



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114729573 B

(45) 授权公告日 2024.06.25

(21) 申请号 202180006707.1

(22) 申请日 2021.03.23

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114729573 A

(43) 申请公布日 2022.07.08

(30) 优先权数据  
2020-053727 2020.03.25 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2022.05.24

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2021/011939 2021.03.23

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02021/193610 JA 2021.09.30

(73) 专利权人 三菱重工业株式会社  
地址 日本东京

(72) 发明人 水上聪 桑原正光 羽田哲  
松尾咲生 上村好古 田村亮藏  
国贞安将

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021  
专利代理师 海坤

(51) Int.Cl.  
F01D 9/02 (2006.01)  
F01D 5/18 (2006.01)

(56) 对比文件  
JP H0463901 A, 1992.02.28  
JP S5023504 U, 1975.03.17  
US 2014093392 A1, 2014.04.03

审查员 尚文博

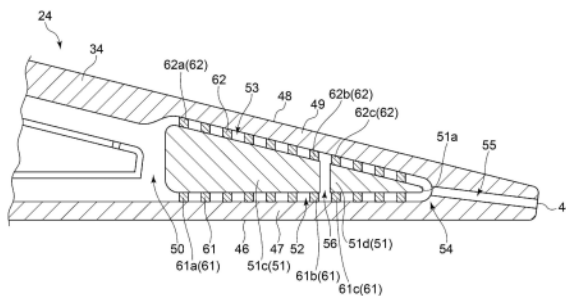
权利要求书2页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

涡轮叶片

(57) 摘要

一种涡轮叶片,其具备包括前缘、后缘以及在它们之间延伸的压力面及负压面的翼形部,在翼形部的内部形成有冷却通路,其中,冷却通路包括:第一冷却通路,其位于相比于负压面更靠近压力面的位置;以及第二冷却通路,其位于相比于压力面更靠近负压面的位置,第一冷却通路和第二冷却通路被设置于翼形部的内部的分隔构件分离,在分隔构件中形成有将第一冷却通路与第二冷却通路连通的至少一个连通空间。



1. 一种涡轮叶片,其具备包括前缘、后缘、以及在该前缘与该后缘之间延伸的压力面及负压面的翼形部,在该翼形部的内部形成有冷却通路,其中,

所述冷却通路包括:

第一冷却通路,其位于相比于所述负压面更靠近所述压力面的位置;以及

第二冷却通路,其位于相比于所述压力面更靠近所述负压面的位置,

所述第一冷却通路和所述第二冷却通路被设置于所述翼形部的内部的分隔构件分离,在所述分隔构件中形成有将所述第一冷却通路与所述第二冷却通路连通的至少一个连通空间,所述至少一个连通空间与所述第一冷却通路及所述第二冷却通路均不同,

