



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101952555 A

(43) 申请公布日 2011. 01. 19

(21) 申请号 200880127031. 6

代理人 高培培 车文

(22) 申请日 2008. 12. 24

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

F01D 5/08 (2006. 01)

2008-048249 2008. 02. 28 JP

F02C 7/18 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 08. 18

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/073483 2008. 12. 24

(87) PCT申请的公布数据

W02009/107312 JA 2009. 09. 03

(71) 申请人 三菱重工业株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 荒濑谦一 桥本真也

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

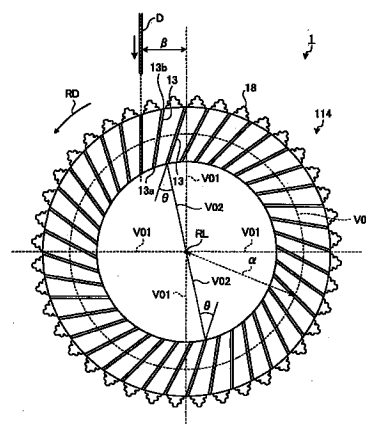
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 7 页

(54) 发明名称

燃气轮机及轮盘以及轮盘的径方向通路形成方法

(57) 摘要

燃气轮机 (1) 中, 包括: 轮盘 (114), 通过在侧周部连接有接受燃料燃烧后产生的燃烧气体的涡轮侧动叶片, 而传递涡轮侧动叶片接受的所述燃烧气体的能量且以旋转轴 (RL) 为中心旋转; 以及径方向通路 (13), 在轮盘 (114) 上从旋转轴 (RL) 侧朝向轮盘 (114) 的外侧形成, 是包括具有如下形状的部分而形成的孔: 在该部分被假想曲面 (V03) 截取形成的截面上, 轮盘 (114) 的周方向的长度大于平行于旋转轴 (RL) 的方向的长度, 其中, 所述假想曲面 (V03) 是以旋转轴 (RL) 为轴心的曲面, 从所述曲面上的所有点到旋转轴 (RL) 的距离全部相等。



1. 一种燃气轮机,其特征在于,包括:

轮盘,在侧周部联结有接受燃料燃烧后产生的燃烧气体的动叶片,从而传递所述动叶片接受的所述燃烧气体的能量而以旋转轴为中心旋转;以及

径方向通路,在所述轮盘上从所述旋转轴侧朝向所述轮盘的外侧形成,该径方向通路是包括具有如下形状的部分而形成的孔:在该部分被假想曲面截取形成的截面上,所述轮盘的周方向上的长度大于平行于所述旋转轴的方向上的长度,其中,所述假想曲面是以所述旋转轴为轴心的曲面,且从所述曲面上的所有点到所述旋转轴的距离全部相等。

2. 如权利要求1所述的燃气轮机,其特征在于,所述径方向通路具备包含所述旋转轴的假想平面所不包括的部分。

3. 如权利要求2所述的燃气轮机,其特征在于,

所述径方向通路,其一侧开口端在形成于所述轮盘的所述侧周部内侧的空间开口,另一侧开口端在所述轮盘的所述侧周部开口,并且,从所述旋转轴方向投影到与所述旋转轴正交的面上时,相对于包括所述一侧开口端和所述旋转轴的基准假想平面具有10度以上且45度以下的角度。

4. 如权利要求3所述的燃气轮机,其特征在于,

所述轮盘朝向规定的旋转方向旋转,所述径方向通路在所述一侧开口端部分以所述基准假想平面为界向与所述旋转方向相反侧的区域倾斜。

5. 一种轮盘,其特征在于,具备在所述轮盘上从所述旋转轴侧朝向所述轮盘的外侧形成的径方向通路,该径方向通路是包括具有如下形状的部分而形成的孔:在该部分被假想曲面截取形成的截面上,所述轮盘的周方向上的长度大于平行于所述旋转轴的方向上的长度,其中,所述假想曲面是以所述旋转轴为轴心的曲面,且从所述曲面上的所有点到所述旋转轴的距离全部相等。

6. 一种轮盘的径方向通路形成方法,其特征在于,包括:

第一工序,将所述轮盘安装在钻床上,所述钻床设置为使钻头切削刃与包括圆盘状的轮盘的旋转轴的假想平面平行且从所述假想平面偏离规定距离;

第二工序,使所述钻头切削刃与所述假想平面平行地移动而在所述轮盘上形成作为孔的第一个径方向通路;

第三工序,使所述轮盘以所述旋转轴为轴旋转规定角度;

第四工序,使所述钻头切削刃与所述假想平面平行地移动而在所述轮盘上形成作为孔的第二个径方向通路;以及

第五工序,重复进行所述第三工序和所述第四工序直至在所述轮盘上形成预期个数的所述径方向通路。

燃气轮机及轮盘以及轮盘的径方向通路形成方法

技术领域

[0001] 本发明涉及燃气轮机及轮盘以及轮盘的径方向通路形成方法,更详细地说,涉及利用空气冷却动叶片的燃气轮机及轮盘以及轮盘的径方向通路形成方法。

背景技术

[0002] 一直以来,作为从使燃料燃烧后产生的燃烧气体取出能量的装置,具有燃气轮机。燃气轮机例如对压缩后的空气喷射燃料,利用使所述燃料燃烧产生的燃烧气体的能量来使涡轮旋转而从转子输出旋转能量。

[0003] 例如,专利文献 1 中,公开了搭载下述涡轮冷却系统的燃气轮机,所述涡轮冷却系统中,从涡轮结构外供给的动叶片冷却用介质在冷却前的状态下通过配置在轮盘的中心孔内的中空轴内,经由设在衬垫上的径方向孔被导向轮盘的外周侧,由此冷却动叶片。

[0004] 【专利文献 1】日本特开平 9-242563 号公报(段号 0012)

[0005] 此处,在专利文献 1 公开的燃气轮机中,在作为旋转体的轮盘的径方向上形成的径方向孔上,轮盘旋转时由于惯性力而在周方向上受到力。此时,担心因所述径方向孔的形状而在特定的部分上产生应力集中。

[0006] 本发明鉴于上述问题而提出,其目的是,减小在轮盘的径方向上形成的径方向通路上产生的应力分布的偏置。

发明内容

[0007] 为了解决上述课题,实现目的,本发明的燃气轮机,其特征是,包括:轮盘,在侧周部连结有接受燃料燃烧后产生的燃烧气体的动叶片,从而传递所述动叶片接受的所述燃烧气体的能量而以旋转轴为中心旋转;以及径方向通路,在所述轮盘上从所述旋转轴侧朝向所述轮盘的外侧形成,该径方向通路是包括具有如下形状的部分而形成的孔:在该部分被假想曲面截取形成的截面上,所述轮盘的周方向上的长度大于平行于所述旋转轴的方向上的长度,其中,所述假想曲面是以所述旋转轴为轴心的曲面,且从所述曲面上的所有点到所述旋转轴的距离全部相等。

[0008] 所述轮盘以旋转轴为轴旋转时,所述径方向通路在所述轮盘的周方向上受到力。此处,本发明的燃气轮机中,通过上述构成,所述径方向通路的被所述假想曲面截取形成的截面成为与平行于所述旋转轴的方向的长度相比所述轮盘的周方向的长度较大的椭圆状。因此,所述燃气轮机中,在通过所述截面的图心而与所述力正交的部位产生的应力减小。由此,燃气轮机中,所述径方向通路上产生的应力分布的偏置减小。

[0009] 作为本发明的优选实施方式,优选的是,所述径方向通路具备包含所述旋转轴的假想平面所不包括的部分。

[0010] 通过上述构成,本发明的燃气轮机中,所述径方向通路的被所述假想曲面截取形成的截面具有形成与平行于所述旋转轴的方向的长度相比所述轮盘的周方向的长度较大的椭圆状的部分。因此,所述燃气轮机中,通过所述截面的图心与所述力正交的部位上产生

的应力减小。由此,燃气轮机中,所述径方向通路上产生的应力分布的偏置减小。

[0011] 此外,所述燃气轮机中,由于所述径方向通路相对于所述基准假想平面倾斜形成,因此所述冷却用空气流过的通路变长。因此,所述燃气轮机中,促进所述冷却用空气和冷却对象之间的热交换。由此,所述燃气轮机中,冷却性能提高。

