的成型构造MB。具体而言,在成型面MLs中的与凸肋构造面BLs对应的面部分也可以形成有成型构造MB。即,在成型面MLs中的用于对凸肋构造面BLs进行成型的面部分也可以形成有成型构造MB。在图8所示的例子中,成型面MLs11与构成正压面921的凸肋构造面BLs1对应,成型面MLs12与构成负压面922的凸肋构造面BLs2对应。以下,参照图9的(a)和图9的(b),对成型构造MB进一步进行说明。图9的(a)是示出成型构造MB的立体图,图9的(b)是示出成型构造MB的剖视图。

[0102] 如图9的(a)和图9的(b)所示,成型构造MB是处于与凸肋构造RB互补的关系的结构。具体而言,成型构造MB也可以包含沿着第4方向延伸的凸状构造体71沿着第5方向排列有多个的构造,该第4方向沿着成型面MLs,该第5方向沿着成型面MLs并且与第4方向交叉。即,成型构造MB也可以包含以沿着第4方向延伸的方式形成的凸状构造体71沿着第5方向排列(即,沿着成型面MLs排列)的构造。在图9的(a)至图9的(b)所示的例子中,成型构造MB包含沿着X轴方向延伸的凸状构造体71沿着Y轴方向排列有多个的构造。

[0103] 凸状构造体71是沿着与凸状构造体71所延伸的方向和凸状构造体71所排列的方向双方交叉的方向突出的构造体。凸状构造体71是从模具ML11或ML12的表面突出的构造体。在图9的(a)至图9的(b)所示的例子中,凸状构造体71是沿着Z轴方向突出的构造体。另外,凸状构造体71也可以包含相对于模具ML11或ML12的表面突起的突起形状的构造。凸状构造体71也可以包含相对于模具ML11或ML12的表面凸出的凸形状的构造。凸状构造体71也可以包含相对于模具ML11或ML12的表面成为山的山形状的构造。

[0104] 在相邻的凸状构造体71之间形成有与周围相比凹陷的槽构造72。因此,成型构造MB也可以包含沿着第4方向延伸的槽构造72沿着第5方向排列有多个的构造,该第4方向沿着成型面MLs,该第5方向沿着成型面MLs并且与第4方向交叉。即,成型构造MB也可以包含以沿着第4方向延伸的方式形成的槽构造72沿着第5方向排列的构造。在图9的(a)至图9的(b)所示的例子中,成型构造MB包含沿着X轴方向延伸的槽构造72沿着Y轴方向排列有多个的构造。

[0105] 另外,凸状构造体71也可以视为从槽构造72突出的结构。凸状构造体71也可以视为在相邻的两个槽构造72之间形成突起形状的构造、凸形状的构造以及山形状的构造中的至少一个的构造。槽构造72也可以视为从凸状构造体71凹陷的构造。槽构造72也可以视为在相邻的两个凸状构造体71之间形成槽形状的构造的构造。另外,槽构造72也可以称为槽状构造体。

[0106] 多个凸状构造体71也可以以多个凸状构造体71规则地排列的方式形成。多个凸状

构造体71也可以以多个凸状构造体71等间距地排列的方式形成。例如,多个凸状构造体71也可以以包含至少两个凸状构造体71的构造体等间距地排列多个的方式形成。多个凸状构造体71也可以以如下的方式形成:在成型面MLs的第1部分中,至少两个凸状构造体71按照第3规则来规则地排列,在成型面MLs的第2部分中,至少两个凸状构造体71按照相同的第3规则来规则地排列。多个凸状构造体71也可以以如下的方式形成:在成型面MLs的第1部分中,至少两个凸状构造体71按照第3规则来规则地排列,而在成型面MLs的第2部分中,至少两个凸状构造体71按照与第3规则不同的第4规则来规则地排列。另外,凸状构造体71与槽构造72交替地形成,因此多个凸状构造体71规则地排列状态也可以视为与多个槽构造72规则地排列的状态等价。

[0107] 通过进入到槽构造72的材料,形成构成凸肋构造RB的凸状构造体81。即,通过进入到多个槽构造72的材料,分别形成构成凸肋构造RB的多个凸状构造体81。因此,构成成型构造MB的槽构造72是用于对构成凸肋构造RB的凸状构造体81进行成型的构造。因此,如作为示出凸肋构造RB与成型构造MB的关系的剖视图的图10所示,槽构造72的形状(例如,截面形状)处于与凸状构造体81的形状(例如,截面形状)互补的关系。另一方面,构成成型构造MB的凸状构造体71是用于对构成凸肋构造RB的槽构造82进行成型的构造。因此,如图10所示,凸状构造体71的形状(例如,截面形状)处于与槽构造82的形状(例如,截面形状)互补的关系。这样,涡轮动叶BL的凸肋构造面BLs通过成型构造MB而成型。即,涡轮动叶BL的凸肋构造面BLs通过构成成型构造MB的凸状构造体71和槽构造72而成型。以下,再次参照图9的(a)和图9的(b),对处于与槽构造82互补的关系的凸状构造体71以及处于与凸状构造体81互补的关系的槽构造72进一步进行说明。

[0108] 凸状构造体71例如具有彼此朝向相反侧的一对侧面711和712。在图9的(a)至图9的(b)所示的例子中,凸状构造体71具有朝向-Y侧的侧面711和朝向+Y侧的侧面712。一对侧面711和712分别是平面。但是,一对侧面711和712中的至少一方也可以包含曲面。

[0109] 一对侧面711和712也可以彼此不平行。在这种情况下,凸状构造体71所具有的一对侧面711和712也可以经由它们的一端部(在图9的(a)至图9的(b)所示的例子中为+Z侧的上端部)连接。凸状构造体71所具有的一对侧面711和712所连接的部分构成凸状构造体71的角部713。凸状构造体71的角部713也可以构成凸状构造体71所具有的一对侧面711和712的边界部。在这种情况下,一对侧面711和712也可以视为经由凸状构造体71的角部713而连接。角部713是用于对凸肋构造RB的边界部814(即,作为连接相邻的两个凸状构造体81的平面的边界部814)进行成型的构造。因此,在图9的(a)至图9的(b)所示的例子中,角部713包含平面。在这种情况下,凸状构造体71的包含Z轴的截面的形状也可以成为梯形的形状。但是,凸状构造体71的包含Z轴的截面的形状也可以具有与梯形的形状不同的任意的形状。另外,如后面详述的那样,角部713也可以包含曲面。

[0110] 另外,一对侧面711和712彼此不平行的情况也可以包含如下的情况:包含侧面711的假想面(典型地,平面)与包含侧面712的假想面(典型地,平面)彼此交叉。这时,包含侧面711的假想面和包含侧面712假想面也可以分别是侧面711的近似平面和侧面712的近似平面。

[0111] 在一对侧面711和712彼此不平行的情况下,也可以视为侧面711相对于侧面712倾斜且侧面712相对于侧面711倾斜。典型地,在一对侧面711和712彼此不平行的情况下,一对

侧面711和712也可以分别相对于凸状构造体71所突出的方向(在图9的(a)至图9的(b)所示的例子中为Z轴方向)倾斜。在这种情况下,侧面711和712也可以分别称为倾斜部。但是,一对侧面711和712也可以彼此平行。

[0112] 一个凸状构造体71的侧面711和沿着凸状构造体71所排列的方向与一个凸状构造体71相邻的其他凸状构造体71的侧面712也可以经由它们的另一端部(在图9的(a)至图9的(c)所示的例子中为-Z侧的下端部)而连接。即,相邻的两个凸状构造体71分别具有并且彼此对置的侧面711和712也可以经由构成相邻的两个凸状构造体71的边界的边界部714而连接。边界部714是用于对凸肋构造RB的角部813(即,凸状构造体81的顶点)进行成型的构造。因此,在图9的(a)至图9的(b)所示的例子中,相邻的两个凸状构造体71分别具有的侧面711和712直接连接,并且,相邻的两个凸状构造体71分别具有的侧面711和712直接连接的部分成为边界部714。在这种情况下,槽构造72的包含Z轴的截面的形状成为三角形的形状。但是,槽构造72的包含Z轴的截面的形状也可以具有与三角形的形状不同的任意的形状。

[0113] 但是,一个凸状构造体71的侧面711与其他凸状构造体71的侧面712也可以经由包含面的边界部714而连接。例如,边界部714也可以包含平面。在这种情况下,槽构造72的包含Z轴的截面的形状也可以成为梯形的形状。或者,如后面详述的那样,边界部714也可以包含曲面。在相邻的两个凸状构造体71分别具有的侧面711和712经由包含面的边界部714连接的情况下,也可以通过这样的包含面的边界部714,形成具有通过包含面的角部813连接的一对侧面811和812的凸状构造体81。

[0114] 凸状构造体71是用于形成上述的槽构造82的构造,因此多个凸状构造体71的至少一个的高度 $H_{mb}$ 也可以与多个槽构造82的至少一个的深度(即,多个凸状构造体81的至少一个的高度 $H_{rb}$ )相同。另外,凸状构造体71的间距 $P_{mb}$ 也可以与槽构造82的间距(即,凸状构造体71的间距 $P_{rb}$ )相同。因此,在成型构造MB中,也与凸肋构造RB同样地,多个凸状构造体71的至少一个的高度 $H_{mb}$ 也可以设定为根据凸状构造体71的间距 $P_{mb}$ 而确定的高度。例如,多个凸状构造体71的至少一个的高度 $H_{mb}$ 也可以为凸状构造体71的间距 $P_{mb}$ 以下。例如,多个凸状构造体71的至少一个的高度 $H_{mb}$ 也可以为凸状构造体71的间距 $P_{mb}$ 的一半以下。作为一例,凸状构造体71的间距 $P_{mb}$ 也可以大于5微米并且小于200微米。即,凸状构造体71的间距 $P_{mb}$ 也可以满足“ $5\text{微米} < P_{mb} < 200\text{微米}$ ”的第2间距条件。在这种情况下,多个凸状构造体71的至少一个的高度 $H_{mb}$ 也可以大于2.5微米并且小于100微米。多个凸状构造体71的至少一个的高度 $H_{mb}$ 也可以满足“ $2.5\text{微米} < H_{mb} < 100\text{微米}$ ”的第2高度条件。即,成型构造MB也可以满足第2间距条件和第2高度条件中的至少一方。

[0115] 这里,在凸状构造体71的间距 $P_{mb}$ 满足“ $10\text{微米} < P_{mb} < 200\text{微米}$ ”的第2间距条件的情况下,通过成型构造MB而形成的槽构造82的间距成为从10微米到200微米的范围。这里,在凸肋构造RB中,凸状构造体81的间距 $P_{rb}$ 与槽构造82的间距实质上相等。因此,在凸状构造体71满足第2间距条件的情况下,凸肋构造RB的凸状构造体81的间距 $P_{rb}$ 成为从10微米到200微米的范围。即,凸状构造体81的间距 $P_{rb}$ 满足“ $5\text{微米} < P_{rb} < 200\text{微米}$ ”的上述的第1间距条件。其结果为,如上所述,凸肋构造RB能够更适当地降低涡轮动叶BL的表面相对于流体的阻力。

[0116] 另外,在多个凸状构造体71的至少一个的高度 $H_{mb}$ 满足“ $5\text{微米} < H_{mb} < 100\text{微米}$ ”的第2高度条件的情况下,通过成型构造MB而形成的槽构造82的深度成为从5微米到100微

米的范围。这里,在凸肋构造RB中,槽构造82的深度与凸状构造体81的高度 $H_{rb}$ 实质上相等,因此在凸状构造体71满足第2高度条件的情况下,凸肋构造RB的凸状构造体81的高度 $H_{rb}$ 成为从5微米到100微米的范围。即,凸状构造体81的高度 $H_{rb}$ 满足“5微米 $<H_{rb}<100$ 微米”的上述的第1高度条件。其结果为,如上所述,凸肋构造RB能够更适当地降低涡轮动叶BL的表面相对于流体的阻力。

[0117] 另外,本实施方式中的凸状构造体71的高度 $H_{mb}$ 也可以指凸状构造体71在凸状构造体71所突出的方向(在图9的(a)至图9的(b)所示的例子中为Z轴方向)上的尺寸。凸状构造体71的高度 $H_{mb}$ 也可以指在凸状构造体71所突出的方向上的、从凸状构造体71的下端部到凸状构造体71的上端部的距离。凸状构造体71的高度 $H_{mb}$ 也可以指在凸状构造体71所突出的方向上的、从与凸状构造体71的下端部相连的边界部714到构成凸状构造体71的上端部的角部713的距离。另外,凸状构造体71的高度实质上也可以视为与槽构造72的深度等价。另外,本实施方式中的凸状构造体71的间距 $P_{mb}$ 也可以指在与凸状构造体71所延伸的方向交叉的方向上相邻的两个凸状构造体71的对应的相同部位之间的距离。在图9的(a)至图9的(b)所示的例子中,凸状构造体71的间距 $p_{mb}$ 也可以指在Y轴方向上相邻的两个凸状构造体71的顶点之间的距离。另外,在与凸状构造体71所延伸的方向交叉的方向上,凸状构造体71与槽构造72交替地形成,因此凸状构造体71的间距 $P_{mb}$ 也可以视为与槽构造72的间距等价。槽构造72的间距也可以指在与槽构造72所延伸的方向交叉的方向上相邻的两个槽构造72的对应的相同部位之间的距离。在图9的(a)至图9的(b)所示的例子中,槽构造72的间距也可以指在Y轴方向上相邻的两个槽构造72的对应的相同部位之间的距离。

[0118] 形成于成型面MLs的成型构造MB也可以通过加工系统SYS来形成。即,加工系统SYS也可以通过向成型面MLs照射加工光EL而在成型面MLs上形成成型构造MB。加工系统SYS也可以通过对成型面MLs进行去除加工而在成型面MLs上形成成型构造MB。或者,形成于成型面MLs的成型构造MB也可以通过与加工系统SYS不同的装置形成。另外,形成成型构造MB之前的模具ML11和ML12也可以通过与光加工不同的方法制造。作为一例,形成成型构造MB之前的模具ML11和ML12也可以通过使用了切削加工、铸造以及放电加工等中的至少一个的方法来制造。

[0119] 在成型构造MB形成于成型面MLs的情况下,用于向成型空间SP供给熔融的材料材料供给口(所谓的,浇口口部)GP(参照图8)也可以形成于根据成型构造MB而确定的位置。另外,典型地,材料供给口GP是材料供给路MS在成型面MLs上形成的开口。具体而言,材料供给口GP也可以形成于根据构成成型构造MB的凸状构造体71所延伸的方向而确定的位置。材料供给口GP也可以形成于根据构成成型构造MB的槽构造72所延伸的方向而确定的位置。作为一例,材料供给口GP也可以形成于材料供给口GP能够从材料供给口GP沿着凸状构造体71和槽构造72的至少一个所延伸的方向供给熔融的材料的位置。材料供给口GP也可以形成于能够将来自材料供给口GP供给材料的方向与凸状构造体71和槽构造72的至少一个所延伸的方向对齐的位置。另外,材料供给口GP也可以形成于能够将来自材料供给口GP的材料在成型面MLs上流动的方向与凸状构造体71和槽构造72的至少一个所延伸的方向对齐的位置。其结果为,从材料供给口GP供给的材料容易流入槽构造72,因此能够适当地制造形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL。

[0120] 如图9的(a)和图9的(b)所示,在成型面MLs上除了材料供给口GP以外,还可以形成

有气体排出口AP,该气体排出口AP与用于将残留在成型空间SP的气体向模具ML的外部排除的气体排出路AE相连。即,在成型面MLs上也可以形成有气孔用的气体排出口AP。在图9的(a)和图9的(b)所示的例子中,气体排出口AP形成于构成槽构造72的底部的边界部714。但是,气体排出口AP也可以形成于其他位置。另外,气孔用的气体排出口AP的沿着槽构造72的长度方向的尺寸例如也可以是2微米至20微米。

[0121] 如上所述,在供给到成型空间SP的材料固化之后,将模具ML11和ML12分离。即,为了将固化的材料作为涡轮动叶BL取出,将模具ML11和ML12从固化的材料(即,涡轮动叶BL)卸下。在这种情况下,从涡轮动叶BL分别卸下模具ML11和ML12的方向(即,从涡轮动叶BL分别拔出模具ML11和ML12的方向)也可以是基于成型构造MB的方向。例如,从涡轮动叶BL分别卸下模具ML11和ML12的方向也可以是沿着构成成型构造MB的多个凸状构造体71所延伸的方向的方向。例如,从涡轮动叶BL分别卸下模具ML11和ML12的方向也可以是沿着将构成成型构造MB的多个凸状构造体71所延伸的方向进行平均而得到的方向的方向。其结果为,容易从涡轮动叶BL分别卸下模具ML11和ML12。具体而言,能够以进入到构成成型构造MB的槽构造72的材料(即,构成涡轮动叶BL的材料)残留于槽构造72的可能性较低的方式,从涡轮动叶BL分别卸下模具ML11和ML12。材料的一部分残留于槽构造72会导致由固化的材料构成的涡轮动叶BL的一部分的缺失。因此,涡轮动叶BL的一部分缺失的可能性变低。因此,能够制造形状精度较高的涡轮动叶BL。另外,在无法沿着基于成型构造MB的方向从涡轮动叶BL分别卸下模具ML11和ML12的情况下,也可以在使涡轮动叶BL、模具ML11和ML12中的至少一个沿着与基于成型构造MB的方向不同的方向移动之后,沿着基于成型构造MB的方向从涡轮动叶BL分别卸下模具ML11和ML12。但是,例如,从涡轮动叶BL分别卸下模具ML11和ML12的方向也可以是沿着构成成型构造MB的多个凸状构造体71所突出的方向(即,高度方向)的方向。

#### [0122] (3-2) 用于制造形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL的模具ML的第2具体例

[0123] 接着,对用于制造形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL的模具ML的第2具体例进行说明。另外,在以下的说明中,将模具ML的第2具体例称为“模具ML2”。模具ML2的角部713和边界部714中的至少一方包含曲面,这一点与角部713和边界部714也可以分别不包含曲面的上述的模具ML1不同。即,在模具ML2中,针对角部713和边界部714中的至少一方实施倒角处理(尤其是R倒角处理、圆角加工处理),这一点与也可以分别针对角部713和边界部714不实施倒角处理的上述的模具ML1不同。模具ML2的其他特征也可以与模具ML1的其他特征相同。以下,参照图11的(a)和图11的(b)对角部713和边界部714中的至少一方包含曲面的成型构造MB进行说明。图11的(a)是示出角部713和边界部714中的至少一方包含曲面的成型构造MB的立体图,图11的(b)是示出角部713和边界部714中的至少一方包含曲面的成型构造MB的剖视图。

[0124] 如图11的(a)和图11的(b)所示,角部713也可以包含曲面。图11的(a)和图11的(b)示出了角部713包含平面7131、连接平面7131和侧面711的曲面7132、以及连接平面7131和侧面712的曲面7133的例子。即,图11的(a)和图11的(b)示出了角部713的一部分成为曲面的例子。然而,角部713的整体也可以成为曲面。例如,角部713也可以与后述的边界部714同样地,包含连接凸状构造体71所具有的一对侧面711和712的曲面。

[0125] 如上所述,角部713连接彼此朝向相反侧的一对侧面711和712。典型地,该角部713

包含曲面。因此,角部713与侧面711和712也可以通过是否包含曲面这样的基准来区别。但是,在角部713包含与侧面711或712连接的曲面(例如,曲面7132和7133中的至少一方)的情况下,也可以视为侧面711或712包含曲面来代替角部713。

[0126] 如图11的(a)和图11的(b)所示,边界部714也可以包含曲面。图11的(a)和图11的(b)示出了边界部714包含连接相邻的两个凸状构造体71分别具有的侧面711和712的曲面7141的例子。即,图11的(a)和图11的(b)示出了边界部714的整体成为曲面的例子。然而,也可以为边界部714的一部分成为曲面。例如,边界部714也可以与上述的角部713同样地,包含平面、第1曲面以及第2曲面,该第1曲面连接该平面和相邻的两个凸状构造体71中的一个凸状构造体71的侧面711,该第2曲面连接该平面和相邻的两个凸状构造体71中的另一个凸状构造体71的侧面712。

[0127] 如上所述,边界部714连接相邻的两个凸状构造体71分别具有的侧面711和712。典型地,该边界部714包含曲面。因此,边界部714与侧面711和712也可以通过是否包含曲面这样的基准来区别。但是,在边界部714包含与侧面711或712连接的曲面(例如,曲面7141)的情况下,也可以视为侧面711或712包含曲面来代替边界部714。

[0128] 另外,在图11的(a)中,为了方便,分别与侧面711和侧面712相连的角部713的曲面用虚线示出。用虚线示出的部分是成为曲面的部分(即,带弧度的部分)。

[0129] 使用这样形成有角部713和边界部714中的至少一方包含曲面的成型构造MB的模具ML2而制造的涡轮动叶BL(尤其是,凸肋构造RB)在图12的(a)和图12的(b)中示出。图12的(a)是示出使用图11的(a)和图11的(b)所示的成型构造MB而形成的凸肋构造的立体图,图12的(b)是示出使用图11的(a)和图11的(b)所示的成型构造MB而形成的凸肋构造的剖视图。

[0130] 如图12的(a)和图12的(b)所示,凸肋构造RB的角部813与对应于角部813的成型构造MB的边界部714同样地,也可以包含曲面。图12的(a)和图12的(b)示出了角部813包含连接凸状构造体81所具有的一对侧面811和812的曲面8141的例子。即,图12的(a)和图12的(b)示出了角部813的整体成为曲面的例子。然而,也可以是边界部813的一部分成为曲面。例如,在如上所述那样边界部714包含平面和两个曲面的情况下,角部813与后述的边界部814同样地,也可以包含平面、第1曲面以及第2曲面,该第1曲面连接该平面和凸状构造体81所具有的一对侧面811和812中的一方,该第2曲面连接该平面和凸状构造体81所具有的一对侧面811和812中的另一方。

[0131] 如上所述,角部813连接彼此朝向相反侧的一对侧面811和812。典型地,该角部813包含曲面。因此,角部813与侧面811和812也可以通过是否包含曲面这样的基准来区别。但是,在角部813包含与侧面811或812连接的曲面(例如,曲面8131)的情况下,也可以视为侧面811或812包含曲面来代替角部813。

[0132] 如图12的(a)和图12的(b)所示,凸肋构造RB的边界部814与对应于边界部814的成型构造MB的角部713同样地,也可以包含曲面。图12的(a)和图12的(b)示出了边界部814包含平面8141、连接平面8141和侧面811的曲面8142、以及连接平面8141和侧面812的曲面8143的例子。即,图12的(a)和图12的(b)示出了边界部814的一部分成为曲面的例子。然而,也可以是边界部814的整体成为曲面。例如,在如上所述那样角部713包含连接一对侧面711和712的曲面的情况下,边界部814与上述的角部813同样地,也可以包含连接相邻的两个凸

状构造体81分别具有的侧面811和812的曲面。

[0133] 如上所述,边界部814连接相邻的两个凸状构造体81分别具有的侧面811和812。典型地,该边界部814包含曲面。因此,边界部814与侧面811和812也可以通过是否包含曲面这样的基准来区别。但是,在边界部814包含与侧面811或812连接的曲面(例如,曲面8142和8143中的至少一方)的情况下,也可以视为侧面811或812包含曲面来代替边界部814。

[0134] 另外,在图12的(a)中,为了方便,分别与侧面811和侧面812相连的角部813的曲面和分别与侧面811和侧面812相连的边界部814的曲面用虚线示出。用虚线示出的部分是成为曲面的部分(即,带弧度的部分)。