所述分隔构件的所述至少一个连通空间以外的部分为实心部分。

2. 根据权利要求1所述的涡轮叶片,其中,

所述分隔构件被所述至少一个连通空间分割成相互分离的至少两个分割分隔构件。

3. 根据权利要求1或2所述的涡轮叶片,其中,

所述至少一个连通空间具有板形状。

4. 根据权利要求1所述的涡轮叶片,其中,

所述至少一个连通空间具有圆柱形状。

5. 根据权利要求1、2、4中任一项所述的涡轮叶片,其中,

在所述第一冷却通路中设置有多个压力面侧针式翅片,所述多个压力面侧针式翅片的一端与包括所述压力面的压力面侧壁连接,并且另一端与所述分隔构件连接,

在所述第二冷却通路中设置有多个负压面侧针式翅片,所述多个负压面侧针式翅片的一端与包括所述负压面的负压面侧壁连接,并且另一端与所述分隔构件连接,

在所述至少一个连通空间中设置有共用针式翅片,所述共用针式翅片的一端与所述压力面侧壁连接,并且另一端与所述负压面侧壁连接。

6. 根据权利要求1、2、4中任一项所述的涡轮叶片,其中,

在所述第一冷却通路中设置有多个压力面侧针式翅片,所述多个压力面侧针式翅片的一端与包括所述压力面的压力面侧壁连接,并且另一端与所述分隔构件连接,

在所述第二冷却通路中设置有多个负压面侧针式翅片,所述多个负压面侧针式翅片的一端与包括所述负压面的负压面侧壁连接,并且另一端与所述分隔构件连接,

在将n设为自然数的情况下,所述至少一个连通空间在所述多个压力面侧针式翅片中的从最靠所述前缘侧的压力面侧针式翅片起数第n个压力面侧针式翅片与第(n+1)个压力面侧针式翅片之间与所述第一冷却通路连通,并且在所述多个负压面侧针式翅片中的从最靠所述前缘侧的负压面侧针式翅片起数第n个负压面侧针式翅片与第(n+1)个负压面侧针式翅片之间与所述第二冷却通路连通。

7. 根据权利要求5所述的涡轮叶片,其中,

所述多个压力面侧针式翅片分别与所述多个负压面侧针式翅片中的任一个使彼此的中心线一致。

8. 根据权利要求5所述的涡轮叶片,其中,

从所述后缘侧朝向所述前缘侧,相邻的压力面侧针式翅片间的间距恒定,并且相邻的负压面侧针式翅片间的间距恒定。

9. 根据权利要求5所述的涡轮叶片,其中,

所述压力面侧针式翅片的外径与所述负压面侧针式翅片的外径彼此不同,或者,从所述后缘侧朝向所述前缘侧,相邻的压力面侧针式翅片间的间距与相邻的负压面侧针式翅片间的间距不同。

10. 根据权利要求1、2、4中任一项所述的涡轮叶片,其中,所述连通空间将所述第一冷却通路与所述第二冷却通路在彼此的压力实质上相同的部位连通。

11. 根据权利要求1、2、4中任一项所述的涡轮叶片,其中,所述冷却通路还包括多个流出通路,所述多个流出通路的一端在所述第一冷却通路的所述后缘侧的端部与所述第二冷却通路的所述后缘侧的端部连接而构成的合流部开口,并且另一端在所述后缘开口。

12. 根据权利要求11所述的涡轮叶片,其中,所述合流部由所述分隔构件的所述后缘侧的所述端部以及与所述分隔构件的所述后缘侧的所述端部对置的通路内表面划分,

所述分隔构件的所述后缘侧的所述端部以及所述通路内表面分别具有带有圆角的形状。

## 涡轮叶片

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种涡轮叶片。

[0002] 本申请基于在2020年3月25日在日本专利局申请的特愿2020-53727号主张优先权,并将该内容援引于此。

### 背景技术

[0003] 已知在燃气轮机等涡轮叶片中,通过使冷却流体在形成于涡轮叶片的内部的冷却通路中流动,来对暴露于高温的气体流的涡轮叶片进行冷却。例如,专利文献1所公开的涡轮叶片的冷却通路具有如下结构:通过分隔构件而分支为负压面侧的冷却通路和压力面侧的冷却通路,两个冷却通路在涡轮叶片的后缘侧合流而成为合流冷却通路。

[0004] 为了铸造包含冷却通路那样的空腔部分的涡轮叶片,需要使涡轮叶片的空腔部分及实心部分分别反转为实心部分及空腔部分的形状的类型。这样,在专利文献1公开的涡轮叶片的铸造所使用的型芯中,相当于分隔构件的部分成为空腔部分,相当于冷却通路的部分成为实心部分。即,该型芯成为在相当于负压面侧的冷却通路的部分即实心部分与相当于压力面侧的冷却通路的部分即实心部分之间具有相当于分隔构件的部分即空腔部分的形状。

[0005] 在先技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:美国专利申请公开第2018/0045058号说明书