[0012] 作为本发明的优选实施方式,优选的是,所述径方向通路,其一侧开口端在形成于所述轮盘的所述侧周部内侧的空间开口,另一侧开口端在所述轮盘的所述侧周部开口,并且,从所述旋转轴方向投影到与所述旋转轴正交的面上时,相对于包括所述一侧开口端和所述旋转轴的基准假想平面具有 10 度以上且 45 度以下的角度。

[0013] 通过上述构成,本发明的燃气轮机中,通过所述截面的图心与所述力正交的部位上产生的应力更良好地减小。由此,燃气轮机中,在所述径方向通路上产生的应力分布的偏置更良好地减小。

[0014] 作为本发明的优选实施方式,优选的是,所述轮盘朝向规定的旋转方向旋转,所述径方向通路在所述一侧开口端部分以所述基准假想平面为界向与所述旋转方向相反侧的区域倾斜。

[0015] 通过上述构成,本发明的燃气轮机中,导入所述径方向通路的冷却用空气与一侧开口端的壁面的冲撞被缓和,所述冷却用空气流入所述径方向通路。即,所述燃气轮机中,所述冷却用空气容易流入所述径方向通路。因此,所述燃气轮机中,供给到所述径方向通路的所述冷却用空气的流量增大。由此,所述燃气轮机中,所述冷却用空气和冷却对象的热交换被促进。因此,所述燃气轮机中,所述冷却用空气产生的冷却性能提高。

[0016] 为了解决上述课题,实现目的,本发明的轮盘的特征是,具备在所述轮盘上从所述旋转轴侧朝向所述轮盘的外侧形成的径方向通路,该径方向通路是包括具有如下形状的部分而形成的孔:在该部分被假想曲面截取形成的截面上,所述轮盘的周方向上的长度大于平行于所述旋转轴的方向上的长度,其中,所述假想曲面是以所述旋转轴为轴心的曲面,且从所述曲面上的所有点到所述旋转轴的距离全部相等。

[0017] 本发明的轮盘以旋转轴为轴旋转时,所述径方向通路在所述轮盘的周方向上受到力。此处,所述轮盘中,通过上述构成,所述径方向通路的被所述假想曲面截取形成的截面形成为与平行于所述旋转轴的方向的长度相比所述轮盘的周方向的长度较大的椭圆状。因此,所述轮盘中,通过所述截面的图心与所述力正交的部位上产生的应力减小。由此,所述轮盘中,所述径方向通路上产生的应力分布的偏置减小。

[0018] 为了解决上述课题,实现目的,本发明的轮盘的径方向通路形成方法的特征是,包括:第一工序,将所述轮盘安装在钻床上,所述钻床设置为使钻头切削刃与包括圆盘状的轮盘的旋转轴的假想平面平行且从所述假想平面偏离规定距离;第二工序,使所述钻头切削刃与所述假想平面平行地移动而在所述轮盘上形成作为孔的第一个径方向通路;第三工序,使所述轮盘以所述旋转轴为轴旋转规定角度;第四工序,使所述钻头切削刃与所述假想平面平行地移动而在所述轮盘上形成作为孔的第二个径方向通路;以及第五工序,重复进行所述第三工序和所述第四工序直至在所述轮盘上形成预期个数的所述径方向通路。

[0019] 通过上述构成,本发明的轮盘的径方向通路形成方法能够使用现有的机床而容易地加工所述径方向通路。此时,具备所述径方向通路的燃气轮机中,所述径方向通路的被所述假想曲面截取形成的截面形成为与平行于所述旋转轴的方向的长度相比所述轮盘的周

方向的长度较大的椭圆状。因此,所述燃气轮机中,在通过所述截面的图心与所述力正交的部位上产生的应力减小。由此,燃气轮机中,所述径方向通路上产生的应力分布的偏置减小。

[0020] 此外,所述燃气轮机中,导入所述径方向通路的冷却用空气与一侧开口端的壁面的冲撞被缓和,所述冷却用空气流入所述径方向通路。即,所述燃气轮机中,所述冷却用空气容易流入所述径方向通路。因此,所述燃气轮机中,向所述径方向通路供给的所述冷却用空气的流量增大。由此,所述燃气轮机中,所述冷却用空气产生的冷却性能提高。

[0021] 此外,所述燃气轮机中,由于所述径方向通路相对于所述基准假想平面倾斜形成,因此所述冷却用空气流过的通路变长。因此,所述燃气轮机中,所述冷却用空气和冷却对象之间的热交换被促进。由此,所述燃气轮机中,冷却性能提高。

[0022] 本发明中,在形成于轮盘的径方向上的径方向通路产生的应力分布的偏置减小。

附图说明

[0023] 【图 1】图 1 是表示本实施方式的燃气轮机的构成的示意图。

[0024] 【图 2】图 2 是将本实施方式的燃气轮机的涡轮部放大而示意地表示的剖面图。

[0025] 【图 3】图 3 是将本实施方式的在轮盘上形成的径方向通路从旋转轴方向投影到与旋转轴正交的面上的投影图。

[0026] 【图 4】图 4 是将现有的在轮盘上形成的径方向通路从旋转轴方向投影到与旋转轴正交的面上的投影图。

[0027] 【图 5】图 5 是将现有的轮盘的侧周部在平面上展开而表示的示意图。

[0028] 【图 6】图 6 是将本实施方式的轮盘的侧周部在平面上展开而表示的示意图。

[0029] 【图 7】图 7 是将现有的在轮盘上形成的径方向通路的内侧开口端附近从旋转轴方向投影到与旋转轴正交的面上的投影图。

[0030] 【图 8】图 8 是将本实施方式的在轮盘上形成的径方向通路的内侧开口端附近从旋转轴方向投影到与旋转轴正交的面上的投影图。

[0031] 【图 9】图 9 是说明在本实施方式的径方向通路加工时使钻头切削刃从假想平面错开的量的图。

[0032] 标号说明

[0033] 1、2 燃气轮机

[0034] 11 第一供给通路

[0035] 12 第一空间

[0036] 13、23 径方向通路

[0037] 13a、23a 一侧开口端

[0038] 13b、23b 另一侧开口端

[0039] 14 第二空间

[0040] 15 冷却通路

[0041] 16 第二供给通路

[0042] 17 第三空间

[0043] 18 嵌合部

- [0044] 110 涡轮部
- [0045] 111 涡轮部机室
- [0046] 112 涡轮侧静叶片
- [0047] 113 涡轮侧动叶片
- [0048] 114、214 轮盘
- [0049] 120 压缩部
- [0050] 121 空气吸入口
- [0051] 122 压缩机壳体
- [0052] 123 压缩机侧静叶片
- [0053] 124 压缩机侧动叶片
- [0054] 130 燃烧部
- [0055] 140 排气部
- [0056] 141 排气扩散室
- [0057] 150 转子
- [0058] 151、152 轴承
- [0059] D 钻头切削刃
- [0060] GND 地面
- [0061] RL 旋转轴
- [0062] V01 假想平面
- [0063] V02 基准假想平面
- [0064] V03 假想曲面

具体实施方式

[0065] 以下,参照附图对本发明进行详细说明。另外,本发明并不限于用于实施本发明的最佳方式(以下称为实施方式)。此外,下述实施方式的构成要素中,包括本领域技术人员容易想到的要素、实质上等同的要素、所谓的均等的范围的要素。

[0066] 图1是表示本实施方式的燃气轮机的构成的示意图。本实施方式的燃气轮机1设置在地面GND上。燃气轮机1构成从流体流动的上游侧朝向下游侧依次包括压缩部120、燃烧部130、涡轮部110、及排气部140。

[0067] 压缩部120对空气加压,并向燃烧部130送出加压后的空气。燃烧部130向所述加压后的空气供给燃料。而且,燃烧部130向压缩后的空气喷射燃料而使所述燃料燃烧。涡轮部110将从燃烧部130送出的所述燃烧气体具有的能量转换成旋转能量。排气部140向大气排出所述燃烧气体。