[0135] 在这样角部713和边界部714中的至少一方包含曲面的情况下,与角部713和边界部714分别不包含曲面的情况相比,能够制造形状精度相对较高的涡轮动叶BL。即,在针对角部713和边界部714中的至少一方实施倒角处理的情况下,与分别针对角部713和边界部714不实施倒角处理的情况相比,能够制造形状精度相对较高的涡轮动叶BL。

[0136] 作为一例,在角部713和边界部714中的至少一方包含曲面的情况下,与角部713和边界部714分别不包含曲面的情况相比,熔融的材料进入到槽构造72的前端(即,进入到边界部714)的可能性变高。其结果为,通过槽构造72形成的凸肋构造RB的凸状构造体71的前端(即,角部713)的形状不良发生的可能性变低。即,涡轮动叶BL的一部分缺失的可能性变低。因此,能够制造形状精度相对较高的涡轮动叶BL。

[0137] 作为另一例,在角部713和边界部714中的至少一方包含曲面的情况下,与角部713和边界部714分别不包含曲面的情况相比,在将固化的材料作为涡轮动叶BL取出时,容易从固化的材料(即,涡轮动叶BL)卸下模具ML2。其结果为,固化的材料的一部分残留于模具ML2的可能性变低。因此,涡轮动叶BL的一部分缺失的可能性变低。因此,能够制造形状精度相对较高的涡轮动叶BL。

[0138] 另外,如上所述,作为模具ML,也可以使用由氧化锆(氧化锆陶瓷)形成的模具。这里,在由氧化锆(氧化锆陶瓷)形成的模具作为模具ML来使用的情况下,与由不同于氧化锆的材料形成的模具作为模具ML来使用的情况相比,在将固化的材料作为涡轮动叶BL取出时,容易从固化的材料(即,涡轮动叶BL)卸下模具ML2。然而,氧化锆是相对昂贵的材料。因此,通过使用比氧化锆廉价的材料(例如,预硬钢、轧制钢以及不锈钢中的至少一个)形成的模具作为模具ML,模具ML的成本能够降低。在这种情况下,也可以在由不同于氧化锆的材料形成的模具ML形成角部713和边界部714中的至少一方包含曲面的成型构造MB。其结果为,即使在由不同于氧化锆的材料形成的模具作为模具ML来使用的情况下,也与由氧化锆形成的模具作为模具ML来使用的情况相同,在将固化的材料作为涡轮动叶BL取出时,容易从固化的材料(即,涡轮动叶BL)卸下模具ML2。这样,关于容易从固化的材料(即,涡轮动叶BL)卸下模具ML2这样的效果,在由不同于氧化锆的材料形成的模具作为模具ML来使用的情况下是特别有利的。当然,也可以在由氧化锆形成的模具ML上形成有角部713和边界部714中的至少一方包含曲面的成型构造MB。

[0139] 角部713和边界部714中的至少一方所包含的曲面的曲率半径R也可以设定为适当的值。例如,在如上所述那样凸状构造体81的高度 $H_{rb}$ 满足“ $2.5\text{微米} < H_{rb} < 100\text{微米}$ ”的第1高度条件的情况下,当曲率半径R大于4微米时,凸肋构造RB的降低涡轮动叶BL的表面相对于流体的阻力的效果可能会变弱。因此,曲率半径R也可以设定为小于4微米的值。另外,

当曲率半径 $R$ 小于1微米时,从模具 $ML$ 的制造精度(即,成型构造 $MB$ 的形成精度)的观点出发,形成具有曲面的角部713和边界部714可能会变难。即,角部713和边界部714中的至少一方所包含的曲面的形状精度可能会恶化。因此,曲率半径 $R$ 也可以设定为大于1微米的值。即,曲率半径 $R$ 也可以满足“1微米 $<R<4$ 微米”的第1曲率条件。其结果为,能够高精度地形成用于形成凸肋构造 $RB$ 的成型构造 $MB$ ,该凸肋构造 $RB$ 能够适当地发挥降低相对于流体的阻力的效果。因此,能够制造高精度地形成有凸肋构造 $RB$ 的涡轮动叶 $BL$ ,该凸肋构造 $RB$ 能够适当地发挥降低相对于流体的阻力的效果。更优选地,考虑到余量,曲率半径 $R$ 也可以设定为大于2微米且小于3微米的值。即,曲率半径 $R$ 也可以满足“2微米 $<R<3$ 微米”的第2曲率条件。其结果为,能够更高精度地形成用于形成凸肋构造 $RB$ 的成型构造 $MB$ ,该凸肋构造 $RB$ 能够更适当地发挥降低相对于流体的阻力的效果。因此,能够制造更高精度地形成有凸肋构造 $RB$ 的涡轮动叶 $BL$ ,该涡轮动叶 $BL$ 能够更适当地发挥降低相对于流体的阻力的效果。

[0140] 另外,某个角部713所包含的曲面的曲率半径 $R$ 也可以是与在曲面上的位置无关地保持恒定。或者,某个角部713所包含的曲面的曲率半径 $R$ 也可以根据在曲面上的位置而改变。例如,某个角部713所包含的曲面的第1部分的曲率半径 $R$ 也可以与相同角部713所包含的相同曲面的第2部分的曲率半径 $R$ 不同。同样地,某个边界部714所包含的曲面的曲率半径 $R$ 也可以是与在曲面上的位置无关地保持恒定。或者,某个边界部714所包含的曲面的曲率半径 $R$ 也可以根据在曲面上的位置而改变。例如,某个边界部714所包含的曲面的第3部分的曲率半径 $R$ 也可以与相同边界部714所包含的相同曲面的第4部分的曲率半径 $R$ 不同。

[0141] 形成于成型面 $MLs$ 的第1部分的角部713和边界部714中的至少一方所包含的曲面的曲率半径 $R$ 也可以与形成于成型面 $MLs$ 的不同于第1部分的第2部分的角部713和边界部714中的至少一方所包含的曲面的曲率半径 $R$ 不同。即,角部713和边界部714中的至少一方所包含的曲面的曲率半径 $R$ 也可以根据角部713和边界部714中的至少一方所形成的位置而改变。构成凸肋构造 $RB$ 的角部813和边界部814中的至少一方所包含的曲面的曲率半径 $R$ 也可以根据角部813和边界部814中的至少一方所形成的位置而改变。在这种情况下,与曲率半径 $R$ 与位置无关地固定的情况相比,能够制造高精度地形成有凸肋构造 $RB$ 的涡轮动叶 $BL$ ,该凸肋构造 $RB$ 能够适当地发挥降低相对于流体的阻力的效果。

[0142] 作为一例,角部713和边界部714中的至少一方所包含的曲面的曲率半径 $R$ 也可以根据角部713和边界部714中的至少一方所形成的位置的凸状构造体71的形成密度而改变。即,成型面 $MLs$ 上的某个位置的曲率半径 $R$ 也可以设定为与该位置的凸状构造体71的形成密度相应的值。另外,凸状构造体71的形成密度也可以是与沿着多个凸状构造体71所排列的方向(即,间距方向)延伸的单位长度的轴线交叉的凸状构造体71的数量。凸状构造体71的形成密度也可以是在沿着多个凸状构造体71所排列的方向的单位长度的区域的凸状构造体71的数量。凸状构造体71的形成密度也可以是在单位面积的区域内存列的凸状构造体71的数量。

[0143] 例如,在凸状构造体71的形成密度相对较高的位置,由凸状构造体71实质形成的槽构造72的形成密度也变得更高。其结果为,在槽构造72的形成密度相对较高的位置,与槽构造72的形成密度相对较低的位置相比,熔融的材料难以进入多个槽构造72的可能性变高。因此,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72,也可以在凸状构造体71的形成密度相对较高的位置,曲率半径 $R$ 相对变大。另一方面,在凸状构造体71的形成密度相对较低的位

置,由凸状构造体71实质形成的槽构造72的形成密度也变得更低。其结果为,在槽构造72的形成密度相对较低的位置,与槽构造72的形成密度相对较高的位置相比,熔融的材料难以进入多个槽构造72的可能性较低。因此,在凸状构造体71的形成密度相对较低的位置,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72而使曲率半径 $R$ 相对较大的必要性相对较低。因此,在凸状构造体71的形成密度相对较高的位置,曲率半径 $R$ 也可以变得相对较小。总之,在成型面MLs的第1部分的凸状构造体71的形成密度比成型面MLs的第2部分的凸状构造体71的形成密度高的情况下,成型面MLs的第1部分的曲率半径 $R$ 也可以比成型面MLs的第2部分的曲率半径 $R$ 大。其结果为,能够制造高精度地形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL,该凸肋构造RB能够适当地发挥降低相对于流体的阻力的效果。

[0144] 作为另一例,角部713和边界部714中的至少一方所包含的曲面的曲率半径 $R$ 也可以根据角部713和边界部714中的至少一方所形成的位置的模具ML2的温度或与该位置接触的熔融的材料的温度(之后,称为“成型温度”)而改变。即,成型面MLs上的某个位置的曲率半径 $R$ 也可以设定为与该位置的成型温度相应的值。例如,在成型温度相对较低的位置,熔融的材料的流动性相对变低。其结果为,在成型温度相对较低的位置,与成型温度相对较高的位置相比,熔融的材料难以进入多个槽构造72的可能性变高。因此,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72,在成型温度相对较低的位置,曲率半径 $R$ 也可以变得相对较大。另一方面,在成型温度相对较高的位置,熔融的材料的流动性变得相对较高。其结果为,在成型温度相对较高的位置,与成型温度相对较低的位置相比,熔融的材料难以进入多个槽构造72的可能性较低。因此,在成型温度相对较高的位置,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72而使曲率半径 $R$ 相对较大的必要性相对较低。因此,在成型温度相对较高的位置,曲率半径 $R$ 也可以变得相对较小。总之,在成型面MLs的第1部分的成型温度比成型面MLs的第2部分的成型温度低的情况下,成型面MLs的第1部分的曲率半径 $R$ 也可以比成型面MLs的第2部分的曲率半径 $R$ 大。其结果为,能够制造高精度地形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL,该凸肋构造RB能够适当地发挥降低相对于流体的阻力的效果。

[0145] 作为另一例,角部713和边界部714中的至少一方所包含的曲面的曲率半径 $R$ 也可以根据角部713和边界部714中的至少一方所形成的位置的槽构造72的深度(即,凸状构造体71的高度 $H_{mb}$ )而改变。即,成型面MLs上的某个位置的曲率半径 $R$ 也可以设定为与该位置的槽构造72的深度对应的值。例如,在形成有相对较深的槽构造72的位置,与形成有相对较浅的槽构造72的位置相比,熔融的材料难以进入多个槽构造72的可能性变高。因此,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72,在形成有相对较深的槽构造72的位置,曲率半径 $R$ 也可以变得相对较大。另一方面,在形成有相对较浅的槽构造72的位置,与形成有相对较深的槽构造72的位置相比,熔融的材料难以进入多个槽构造72的可能性较低。因此,在形成有相对较浅的槽构造72的位置,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72而使曲率半径 $R$ 相对较大的必要性相对较低。因此,在形成有相对较浅的槽构造72的位置,曲率半径 $R$ 也可以变得相对较小。总之,在形成于成型面MLs的第1部分的槽构造72的深度比形成于成型面MLs的第2部分的槽构造72的深度深的情况下,成型面MLs的第1部分的曲率半径 $R$ 也可以比成型面MLs的第2部分的曲率半径 $R$ 大。其结果为,能够制造高精度地形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL,该凸肋构造RB能够适当地发挥降低相对于流体的阻力的效果。

[0146] 或者,角部713和边界部714中的至少一方所包含的曲面的曲率半径 $R$ 也可以设定

为与为了制造涡轮动叶BL而向成型空间SP供给的材料的粒径(例如,平均粒径)对应的值。例如,在材料的粒径相对较大的情况下,材料的粒径相对较小的情况相比,熔融的材料难以进入多个槽构造72的可能性变高。因此,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72,在使用粒径相对较大材料来制造涡轮动叶BL的情况下,曲率半径R也可以变得相对较大。即,在使用粒径相对较大材料来制造涡轮动叶BL的情况下,也可以使用曲率半径R相对较大的模具ML2来制造涡轮动叶BL。另一方面,在材料的粒径相对较小的情况下,与材料的粒径相对较大的情况相比,熔融的材料难以进入多个槽构造72的可能性较低。因此,在凸状构造体71的形成密度相对较低的位置,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72而使曲率半径R相对较大的必要性相对较低。因此,在使用粒径相对较小的材料来制造涡轮动叶BL的情况下,曲率半径R也可以变得相对较小。即,在使用粒径相对较小的材料来制造涡轮动叶BL的情况下,也可以使用曲率半径R相对较小的模具ML2来制造涡轮动叶BL。

[0147] 或者,角部713和边界部714中的至少一方所包含的曲面的曲率半径R也可以根据角部713和边界部714中的至少一方所形成的位置的侧面711和712的角度(例如,相对于沿着Z轴的轴线的角度)而改变。

[0148] 角部713和边界部714中的至少一方所包含的曲面的曲率半径R也可以根据使用曲率半径R不同的多个模具ML而形成的凸肋构造RB的测量结果来设定。例如,也可以为,制造金属模具ML的操作人员(例如,加工系统SYS的操作人员)根据凸肋构造RB的测量结果来手动设定曲率半径R。或者,也可以为,制造金属模具ML的装置(例如,加工系统SYS)根据凸肋构造RB的测量结果来自动设定曲率半径R。

[0149] 如上所述,改变角部713和边界部714中的至少一方所包含的曲面的曲率半径R的目的之一是为了实现熔融的材料容易进入多个槽构造72的情况。这里,只要熔融的材料流动性较高,则熔融的材料容易进入多个槽构造72。熔融的材料温度越高,熔融的材料流动性越高。成型温度越高,熔融的材料温度越高。因此,也可以除了改变曲率半径R,还调整对涡轮动叶BL进行成型时(尤其是,向成型空间SP供给熔融的材料时)的成型温度,或者也可以调整该成型温度来代替改变曲率半径R。即,也可以为了在成型面MLs的各位置使熔融的材料容易进入多个槽构造72,对成型面MLs的各位置的成型温度进行调整。换句话说,成型面MLs的各位置的成型温度也可以彼此不同。在这种情况下,也与改变曲率半径R的情况相同,能够制造高精度地形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL,该凸肋构造RB能够适当地发挥降低相对于流体的阻力的效果。

[0150] 作为一例,成型面MLs的某个位置的成型温度也可以根据该位置的凸状构造体71的形成密度来调整。例如,如上所述,在凸状构造体71的形成密度相对较高的位置,与槽构造72的形成密度相对较低的位置相比,熔融的材料难以进入多个槽构造72的可能性变高。因此,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72,在凸状构造体71的形成密度相对较高的位置,成型温度也可以变得相对较高。另一方面,在凸状构造体71的形成密度相对较低的位置,成型温度也可以变得相对较低。其结果为,能够制造高精度地形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL,该凸肋构造RB能够适当地发挥降低相对于流体的阻力的效果。

[0151] 作为另一例,成型面MLs的某个位置的成型温度也可以根据该位置的槽构造72的深度(即,凸状构造体71的高度 $H_{mb}$ )来调整。例如,如上所述,在形成有相对较深的槽构造72的位置,与形成有相对较浅的槽构造72的位置相比,熔融的材料难以进入多个槽构造72

的可能性变高。因此,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72,在形成有相对较深的槽构造72的位置,成型温度也可以变得相对较高。另一方面,在形成有相对较浅的槽构造72的位置,成型温度也可以变得相对较低。其结果为,能够制造高精度地形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL,该凸肋构造RB能够适当地发挥降低相对于流体的阻力的效果。

[0152] 作为另一例,成型面MLs的某个位置的成型温度也可以根据角部713和边界部714中的至少一方在该位置所包含的曲面的曲率半径R来调整。例如,如上所述,在曲率半径R相对较小的位置,与曲率半径R相对较大位置相比,熔融的材料难以进入多个槽构造72的可能性变高。因此,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72,在曲率半径R相对较小的位置,成型温度也可以变得相对较高。另一方面,在曲率半径R相对较大的位置,成型温度也可以变得相对较低。其结果为,能够制造高精度地形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL,该凸肋构造RB能够适当地发挥降低相对于流体的阻力的效果。

[0153] 作为另一例,成型面MLs的某个位置的成型温度也可以根据该位置的成型构造MB(例如,槽构造72)的有无来调整。换句话说,形成有成型面MLs的成型构造MB的位置与未形成有成型面MLs的成型构造MB的位置的成型温度也可以彼此不同。例如,在形成有槽构造72的位置,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72,成型温度也可以变得相对较高。另一方面,在未形成有槽构造72的位置,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72而调整成型温度的必要性较低。因此,在未形成有槽构造72的位置,成型温度也可以变得相对较低。其结果为,能够制造高精度地形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL,该凸肋构造RB能够适当地发挥降低相对于流体的阻力的效果。

[0154] 作为另一例,成型温度也可以根据为了制造涡轮动叶BL而向成型空间SP供给的材料的粒径(例如,平均粒径)来调整。例如,如上所述,在材料的粒径相对较大的情况下,与材料的粒径相对较小的情况相比,熔融的材料难以进入多个槽构造72的可能性变高。因此,为了使熔融的材料容易进入多个槽构造72,在使用粒径相对较大的材料来制造涡轮动叶BL的情况下,成型温度也可以变得相对较高。另一方面,在使用粒径相对较小的材料来制造涡轮动叶BL的情况下,成型温度也可以变得相对较低。

[0155] 另外,并不限于使用模具ML2来制造涡轮动叶BL的情况,在使用任意的方法来制造涡轮动叶BL的情况下,也可以形成有角部813和边界部814中的至少一方包含曲面的凸肋构造RB。例如,加工系统SYS也可以在凸肋构造面BLs上形成角部813和边界部814中的至少一方包含曲面的凸肋构造RB。

[0156] (3-3) 用于制造形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL的模具ML的第3具体例

[0157] 接着,使用图13至图16,对用于制造形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL的模具ML的第3具体例进行说明。另外,在以下的说明中,将模具ML的第3具体例称为“模具ML3”。模具ML3与上述的模具ML1和ML2中的至少一方相比,不同点在于,成型面MLs包含:形成区域W11,其形成有成型构造MB;非形成区域W12,其未形成有成型构造MB;以及终端区域W13,其位于形成区域W11与非形成区域W12之间,并且形成有终端构造TB。终端构造TB也可以视为构成成型构造MB的一部分。模具ML3的其他特征也可以与模具ML1和ML2中的至少一方的其他特征相同。

[0158] 形成区域W11和非形成区域W12也可以沿着构成成型构造MB的多个凸状构造体71分别延伸的方向排列。在这种情况下,也可以在沿着多个凸状构造体71分别延伸的方向并

位于形成区域W11和非形成区域W12之间的终端区域W13形成有第1终端构造TB(以下,称为“终端构造TB1”)。

[0159] 形成区域W11和非形成区域W12也可以沿着构成成型构造MB的多个凸状构造体71所排列的方向排列。在这种情况下,也可以在沿着多个凸状构造体71所排列的方向并位于形成区域W11和非形成区域W12之间的终端区域W13形成有第2终端构造TB(以下,称为“终端构造TB2”)。

[0160] 以下,依次对第1终端构造TB1和第2终端构造TB2进行说明。另外,在以下的说明中,将沿着多个凸状构造体71分别延伸的方向排列的形成区域W11、终端区域W13以及非形成区域W12分别称为形成区域W111、终端区域W131以及非形成区域W121。另一方面,将沿着多个凸状构造体71所排列的方向排列的形成区域W11、终端区域W13以及非形成区域W12分别称为形成区域W112、终端区域W132以及非形成区域W122。

[0161] (3-3-1) 第1终端构造TB1

[0162] 首先,参照图13的(a)和图13的(b)对第1终端构造TB1进行说明。图13的(a)是示出第1终端构造TB1的立体图,图13的(b)是示出第1终端构造TB1的剖视图(图13的(a)的A-A'线剖视图)。

[0163] 如图13的(a)和图13的(b)所示,第1终端构造TB1形成于终端区域W131,该终端区域W131位于沿着多个凸状构造体71分别延伸的方向(在图13的(a)和图13的(b)所示的例子中为X轴方向)排列的形成区域W111与非形成区域W121之间。第1终端构造TB1与成型构造MB同样地,包含多个凸状构造体71和多个槽构造72。另外,在以下的说明中,将构成形成于终端区域W131的第1终端构造TB1的凸状构造体71和槽构造72分别称为凸状构造体73和槽构造74,由此与构成形成于形成区域W111的成型构造MB的凸状构造体71和槽构造72进行区别。

[0164] 形成于终端区域W131的多个凸状构造体73分别与形成于形成区域W111的多个凸状构造体71相连。形成于终端区域W131的多个槽构造74分别与形成于形成区域W111的多个槽构造72相连。多个凸状构造体73分别从形成区域W111朝向非形成区域W121延伸。形成区域W111和非形成区域W121沿着凸状构造体71所延伸的方向排列,因此可以说多个凸状构造体73分别沿着凸状构造体71所延伸的方向延伸。

[0165] 形成于终端区域W131的多个凸状构造体73中的至少一个的高度根据凸状构造体73所延伸的方向的位置而改变。具体而言,至少一个凸状构造体73的高度随着该至少一个凸状构造体73从形成区域W111接近非形成区域W121而变低。另外,如上所述,凸状构造体73(71)的高度与槽构造74(72)的深度等价,因此也可以视为形成于终端区域W131的多个槽构造74中的至少一个的深度根据槽构造74所延伸的方向的位置而改变。具体而言,也可以视为至少一个槽构造74的深度随着该至少一个槽构造74从形成区域W111接近非形成区域W121而变浅。

[0166] 使用这样的形成有第1终端构造TB1的模具ML3来制造的涡轮动叶BL(尤其是,凸肋构造RB)在图14的(a)和图14的(b)中示出。图14的(a)是示出使用形成有图13的(a)和图13的(b)所示的第1终端构造TB1的模具ML3来制造的涡轮动叶BL的一部分的立体图,图14的(b)是示出使用形成有图13的(a)和图13的(b)所示的第1终端构造TB1的模具ML3来制造的涡轮动叶BL的一部分的剖视图(图14的(a)的B-B'线剖视图)。

[0167] 如图14的(a)和图14的(b)所示,凸肋构造面BLs包含通过形成于形成区域W111的成型构造MB而形成有凸肋构造RB的形成区域W211。另外,凸肋构造面BLs包含非形成区域W221,该非形成区域W221沿着构成凸肋构造RB的凸状构造体81所延伸的方向与形成区域W211排列,并且未形成有凸肋构造RB。另外,凸肋构造面BLs包含终端区域W231,该终端区域W231沿着凸状构造体81所延伸的方向形成于形成区域W211与非形成区域W221之间,并且通过形成于形成区域W131的第1终端构造TB1而形成有凸状构造体81和槽构造82。另外,在以下的说明中,将形成于终端区域W231的凸状构造体81和槽构造82分别称为凸状构造体83和槽构造84,由此与形成于形成区域W211的凸状构造体81和槽构造82进行区别。

[0168] 形成于终端区域W231的多个凸状构造体83分别与形成于形成区域W211的多个凸状构造体81相连。形成于终端区域W231的多个槽构造84分别与形成于形成区域W211的多个槽构造82相连。多个凸状构造体83分别从形成区域W211朝向非形成区域W221延伸。形成区域W211和非形成区域W221沿着凸状构造体81所延伸的方向排列,因此可以说多个凸状构造体83分别沿着凸状构造体81所延伸的方向延伸。