### 发明内容

[0008] 发明要解决的课题

[0009] 专利文献1公开的涡轮叶片的铸造中使用的型芯具有这样的形状,因此存在如下问题点:相当于负压面侧的冷却通路的部分即实心部分和相当于压力面侧的冷却通路的部分即实心部分容易以相互接近的方式变形、即容易损坏。

[0010] 鉴于上述情况,本发明的至少一个实施方式的目的,在于提供能够提高铸造中使用的型芯的强度的涡轮叶片。

[0011] 用于解决课题的方案

[0012] 为了实现上述目的,本发明的涡轮叶片具备包括前缘、后缘、以及在该前缘与该后缘之间延伸的压力面及负压面的翼形部,在该翼形部的内部形成有冷却通路,其中,所述冷却通路包括:第一冷却通路,其位于相比于所述负压面更靠近所述压力面的位置;以及第二冷却通路,其位于相比于所述压力面更靠近所述负压面的位置,所述第一冷却通路和所述第二冷却通路被设置于所述翼形部的内部的分隔构件分离,在所述分隔构件中形成有将所述第一冷却通路与所述第二冷却通路连通的至少一个连通空间。

[0013] 发明效果

[0014] 根据本发明的涡轮叶片,由于形成有将第一冷却通路与第二冷却通路连通的至少

一个连通空间,因此在为了铸造该涡轮叶片而使用的型芯中,相当于将第一冷却通路与第二冷却通路连通的至少一个连通空间的至少一个实心部分能够支承相当于第一冷却通路的实心部分和相当于第二冷却通路的实心部分。由此,能够降低相当于第一冷却通路的实心部分和相当于第二冷却通路的实心部分以相互接近的方式变形而损坏的可能性,因此能够提高铸造中使用的型芯的强度。

### 附图说明

- [0015] 图1是使用了本发明的一实施方式的涡轮叶片的燃气轮机的概要结构图。
- [0016] 图2是从压力面朝向负压面的方向观察本发明的一实施方式的涡轮叶片的图。
- [0017] 图3是沿着图2的III-III线的剖视图。
- [0018] 图4是制造本发明的一实施方式的涡轮叶片的方法的各步骤的概要图。
- [0019] 图5是本发明的一实施方式的涡轮叶片的叶片形内部的一部分的放大剖视图。
- [0020] 图6是本发明的一实施方式的涡轮叶片和制造该涡轮叶片时使用的型芯各自的剖视图。
- [0021] 图7是本发明的一实施方式的涡轮叶片的变形例的一部分的剖视图。
- [0022] 图8是示出本发明的一实施方式的涡轮叶片中的压力面侧针式翅片及负压面侧针式翅片的配置的一例的剖视图。

### 具体实施方式

[0023] 以下,基于附图对本发明的实施方式的涡轮叶片进行说明。该实施方式表示本发明的一个方案,并不限定本发明,而能够在本发明的技术思想的范围内任意地变更。

[0024] <使用了本发明的涡轮叶片的燃气轮机的结构>

[0025] 如图1所示,燃气轮机1具备:压缩机2,其用于生成压缩空气;燃烧器4,其用于使用压缩空气及燃料产生燃烧气体;以及涡轮6,其构成为被燃烧气体驱动而旋转。在发电用的燃气轮机1的情况下,在涡轮6连接有未图示的发电机。

[0026] 压缩机2包括固定于压缩机机室10侧的多个静叶16、以及安装于转子8的多个动叶18。从空气取入口12取入的空气被输送至压缩机2,该空气通过多个静叶16及多个动叶18而被压缩,从而成为高温高压的压缩空气。

[0027] 向燃烧器4供给燃料以及由压缩机2生成的压缩空气,在燃烧器4中燃料与压缩空气混合后燃烧,生成作为涡轮6的工作流体的燃烧气体。也可以在壳体20内以转子为中心沿着周向配置有多个燃烧器4。