[0068] 压缩部120包括空气吸入口121、压缩机壳体122、压缩机侧静叶片123、及压缩机侧动叶片124而构成。空气吸入口121从大气将空气取入到压缩机壳体122中。多个压缩机侧静叶片123和多个压缩机侧动叶片124在压缩机壳体122内交替设置。

[0069] 涡轮部110如图1所示,包括涡轮部机室111、涡轮侧静叶片112、及涡轮侧动叶片113而构成。多个涡轮侧静叶片112和多个涡轮侧动叶片113在涡轮部机室111内沿燃烧气体的流动方向交替配置。排气部140具有与涡轮部110连接的排气扩散室141。排气扩

散室 141 将通过涡轮部 110 后的废气的动压转换为静压。

[0070] 燃气轮机 1 具有作为旋转体的转子 150。转子 150 以贯通压缩部 120、燃烧部 130、涡轮部 110、排气部 140 的中心部的方式设置。对于转子 150, 压缩部 120 侧的端部由轴承 151 旋转自如地支承, 排气部 140 侧的端部由轴承 152 旋转自如地支承。

[0071] 此外, 在转子 150 上固定有多个轮盘 114。在轮盘 114 上连结有压缩机侧动叶片 124 及涡轮侧动叶片 113。在转子 150 的压缩部 120 侧的端部上连结有发电机的发电机用输入轴。

[0072] 燃气轮机 1 首先从压缩部 120 的空气吸入口 121 取入空气。取入的空气被多个压缩机侧静叶片 123 和压缩机侧动叶片 124 压缩。由此, 所述空气变为与大气相比高温 / 高压的压缩空气。接着, 燃烧部 130 对所述压缩空气供给规定的燃料而使所述燃料燃烧。

[0073] 接着, 构成涡轮部 110 的多个涡轮侧静叶片 112 和多个涡轮侧动叶片 113 将在燃烧部 130 中生成的燃烧气体具有的能量转换成旋转能量。涡轮侧动叶片 113 将所述旋转能量传递到转子 150。由此, 转子 150 进行旋转运动。

[0074] 通过上述构成, 燃气轮机 1 驱动与转子 150 连结的未图示的发电机。另外, 通过涡轮部 110 后的废气在排气部 140 的排气扩散室 141 将动压转换成静压后, 被放出至大气中。

[0075] 图 2 是将本实施方式的燃气轮机的涡轮部放大而示意地表示的剖面图。如图 2 所示, 转子 150 包括轮盘 114 和涡轮侧动叶片 113 而构成。轮盘 114 以图 1 及图 2 所示的旋转轴 RL 为轴旋转。在形成为圆盘状的轮盘 114 的径方向外侧的侧周部上沿周方向连结有多个涡轮侧动叶片 113。由此, 涡轮侧动叶片 113 也与轮盘 114 一起以旋转轴 RL 为轴旋转。

[0076] 此处, 向涡轮部 110 供给在燃烧部 130 中生成的比大气高温 / 高压的燃烧气体。由此, 从燃烧气体接收热量, 涡轮侧动叶片 113 及轮盘 114 的温度上升。因此, 燃气轮机 1 向涡轮侧动叶片 113 及轮盘 114 供给与涡轮侧动叶片 113 及轮盘 114 相比低温的冷却用空气, 使涡轮侧动叶片 113 及轮盘 114 冷却。

[0077] 此处, 轮盘 114 及涡轮侧动叶片 113 沿燃烧气体的流动设有多个。对于轮盘 114, 设有多个的轮盘 114 中, 从燃烧气体的流动的上游侧开始为第一轮盘 114a、第二轮盘 114b。此外, 对于涡轮侧动叶片 113, 设有多个的涡轮侧动叶片 113 中, 从燃烧气体的流动的上游侧开始为第一涡轮侧动叶片 113a、第二涡轮侧动叶片 113b。第一涡轮侧动叶片 113a 与第一轮盘 114a 连结, 第二涡轮侧动叶片 113b 与第二轮盘 114b 连结。

[0078] 涡轮部 110 包括第一供给通路 11、第一空间 12、径方向通路 13、第二空间 14、冷却通路 15、第二供给通路 16、第三空间 17 而构成。第一供给通路 11 为冷却用空气流动的通路。冷却用空气从图 1 所示的压缩部 120 经过未图示的通路和使从压缩部 120 导入的空气冷却的冷却机而被供给到图 2 所示的第一供给通路 11。

[0079] 第一空间 12 形成于转子 150。径方向通路 13 从形成为圆盘状的第一轮盘 114a 的内侧朝向第一轮盘 114a 的径方向外侧而在第一轮盘 114a 上形成有多个。第二空间 14 形成于第一轮盘 114a 和第一涡轮侧动叶片 113a 之间。冷却通路 15 在第一涡轮侧动叶片 113a 上形成有多个。

[0080] 对于第一供给通路 11, 从一侧开口端供给冷却用空气, 另一侧的端部在第一空间 12 开口。由此, 冷却用空气经由第一供给通路 11 被供给到第一空间 12。对于径方向通路 13, 一侧开口端 13a 在第一空间 12 开口, 另一侧开口端 13b 在第二空间 14 开口。由此, 第

一空间 12 内的冷却用空气经由径方向通路 13 被供给到第二空间 14。此时,冷却用空气通过径方向通路 13 的内部并与比冷却用空气高温的第一轮盘 114a 进行热交换。由此,冷却用空气通过径方向通路 13 并使第一轮盘 114a 冷却。

[0081] 对于冷却通路 15,一侧的端部在第二空间 14 开口,另一侧的端部在涡轮部机室 111 开口。由此,第二空间 14 内的冷却用空气经由冷却通路 15 排出到涡轮部机室 111。此时,冷却用空气通过冷却通路 15 的内部并与比冷却用空气高温的第一涡轮侧动叶片 113a 进行热交换。由此,冷却用空气通过冷却通路 15 并对第一涡轮侧动叶片 113a 进行冷却。

[0082] 第二供给通路 16 沿旋转轴 RL 方向形成于第一轮盘 114a 上。第三空间 17 形成于第一轮盘 114a 与第二轮盘 114b 之间。对于第二供给通路 16,一侧的端部在第一空间 12 开口,另一侧的端部在第三空间 17 开口。由此,第一空间 12 内的冷却空气中未供给到径方向通路 13 的冷却用空气经由第二供给通路 16 被导入到第三空间 17。

[0083] 第三空间 17 内的冷却用空气流过与第一轮盘 114a 及第一涡轮侧动叶片 113a 大致相同地在第二轮盘 114b 及第二涡轮侧动叶片 113b 上形成的通路、空间、冷却用通路,对第二轮盘 114b 及第二涡轮侧动叶片 113b 进行冷却。如图 2 所示,径方向通路 13 与正交于旋转轴 RL 的面平行地形成。另外,径方向通路 13 也可以相对于正交于旋转轴 RL 的面倾斜而形成。

[0084] 图 3 是将本实施方式的形成于轮盘上的径方向通路从旋转轴方向投影到与旋转轴正交的面上的投影图。此处,燃气轮机 1 在轮盘 114 上形成的径方向通路 13 具有特点。

[0085] 如图 3 所示,设假想平面 V01 为包括旋转轴 RL 的任意平面。从轮盘 114 的径方向内侧朝向径方向外侧设有多个径方向通路 13。此处,径方向通路 13 即使与通过旋转轴 RL 的假想平面 V01 交叉、或与假想平面 V01 平行,也没有完全包含于假想平面 V01 中。即,对于径方向通路 13,将径方向通路 13 向轮盘 114 的径方向内侧延长的假想的线不与旋转轴 RL 相交叉。

[0086] 此处,设包括径方向通路 13 的一侧开口端 13a 和旋转轴 RL 的假想的面为基准假想平面 V02。燃气轮机 1 中,基准假想平面 V02 与径方向通路 13 所成的角度 θ 例如形成为 30 度。

[0087] 另外,对于在轮盘 114 上设有多个的全部的径方向通路 13,基准假想平面 V02 和径方向通路 13 所成的角度 θ 分别相等地设定为 30 度,但本实施方式不限于于此。对于在轮盘 114 上设有多个的全部的径方向通路 13,也可以是基准假想平面 V02 和径方向通路 13 所成的角度 θ 分别不同地设定。