[0169] 这里,如上所述,形成于终端区域W131的多个凸状构造体73中的至少一个的高度发生改变,因此形成于终端区域W231的多个槽构造84中的至少一个的深度发生改变。具体而言,至少一个槽构造84的深度根据槽构造84所延伸的方向的位置而改变。更具体而言,至少一个槽构造84的深度随着该至少一个槽构造84从形成区域W211接近非形成区域W221而变浅。另外,如上所述,槽构造84(82)的深度与凸状构造体83(81)的高度等价,因此也可以视为形成于终端区域W231的多个凸状构造体83中的至少一个的高度根据凸状构造体83所延伸的方向的位置而改变。具体而言,也可以视为至少一个凸状构造体83的高度随着该至少一个凸状构造体83从形成区域W211接近非形成区域W221而变低。

[0170] 在使用这样形成有第1终端构造TB1的模具ML3来制造涡轮动叶BL的情况下,与使用未形成有第1终端构造TB1的模具ML来制造涡轮动叶BL的情况相比,容易从涡轮动叶BL卸下模具ML3。其结果为,固化的材料的一部分残留于模具ML3的可能性变低。因此,涡轮动叶BL的一部分缺失的可能性变低。因此,能够制造形状精度相对较高的涡轮动叶BL。另外,在使用形成有第1终端构造TB1的模具ML3来制造的涡轮动叶BL中,能够降低涡轮动叶BL在与第1终端构造TB1的位置对应的位置处的表面相对于流体的阻力。

[0171] (3-3-2) 第2终端构造TB2

[0172] 接着,参照图15的(a)和图15的(b)对第2终端构造TB2进行说明。图15的(a)是示出第2终端构造TB2的立体图,图15的(b)是示出第2终端构造TB2的剖视图。

[0173] 如图15的(a)和图15的(b)所示,第2终端构造TB2形成于终端区域W132,该终端区域W132位于沿着多个凸状构造体71所排列的方向(在图15的(a)和图15的(b)所示的例子中为Y轴方向)排列的形成区域W112与非形成区域W122之间。第2终端构造TB2是以终端区域W132的表面与沿着Z轴方向(即,凸状构造体71所突出的方向)的轴线EX1所成的倾斜角度 $\theta_{12}$ 大于凸状构造体71的侧面711与轴线EX1所成的倾斜角度 $\theta_{11}$ 的方式形成于终端区域W132的构造。终端区域W132的表面也可以视为与形成于终端区域W132的第2终端构造TB2的表面等价。在这种情况下,第2终端构造TB2也可以视为以第2终端构造TB2的表面与沿着Z轴方向(即,凸状构造体71所突出的方向)的轴线EX1所成的倾斜角度 $\theta_{12}$ 大于凸状构造体71的侧面711和712中的至少一方与轴线EX1所成的倾斜角度 $\theta_{11}$ 大的方式形成于终端区域W132的构

造。

[0174] 第2终端构造TB2也可以是以如下的方式形成于终端区域W132的构造:除了倾斜角度 $\theta_{12}$ 大于倾斜角度 $\theta_{11}$ 以外,倾斜角度 $\theta_{12}$ 还大于凸状构造体71的侧面712与轴线EX1所成的倾斜角度 $\theta_{13}$ ,或者倾斜角度 $\theta_{12}$ 大于凸状构造体71的侧面712与轴线EX1所成的倾斜角度 $\theta_{13}$ 来代替倾斜角度 $\theta_{12}$ 大于倾斜角度 $\theta_{11}$ 。另外,第2终端构造TB2也可以是以如下的方式形成于终端区域W132的构造:除了倾斜角度 $\theta_{12}$ 大于倾斜角度 $\theta_{11}$ 和 $\theta_{13}$ 中的至少一方以外,终端区域W132的表面与相邻于终端区域W132的凸状构造体71的侧面711和712中的至少一方所成的角度 $\theta_{14}$ 还大于相邻的两个凸状构造体71分别具有的侧面711与侧面712所成的角度 $\theta_{15}$ ,或者终端区域W132的表面与相邻于终端区域W132的凸状构造体71的侧面711和712中的至少一方所成的角度 $\theta_{14}$ 大于相邻的两个凸状构造体71分别具有的侧面711与侧面712所成的角度 $\theta_{15}$ ,来代替倾斜角度 $\theta_{12}$ 大于倾斜角度 $\theta_{11}$ 和 $\theta_{13}$ 中的至少一方。

[0175] 使用形成有这样的第2终端构造TB2的模具ML3来制造的涡轮动叶BL(尤其是,凸肋构造RB)在图16的(a)和图16的(b)中示出。图16的(a)是示出使用形成有图15的(a)和图15的(b)所示的第2终端构造TB2的模具ML3来制造的涡轮动叶BL的一部分的立体图,图16的(b)是示出使用形成有图15的(a)和图15的(b)所示的第2终端构造TB2的模具ML3来制造的涡轮动叶BL的一部分的剖视图。

[0176] 如图16的(a)和图16的(b)所示,凸肋构造面BLs包含通过形成于形成区域W112的成型构造MB而形成有凸肋构造RB的形成区域W212。另外,凸肋构造面BLs包含非形成区域W222,该非形成区域W222沿着构成凸肋构造RB的凸状构造体81所排列的方向与形成区域W212排列,并且未形成有凸肋构造RB。另外,凸肋构造面BLs包含终端区域W232,该终端区域W232沿着凸状构造体81所排列的方向形成于形成区域W212与非形成区域W222之间,并且通过形成于形成区域W132的第2终端构造TB2在表面形成有构造。这里,如上所述,用于形成终端区域W232的构造的第2终端构造TB2是以终端区域W132的表面与沿着Z轴方向的轴线EX1所成的倾斜角度 $\theta_{12}$ 大于凸状构造体71的侧面711与轴线EX1所成的倾斜角度 $\theta_{11}$ 的方式形成于终端区域W132的构造。其结果为,通过这样的第2终端构造TB2形成有构造的终端区域W232的表面(即,形成于终端区域W232的构造的表面)与沿着Z轴方向(即,凸状构造体81所突出的方向)的轴线EX2所成的倾斜角度 $\theta_{22}$ 大于凸状构造体81的侧面811与轴线EX2所成的倾斜角度 $\theta_{21}$ 。

[0177] 另外,如上所述,第2终端构造TB2也可以是以倾斜角度 $\theta_{12}$ 大于凸状构造体71的侧面712与轴线EX1所成的倾斜角度 $\theta_{13}$ 的方式形成于终端区域W132的构造。在这种情况下,通过这样的第2终端构造TB2形成有构造的终端区域W232的表面(即,形成于终端区域W232的构造的表面)与沿着Z轴方向(即,凸状构造体81所突出的方向)的轴线EX2所成的倾斜角度 $\theta_{22}$ 大于凸状构造体81的侧面812与轴线EX2所成的倾斜角度 $\theta_{23}$ 。

[0178] 另外,如上所述,第2终端构造TB2也可以是以终端区域W132的表面与相邻于终端区域W132的凸状构造体71的侧面711和712中的至少一方所成的角度 $\theta_{14}$ 大于相邻的两个凸状构造体71分别具有的侧面711与侧面712所成的角度 $\theta_{15}$ 的方式形成于终端区域W132的构造。在这种情况下,通过这样的第2终端构造TB2形成有构造的终端区域W232的表面(即,形成于终端区域W232的构造的表面)与相邻于终端区域W232的凸状构造体81的侧面811和812中的至少一方所成的角度 $\theta_{24}$ 大于相邻的两个凸状构造体81分别具有的侧面811与侧面812

所成的角度 $\theta 25$ 。

[0179] 在使用这样形成有第2终端构造TB2的模具ML3来制造涡轮动叶BL的情况下,终端区域W232的倾斜变得相对平缓。因此,容易从涡轮动叶BL卸下模具ML3。其结果为,固化的材料的一部分残留于模具ML3的可能性变低。因此,涡轮动叶BL的一部分缺失的可能性变低。因此,能够制造形状精度相对较高的涡轮动叶BL。

#### [0180] (4) 设计装置

[0181] 接着,对用于设计形成于涡轮动叶BL的凸肋构造RB的的形状的设计装置5进行说明。

##### [0182] (4-1) 设计装置5的构造

[0183] 首先,参照图17,对设计装置5的构造进行说明。图17是示出设计装置5的构造的框图。

[0184] 如图17所示,设计装置5具有运算装置51、存储装置52以及通信装置53。另外,设计装置5也可以具有输入装置54和输出装置55。但是,设计装置5也可以不具有输入装置54和输出装置55中的至少一个。运算装置51、存储装置52、通信装置53、输入装置54以及输出装置55也可以经由数据总线56连接。

[0185] 运算装置51例如也可以包含CPU和GPU中的至少一方。运算装置51读入计算机程序。例如,运算装置51也可以读入存储装置52所存储的计算机程序。例如,运算装置51也可以使用未图示的记录介质读取装置来读入能够用计算机读取并且非暂时性的记录介质所存储的计算机程序。运算装置51也可以经由通信装置53从配置于设计装置5的外部的未图示的装置获取计算机程序(即,也可以下载或者也可以读入)。运算装置51执行读入的计算机程序。其结果为,在运算装置51内实现用于执行设计装置5要进行的动作的逻辑功能块。即,运算装置51能够作为用于实现用于执行设计装置5要进行的动作的逻辑功能块的控制装置来发挥功能。

[0186] 在本实施方式中,在运算装置51内实现用于执行设计凸肋构造RB的的形状的设计动作的逻辑功能块。图17示出了为了执行设计动作而在运算装置51内实现的逻辑功能块的一例。如图17所示,在运算装置51内实现显示控制部511、信息获取部512以及特性计算部513。另外,关于显示控制部511、信息获取部512以及特性计算部513的动作,将在后面详细叙述。

[0187] 另外,在使用形成有成型构造MB的模具ML形成凸肋构造RB的情况下,设计凸肋构造RB的的形状的设计动作也可以视为与设计模具ML(尤其是,成型构造MB)的动作等价。

[0188] 存储装置52能够存储期望的数据。例如,存储装置52也可以暂时存储运算装置51所执行的计算机程序。存储装置52也可以暂时存储在运算装置51执行计算机程序时运算装置51暂时使用的数据。存储装置52也可以存储设计装置5长期保存的数据。另外,存储装置52也可以包含RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)、ROM(Read Only Memory:只读存储器)、硬盘装置、光磁盘装置、SSD(Solid State Drive:固态驱动器)以及盘阵列装置中的至少一个。即,存储装置52也可以包含非暂时性的记录介质。

[0189] 通信装置53能够经由未图示的通信网络而与设计装置5的外部的装置通信。

[0190] 输入装置54是受理来自设计装置5的外部的针对设计装置5的信息的输入的装置。例如,输入装置54也可以包含用户能够操作的操作装置(例如,键盘、鼠标以及触摸面板中的至少一个)。例如,输入装置54也可以包含读取装置,该读取装置能够读取作为数据而记录于能够外设于设计装置5的记录介质的信息。

[0191] 输出装置55是向设计装置5的外部输出信息的装置。例如,输出装置55也可以将信息作为图像来输出。即,输出装置55也可以包含能够显示表示想要输出的信息的图像的显示装置(所谓的显示器)。例如,输出装置55也可以将信息作为声音来输出。即,输出装置55也可以包含能够输出声音的声音装置(所谓的扬声器)。例如,输出装置55也可以在纸面上输出信息。即,输出装置55也可以包含能够在纸面上印刷期望的信息的印刷装置(所谓的打印机)。

[0192] (4-2) 设计装置5的设计动作

[0193] 接着,参照图18对设计装置5所进行的设计动作进行说明。图18是示出设计装置5所进行的设计动作的流程的流程图。

[0194] 如图18所示,显示控制部511控制输出装置55(尤其是,显示装置)以显示设计GUI(Graphical User Interface:图形用户界面)57(步骤S11)。

[0195] 设计GUI 57的一例在图19中示出。如图19所示,设计GUI 57也可以包含输入画面571和输出画面572。

[0196] 输入画面571是包含为了设计凸肋构造RB的形状而用户能够操作的GUI的画面(换句话说,输入部)。用户也可以使用输入装置54来操作输入画面571。即,用户也可以使用输入装置54在输入画面571上进行用于设计凸肋构造RB的形状的操作。其结果为,信息获取部512获取与用户使用设计GUI 57所设计的凸肋构造RB的形状有关的设计信息(图18的步骤S12)。

[0197] 输入画面571的一例在图20中示出。输入画面571也可以包含用于指定凸肋构造RB的形状的形状指定GUI 5710。在图20所示的例子中,作为形状指定GUI 5710的一例,输入画面571包含用于指定上述的角部813和边界部814中的至少一方所包含的曲面的曲率半径R的曲率指定GUI 5711。但是,输入画面571也可以包含与曲率指定GUI 5711不同的形状指定GUI 5710。例如,输入画面571也可以包含能够指定凸状构造体81的高度 $H_{rb}$ 、凸状构造体81的间距 $P_{rb}$ 、槽构造82的深度、槽构造82的间距、凸状构造体81的宽度、槽构造82的宽度、凸状构造体81的位置、槽构造82的位置、凸状构造体81的形状以及槽构造82的形状中的至少一个的形状指定GUI 5710。

[0198] 另外,用户使用输入画面571而输入的信息的至少一部分也可以从与设计装置5不同的装置输入设计装置5。例如,与凸状构造体81的高度 $H_{rb}$ 、凸状构造体81的间距 $P_{rb}$ 、槽构造82的深度、槽构造82的间距、凸状构造体81的宽度、槽构造82的宽度、凸状构造体81的位置、槽构造82的位置、凸状构造体81的形状以及槽构造82的形状中的至少一个有关的信息也可以从与设计装置5不同的装置输入到设计装置5。

[0199] 如图20所示,曲率指定GUI 5711也可以包含能够单独指定构成凸肋构造RB的多个角部813的曲率半径R的GUI。在这种情况下,曲率指定GUI 5711也可以包含能够指定各角部813所形成的位置和形成于该位置的角部813的曲率半径的GUI。曲率指定GUI 5711也可以包含能够单独指定构成凸肋构造RB的多个边界部814的曲率半径R的GUI。在这种情况下,曲率指定GUI 5711也可以包含能够指定各边界部814所形成的位置和形成于该位置的边界部814的曲率半径的GUI。或者,曲率指定GUI 5711也可以包含能够一起指定构成凸肋构造RB的多个角部813的曲率半径R的GUI。曲率指定GUI 5711也可以包含能够一起指定构成凸肋构造RB的多个边界部814的曲率半径R的GUI。

[0200] 另外,凸肋构造RB的角部813通过成型构造MB的边界部714而形成,因此用于指定凸肋构造RB的角部813所包含的曲面的曲率半径R的曲率指定GUI 5711也可以视为与用于指定成型构造MB的边界部714所包含的曲面的曲率半径R的曲率指定GUI等价。同样地,凸肋构造RB的边界部714通过成型构造MB的角部713而形成,因此用于指定凸肋构造RB的边界部814所包含的曲面的曲率半径R的曲率指定GUI 5711也可以视为与用于指定成型构造MB的角部713所包含的曲面的曲率半径R的GUI等价。

[0201] 输入画面571也可以除了曲率指定GUI 5711以外还包含用于指定凸肋构造RB的形成条件的条件指定GUI 5712,或者也可以包含该条件指定GUI 5712来代替曲率指定GUI 5711。在图20所示的例子中,输入画面571包含用于指定使用上述的模具ML来形成凸肋构造RB时的凸肋构造RB的形成条件的条件指定GUI 5712。在图20所示的例子中,输入画面571包含用于指定用于制造涡轮动叶BL的材料(即,向成型空间SP供给的材料)的材质、构成模具ML的材料的材质、成型温度、从所制造的涡轮动叶BL卸下模具ML的方向(即,拔出方向)、以及材料向成型空间SP的供给方向的条件指定GUI 5712。

[0202] 再次在图18中,信息获取部512获取输入到设计GUI 57的输入画面571的信息作为与用户所设计的凸肋构造RB的形状有关的设计信息(步骤S12)。

[0203] 然后,特性计算部513根据在步骤S12中获取的设计信息,计算在假设根据该设计信息形成了凸肋构造RB的情况下实现的凸肋构造RB的特性(步骤S13)。例如,特性计算部513也可以使用表示凸肋构造RB的形状(进而,根据需要,凸肋构造RB的形成条件)与凸肋构造RB的特性的关系的数据库来计算凸肋构造RB的特性。作为一例,如图21所示,特性计算部513也可以通过将设计信息输入到数据库来计算凸肋构造RB的特性。或者,例如,特性计算部513也可以使用能够通过机器学习构建的运算模型来计算凸肋构造RB的特性。运算模型例如也可以是在输入了设计信息的情况下能够输出与凸肋构造RB的特性有关的特性信息的运算模型。

[0204] 显示控制部511控制输出装置55(尤其是,显示装置)以显示在步骤S13中计算出的凸肋构造RB的特性(步骤S14)。例如,显示控制部511也可以控制输出装置55(尤其是,显示装置)以将在步骤S13中计算出的凸肋构造RB的特性显示于设计GUI 57所包含的输出画面572。

[0205] 输出画面572的一例在图22中示出。在图22所示的例子中,作为凸肋构造RB的特性,在输出画面572显示出面向形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL的表面(尤其是,形成有凸肋构造RB的凸肋构造面BLs)流动的流体的流速、从形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL拔出模具ML的拔出容易度(即,卸下容易度)、供给到模具ML的成型空间SP的材料在成型空间SP内的流动性、以及在实际使用形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL的状况下的施加于涡轮动叶BL的表面(尤其是,形成有凸肋构造RB的凸肋构造面BLs)的应力的分布。

[0206] 用户也可以一边参照显示于输出画面572的凸肋构造RB的特性,一边使用输入画面571来设计凸肋构造RB的形状。也可以在每次用户使用输入画面571重新输入用于设计凸肋构造RB的形状的信息作为设计信息时,在输出画面572上重新显示根据新的设计信息计算出的凸肋构造RB的特性。在这种情况下,用户也可以使用输入画面571持续设计凸肋构造RB的形状,直到实现具有期望的特性的凸肋构造RB(步骤S15)。其结果为,用户能够适当地设计具有期望的特性的凸肋构造RB的形状。

[0207] 设计信息也可以用于形成凸肋构造RB(即,制造形成有凸肋构造RB的涡轮动叶BL)。例如,设计信息也可以用于生成用于在涡轮动叶BL形成凸肋构造RB的方式控制加工系统SYS的信息。例如,设计信息也可以用于生成用于制造上述的模具ML的信息。

[0208] 另外,如果考虑到如上所述那样根据设计信息和数据库或能够进行机械学习的运算模型来计算凸肋构造RB的特性的情况,则应该能够根据与凸肋构造RB的特性有关的特性信息和数据库或能够进行机械学习的运算模型来计算设计信息。因此,设计装置5也可以使用输入画面571来获取与用户想要实现的凸肋构造RB的特性有关的特性信息,并根据信息和数据库或能够进行机械学习的运算模型来计算设计信息,该设计信息指定具有用户想要实现的特性的凸肋构造RB的形状。即,设计装置5也可以自动推荐用户想要实现的凸肋构造RB的形状,而无需用户输入用于设计凸肋构造RB的形状的信息。

[0209] (5) 加工系统SYS的变形例

[0210] 接着,对加工系统SYS的变形例进行说明。

[0211] (5-1) 第1变形例

[0212] 在第1变形例中,加工系统SYS也可以通过向涡轮动叶BL(或者,任意的工件W,以下相同)照射多个加工光EL来对涡轮动叶BL进行加工。例如,加工系统SYS也可以通过向涡轮动叶BL照射多个加工光EL而在涡轮动叶BL形成凸肋构造RB。在这种情况下,如图23所示,加工系统SYS也可以具有加工光学系统111,该加工光学系统111包含将来自加工光源2的光分割成多个加工光EL的光束分割元件1111。

[0213] 加工系统SYS也可以分别使用多个加工光EL来同时形成多个槽构造82。例如,如作为示出向涡轮动叶BL照射的多个加工光EL的俯视图的图24所示,加工系统SYS也可以以分别照射有多个加工光EL的多个目标照射区域EA沿着多个槽构造82所排列的方向(在图24所示的例子中为Y轴方向)排列,并且多个目标照射区域EA沿着多个槽构造82所延伸的方向(在图24所示的例子中为Y轴方向)移动的方式,向涡轮动叶BL照射多个加工光EL。其结果为,同时形成多个槽构造82。

[0214] 加工系统SYS也可以使用多个加工光EL中的至少两个来形成单一的槽构造82。例如,如作为示出向涡轮动叶BL照射的多个加工光EL的俯视图的图25所示,加工系统SYS也可以以分别照射有至少两个加工光EL的至少两个目标照射区域EA沿着槽构造82所延伸的方向(在图25所示的例子中为X轴方向)排列,并且至少两个目标照射区域EA沿着槽构造82所延伸的方向移动的方式,向涡轮动叶BL照射至少两个加工光EL。或者,例如,如作为示出向涡轮动叶BL照射的多个加工光EL的俯视图的图26所示,加工系统SYS也可以以至少两个目标照射区域EA在要形成单一的槽构造82的区域内按照期望的分布方式(在图26所示的例子中为V字的分布方式)分布,并且至少两个目标照射区域EA沿着槽构造82所延伸的方向移动的方式,向涡轮动叶BL照射至少两个加工光EL。其结果为,通过至少两个加工光EL来形成单一的槽构造82。

[0215] 加工系统SYS也可以并行地进行使用至少两个第1加工光EL来形成单一的槽构造82的动作和使用至少两个第2加工光EL来形成单一的槽构造82的动作。例如,如作为示出向涡轮动叶BL照射的多个加工光EL的俯视图的图27所示,加工系统SYS也可以以分别照射有至少两个第1加工光EL的至少两个第1目标照射区域EA沿着槽构造82所延伸的方向(在图27所示的例子中为X轴方向)排列,并且至少两个第1目标照射区域EA沿着槽构造82所延伸的

方向移动的方式,进行向涡轮动叶BL照射至少两个第1加工光EL的第1动作。另外,加工系统SYS也可以与第1动作并行地,以分别照射有至少两个第2加工光EL的至少两个第2目标照射区域EA沿着槽构造82所延伸的方向排列,并且至少两个第2目标照射区域EA沿着槽构造82所延伸的方向移动的方式,向涡轮动叶BL照射至少两个第2加工光EL。

[0216] 多个加工光EL的强度(例如,在涡轮动叶BL的表面的强度)也可以相同。或者,多个加工光EL中的至少两个的强度也可以不同。多个加工光EL的形状(例如,在与多个加工光EL的行进方向交叉的面或者与加工光学系统111的光轴交叉的面内的形状)也可以相同。或者,多个加工光EL中的至少两个形状也可以不同。

#### [0217] (5-2) 第2变形例

[0218] 在加工系统SYS通过向涡轮动叶BL(或者,任意的工件W,以下相同)照射加工光EL来对涡轮动叶BL进行加工的情况下,有时会在加工出的涡轮动叶BL的表面形成氧化膜(例如,包含 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 和 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 中的至少一个的氧化膜)。在这种情况下,加工系统SYS也可以在对涡轮动叶BL进行加工之后(例如,在形成凸肋构造RB之后)进行用于去除氧化膜的后加工。例如,如示意性地示出进行后加工的加工系统SYS的图28所示,加工系统SYS也可以通过向氧化膜照射加工光EL来进行去除氧化膜的去除加工作为后加工。