[0028] 涡轮6具有形成于涡轮机室22内的燃烧气体流路28,且包括设置于燃烧气体流路28的多个静叶24及动叶26。静叶24固定于涡轮机室22侧,沿着转子8的周向排列的多个静叶24构成静叶栅。另外,动叶26安装于转子8,沿着转子8的周向排列的多个动叶26构成动叶栅。静叶栅和动叶栅在转子8的轴向上交替地排列。

[0029] <本发明的涡轮叶片的结构>

[0030] 本发明的涡轮叶片以涡轮6的动叶26及静叶24中的任一个为对象。以下,将本发明的一实施方式的涡轮叶片作为静叶24进行说明,但也可以是动叶26。

[0031] 如图2所示,静叶24具备翼形部34,翼形部34沿叶片高度方向(跨度方向)延伸,具

有设置于叶片高度方向上的两端的外侧护罩38及内侧护罩40。翼形部34具有沿着叶片高度方向延伸的前缘42及后缘44,并且具有在前缘42与后缘44之间延伸的压力面46及负压面48。

[0032] 如图3所示,在翼形部34的内部形成有供用于冷却静叶24的冷却流体(例如空气)流通的冷却通路50。在翼形部34的内部、即冷却通路50设置有分隔构件51,冷却通路50的一部分被分离成第一冷却通路52和第二冷却通路53。第一冷却通路52位于相比于负压面48更靠近压力面46的位置,第二冷却通路53位于相比于压力面46更靠近负压面48的位置。第一冷却通路52和第二冷却通路53各自的后缘44侧的端部彼此连接而构成合流部54。冷却通路50还包括一端在合流部54开口并且另一端在后缘44开口的多个流出通路55。流出通路55可以是具有圆形、矩形等任意的截面形状的通路,也可以是狭缝的形态。

[0033] 在第一冷却通路52设置有一端与包括压力面46的压力面侧壁47连接并且另一端与分隔构件51连接的多个压力面侧针式翅片61。在第二冷却通路53设置有一端与包括负压面48的负压面侧壁49连接并且另一端与分隔构件51连接的多个负压面侧针式翅片62。

[0034] 在分隔构件51形成有将第一冷却通路52与第二冷却通路53连通的连通空间56。连通空间56可以具有板形状、圆柱形状等任意的形状。在连通空间56具有板形状的情况下,能够通过连通空间56将分隔构件51分割成相互分离的两个分割分隔构件51c及51d。需要说明的是,在分隔构件51中,也可以不形成一个连通空间56而是形成多个连通空间56。在分隔构件51形成有多个板形状的连通空间56的情况下,能够将分隔构件51分割成三个以上的分割分隔构件。另外,在分隔构件51形成有多个连通空间56的情况下,各连通空间56的形状也可以互不相同。

[0035] 需要说明的是,为了说明通过静叶24具有这样的结构而得到的作用效果,需要理解制造静叶24的方法,因此,接下来对本发明的制造涡轮叶片的方法进行说明。

[0036] <本发明的制造涡轮叶片的方法>

[0037] 图4是制造静叶24的方法的各步骤的概要图。静叶24通过铸造及加工(机械加工等)而制造,但为了铸造包含冷却通路50那样的空腔部分的静叶24,需要使静叶24的空腔部分及实心部分分别反转后的形状的类型70。因此,如以下详细说明那样,静叶24的制造方法由铸造中使用的型芯的制造、使用了型芯的铸造、以及对铸造出的静叶24的加工构成。

[0038] 在步骤(1)中,经由供给路径83向由两个模具81、82划分的空间84内注入陶瓷材料,制作型芯前体85。在步骤(2)中,对型芯前体85进行烧制,制作型芯70。在步骤(3)中,在铸模90的内部空间91内放入型芯70,向内部空间91内注入金属材料,由此铸造静叶24。在静叶24中,相当于型芯70的部分成为冷却通路50(参照图3)那样的空腔部分。在步骤(4)中,从铸模90取出静叶24,从静叶24去除型芯70。在步骤(5)中,从后缘44到合流部54通过机械加工等形成多个流出通路55。