[0088] 另外,图 3 所示的嵌合部 18 是涡轮侧动叶片 113 的端部嵌入的部分。嵌合部 18 与在涡轮侧动叶片 113 的端部形成的嵌合部嵌合,由此将涡轮侧动叶片 113 支承于轮盘 114 的侧周部。

[0089] 径方向通路 13 避开在轮盘 114 的侧周部上形成有多个的嵌合部 18 之间,例如通过钻孔,从轮盘 114 的径方向外侧朝向轮盘 114 的径方向内侧形成。由此,另一侧开口端 13b 在设有多个的嵌合部 18 之间开口。

[0090] 图 4 是将现有的在轮盘上形成的径方向通路从旋转轴方向投影到与旋转轴正交的面上的投影图。图 5 是将现有的轮盘的侧周部在平面上展开表示的示意图。现有的燃气轮机 2 如图 4 所示,具备轮盘 214、和在轮盘 214 上形成的径方向通路 23。此外,径方向通

路 23 的另一侧开口端 23b 在轮盘 214 的侧周部开口。

[0091] 如图 4 所示, 径方向通路 23 的角度 θ 为 0 度时, 径方向通路 23 的另一侧开口端 23b 如图 5 所示为大致正圆状。此处, 轮盘 214 以图 4 所示的旋转轴 RL 为轴旋转时, 在另一侧开口端 23b, 因惯性力在轮盘 214 上沿周方向受到力 F。由此, 在另一侧开口端 23b 产生应力。此时, 另一侧开口端 23b 的大致正圆状的缘中, 通过另一侧开口端 23b 的图心而与力 F 正交的部位 P 的应力为最大。即, 燃气轮机 2 中, 在部位 P 应力集中。

[0092] 图 6 为将本实施方式的轮盘的侧周部在平面上展开表示的示意图。但是, 如图 3 所示, 角度 θ 设定为 0 度以外时, 即使径方向通路 13 通过钻孔而形成, 径方向通路 13 的另一侧开口端 13b 如图 6 所示成为轮盘 114 的周方向较长的椭圆状。即, 对于另一侧开口端 13b, 相比与旋转轴 RL 平行的方向的长度 h, 轮盘 114 的周方向的长度 w 较大。

[0093] 对于径方向通路 13, 轮盘 114 以图 3 所示的旋转轴 RL 为轴旋转时, 在轮盘 114 的周方向受到力 F。此时, 若图 3 所示的轮盘 114 和图 4 所示的轮盘 214 在相同条件下旋转, 则作用于另一侧开口端 13b 的力 F 和作用于另一侧开口端 23b 的力 F 相等。但是, 若开口的形状不同, 则即使相同的力 F 作用于所述开口, 在特定的部位 P 产生的应力的大小也不同。

[0094] 具体而言, 相比在形成正圆状的另一侧开口端 23b 的部位 P 产生的应力, 通过形成椭圆状的另一侧开口端 13b 的图心而与力 F 正交的部位 P 上产生的应力较小。即, 燃气轮机 1 中, 使在另一侧开口端 13b 的部位 P 产生的应力减小, 使在另一侧开口端 13b 产生的应力分布的偏置减小。

[0095] 另外, 另一侧开口端 13b 的形状例如为周方向的长度 w 比与旋转轴 RL 平行的方向的长度 h 小的情况, 与轮盘 114 的周方向的长度 w 比与旋转轴 RL 平行的方向的长度 h 大的情况不同, 在部位 P 产生的应力增大。

[0096] 此处, 燃气轮机 1 中, 图 3 所示的径方向通路 13 相对于与旋转轴 RL 正交的面倾斜而形成时, 另一侧开口端 13b 的形状中与旋转轴 RL 平行的方向的长度 h 增大。即, 径方向通路 13 相对于与旋转轴 RL 正交的面倾斜而形成时, 在部位 P 产生的应力增加。

[0097] 另外, 燃气轮机 1 中, 图 3 所示的径方向通路 13 的一侧开口端 13a 也与另一侧开口端 13b 同样地形成椭圆状形状。由此, 与另一侧开口端 13b 同样地在一侧开口端 13a, 燃气轮机 1 也使在一侧开口端 13a 的部位 P 产生的应力减小。由此, 燃气轮机 1 使在一侧开口端 13a 产生的应力分布的偏置减小。

[0098] 此处, 在图 3 中设下述假想的曲面为假想曲面 V03: 以旋转轴 RL 为轴心的曲面且从所述曲面上的所有的点到旋转轴 RL 的规定距离 α 全部相等。即, 假想曲面 V03 是以旋转轴 RL 为轴心、底面和上面的半径为规定距离 α 的圆柱的侧面。另外, 规定距离 α 是从旋转轴 RL 到一侧开口端 13a 的距离以上且从旋转轴 RL 到另一侧开口端 13b 的距离以下的距离。

[0099] 对于径方向通路 13, 被假想曲面 V03 截取形成的截面的形状与一侧开口端 13a 及另一侧开口端 13b 相同, 相比与旋转轴 RL 平行的方向的长度 h, 轮盘 114 的周方向的长度 w 较大。由此, 燃气轮机 1 中, 与一侧开口端 13a 及另一侧开口端 13b 相同, 在与通过所述截面的图心而作用于截面的缘上的力 F 正交的部位产生的应力减小。

[0100] 因此, 燃气轮机 1 中, 使在所述截面上产生的应力分布的偏置减小。即, 燃气轮机 1 中, 不限于一侧开口端 13a 及另一侧开口端 13b, 使在径方向通路 13 上产生的应力分布的

偏置减小。

[0101] 图 7 是将现有的在轮盘上形成的径方向通路的内侧开口端附近从旋转轴方向投影到与旋转轴正交的面上的投影图。图 8 是将本实施方式的在轮盘上形成的径方向通路的内侧开口端附近从旋转轴方向投影到与旋转轴正交的面上的投影图。

[0102] 冷却用空气从图 2 所示的第一空间 12 经由一侧开口端 13a 被导向径方向通路 13。此时,轮盘 114 如图 3 的箭头 RD 所示,沿规定的旋转方向旋转。由此,从径方向通路 13 观察时,可看到冷却用空气如图 8 的箭头 FL 所示流入一侧开口端 13a。

[0103] 此处,燃气轮机 2 如图 4 所示,角度 θ 为 0 度。因此,冷却用空气如图 7 的箭头 FL 所示,与一侧开口端 23a 的壁面冲撞,难以流入径方向通路 23。

[0104] 另一方面,燃气轮机 1 如图 8 所示,径方向通路 13 与基准假想平面 V02 形成角度 0。即,径方向通路 13 从基准假想平面 V02 倾斜而形成。而且,径方向通路 13 以基准假想平面 V02 为界,向与图 3 及图 8 的箭头 RD 所示的轮盘 114 的旋转方向相反侧的区域倾斜而形成。

[0105] 由此,如图 8 的箭头 FL 所示,使冷却用空气与一侧开口端 13a 的壁面的冲撞缓和而流入径方向通路 13。即,相比径方向通路 23,冷却用空气更容易流入径方向通路 13。

[0106] 而且,一侧开口端 13a 如图 6 及图 8 所示,一侧开口端 13a 的形状形成为椭圆状,由此轮盘 114 的周方向的长度 w 比图 5 及图 7 所示的一侧开口端 23a 的轮盘 214 的周方向的长度 w 大。因此,如图 8 的箭头 FL 所示,与一侧开口端 23a 相比,冷却用空气更容易流入一侧开口端 13a。

[0107] 由此,燃气轮机 1 向径方向通路 13 供给的冷却用空气的流量增大。此外,与之相伴,燃气轮机 1 向图 2 所示的冷却通路 15 供给的冷却用空气的流量也增大。因此,燃气轮机 1 中,促进冷却用空气和涡轮侧动叶片 113 及冷却用空气和轮盘 114 的热交换。即,燃气轮机 1 中,轮盘 114 及涡轮侧动叶片 113 被进一步冷却。