[0219] 或者,加工系统SYS也可以以不容易在加工出的涡轮动叶BL的表面形成氧化膜的方式对涡轮动叶BL进行加工。例如,在加工出的涡轮动叶BL的表面形成有氧化膜的理由之一为,在对涡轮动叶BL进行加工的箱体4的内部空间存在氧。因此,加工系统SYS也可以通过与氧不同的吹扫气体对箱体4的内部空间进行吹扫,并在通过吹扫气体进行了吹扫的箱体4的内部空间内对涡轮动叶BL进行加工。在这种情况下,如图29所示,加工系统SYS也可以具有向箱体4的内部空间供给吹扫气体的气体供给装置6。

[0220] 另外,吹扫气体也可以包含惰性气体。惰性气体例如也可以包含氮气和氩气中的至少一个。

#### [0221] (5-3) 其他变形例

[0222] 在上述说明中,加工装置1具有头驱动系统12。然而,加工装置1也可以不具有头驱动系统12。即,加工头11也可以不能移动。另外,在上述说明中,加工装置1具有工作台驱动系统14。然而,加工装置1也可以不具有工作台驱动系统14。即,工作台13也可以不能移动。

[0223] 在上述说明中,对加工装置1在金属性的工件W(即,母材)上形成凸肋构造RB的例子以及加工装置1在涂布于工件W的表面的膜上形成凸肋构造RB的例子进行了说明。然而,加工装置1所进行的加工并不限于上述的例子。例如,加工装置1也可以在工件W的表面形成凸肋构造RB,并用膜对形成有凸肋构造RB的工件W的表面进行涂布。例如,在加工装置1在涂布于工件W的表面的膜上形成凸肋构造RB的情况下,也可以用其他膜对形成有凸肋构造RB的膜进一步进行涂布。无论在哪个例子中,都可以用膜对凸肋构造RB进行涂布。在这种情况下,也可以以凸肋构造RB的功能不因涂布于凸肋构造RB的膜降低的方式决定膜的厚度。例如,在凸肋构造RB埋入于膜的情况下,凸肋构造RB的功能有可能会因膜而降低,因此也可以以凸肋构造RB不埋入于膜的方式决定膜的厚度。也可以以凸肋构造RB的功能不因涂布于凸肋构造RB的膜而降低的方式,沿着凸肋构造RB的形状(例如,沿着凸肋构造体81或槽构造82)形成膜。

[0224] 加工装置1也可以使用表面张贴有薄膜的工件W,在薄膜的表面形成凸肋构造RB。

薄膜可以是树脂性的薄膜,也可以是金属性的薄膜,还可以是由其他材料构成的薄膜。

[0225] 上述的膜(或者,薄膜)的材料可以是包含CrN、TiN、TiLN、 $Y_2O_3$ 、 $ZrO_2$ 、MCrAlY(或者, MCrAlY)、NiCr、Wc(或者,WC)、 $Al_2O_3$ -TiO<sub>2</sub>、 $Cr_2O_3$ 以及水溶性铝中的至少一个的材料,也可以是其他材料。另外,涂布于金属制的工件W的表面的膜也可以具有多个层。在这种情况下,多个层中的第1层的材料与多个层中的与第1层不同的第2层的材料可以相同也可以不同。例如,第1层和第2层中的至少一方的材料可以包含CrN、TiN、TiLN、 $Y_2O_3$ 、 $ZrO_2$ 、MCrAlY(或者, MCrAlY)、NiCr、Wc(或者,WC)、 $Al_2O_3$ -TiO<sub>2</sub>、 $Cr_2O_3$ 以及水溶性铝中的至少一个,也可以不包含上述材料中的至少一个。

[0226] 通过在工件W上涂布膜而产生的效果(尤其是,在工件W产生的效果)也可以包含保护工件W的效果、提高工件W的隔热性的效果、提高工件W的耐热性的效果、提高工件W的耐腐蚀性的效果、提高工件W的耐磨性的效果、以及提高工件W的抗氧化特性的效果中的至少一个。通过在凸肋构造RB上形成膜而产生的效果(即,通过膜实现的效果)也可以包含保护凸肋构造RB的效果、提高凸肋构造RB的隔热性的效果、提高凸肋构造RB的耐热性的效果、提高凸肋构造RB的耐腐蚀性的效果、提高凸肋构造RB的耐磨性的效果、以及提高凸肋构造RB的抗氧化特性的效果中的至少一个。通过在工件W上形成多个不同材料的层(例如,形成包含多个不同材料的层的膜)而产生的效果也可以包含防剥落效果。例如,也可以考虑接近工件W的膜与工件W之间的热膨胀的特性的差以及远离工件W的膜与工件W之间的热膨胀的特性的差,选择形成于工件W的膜。在接近工件W的膜与工件W之间的热膨胀的特性的差小于远离工件W的膜(例如,形成有凸肋构造RB的膜)与工件W之间的热膨胀的特性的差的情况下,能够抑制膜因热扩展而导致的凸肋构造RB的剥落。

[0227] 在上述说明中,加工系统SYS形成具有降低工件W的表面相对于流体的阻力的功能的凸肋构造RB。然而,加工系统SYS也可以在工件W上形成具有与降低工件W的表面相对于流体的阻力的功能不同的功能的构造。例如,加工系统SYS也可以在工件W上形成用于降低在流体与工件W的表面相对移动时产生的噪音的凸肋构造。例如,加工系统SYS也可以在工件W上形成相对于工件W的表面上流体的流动产生旋涡的凸肋构造。例如,加工系统SYS也可以在工件W上形成用于向工件W的表面赋予疏水性的构造。

[0228] 在上述说明中,加工系统SYS在工件W的表面形成凸肋构造RB。然而,加工系统SYS也可以在工件W的表面上形成具有任意的形状的任意的构造。作为任意的构造的一例,例举出相对于工件W的表面上流体的流动产生旋涡的结构。作为任意的构造的另一例,例举出用于向工件W的表面赋予疏水性的构造。作为任意的构造的另一例,例举出规则地或不规则地形成的微米/纳米级的微细纹理构造(典型地,包含山构造和槽构造的凹凸构造)。微细纹理构造也可以包含具有降低流体(气体和/或液体)的阻力的功能的粗糙表面构造和凹痕构造中的至少一方。微细的纹理构造也可以包含具有疏液功能和自清洁功能中的至少一方(例如,具有莲花效应)的莲叶表面构造。微细的纹理构造也可以包含具有液体输送功能的微细突起构造(参照美国专利公开第2017/0044002号公报)、具有亲液性功能的凹凸构造、具有防污功能的凹凸构造、具有反射率降低功能和疏液功能中的至少一方的蛾眼构造、通过干涉仅增强特定波长的光而呈现构造色的凹凸构造、具有利用了范德华力的粘接功能的柱阵列构造、具有空气噪音降低功能的凹凸构造、具有液滴捕集功能的蜂窝构造、以及提高与形成在表面上的层的密合性的凹凸构造、用于降低摩擦阻力的凹凸构造等中的至少一

个。在这种情况下,构成凹凸构造的凸状构造体也可以具有与上述的构成凸肋构造RB的凸状构造体81相同的构造。构成凹凸构造的槽构造也可以具有与上述的构成凸肋构造RB的槽构造82相同的构造。另外,微细的纹理构造也可以不具有特定的功能。

[0229] 在上述说明中,加工系统SYS通过向工件W照射加工光EL来对工件W进行加工。然而,加工系统SYS也可以向工件W照射与光不同的任意的能量束来对工件W进行加工。在这种情况下,加工系统SYS也可以除了加工光源2以外还具有能够照射任意的能量束的射束照射装置,或者具有该射束照射装置来代替加工光源2。作为任意的能量束的一例,例举出带电粒子束和电磁波中的至少一方。作为带电粒子束的一例,例举出电子束和离子束中的至少一方。

#### [0230] (6) 凸肋构造RB的变形例

[0231] 在上述说明中,如图6的(a)和图6的(b)所示,构成凸肋构造RB的凸状构造体81从凸肋构造面BLs朝向正上方突出。然而,如作为示出凸肋构造RB的变形例的剖视图的图30所示,凸状构造体81也可以从凸肋构造面BLs朝向斜上方突出。例如,凸状构造体81也可以以凸状构造体81所突出的方向D与沿着Z轴方向(即,凸状构造体81所突出的方向)的轴线EX2所成的角度 $\theta_3$ 大于0度并且为30度以下的方式,从凸肋构造面BLs朝向斜上方突出。另外,凸状构造体81所突出的方向D也可以是连结凸状构造体81的底部的中心与凸状构造体81的顶点的方向。

[0232] 在加工光EL相对于凸肋构造面BLs的入射角度有制约的情况下,加工系统SYS也可以形成从凸肋构造面BLs朝向斜上方突出的凸状构造体81。例如,在无法向凸肋构造面BLs照射垂直入射于凸肋构造面BLs的加工光EL的情况下,加工系统SYS也可以形成从凸肋构造面BLs朝向斜上方突出的凸状构造体81。例如,在垂直入射于凸肋构造面BLs的加工光EL到达凸肋构造面BLs之前被障碍物等遮光(即,产生渐晕)的情况下,加工系统SYS也可以形成从凸肋构造面BLs朝向斜上方突出的凸状构造体81。但是,即使在加工光EL相对于凸肋构造面BLs的入射角度没有制约的情况下,加工系统SYS也可以形成从凸肋构造面BLs朝向斜上方突出的凸状构造体81。

[0233] 由从凸肋构造面BLs朝向斜上方突出的凸状构造体81构成的凸肋构造RB也可以使用模具ML来制造。在这种情况下,形成于模具ML的成型面MLs的凸状构造体71也可以从成型面MLs朝向斜上方突出。例如,凸状构造体71也可以以凸状构造体71所突出的方向与沿着Z轴方向(即,凸状构造体71所突出的方向)的轴线EX1所成的角度大于0度并且为30度以下的方式,从成型面MLs朝向斜上方突出。另外,凸状构造体71所突出的方向也可以是连结凸状构造体71的底部的中心与凸状构造体71的顶点的方向。

#### [0234] (7) 附记

[0235] 关于以上说明的实施方式,进一步记载以下的附记。

#### [0236] [附记1]

[0237] 一种模具,该模具用于利用能够熔融的材料注射成型出注射成型品,该注射成型品具有设置在流体中的叶片,其中,

[0238] 该模具具有供所述材料接触的成型面,

[0239] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸且沿与第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与第1方向

和所述第2方向交叉，

[0240] 所述多个凸状构造体中的第1凸状构造体的角部与所述多个凸状构造体中的沿着所述第3方向相邻的所述第1凸状构造体和第2凸状构造体的边界部中的至少一方包含曲面，

[0241] 在所述角部与所述边界部中的至少一方所包含的曲面的曲率半径为R、所述多个凸状构造体的间距为P、并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的从所述边界部起的高度为H的情况下，满足“1微米 $<$ R $<$ 4微米”的第1条件，并且满足“5微米 $<$ P $<$ 200微米”的第2条件和“2.5微米 $<$ H $<$ 100微米”的第3条件中的至少一方。

[0242] [附记2]

[0243] 根据附记1所述的模具，其中，

[0244] 所述注射成型品包含通过所述多个凸状构造体而成型的凸肋构造面，

[0245] 所述凸肋构造面能够降低相对于所述流体的阻力。

[0246] [附记3]

[0247] 根据附记1或2所述的模具，其中，

[0248] 该模具还满足“2微米 $<$ R $<$ 3微米”的第4条件。

[0249] [附记4]

[0250] 根据附记1至3中的任意一项所述的模具，其中，

[0251] 所述注射成型品是用于风扇、叶轮、螺旋桨、涡轮或泵的部件。

[0252] [附记5]

[0253] 根据附记1至4中的任意一项所述的模具，其中，

[0254] 所述第1凸状构造体具有彼此朝向相反侧的一对第1侧面，

[0255] 所述角部经由所述一对第1侧面的端部而连接所述一对第1侧面。

[0256] [附记6]

[0257] 根据附记1至5中的任意一项所述的模具，其中，

[0258] 所述第1凸状构造体具有与第2凸状构造体对置的第2侧面，

[0259] 所述第2凸状构造体具有与所述第1凸状构造体对置的第3侧面，

[0260] 所述边界部经由所述第2侧面的端部和所述第3侧面的端部而连接所述第2侧面和所述第3侧面。

[0261] [附记7]

[0262] 根据附记1至6中的任意一项所述的模具，其中

[0263] 所述多个凸状构造体以沿着所述成型面排列的方式形成。

[0264] [附记8]

[0265] 根据附记7所述的模具，其中，

[0266] 所述成型面包含：

[0267] 第1区域，其形成有所述多个凸状构造体；

[0268] 第2区域，其未形成有所述多个凸状构造体；以及

[0269] 第3区域，其沿着所述第1方向位于所述第1区域与所述第2区域之间，并且形成有分别与所述多个凸状构造体连接的多个其他凸状构造体，

[0270] 所述多个其他凸状构造体从所述第1区域朝向所述第2区域延伸，

[0271] 随着所述多个其他凸状构造体中的至少一个接近所述第2区域,所述多个其他凸状构造体中的至少一个的高度变低。

[0272] [附记9]

[0273] 根据附记7或8所述的模具,其中

[0274] 所述成型面包含:

[0275] 第1区域,其形成有所述多个凸状构造体;

[0276] 第4区域,其未形成有所述多个凸状构造体;以及

[0277] 第5区域,其沿着所述第3方向位于所述第1区域与所述第4区域之间,

[0278] 所述第5区域的表面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度大于所述多个凸状构造体的侧面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度。

[0279] [附记10]

[0280] 根据附记7至9中的任意一项所述的模具,其中,

[0281] 所述成型面的第1部分的所述曲面的曲率半径与所述成型面的与所述第1部分不同的第2部分的所述曲面的曲率半径不同。

[0282] [附记11]

[0283] 根据附记10所述的模具,其中,

[0284] 在所述第1部分的所述凸状构造体的形成密度比所述第2部分的所述凸状构造体的形成密度高的情况下,所述第1部分的所述曲面的曲率半径大于所述第2部分的所述曲面的曲率半径。

[0285] [附记12]

[0286] 根据附记10或11所述的模具,其中,

[0287] 在进行所述注射成型的期间中的所述第1部分的温度比所述第2部分的温度低的情况下,所述第1部分的所述曲面的曲率半径大于所述第2部分的所述曲面的曲率半径。

[0288] [附记13]

[0289] 根据附记1至12中的任意一项所述的模具,其中,

[0290] 所述多个凸状构造体中的至少一个的高度为所述多个凸状构造体的间距以下。

[0291] [附记14]

[0292] 根据附记1至13中的任意一项所述的模具,其中,

[0293] 所述多个凸状构造体中的至少一个的高度为所述多个凸状构造体的间距的一半以下。

[0294] [附记15]

[0295] 根据附记1至14中的任意一项所述的模具,其中,

[0296] 所述多个凸状构造体沿着所述第3方向规则地排列。

[0297] [附记16]

[0298] 根据附记1至15中的任意一项所述的模具,其中,

[0299] 所述多个凸状构造体是多个第4凸状构造体,

[0300] 在作为所述注射成型品的表面的构造面上形成有以沿着第6方向排列的方式形成有多个第5凸状构造体的凸肋构造,该第5凸状构造体沿着第5方向延伸并且从所述构造面突出,该第5方向沿着所述构造面,该第6方向沿着所述构造面且与所述第5方向交叉,

[0301] 沿着所述第1方向延伸的槽以沿着所述第3方向排列有多个的方式形成在所述多个第4凸状构造体之间，

[0302] 通过流入到所述多个槽的熔融材料，分别形成所述多个第5凸状构造体。

[0303] [附记17]

[0304] 根据附记1至16中的任意一项所述的模具，其中，

[0305] 从该模具拔出所述叶片的方向是基于所述多个凸状构造体所延伸的方向的方向。

[0306] [附记18]

[0307] 根据附记1至17中的任意一项所述的模具，其中，

[0308] 从该模具拔出所述叶片的方向是基于对所述多个凸状构造体所延伸的方向进行平均而得到的方向的方向。

[0309] [附记19]

[0310] 一种模具，该模具用于利用能够熔融的材料对成型品进行成型，其中，

[0311] 该模具具有供所述材料接触的成型面，

[0312] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体，该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出，该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉，

[0313] 所述多个凸状构造体中的第1凸状构造体的角部与所述多个凸状构造体中的沿着所述第3方向相邻的所述第1凸状构造体和第2凸状构造体的边界部中的至少一方包含曲面。

[0314] [附记20]

[0315] 一种模具，该模具用于利用能够熔融的材料对成型品进行成型，其中，

[0316] 该模具具有供所述材料接触的成型面，

[0317] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成有多个槽状构造体，该多个槽状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向凹陷，该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉，

[0318] 所述多个槽状构造体中的第1槽状构造体的底部包含曲面部。

[0319] [附记21]

[0320] 一种模具，该模具用于利用能够熔融的材料对成型品进行成型，其中，

[0321] 该模具具有供所述材料接触的成型面，

[0322] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成有多个槽状构造体，该多个槽状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向凹陷，该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉，

[0323] 所述多个槽状构造体各自的形状为三角形形状。

[0324] [附记22]

[0325] 一种模具，该模具用于利用能够熔融的材料对成型品进行成型，其中，

[0326] 该模具具有供所述材料接触的成型面，

[0327] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体，该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出，该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉，

- [0328] 所述多个凸状构造体中的第1凸状构造体具有第1斜面部和第2斜面部，
- [0329] 所述多个凸状构造体中的第2凸状构造体具有第3斜面部和第4斜面部，
- [0330] 连接所述第1斜面部与所述第2斜面部的角部和连接所述第2斜面部与所述第3斜面部的边界部中的至少一方包含曲面。
- [0331] [附记23]
- [0332] 一种模具，该模具用于利用能够熔融的材料对成型品进行成型，其中，
- [0333] 该模具具有供所述材料接触的成型面，
- [0334] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体，该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出，该第3方向与所述第1方向 and 所述第2方向交叉，
- [0335] 所述多个凸状构造体中的第1凸状构造体的角部以及所述多个凸状构造体中的沿着所述第3方向相邻的所述第1凸状构造体和第2凸状构造体的边界部中的至少一方包含曲面。
- [0336] [附记24]
- [0337] 一种模具，该模具用于利用能够熔融的材料对成型品进行成型，其中，
- [0338] 该模具具有供所述材料接触的成型面，
- [0339] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体，该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出，该第3方向与所述第1方向 and 所述第2方向交叉，
- [0340] 所述成型面包含：
- [0341] 第1区域，其形成有所述多个凸状构造体；
- [0342] 第2区域，其未形成有所述多个凸状构造体；以及
- [0343] 第3区域，其沿着所述第1方向位于所述第1区域与所述第2区域之间，并且形成有分别与所述多个凸状构造体连接的多个其他凸状构造体，
- [0344] 所述多个其他凸状构造体从所述第1区域朝向所述第2区域延伸，
- [0345] 所述多个其他凸状构造体中的至少一个的高度随着接近所述第2区域而变低。
- [0346] [附记25]
- [0347] 一种模具，该模具用于利用能够熔融的材料对成型品进行成型，其中，
- [0348] 该模具具有供所述材料接触的成型面，
- [0349] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体，该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出，该第3方向与所述第1方向 and 所述第2方向交叉，
- [0350] 所述成型面包含：
- [0351] 第1区域，其形成有所述多个凸状构造体；
- [0352] 第4区域，其未形成有所述多个凸状构造体；以及
- [0353] 第5区域，其沿着所述第3方向位于所述第1区域与所述第4区域之间，
- [0354] 所述第5区域的表面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度大于所述多个凸状构造体的侧面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度。
- [0355] [附记26]

- [0356] 根据附记19至25中的任意一项所述的模具,其中,
- [0357] 所述成型品是风扇、叶轮、螺旋桨、涡轮或泵的至少一部分。
- [0358] [附记27]
- [0359] 根据附记26所述的模具,其中,
- [0360] 所述成型品是风扇、叶轮、螺旋桨、涡轮或泵的至少叶片部件或壁部件。
- [0361] [附记28]
- [0362] 一种成型品,该成型品使用模具而成型,其中,
- [0363] 该成型品以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,
- [0364] 所述多个凸状构造体中的第1凸状构造体的角部与所述多个凸状构造体中的沿着所述第3方向相邻的所述第1凸状构造体和第2凸状构造体的边界部中的至少一方包含曲面。
- [0365] [附记29]
- [0366] 一种叶片部件,其中,
- [0367] 该叶片部件以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,
- [0368] 该叶片部件包含:
- [0369] 第1区域,其形成有所述多个凸状构造体;
- [0370] 第2区域,其未形成有所述多个凸状构造体;以及
- [0371] 第3区域,其沿着所述第1方向位于所述第1区域与所述第2区域之间,并且形成有分别与所述多个凸状构造体连接的多个其他凸状构造体,
- [0372] 所述多个其他凸状构造体从所述第1区域朝向所述第2区域延伸,
- [0373] 所述多个其他凸状构造体中的至少一个的高度随着接近所述第2区域而变低,
- [0374] 在所述多个凸状构造体的间距为P、并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的高度为H的情况下,满足“5微米<P<200微米”的第1条件和“2.5微米<H<100微米”的第2条件中的至少一方。
- [0375] [附记30]
- [0376] 一种叶片部件,其中,
- [0377] 该叶片部件以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,
- [0378] 该叶片部件包含:
- [0379] 第1区域,其形成有所述多个凸状构造体;
- [0380] 第4区域,其未形成有所述多个凸状构造体;以及
- [0381] 第5区域,其沿着所述第3方向位于所述第1区域与所述第4区域之间,
- [0382] 所述第5区域的表面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度大于所述多个凸状构造体的侧面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度,

[0383] 在所述多个凸状构造体的间距为P、并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的高度为H的情况下,满足“5微米 $<P<200$ 微米”的第1条件和“2.5微米 $<H<100$ 微米”的第2条件中的至少一方。

[0384] [附记31]

[0385] 根据附记29或30所述的叶片部件,其中,

[0386] 所述叶片部件是风扇、叶轮、螺旋桨、涡轮或泵的至少一部分。

[0387] [附记32]

[0388] 根据附记31所述的叶片部件,其中,

[0389] 所述叶片部件是风扇、叶轮、螺旋桨、涡轮或泵的至少一部分的部件。

[0390] [附记33]

[0391] 一种元件,该元件设置在流体中,其中,

[0392] 该元件以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

[0393] 该元件包含:

[0394] 第1区域,其形成有所述多个凸状构造体;

[0395] 第2区域,其未形成有所述多个凸状构造体;以及

[0396] 第3区域,其沿着所述第1方向位于所述第1区域与所述第2区域之间,并且形成有分别与所述多个凸状构造体连接的多个其他凸状构造体,

[0397] 所述多个其他凸状构造体从第1区域朝向第2区域延伸,

[0398] 所述多个其他凸状构造体中的至少一个的高度随着接近所述第2区域而变低。

[0399] [附记34]

[0400] 一种元件,该元件设置在流体中,其中,

[0401] 该元件以沿着第3方向排列的方式形成有多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

[0402] 该元件包含:

[0403] 第1区域,其形成有所述多个凸状构造体;

[0404] 第4区域,其未形成有所述多个凸状构造体;以及

[0405] 第5区域,其沿着所述第3方向位于所述第1区域与所述第4区域之间,

[0406] 所述第5区域的表面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度大于所述多个凸状构造体的侧面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度。

[0407] [附记35]