[0039] 需要说明的是,在该方法中,步骤(1)~(4)可以说是制作翼形部34的制作步骤,步骤(5)可以说是翼形部34加工多个流出通路55的加工步骤。如果利用包含这样的步骤的方法来制作静叶24,则通过调整流出通路55的内径而能够容易地进行静叶24的冷却能力的调整,因此能够提高静叶24的设计的自由度。

[0040] 如图5所示,合流部54由分隔构件51的端部51a以及与端部51a对置的通路内表面54a划分,但优选分隔构件51的端部51a以及通路内表面54a分别为带有圆角的形状(弯曲

面)。

[0041] 如上所述,在铸造内部具有空腔部分的产品时使用的型芯成为使产品中的实心部分与空腔部分反转的形态。因此,在铸造静叶24时使用的型芯70(参照图4)包括与静叶24中作为空腔部分的合流部54对应的形状的实心部分。若分隔构件51的端部51a较尖,则对于铸造时的金属材料向模具内的注入性有可能产生问题。另一方面,若通路内表面54a较尖,则对于制造型芯70时的型芯的原料向模具内的注入性有可能产生问题。针对于此,如果合流部54为上述结构,则任意的形状均带有圆角,因此能够避免铸造时及型芯的制造时的金属材料及型芯的原料的注入性的恶化。

[0042] <通过本发明的涡轮叶片得到的作用效果>

[0043] 如图6所示,静叶24包括作为第一冷却通路52及第二冷却通路53的空腔部分、以及作为分隔构件51的实心部分,因此为了铸造该静叶24,需要在相当于第一冷却通路52的实心部分73和相当于第二冷却通路53的实心部分74之间具有相当于分隔构件51的空腔部分75的结构。在静叶24中,形成有将第一冷却通路52与第二冷却通路53连通的连通空间56,因此在型芯70中,相当于连通空间56的实心部分76能够支承实心部分73和实心部分74。由此,能够降低实心部分73和实心部分74以相互接近的方式变形而损坏的可能性,因此能够提高型芯70的强度。

[0044] 在分隔构件51被连通空间56分割为相互分离的分割分隔构件51c、51d的情况下,在型芯70中,实心部分76能够在分隔构件51的叶片高度方向的整个区域的范围内支承实心部分73和实心部分74,因此能够可靠地降低实心部分73和实心部分74以相互接近的方式变形而损坏的可能性,能够可靠地提高型芯70的强度。

[0045] 另外,在连通空间56具有板形状的情况下,在型芯70中,实心部分76能够在分隔构件51的叶片高度方向上较宽的范围内支承实心部分73和实心部分74,因此能够可靠地降低实心部分73和实心部分74以相互接近的方式变形而损坏的可能性,能够可靠地提高型芯70的强度。

[0046] 而且,在连通空间56具有圆柱形状的情况下,针对静叶24的冷却能够得到如下的作用效果。通过存在连通空间56,在型芯70中,虽然能够提高型芯70的强度,但在静叶24中,冷却流体的一部分经由连通空间56在第一冷却通路52与第二冷却通路53之间流动,有可能降低静叶24的冷却效果。针对于此,若连通空间56具有圆柱形状,则与连通空间56为板形状的情况相比,在第一冷却通路52与第二冷却通路53之间流动的冷却流体的流路面积变小,因此能够抑制第一冷却通路52与第二冷却通路53之间的冷却流体的流动,从而能够抑制静叶24的冷却效果的降低。

[0047] <本发明的涡轮叶片的几个变形例>

[0048] 如图7所示,也可以在连通空间56设置一端与压力面侧壁47连接并且另一端与负压面侧壁49连接的共用针式翅片63。在静叶24的弦方向上的连通空间56的宽度比相邻的压力面侧针式翅片61、61间的间距及相邻的负压面侧针式翅片62、62间的间距大的情况下,在连通空间56与第一冷却通路52及第二冷却通路53连通的部分处,它们的间距变大,有可能降低静叶24的冷却效果。针对于此,如果通过在连通空间56设置共用针式翅片63而能够消除它们的间距变大的部分,则能够避免静叶24的冷却效果降低的担忧。