[0108] 而且,如图 3 所示,由于径方向通路 13 相对于基准假想平面 V02 倾斜而形成,因此与图 4 所示的径方向通路 23 相比冷却用空气流过的通路较长。因此,具备径方向通路 13 的燃气轮机 1 中,冷却用空气与涡轮侧动叶片 113 的接触面积增大。由此,燃气轮机 1 中,冷却用空气与涡轮侧动叶片 113 的热交换被进一步促进。即,燃气轮机 1 中,涡轮侧动叶片 113 被进一步冷却。

[0109] 另外,虽然角度 θ 被设定为例如 30 度,但本实施方式不限于此。燃气轮机 1 中,若角度 θ 被设定为 10 度以上且 45 度以下,则在径方向通路 13 产生的应力分布的偏置减小。此外,燃气轮机 1 中,冷却空气产生的冷却性能提高。

[0110] 此处,如上所述,径方向通路 13 例如通过钻孔而从轮盘 114 的径方向外侧朝向轮盘 114 的径方向内侧形成。以下,对径方向通路 13 的加工方法的一实施方式进行说明。

[0111] 通常,如图 4 所示的径方向通路 23,形成延长线与旋转轴 RL 相交的通路时,钻头切削刃的刃尖朝向旋转轴 RL。但是,本实施方式中,如图 3 所示,钻头切削刃 D 向与假想平面 V01 偏离规定距离 β 的位置偏移,在径方向通路 13 加工时,与假想平面 V01 平行地移动。

[0112] 图 9 是对本实施方式的径方向通路的加工时钻头切削刃偏离假想平面的量进行说明的图。规定距离 β 如图 9 所示,根据从旋转轴 RL 到一侧开口端 13a 的距离 r 、角度 θ 求得。具体而言,规定距离 β 是距离 r 与 $\sin \theta$ 之积。

[0113] 加工径方向通路 13 的操作员首先将圆盘状的轮盘 114 安装在钻床上。此时,钻头切削刃 D 设置为与假想平面 V01 平行且从假想平面 V01 偏离规定距离 β 。操作员在该条件下加工第一个径方向通路 13。

[0114] 接着,操作员使轮盘 114 以旋转轴 RL 为轴旋转规定角度。另外,规定角度根据在轮盘 114 上设置的径方向通路 13 的数量求得。例如,径方向通路 13 在轮盘 114 上以规定数量 γ 形成时,轮盘 114 旋转将 360 除以规定数量 γ 后而得到的角度。在该状态下,操作员加工第二个径方向通路 13。之后,直至在轮盘 114 上形成预期个数的径方向通路 13 之前,操作员重复进行使轮盘旋转规定角度的工序和加工的工序。

[0115] 这样,燃气轮机 1 能够使用现有的机床而容易地加工径方向通路 13。由此,具备径方向通路 13 的燃气轮机 1 中,如上所述,使径方向通路 13 上产生的应力分布的偏置减小。此外,具备径方向通路 13 的燃气轮机 1 如上所述,更适当地冷却轮盘 114 及涡轮侧动叶片 113。

[0116] 另外,径方向通路 13 例如形成为直线状,但本实施方式不限于此。径方向通路 13 也可以形成为例如多个直线组合成的、即折曲的形状。该情况下,优选具有角度 θ 的部分在径方向通路 13 的一侧开口端 13a 或另一侧开口端 13b 附近形成。

[0117] 具有角度 θ 的部分在径方向通路 13 的一侧开口端 13a 附近形成时,如上所述,冷却用空气容易流入倾斜的径方向通路 13 的一侧开口端 13a。因此,燃气轮机 1 中,轮盘 114 及涡轮侧动叶片 113 被进一步冷却。

[0118] 此外,另一侧开口端 13b 在形成于轮盘 114 上的径方向通路 13 中最远离旋转轴 RL。因此,另一侧开口端 13b 附近部分在径方向通路 13 中承受最大的力 F。因此,具有角度 θ 的部分在径方向通路 13 的另一侧开口端 13b 附近形成时,燃气轮机 1 中,使在径方向通路 13 中承受最大的力 F 的部分上产生的应力分布的偏置减小。

[0119] 另外,燃气轮机 1 中,也可以如图 4 所示,将角度 θ 设定为 0 度。但是,该情况下,径方向通路 13 与图 4 及图 5 所示的径方向通路 23 不同,在径方向通路 13 的被假想曲面 V03 截取形成的截面形成为椭圆状。例如,燃气轮机 1 中,径方向通路 13 通过放电加工进行加工。

[0120] 由此,对于径方向通路 13,即使不具有角度 θ ,但如图 6 所示,径方向通路 13 的被假想曲面 V03 截取形成的截面形成为与平行于旋转轴 RL 的方向的长度 h 相比轮盘 114 的周方向的长度 w 较大的椭圆状。由此,燃气轮机 1 中,如上所述,使径方向通路 13 上产生的应力分布的偏置减小。

[0121] 另外,本实施方式中的“椭圆状”不一定限于正确的椭圆。即,径方向通路 13 的被假想曲面 V03 截取形成的截面的形状不限于由平面上的特定两点的距离之和恒定的点的集合构成的曲线。径方向通路 13 的被假想曲面 V03 截取形成的截面的形状为不具有角部的大致椭圆形状即可。

[0122] 如上所述,本实施方式的燃气轮机及轮盘以及轮盘的径方向通路形成方法,对于在轮盘的径方向上形成有冷却用空气流过的径方向通路的燃气轮机有用,特别是适于使所述径方向通路上产生的应力分布的偏置减小的燃气轮机。