[0408] 根据附记33或34中的任意一项所述的元件,其中,

[0409] 所述元件是风扇、叶轮、螺旋桨、涡轮或泵的至少一部分。

[0410] [附记36]

[0411] 根据附记35所述的元件,其中,

[0412] 所述元件是风扇、叶轮、螺旋桨、涡轮或泵的至少叶片部件或壁部件。

[0413] [附记37]

[0414] 一种制造模具的制造方法,其中,

[0415] 所述模具用于利用能够熔融的材料对具有设置在流体中的叶片的注射成型品进行注射成型,

[0416] 所述模具具有供所述材料接触的成型面,

[0417] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

[0418] 按照如下的方式形成所述多个凸状构造体:所述多个凸状构造体中的第1凸状构造体的角部与所述多个凸状构造体中的沿着所述第3方向相邻的所述第1凸状构造体和第2凸状构造体的边界部中的至少一方包含曲面,

[0419] 按照如下的方式形成所述多个凸状构造体:在所述角部和所述边界部中的至少一方所包含的曲面的曲率半径为R、所述多个凸状构造体的间距为P、并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的从所述边界部起的高度为H的情况下,满足“1微米<R<4微米”的第1条件,并且,满足“5微米<P<200微米”的第2条件和“2.5微米<H<100微米”的第3条件中的至少一方。

[0420] [附记38]

[0421] 一种制造模具的制造方法,其中,

[0422] 所述模具用于利用能够熔融的材料对成型品进行成型,

[0423] 所述模具具有供所述材料接触的成型面,

[0424] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

[0425] 按照如下的方式形成所述多个凸状构造体:所述多个凸状构造体中的第1凸状构造体的角部与所述多个凸状构造体中的沿着所述第3方向相邻的所述第1凸状构造体和第2凸状构造体的边界部中的至少一方包含曲面。

[0426] [附记39]

[0427] 一种制造模具的制造方法,其中,

[0428] 所述模具是用于利用能够熔融的材料对成型品进行成型的模具,

[0429] 所述模具具有供所述材料接触的成型面,

[0430] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成多个槽状构造体,该多个槽状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向凹陷,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

[0431] 按照如下的方式形成所述多个槽状构造体:所述多个槽状构造体中的第1槽状构造体的底部包含曲面部。

[0432] [附记40]

[0433] 一种制造模具的制造方法,其中,

[0434] 所述模具是用于利用能够熔融的材料对成型品进行成型的模具,

[0435] 所述模具具有供所述材料接触的成型面,

[0436] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成多个槽状构造体,该多个槽状构

造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向凹陷,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

[0437] 按照如下的方式形成所述多个凸状构造体:所述多个槽状构造体各自的形状成为梯形形状。

[0438] [附记41]

[0439] 一种制造模具的制造方法,其中,

[0440] 所述模具是用于利用能够熔融的材料对成型品进行成型的模具,

[0441] 所述模具具有供所述材料接触的成型面,

[0442] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

[0443] 所述多个凸状构造体中的第1凸状构造体具有第1斜面部和第2斜面部,

[0444] 所述多个凸状构造体中的第2凸状构造体具有第3斜面部和第4斜面部,

[0445] 按照如下的方式形成所述多个凸状构造体:连接所述第1斜面部与所述第2斜面部的角部和连接所述第2斜面部与所述第3斜面部的边界部中的至少一方包含曲面。

[0446] [附记42]

[0447] 一种制造模具的制造方法,其中,

[0448] 所述模具是用于利用能够熔融的材料对成型品进行成型的模具,

[0449] 所述模具具有供所述材料接触的成型面,

[0450] 在所述成型面上以沿着第3方向排列的方式形成多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

[0451] 按照如下的方式形成所述多个凸状构造体:所述多个凸状构造体中的第1凸状构造体的角部与所述多个凸状构造体中的沿着所述第3方向相邻的所述第1凸状构造体和第2凸状构造体的边界部中的至少一方包含曲面。

[0452] [附记43]

[0453] 一种使用模具制造成型品的制造方法,其中,

[0454] 以沿着第3方向排列的方式形成多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

[0455] 按照如下的方式形成所述多个凸状构造体:所述多个凸状构造体中的第1凸状构造体的角部与所述多个凸状构造体中的沿着所述第3方向相邻的所述第1凸状构造体和第2凸状构造体的边界部中的至少一方包含曲面。

[0456] [附记44]

[0457] 一种制造叶片部件的制造方法,

[0458] 以沿着第3方向排列的方式形成多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

[0459] 按照所述叶片部件包含第1区域、第2区域以及第3区域的方式形成所述多个凸状

构造体和多个其他凸状构造体,该第1区域形成有所述多个凸状构造体,该第2区域未形成有所述多个凸状构造体,该第3区域沿着所述第1方向位于所述第1区域与所述第2区域之间,并且形成有分别与所述多个凸状构造体连接的所述多个其他凸状构造体,

[0460] 按照如下的方式形成所述多个其他凸状构造体:所述多个其他凸状构造体从所述第1区域朝向所述第2区域延伸,并且所述多个其他凸状构造体中的至少一个的高度随着接近所述第2区域而变低,

[0461] 按照如下的方式形成所述多个凸状构造体:在所述多个凸状构造体的间距为P、并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的高度为H的情况下,满足“ $5\text{微米} < P < 200\text{微米}$ ”的第1条件和“ $2.5\text{微米} < H < 100\text{微米}$ ”的第2条件中的至少一方。

[0462] [附记45]

[0463] 一种制造叶片部件的制造方法,其中,

[0464] 以沿着第3方向排列的方式形成多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

[0465] 按照所述叶片部件包含第1区域、第4区域以及第5区域的方式形成所述多个凸状构造体,该第1区域形成有所述多个凸状构造体,该第4区域未形成有所述多个凸状构造体,该第5区域沿着所述第3方向位于所述第1区域与所述第4区域之间,

[0466] 按照如下的方式形成所述多个凸状构造体:所述第5区域的表面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度大于所述多个凸状构造体的侧面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度,

[0467] 按照如下的方式形成所述多个凸状构造体:在所述多个凸状构造体的间距为P、并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的高度为H的情况下,满足“ $5\text{微米} < P < 200\text{微米}$ ”的第1条件和“ $2.5\text{微米} < H < 100\text{微米}$ ”的第2条件中的至少一方。

[0468] [附记46]

[0469] 一种制造方法,该制造方法制造设置在流体中的元件,其中,

[0470] 以沿着第3方向排列的方式形成多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与所述第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与所述第1方向和所述第2方向交叉,

[0471] 按照所述元件包含第1区域、第2区域以及第3区域的方式形成所述多个凸状构造体和多个其他凸状构造体,该第1区域形成有所述多个凸状构造体,该第2区域未形成有所述多个凸状构造体,该第3区域沿着所述第1方向位于所述第1区域与所述第2区域之间,并且形成有分别与所述多个凸状构造体连接的所述多个其他凸状构造体,

[0472] 按照如下的方式形成所述多个其他凸状构造体:所述多个其他凸状构造体从所述第1区域朝向所述第2区域延伸,并且所述多个其他凸状构造体中的至少一个的高度随着接近所述第2区域而变低,

[0473] 按照如下的方式形成所述多个凸状构造体:在所述多个凸状构造体的间距为P、并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的高度为H的情况下,满足“ $5\text{微米} < P < 200\text{微米}$ ”的第1条件和“ $2.5\text{微米} < H < 100\text{微米}$ ”的第2条件中的至少一方。

[0474] [附记47]

[0475] 一种制造方法,该制造方法制造设置在流体中的元件,其中,

[0476] 以沿着第3方向排列的方式形成多个凸状构造体,该多个凸状构造体沿第1方向延伸并且沿与第1方向交叉的第2方向突出,该第3方向与第1方向和第2方向交叉,

[0477] 按照所述元件包含第1区域、第4区域以及第5区域的方式形成所述多个凸状构造体,该第1区域形成有所述多个凸状构造体,该第4区域未形成有所述多个凸状构造体,该第5区域沿着所述第3方向位于所述第1区域与第4区域之间,

[0478] 按照如下的方式形成所述多个凸状构造体:所述第5区域的表面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度大于所述多个凸状构造体的侧面与沿着所述第2方向的轴线所成的倾斜角度,

[0479] 按照如下的方式形成所述多个凸状构造体:在所述多个凸状构造体的间距为P、并且沿所述第2方向突出的所述多个凸状构造体的高度为H的情况下,满足“ $5\text{微米} < P < 200\text{微米}$ ”的第1条件和“ $2.5\text{微米} < H < 100\text{微米}$ ”的第2条件中的至少一方。

[0480] 上述各实施方式的条件可以适当组合。也可以不使用上述各实施方式的条件中的一部分。上述各实施方式的条件能够适当地替换为其他实施方式的条件。另外,只要法令允许,引用与在上述各实施方式中引用的装置等有关的所有公开公报和美国专利的公开而作为本文的记载的一部分。

[0481] 另外,本发明能够在不违反能够从权利要求书和说明书整体理解到的发明的主旨或思想的范围内适当地变更,伴随有这样的变更的模具、成型品、叶片部件、元件以及制造方法也包含于本发明的技术思想。

[0482] 标号说明

[0483] 1:加工装置;5:设计装置;W:工件;BL:涡轮动叶;BLs:凸肋构造面;RB:凸肋构造;81:凸状构造体;811、812:侧面;813:角部;814:边界部;82:槽构造;ML:模具;MLs:成型面;SP:成型空间;MB:成型构造;71:凸状构造体;711、712:侧面;713:角部;714:边界部;72:槽构造;W11、W111、W112、W211、W212:形成区域;W12、W121、W122、W221、W222:非形成区域;W13、W131、W132、W231、W232:终端区域;TB、TB1、TB2:终端构造。

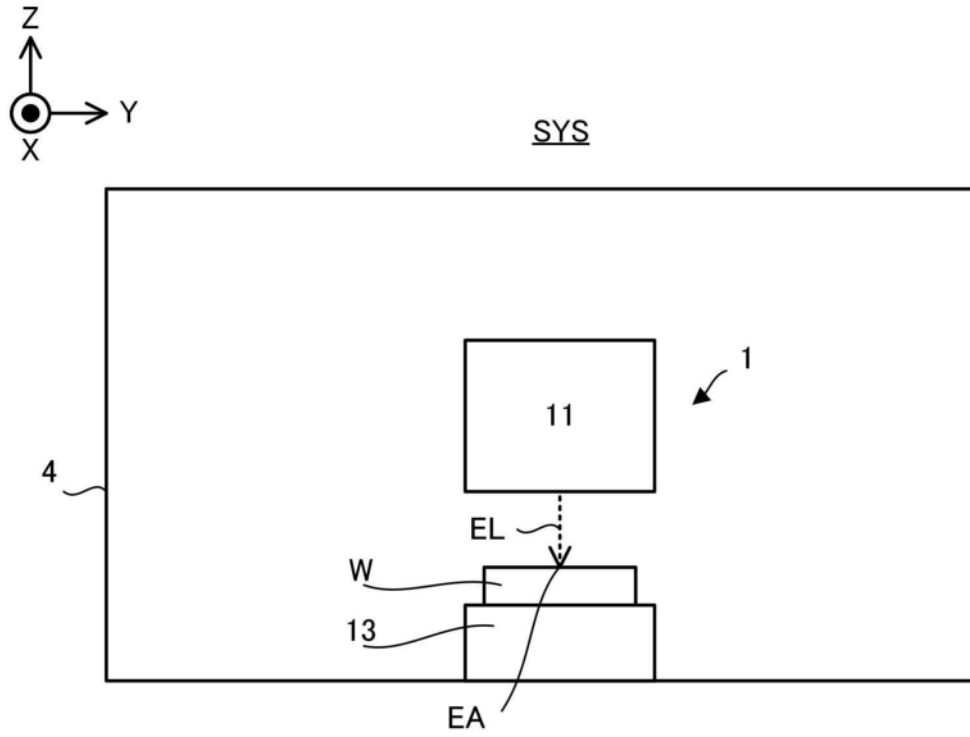


图1

SYS

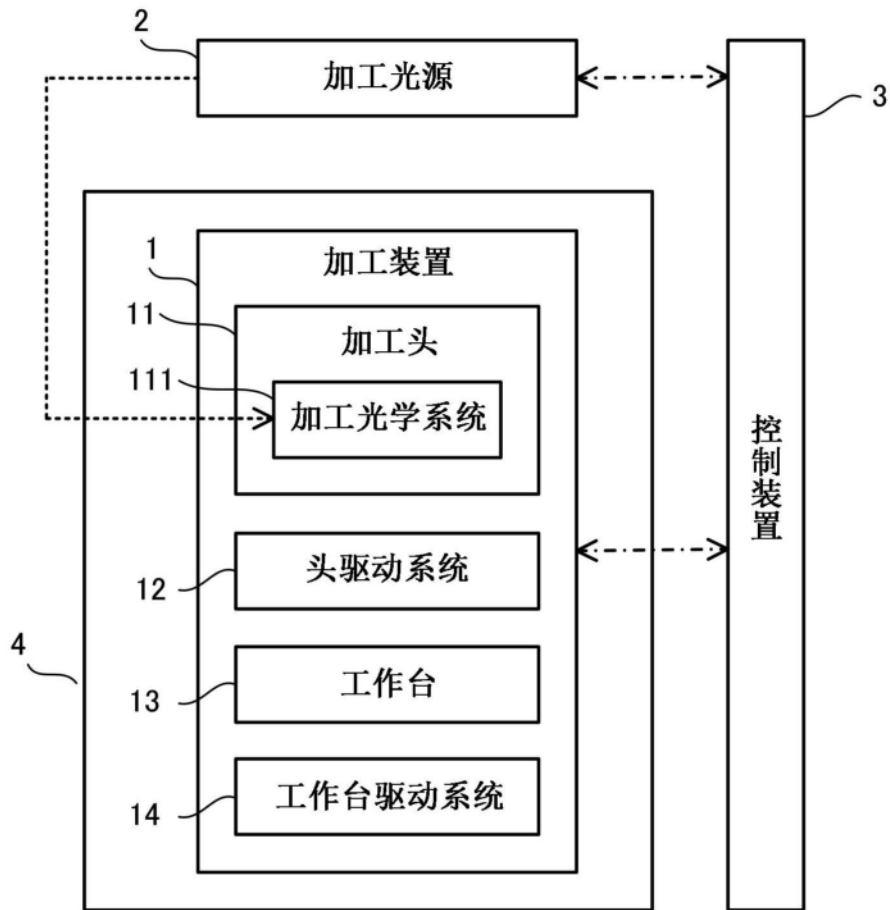


图2

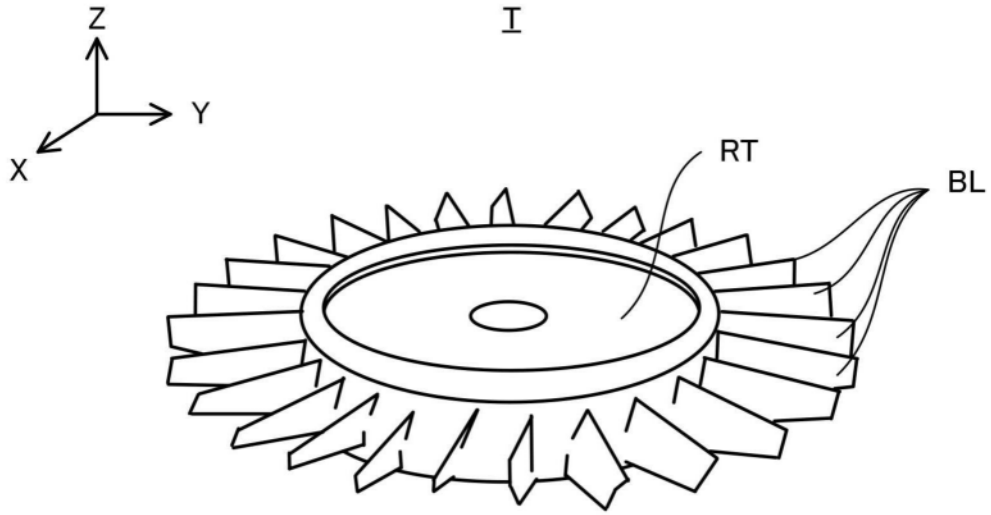


图3

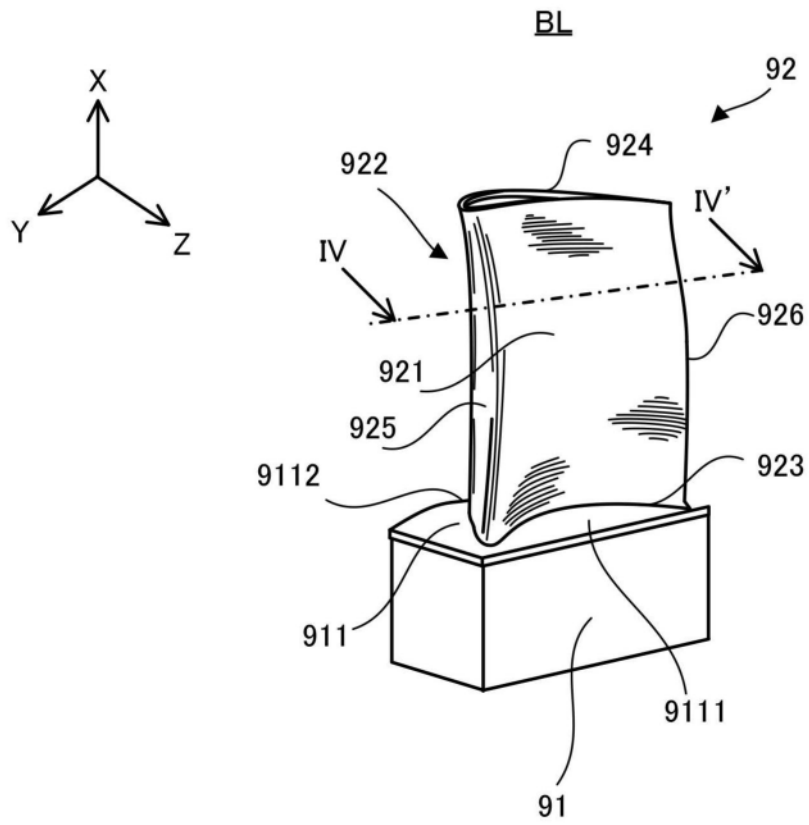


图4

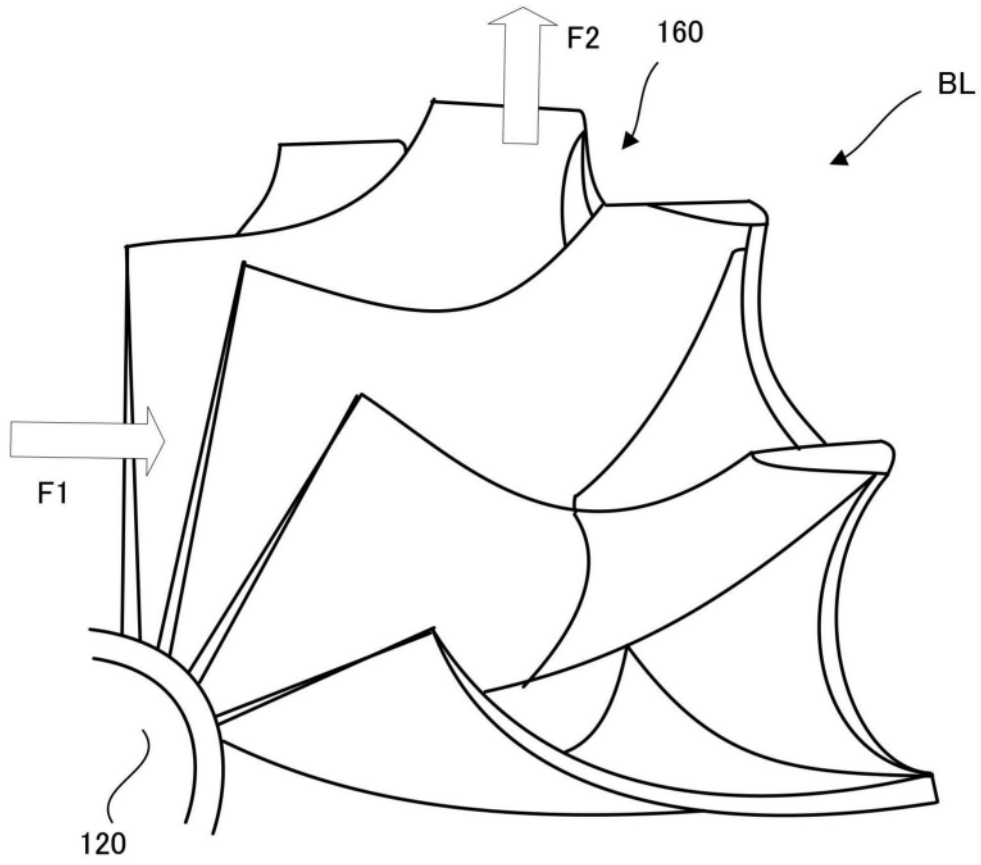
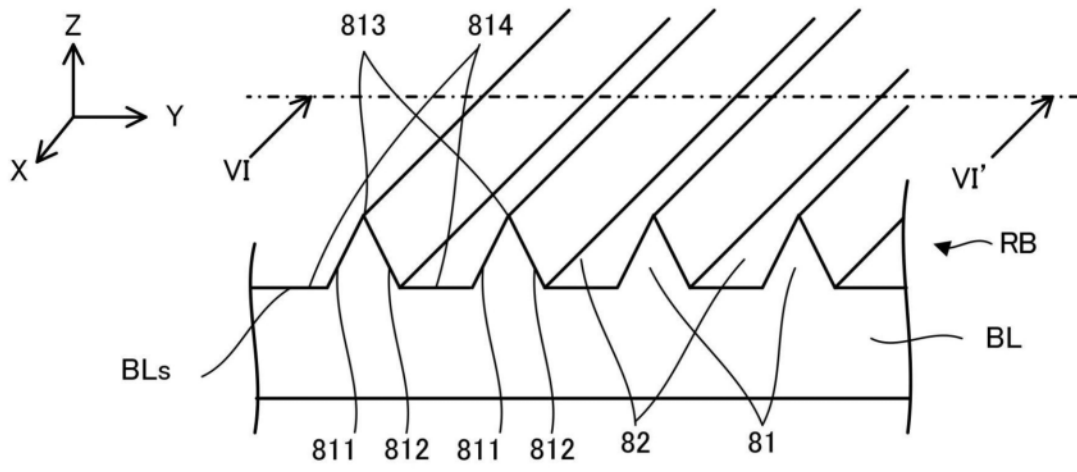
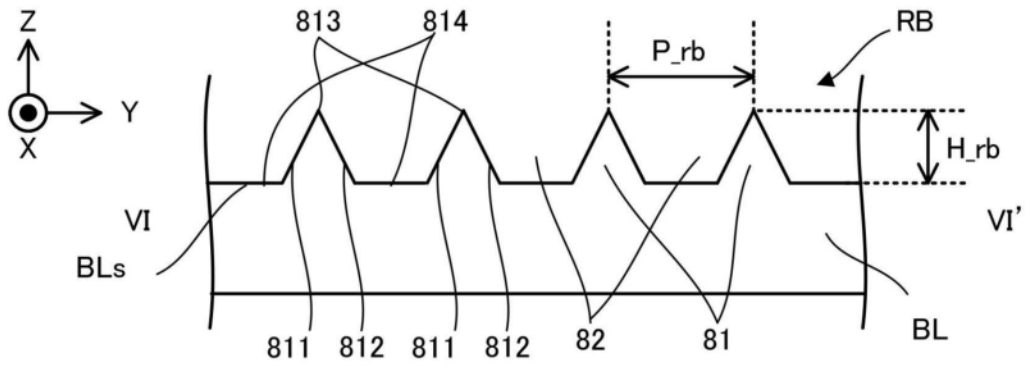