[0049] 在图3中,连通空间56在压力面侧针式翅片61中的从最靠前缘42(参照图2)侧的压

力面侧针式翅片61a起数第七个压力面侧针式翅片61b和第八个压力面侧针式翅片61c之间与第一冷却通路52连通,并且在负压面侧针式翅片62中的从最靠前缘42侧的负压面侧针式翅片62a起数第七个负压面侧针式翅片62b和第八个负压面侧针式翅片62c之间与第二冷却通路53连通。这样,在将n设为自然数的情况下,优选连通空间56在压力面侧针式翅片61中的从最靠前缘42侧的压力面侧针式翅片起数第n个压力面侧针式翅片和第(n+1)个压力面侧针式翅片之间与第一冷却通路52连通,并且在负压面侧针式翅片62中的从最靠前缘42侧的负压面侧针式翅片起数第n个负压面侧针式翅片和第(n+1)个负压面侧针式翅片之间与第二冷却通路53连通。

[0050] 通过存在连通空间56,虽然能够提高型芯70的强度,但在静叶24中,冷却流体的一部分经由连通空间56在第一冷却通路52与第二冷却通路53之间流动,有可能降低静叶24的冷却效果。针对于此,如果能够减小经由连通空间56的第一冷却通路52与第二冷却通路53之间的压力差,则能够抑制第一冷却通路52与第二冷却通路53之间的冷却流体的流动。通常,在第一冷却通路52及第二冷却通路53中流动的冷却流体分别由于通过压力面侧针式翅片61及负压面侧针式翅片62而产生压力损失。这样,在第一冷却通路52中通过了第n个压力面侧针式翅片的冷却流体的压力与在第二冷却通路53中通过了第n个负压面侧针式翅片的冷却流体的压力成为大致相同的程度。因此,根据上述结构,经由连通空间56的第一冷却通路52与第二冷却通路53之间的压力差变小,因此,换言之,连通空间56将第一冷却通路52与第二冷却通路53在彼此的压力实质上相同的部位连通,因此能够抑制第一冷却通路52与第二冷却通路53之间的冷却流体的流动,能够抑制静叶24的冷却效果的降低。需要说明的是,“实质上相同”是指经由连通空间56的第一冷却通路52与第二冷却通路53之间的压力差尽可能小。

[0051] 另外,也可以是,如图8所示,多个压力面侧针式翅片61分别与多个负压面侧针式翅片62中的任一个使彼此的中心线L1、L2一致。如图6所示,通过静叶24具有这样的结构,在型芯70中,对应于多个压力面侧针式翅片61的多个空腔部分71分别与对应于多个负压面侧针式翅片62的部分的多个空腔部分72中的任一个使彼此的中心线L1'、L2'一致。这样,在型芯70的制造后的检查时,若从中心线一致的空腔部分71、72的一方照射光,则只要在各空腔部分71、72没有问题,就能够从另一方的空腔部分确认光。相反地,如果在各空腔部分71、72的某处存在闭塞,则无法从另一方的空腔部分确认光。因此能够提高型芯70的制造后的检查作业性。

[0052] 另外,也可以是,如图8所示,从后缘44侧朝向前缘42(参照图2)侧,相邻的压力面侧针式翅片61、61间的间距P2恒定,并且相邻的负压面侧针式翅片62、62间的间距P2'恒定。需要说明的是,该方式可以与中心线L1和L2一致的上述方式组合,也可以是中心线L1和L2不一致。