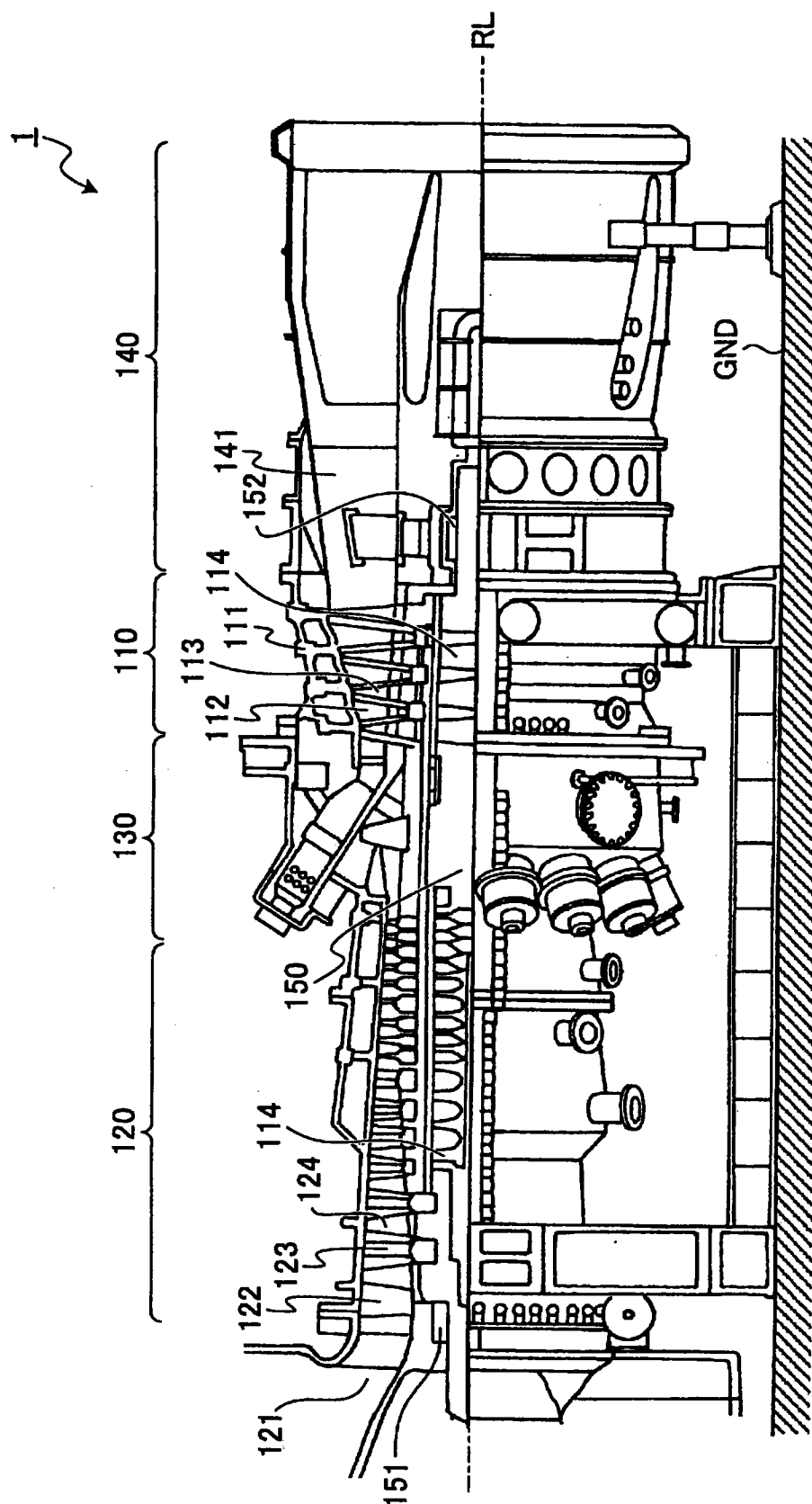


图 1

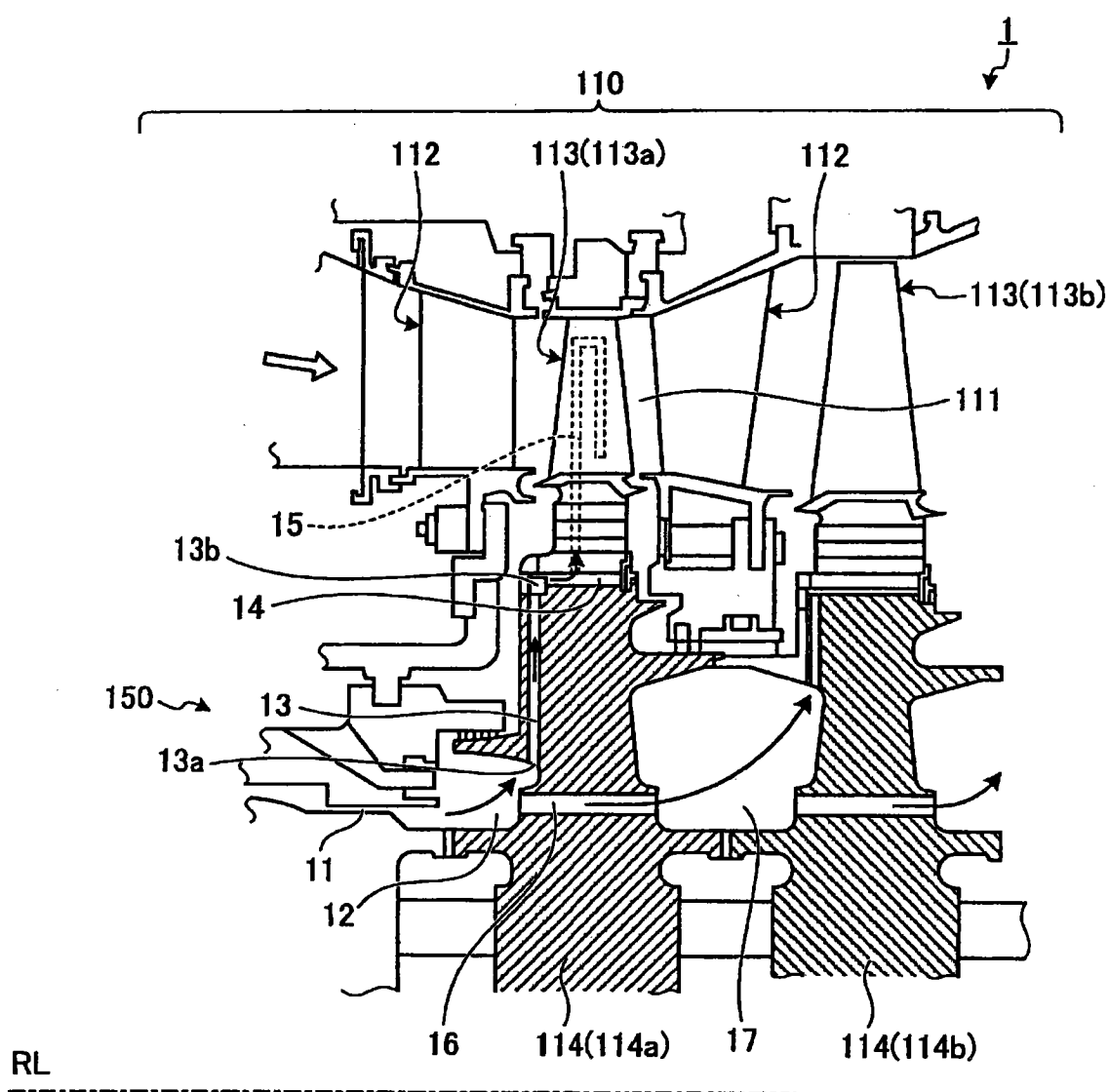


图 2

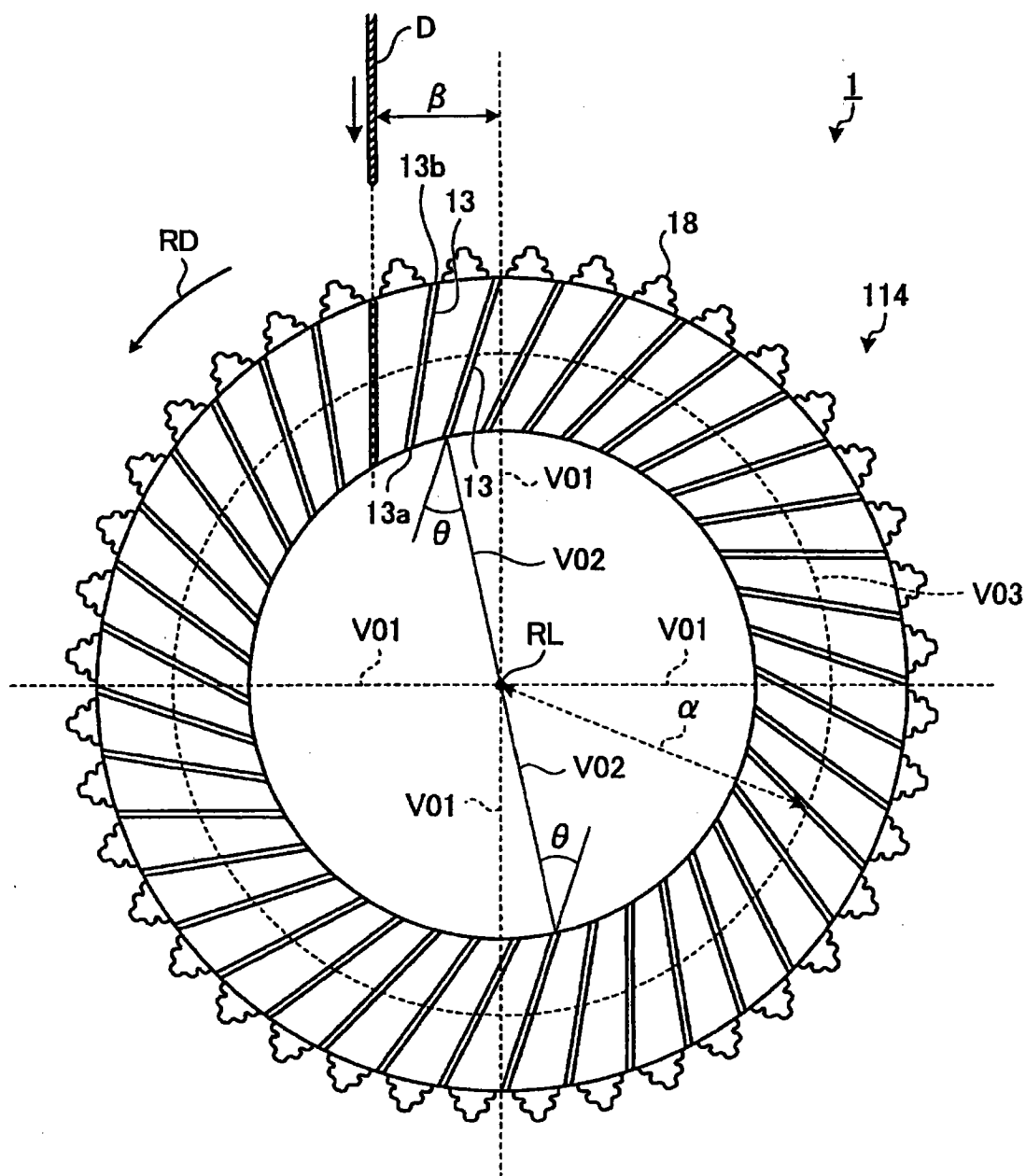


图 3