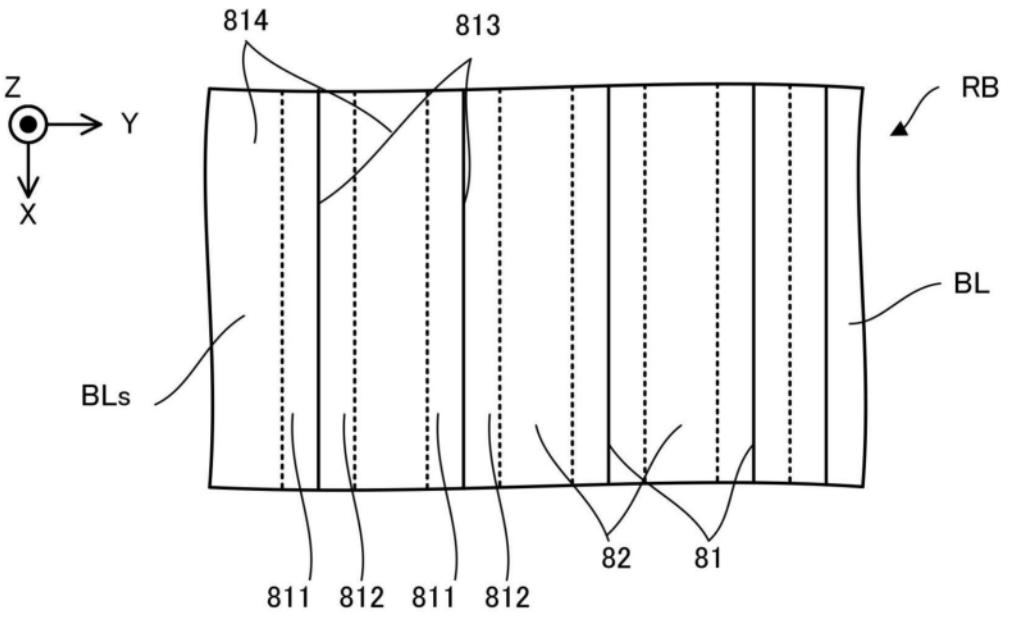
图5



(a)



(b)



(c)

图6

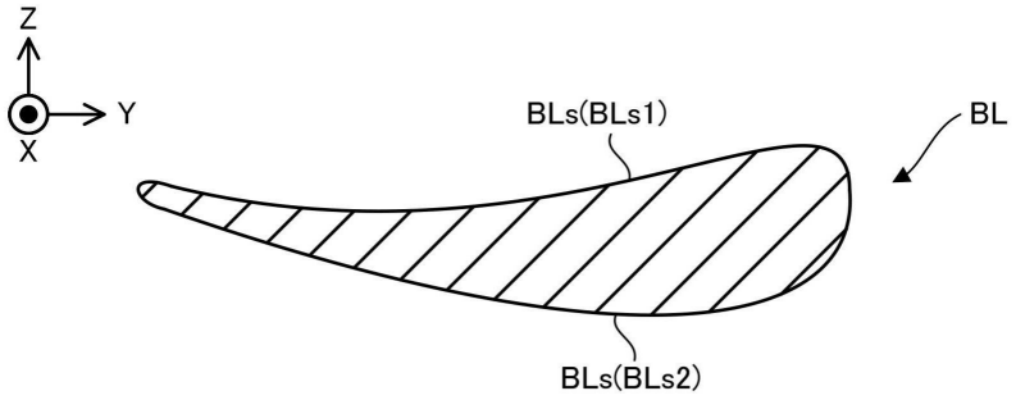


图7

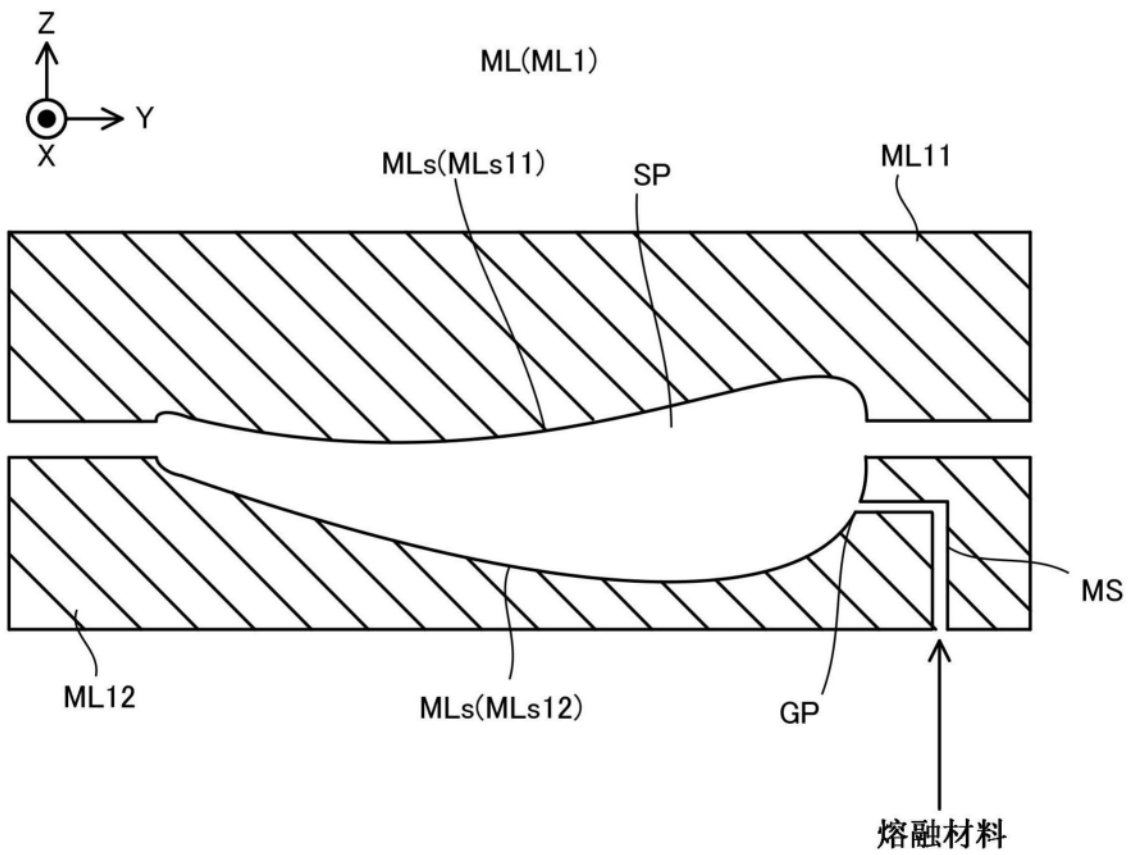
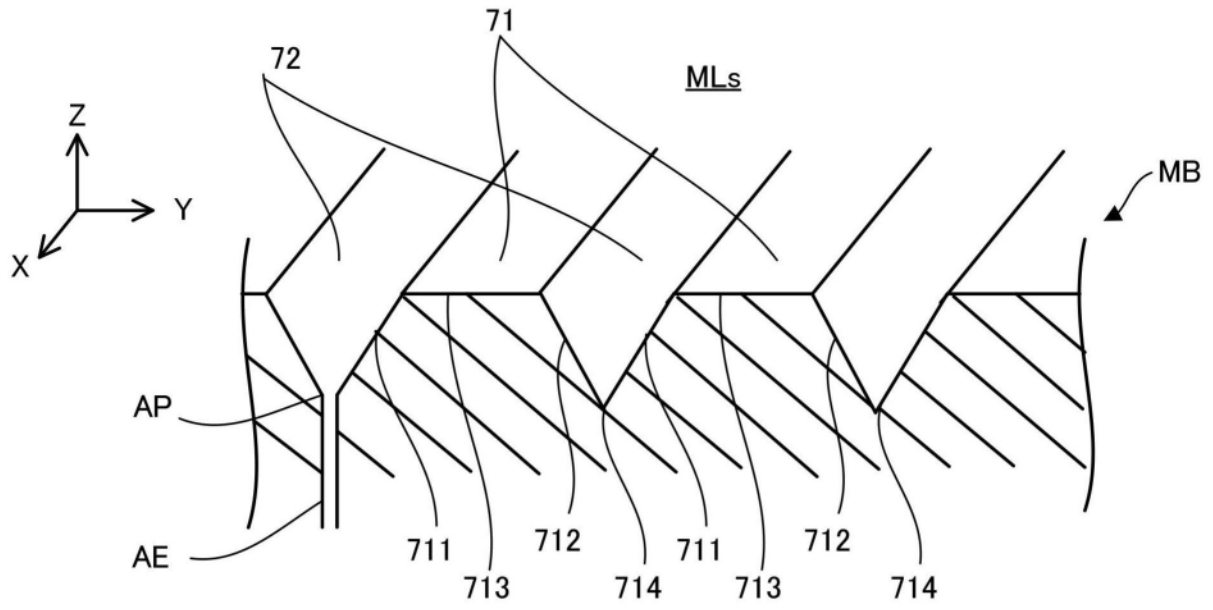
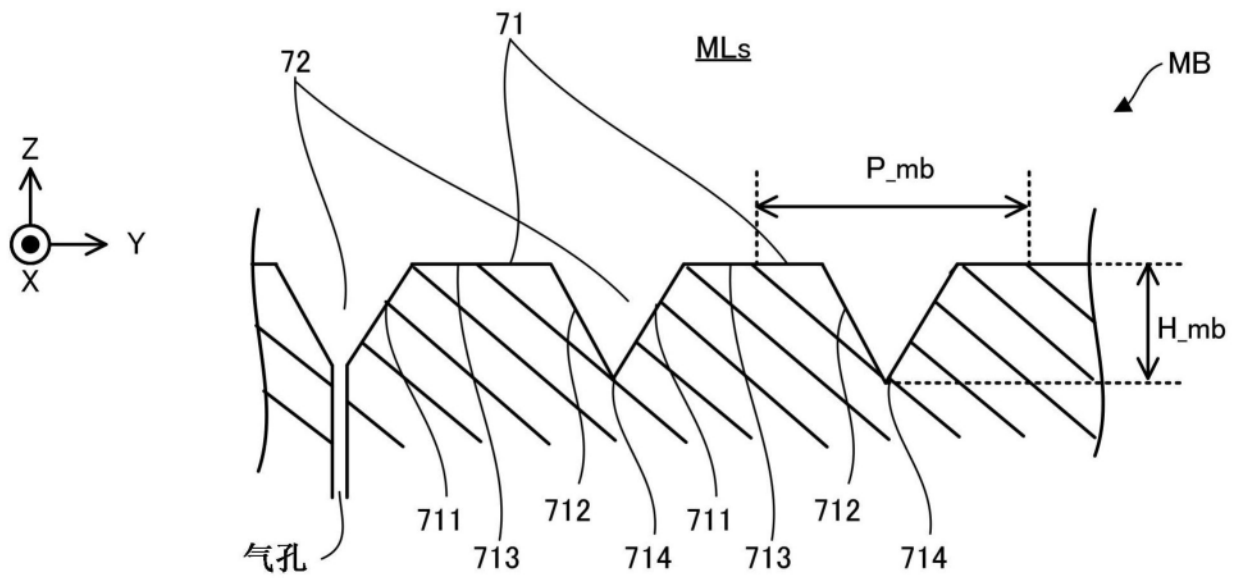


图8



(a)



(b)

图9

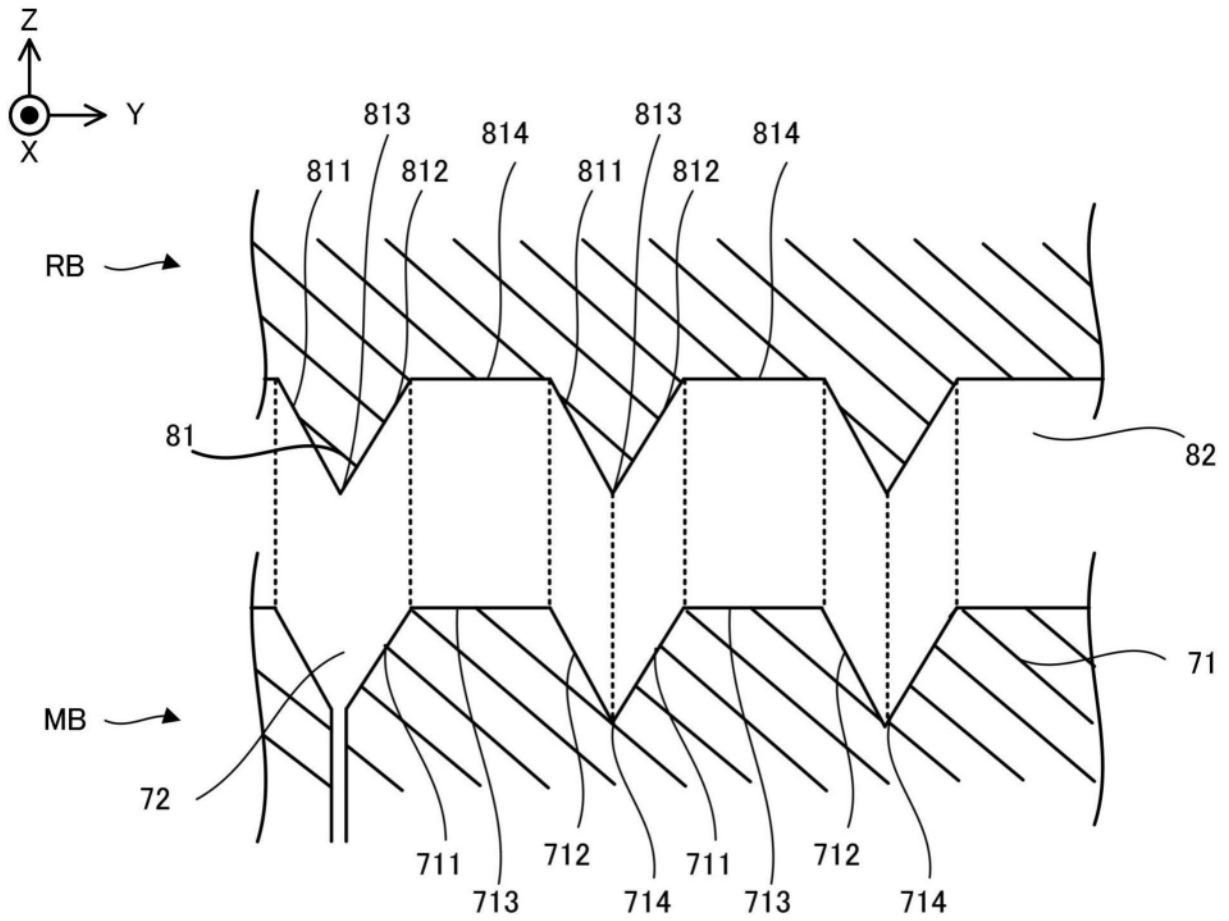


图10

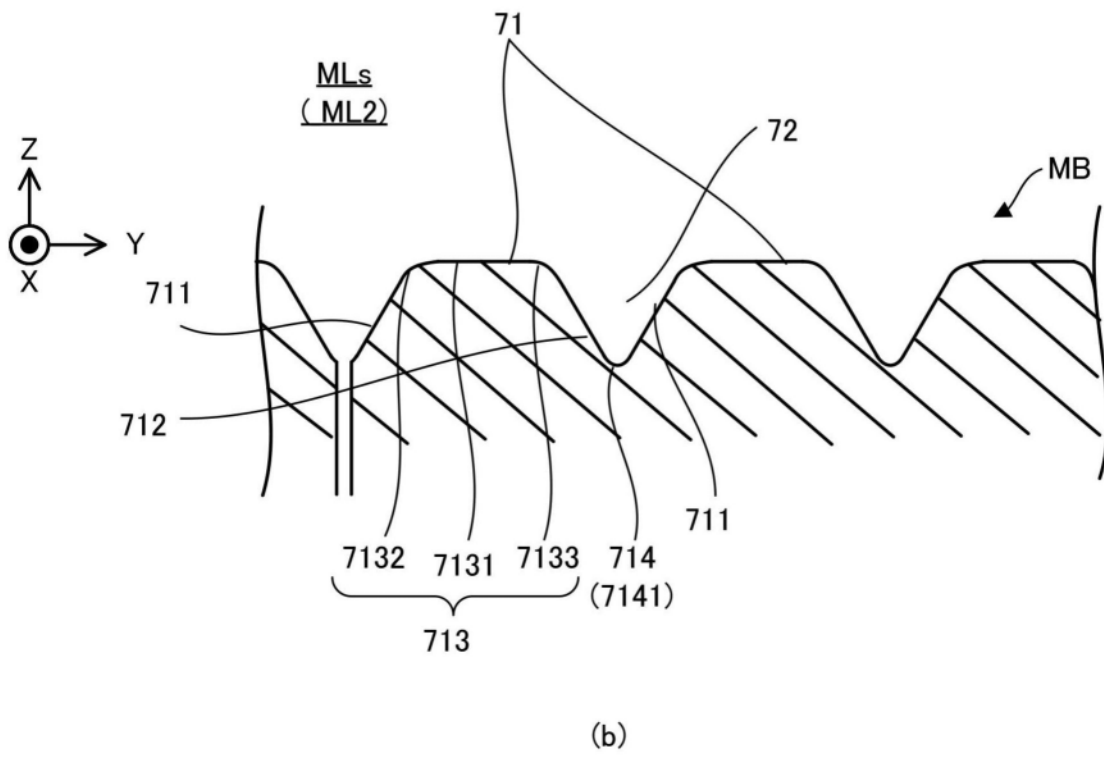
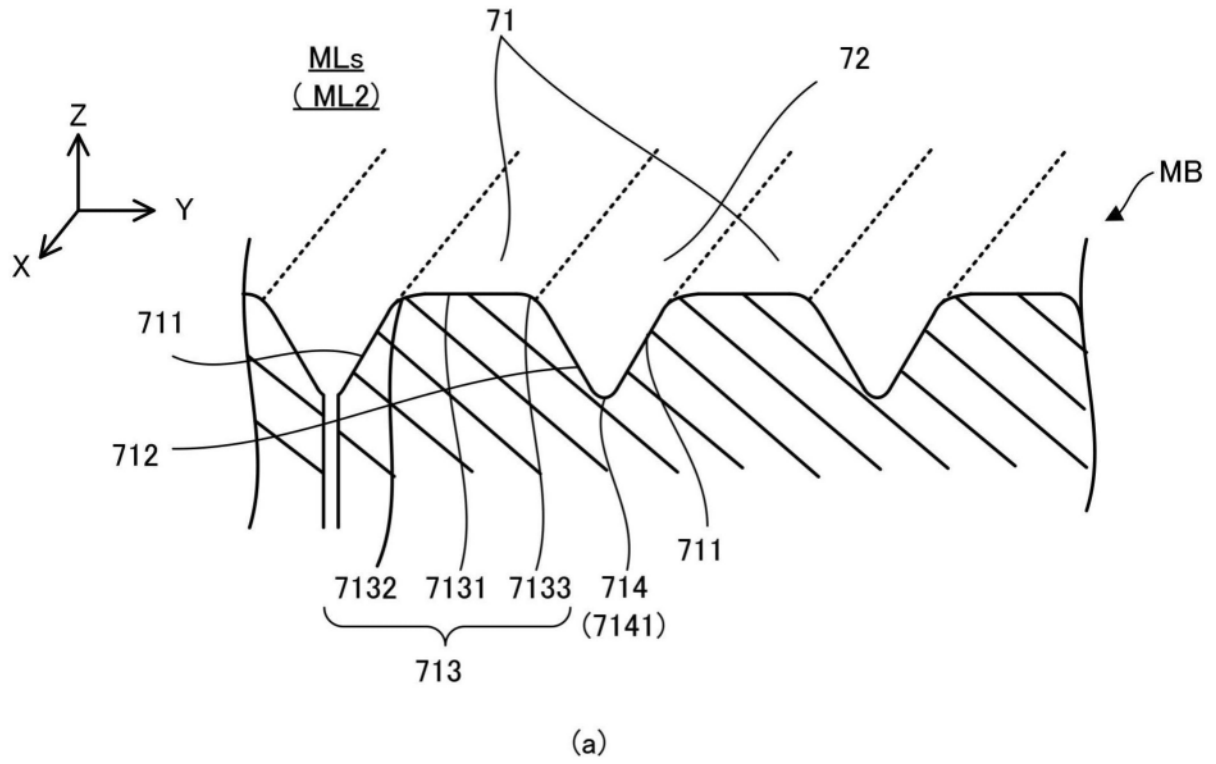
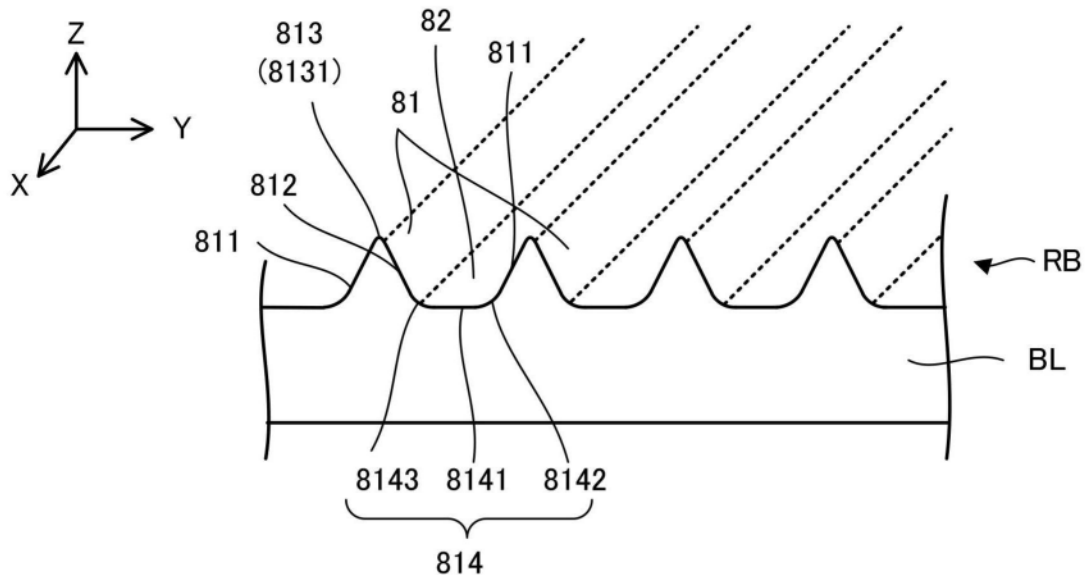
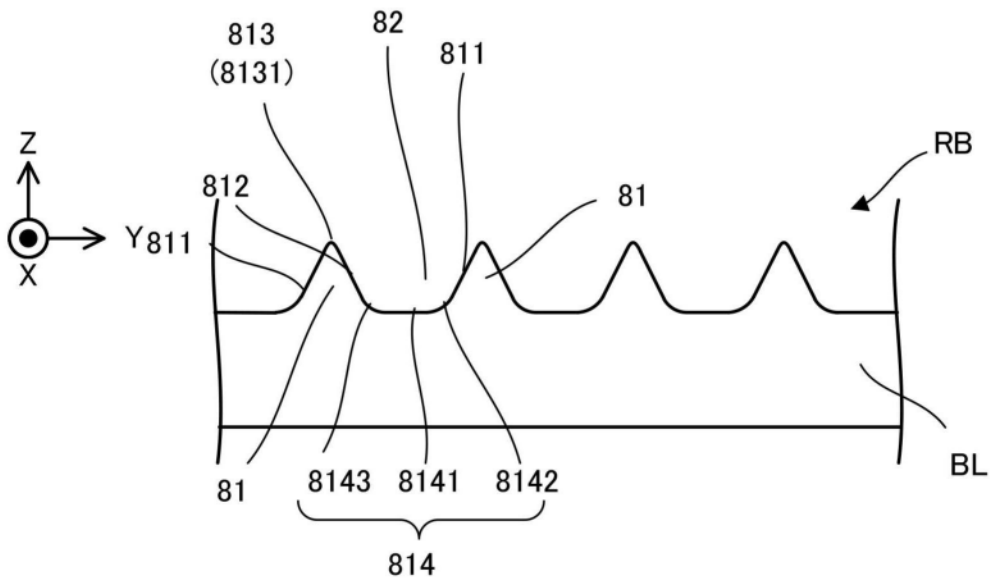