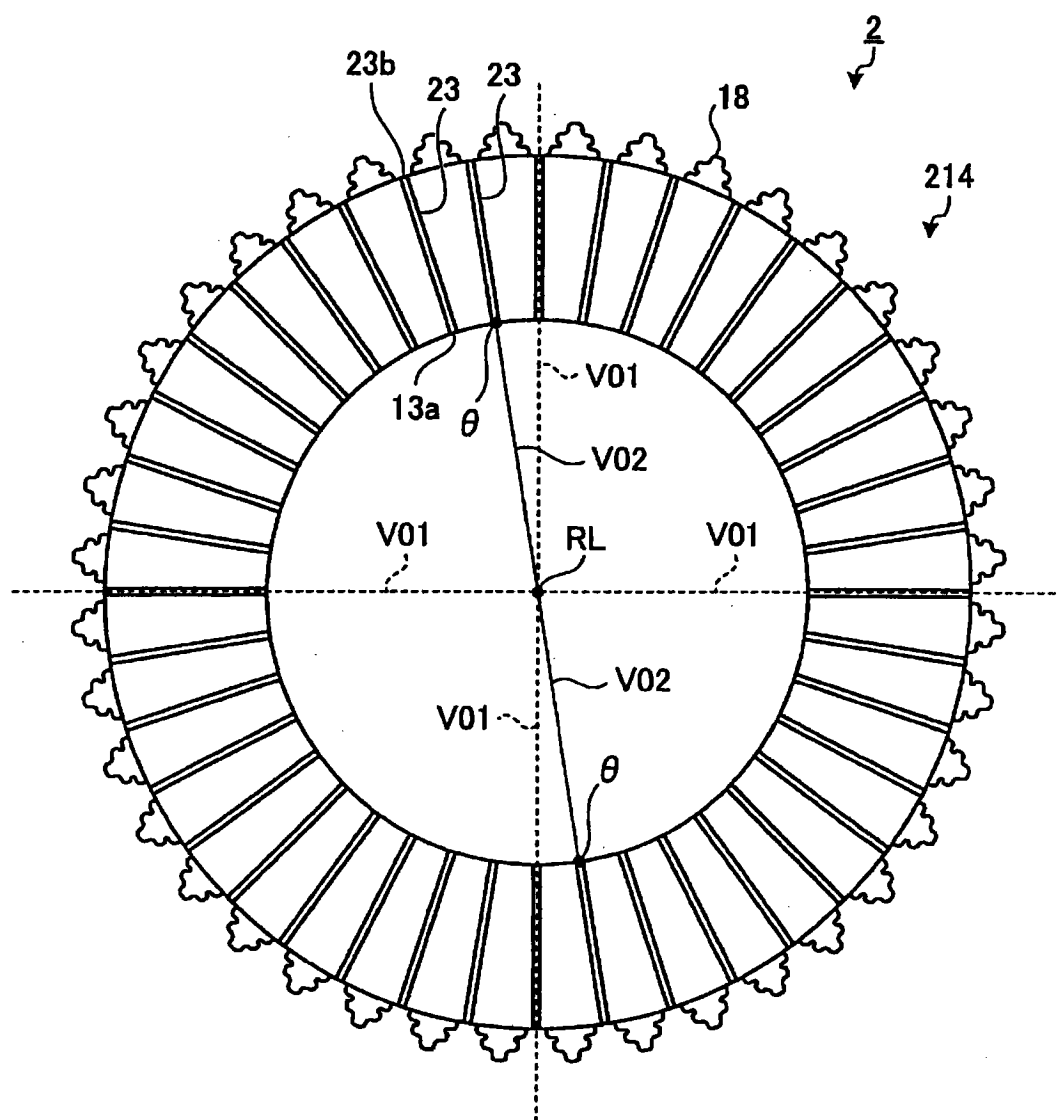


图 4

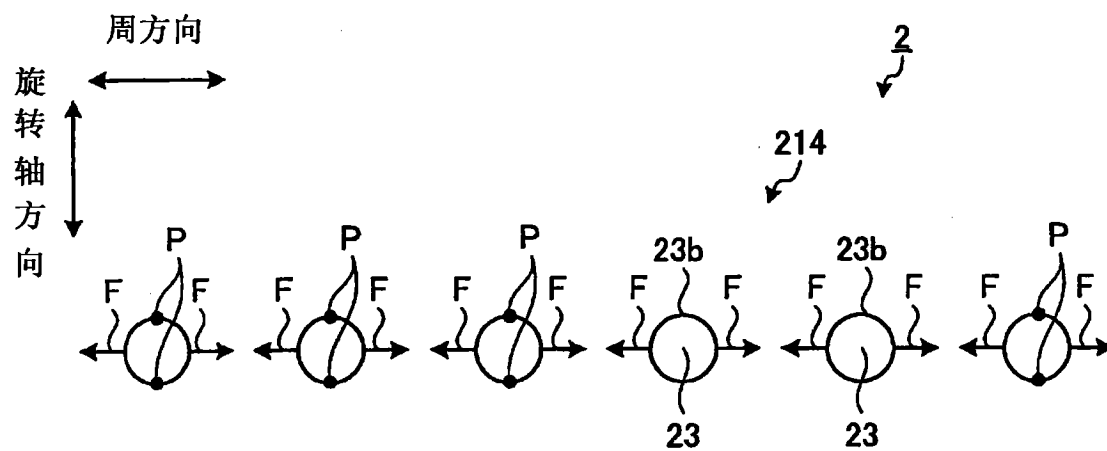


图 5

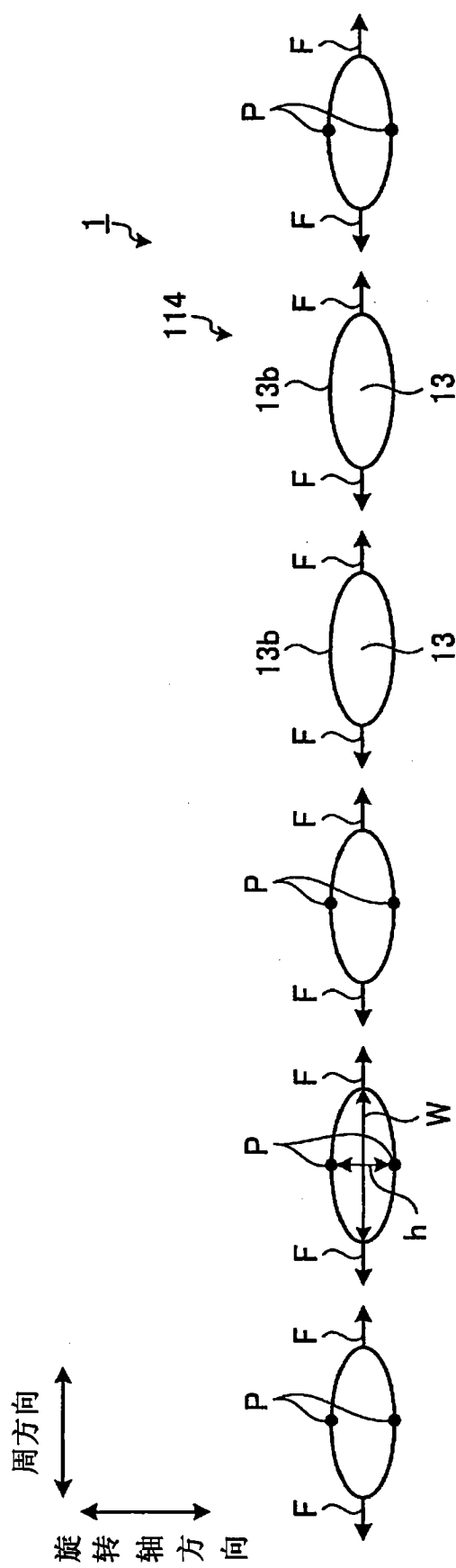


图 6