图11



(a)



(b)

图12

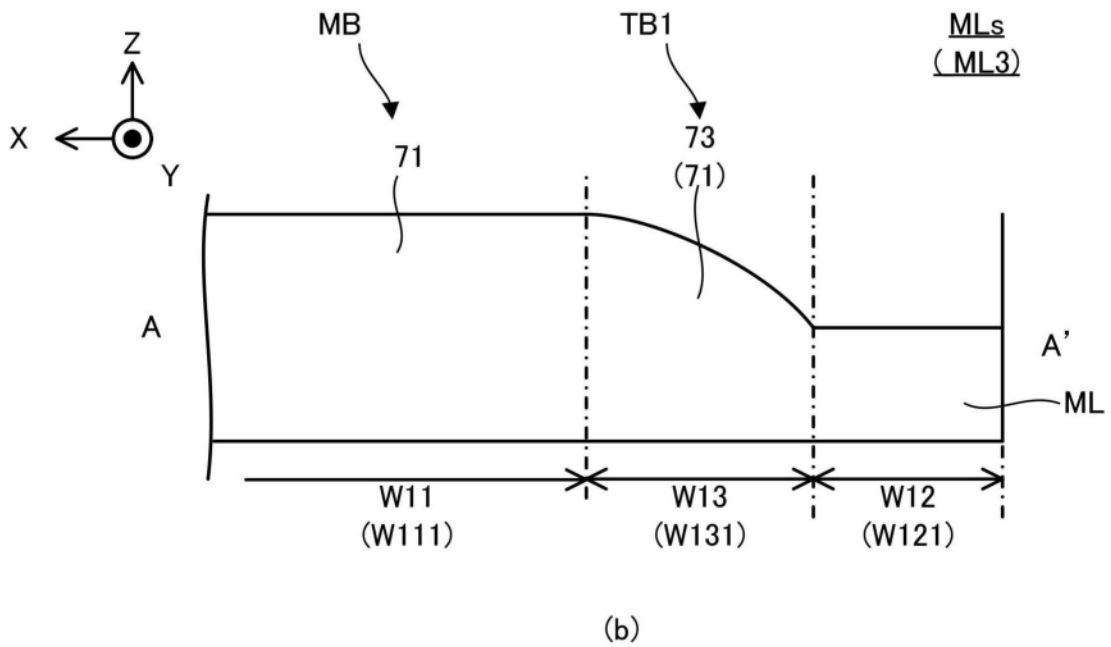
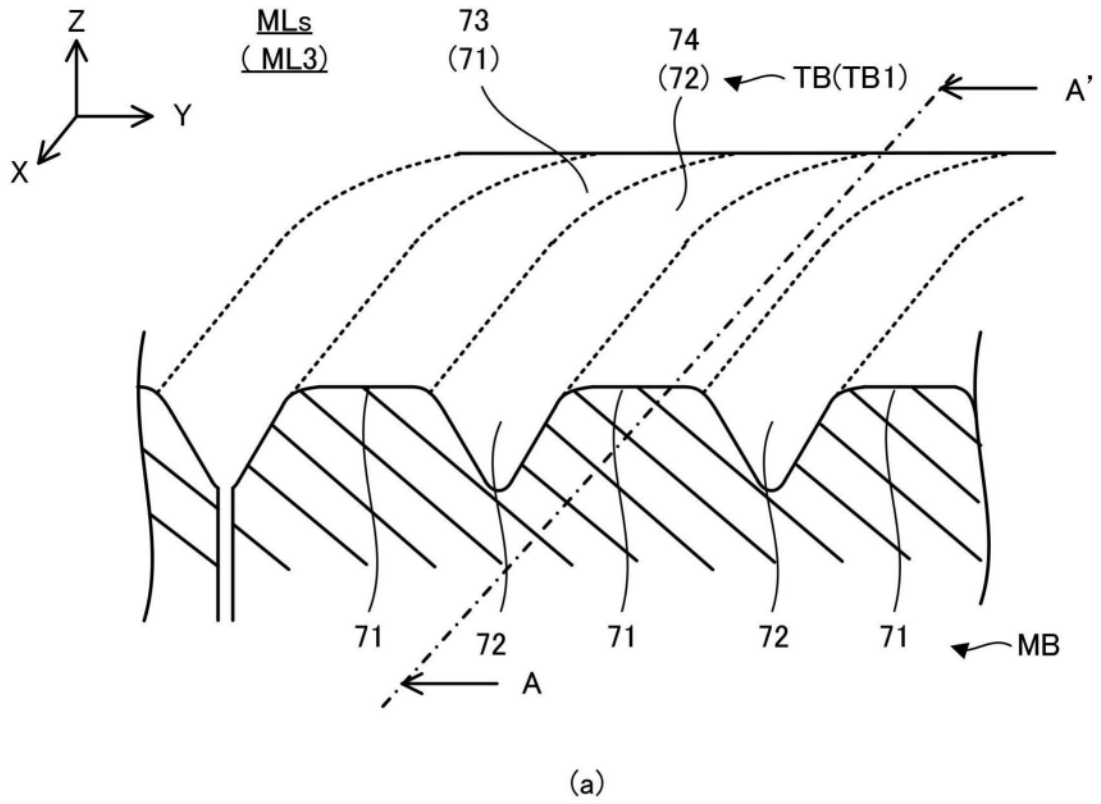
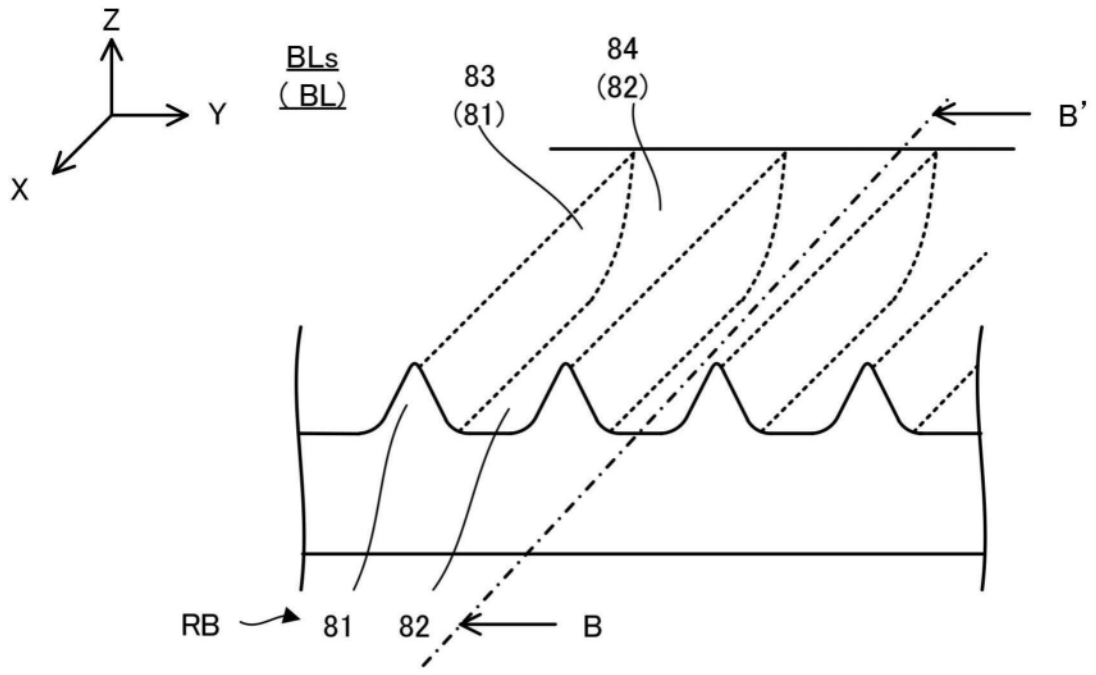
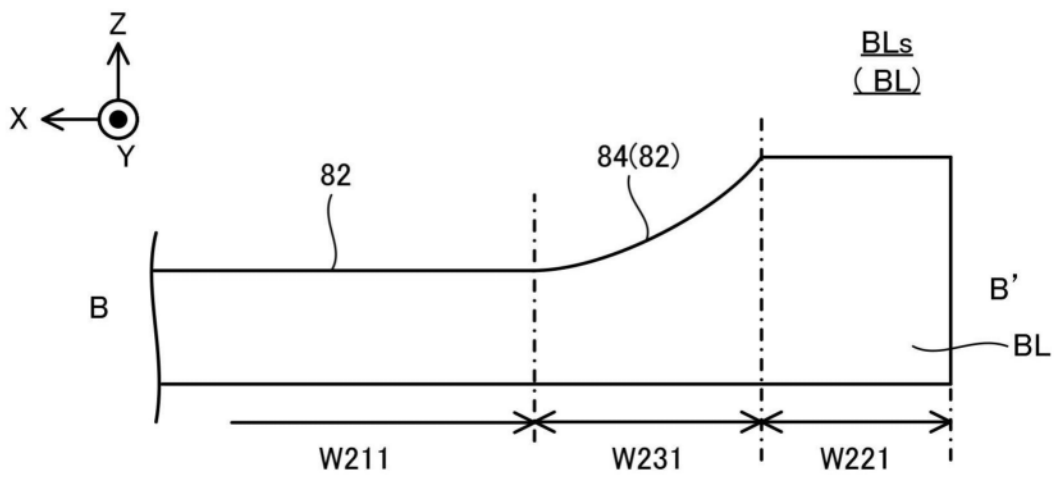


图13



(a)



(b)

图14

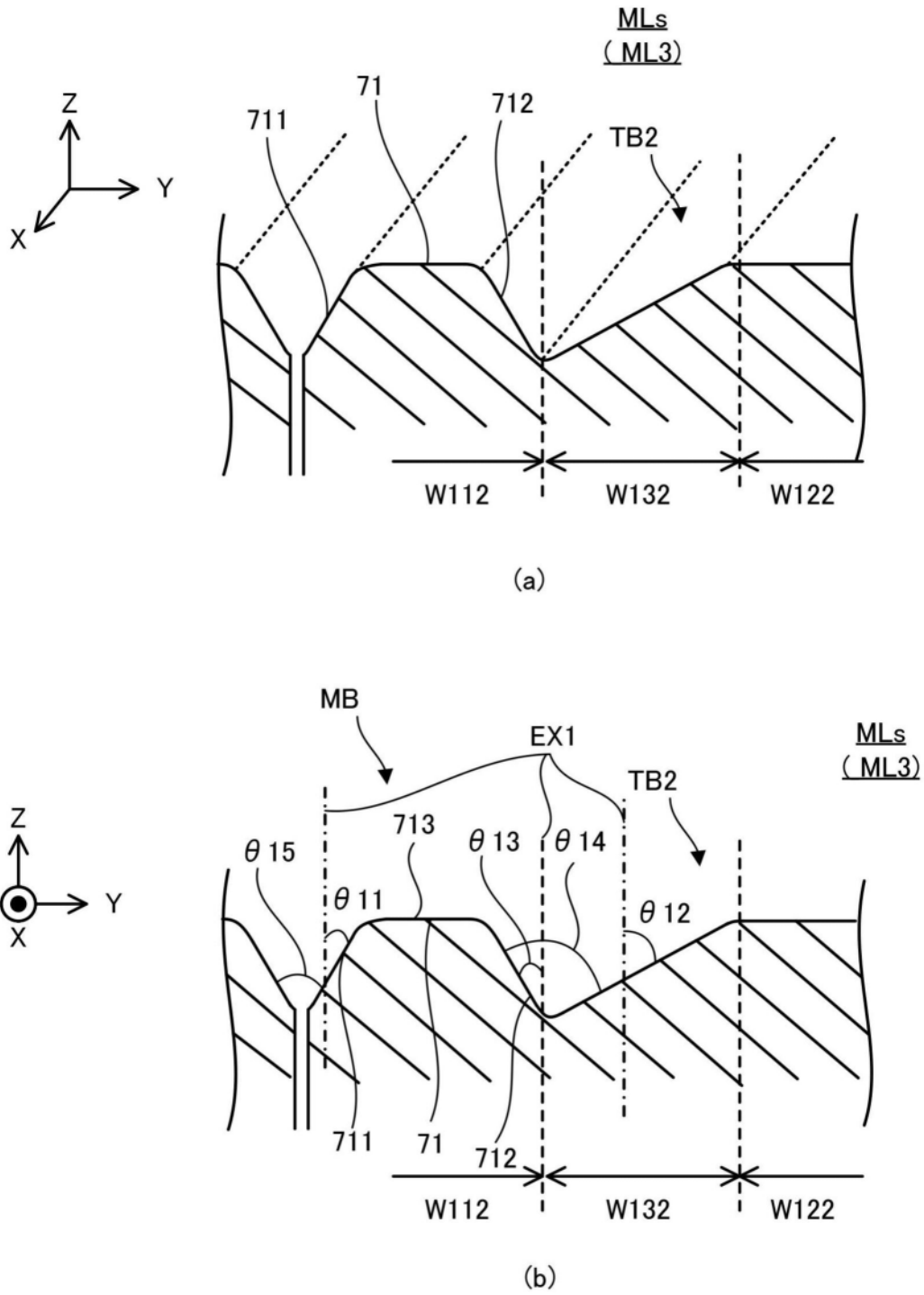
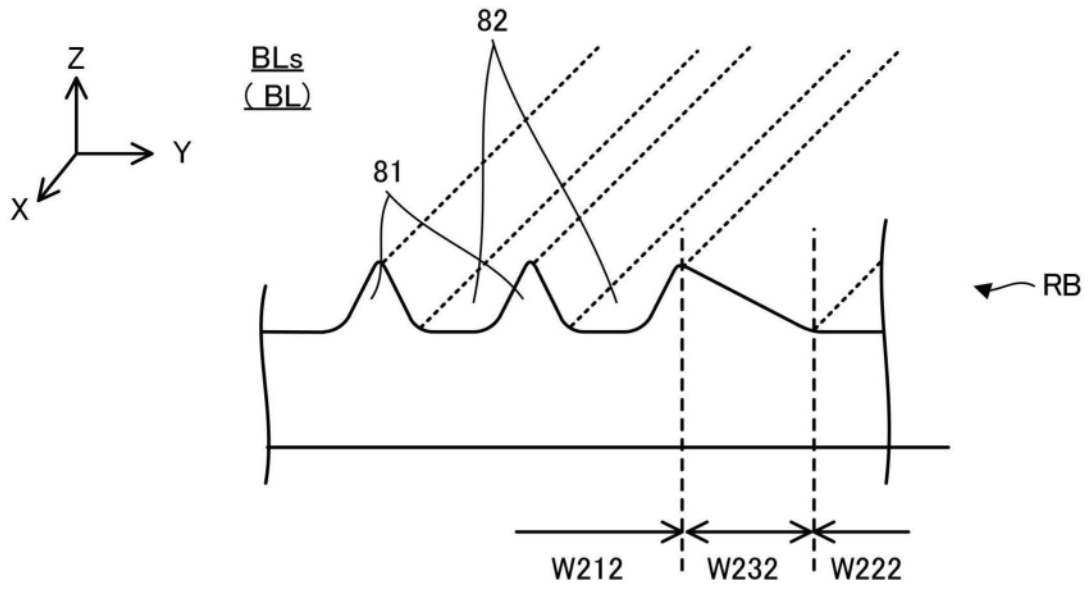
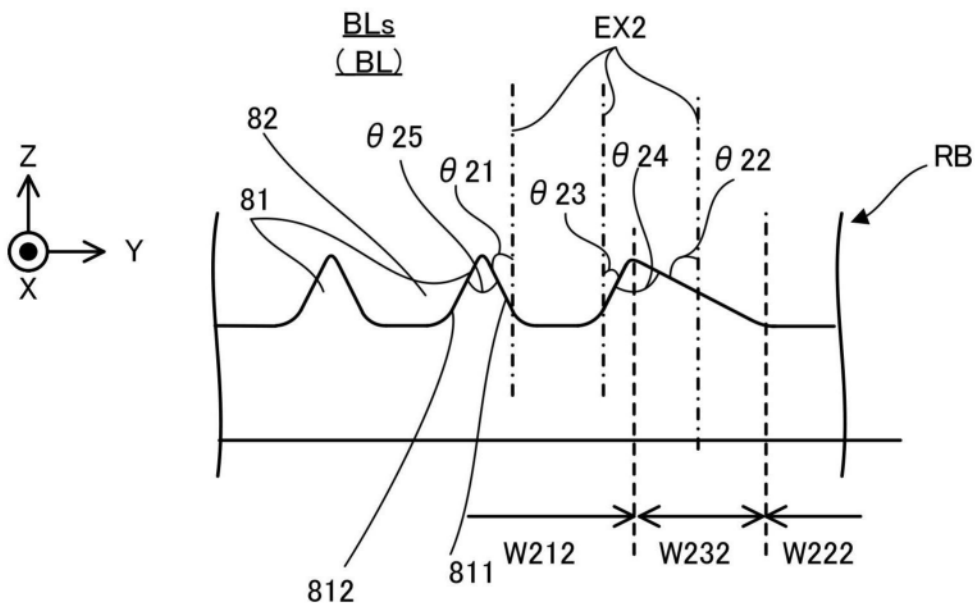


图15



(a)



(b)