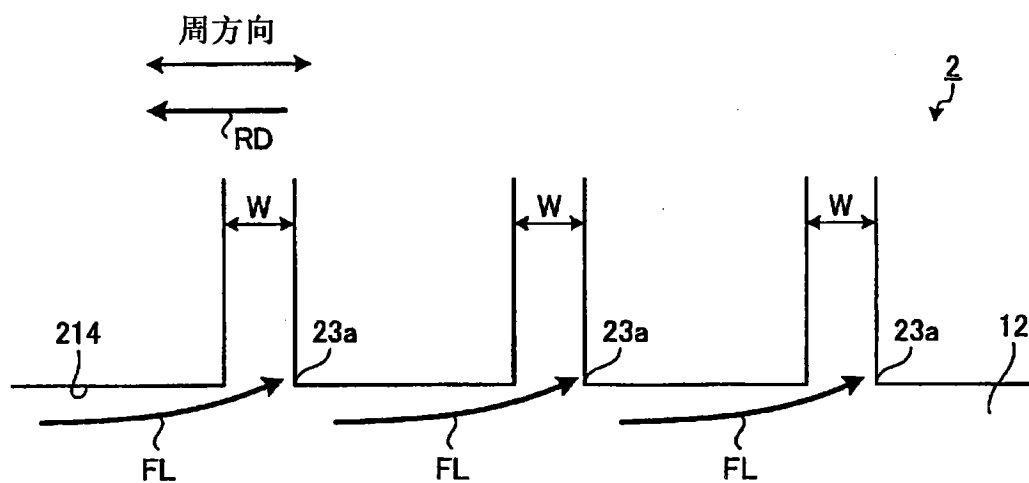


图 7

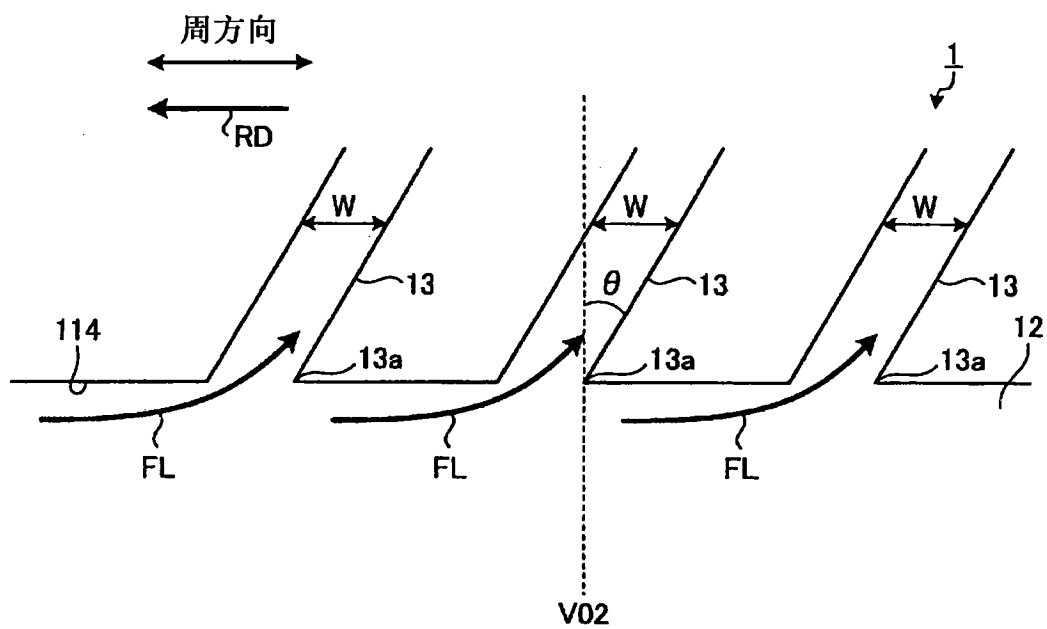


图 8

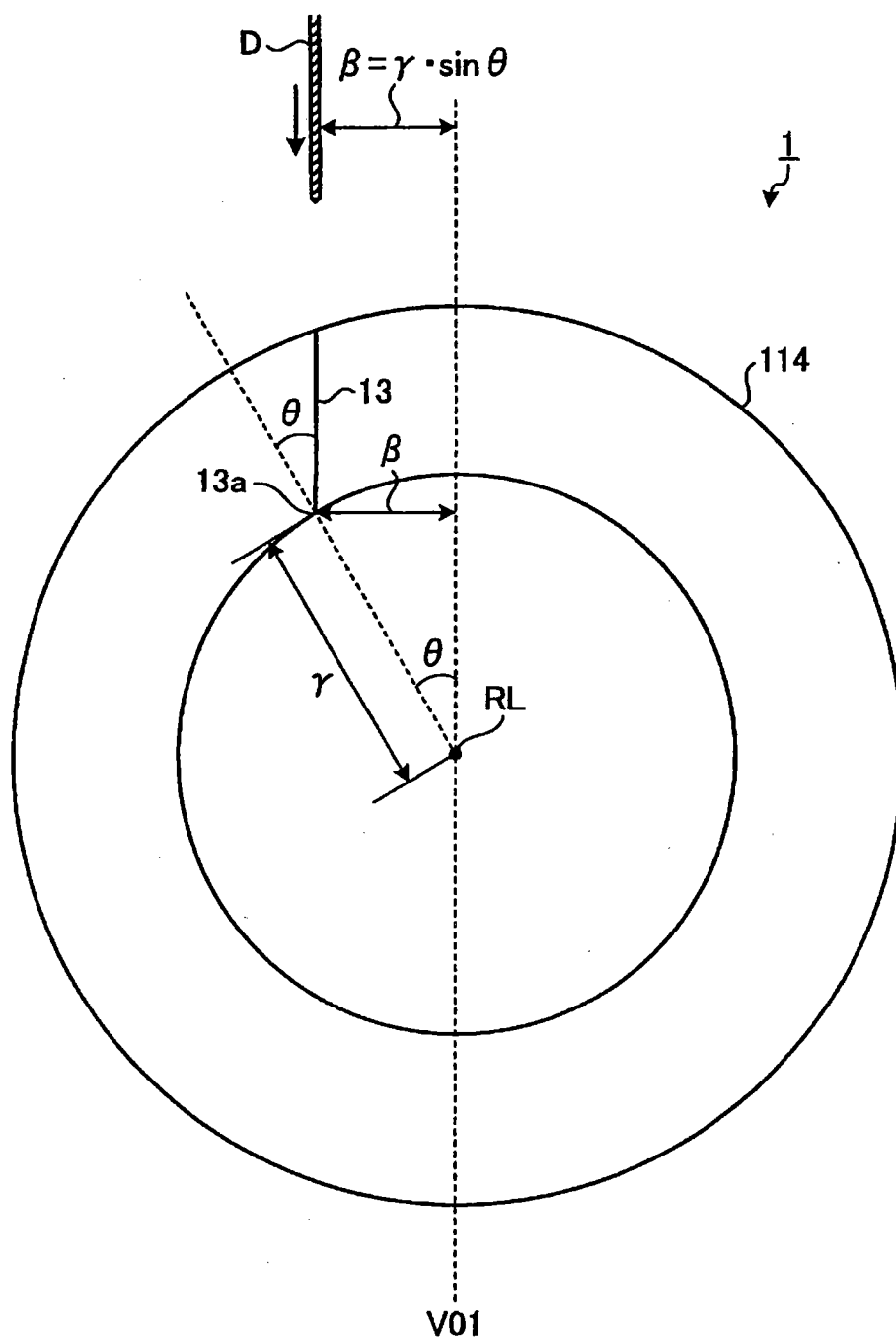


图 9