图16

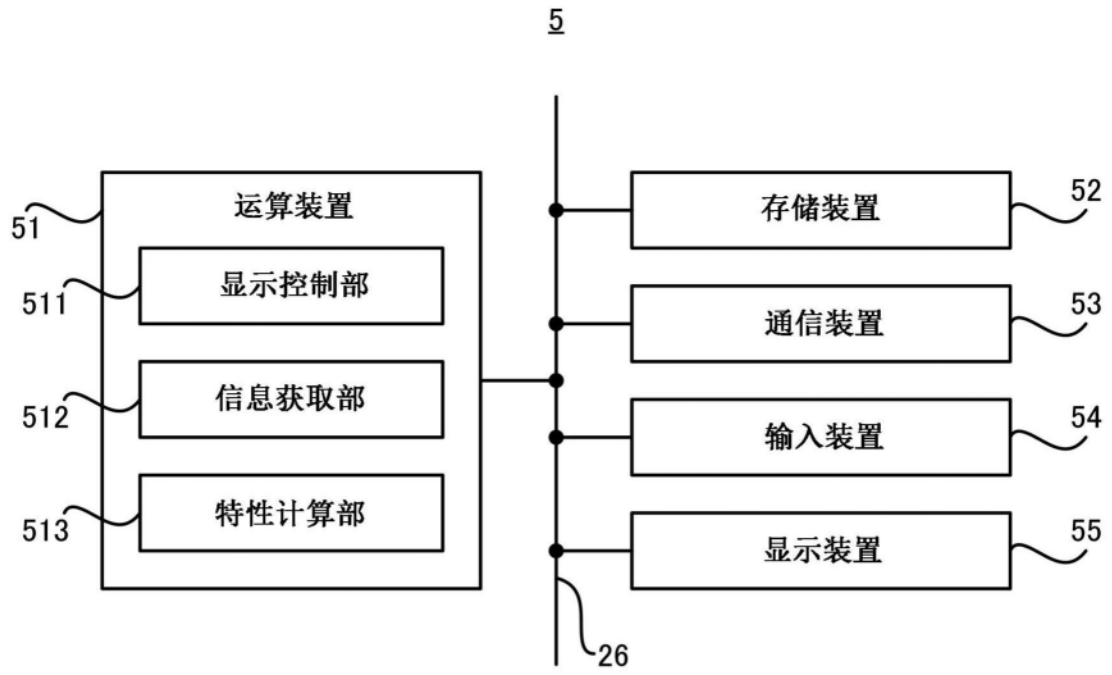


图17

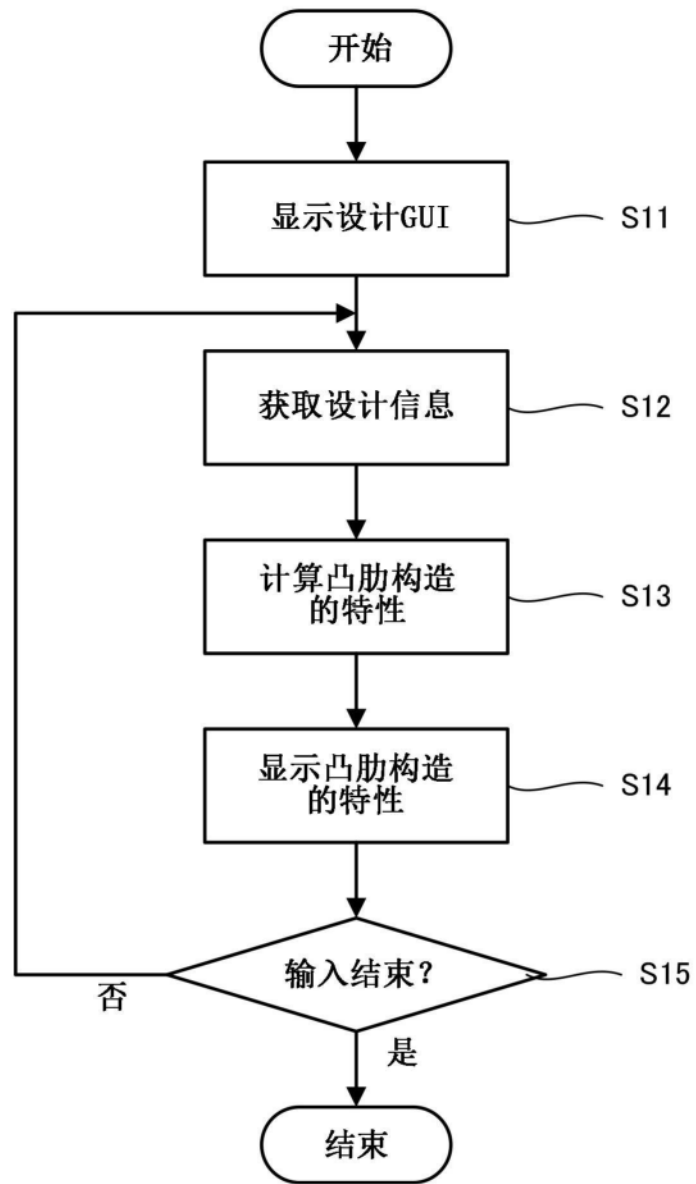


图18

57

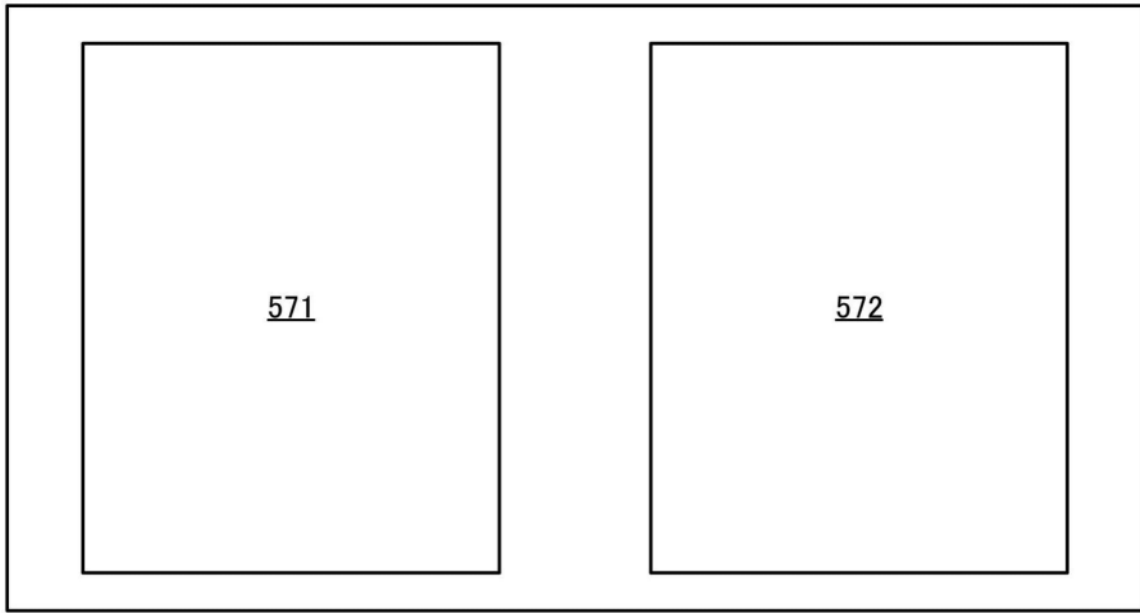


图19

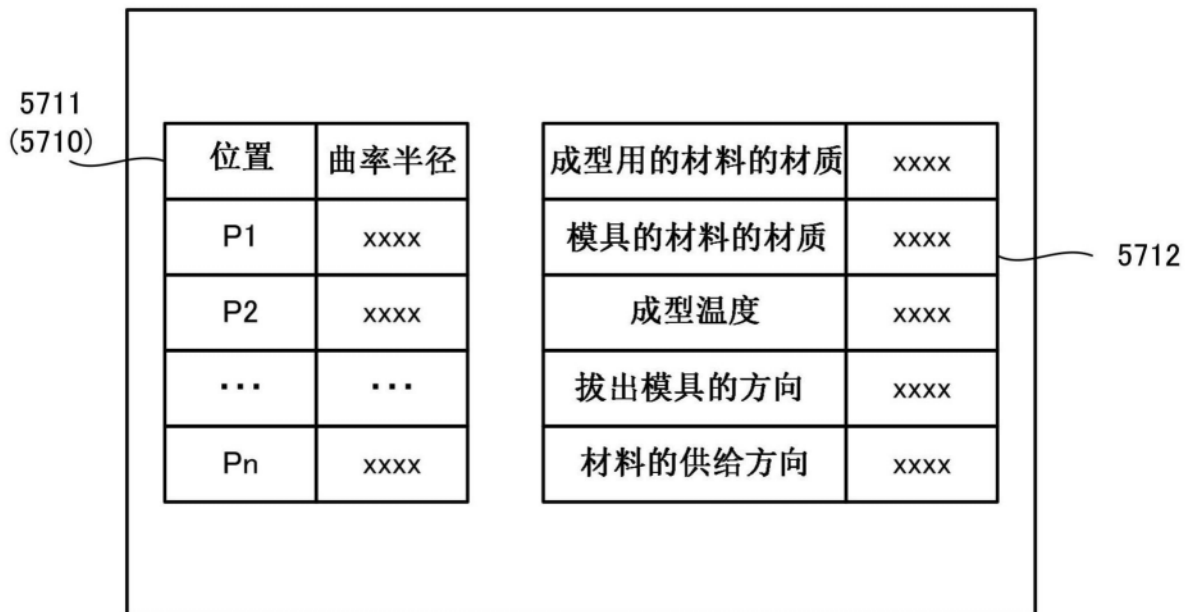


图20

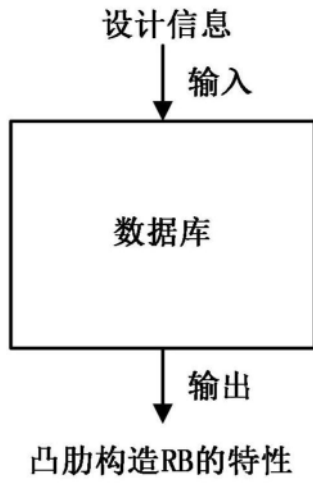


图21

572

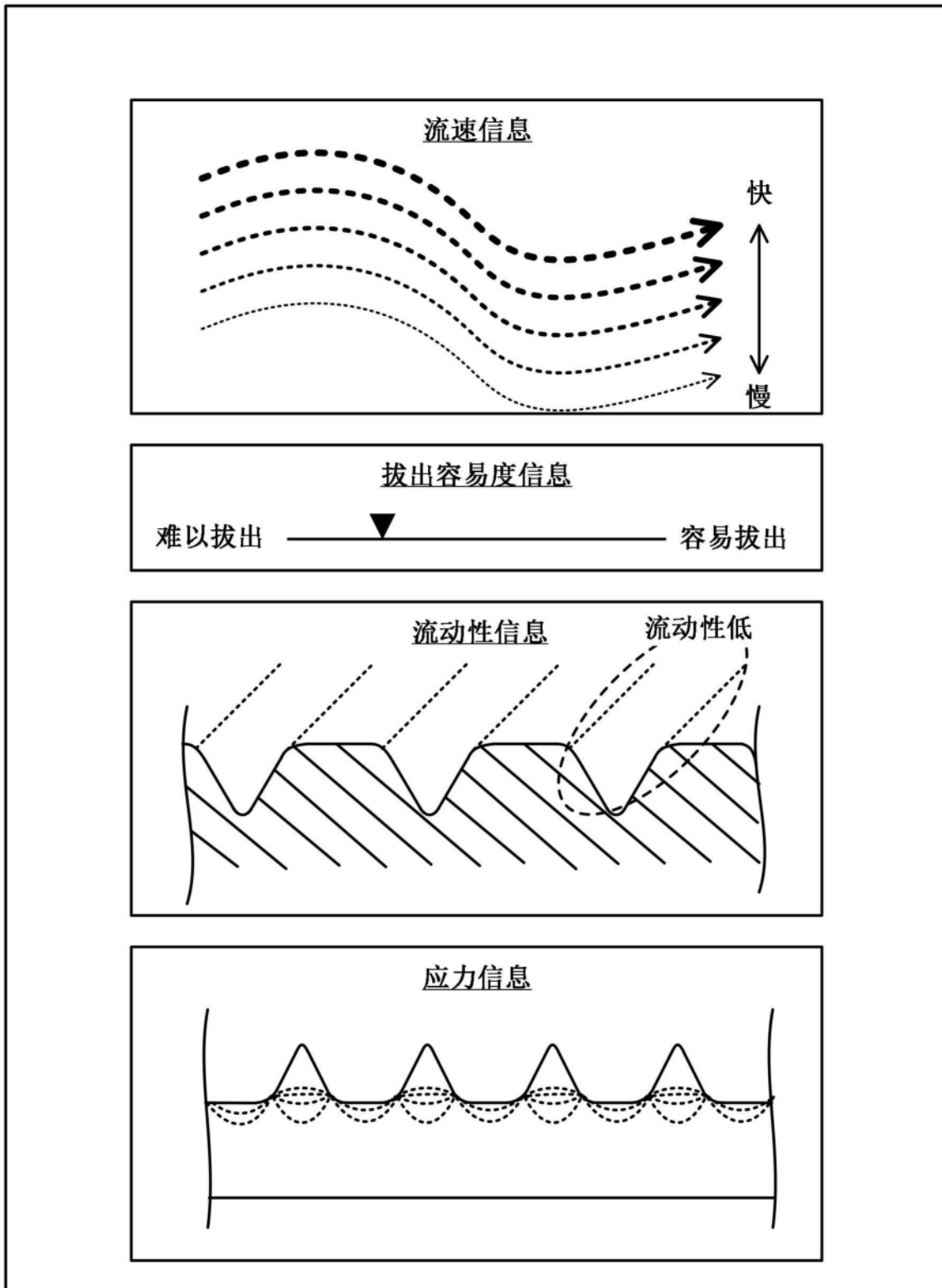


图22

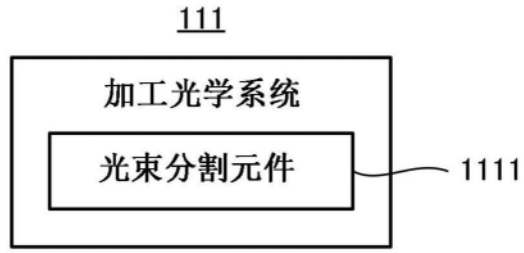


图23

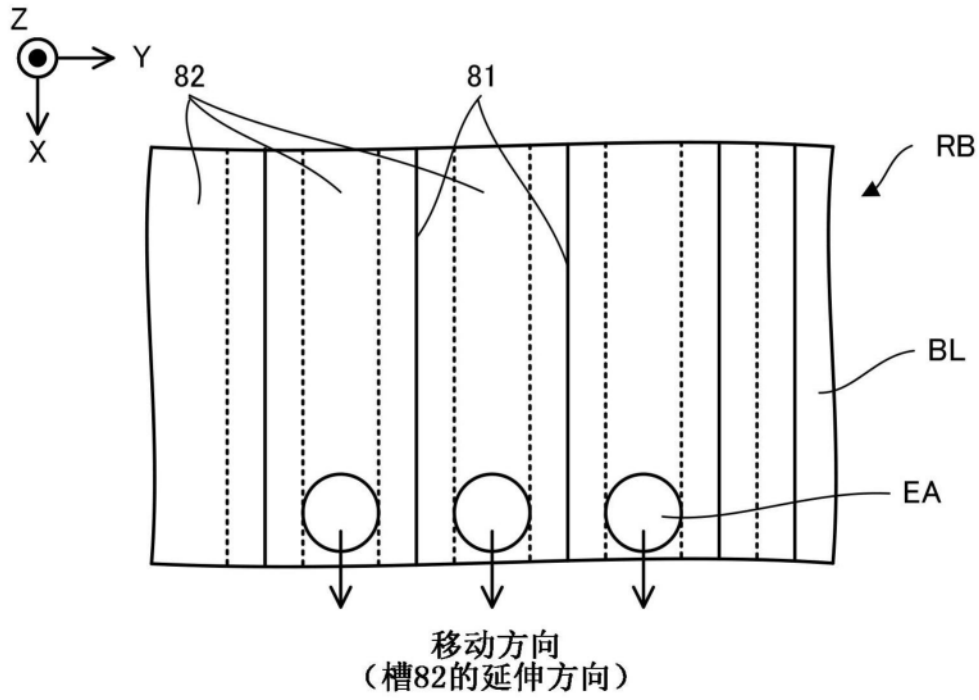


图24

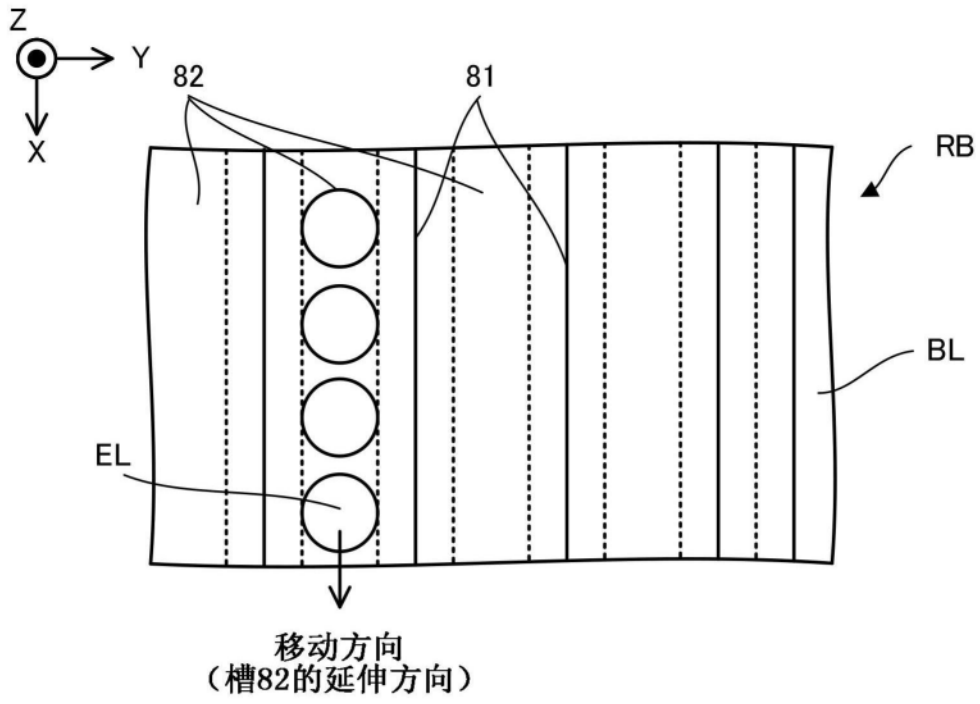


图25

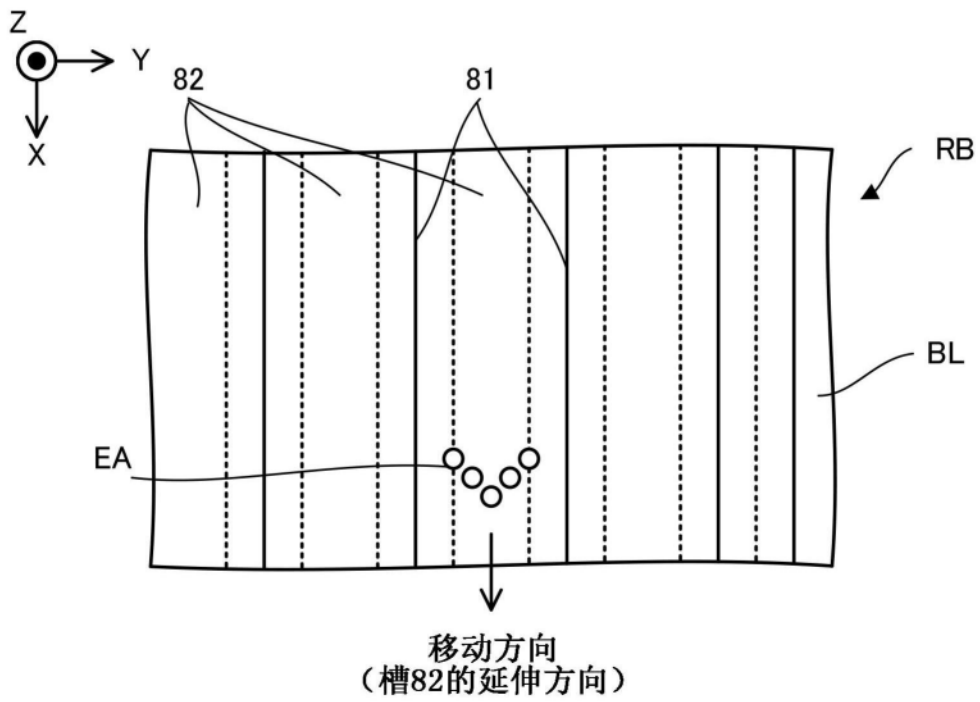


图26

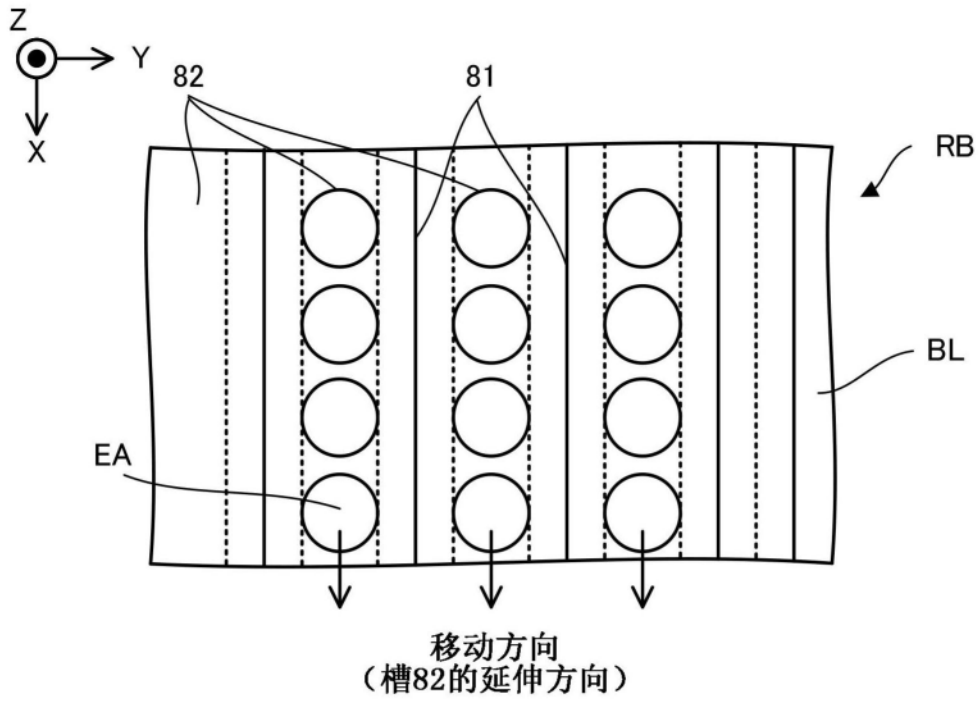


图27

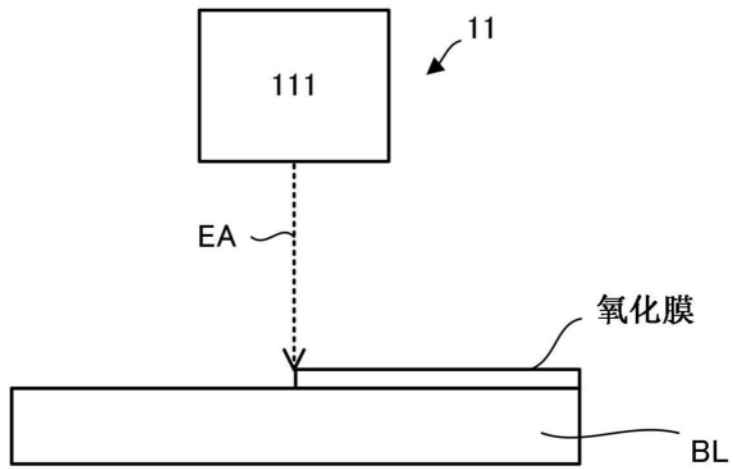


图28

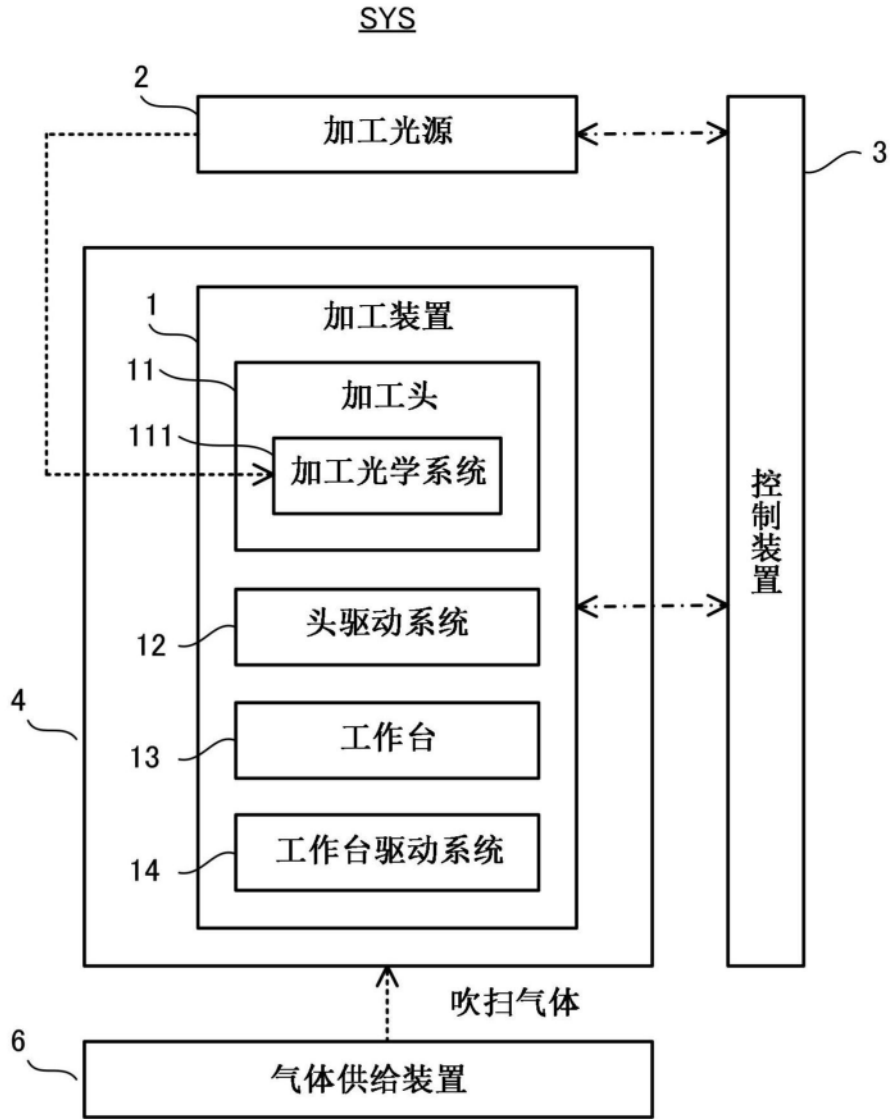


图29

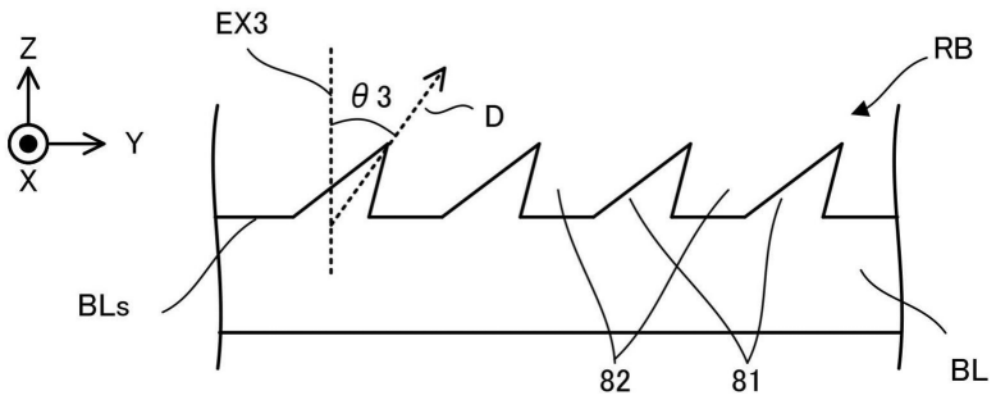


图30