[0053] 在第一冷却通路52及第二冷却通路53中分别流动的冷却流体被压力面侧针式翅片61及负压面侧针式翅片62扰乱流动,由此实现了静叶24的冷却效率的提高,但在冷却流体在相邻的针式翅片之间流动的期间,冷却流体的流动的紊乱逐渐收敛,流动被下一个针式翅片再次扰乱。因此,若相邻的针式翅片间的间距不同,则局部存在冷却效率差或者良好的部分,产生金属温度分布变得不均匀的不良情况。针对于此,如果以适当且恒定的间距设置针式翅片,则能够降低局部产生冷却效率差或者良好的部分的可能性。

[0054] 另外,虽未图示,但也可以使压力面侧针式翅片61及负压面侧针式翅片62各自的配置不同。例如,也可以使压力面侧针式翅片61的外径与负压面侧针式翅片62的外径相互不同,或者从后缘44(参照图3)侧朝向前缘42(参照图2)侧,使相邻的压力面侧针式翅片61、61间的间距P2与相邻的负压面侧针式翅片62、62间的间距P2'不同,或者采用这两个特征。根据这样的结构,在负压面48侧和压力面46侧所需的冷却负荷不同的情况下,能够应对各侧的冷却负荷。

[0055] 上述各实施方式所记载的内容例如如以下那样进行掌握。

[0056] [1]一个方案的涡轮叶片是具备包括前缘(42)、后缘(44)以及在该前缘(42)与该后缘(44)之间延伸的压力面(46)及负压面(48)的翼形部(34)、并在该翼形部(34)的内部形成有冷却通路(50)的涡轮叶片(静叶24、动叶26),其中,

[0057] 所述冷却通路(50)包括:

[0058] 第一冷却通路(52),其位于相比于所述负压面(48)更靠近所述压力面(46)的位置;以及

[0059] 第二冷却通路(53),其位于相比于所述压力面(46)更靠近所述负压面(48)的位置,

[0060] 所述第一冷却通路(52)和所述第二冷却通路(53)被设置于所述翼形部(34)的内部分隔构件(51)分离,

[0061] 在所述分隔构件(51)中形成有将所述第一冷却通路(52)与所述第二冷却通路(53)连通的至少一个连通空间(56)。

[0062] 本发明的涡轮叶片包括作为第一冷却通路及第二冷却通路的空腔部分以及作为分隔构件的实心部分,因此为了铸造该涡轮叶片,需要在相当于第一冷却通路的实心部分与相当于第二冷却通路的实心部分之间具有相当于分隔构件的空腔部分的结构型芯。根据本发明的涡轮叶片,由于形成有将第一冷却通路和第二冷却通路连通的至少一个连通空间,因此在为了铸造该涡轮叶片而使用的型芯中,相当于将第一冷却通路和第二冷却通路连通的至少一个连通空间的至少一个实心部分能够支承相当于第一冷却通路的实心部分和相当于第二冷却通路的实心部分。由此,能够降低相当于第一冷却通路的实心部分和相当于第二冷却通路的实心部分以相互接近的方式变形而损坏的可能性,因此能够提高铸造中使用的型芯的强度。

[0063] [2]另一方案的涡轮叶片在[1]的涡轮叶片的基础上,

[0064] 所述分隔构件(51)被所述至少一个连通空间(56)分割成相互分离的至少两个分割分隔构件(51c、51d)。

[0065] 根据这样的结构,在为了铸造该涡轮叶片而使用的型芯中,相当于将第一冷却通路和第二冷却通路连通的至少一个连通空间的至少一个实心部分能够在分隔构件的叶片高度方向的整个区域的范围内支承相当于第一冷却通路的实心部分和相当于第二冷却通路的实心部分,因此能够可靠地降低相当于第一冷却通路的实心部分和相当于第二冷却通路的实心部分以相互接近的方式变形而损坏的可能性,能够可靠地提高铸造中使用的型芯的强度。

[0066] [3]又一方案的涡轮叶片在[1]或[2]的涡轮叶片的基础上,

[0067] 所述至少一个连通空间(56)具有板形状。

[0068] 根据这样的结构,在为了铸造该涡轮叶片而使用的型芯中,相当于将第一冷却通路与第二冷却通路连通的至少一个连通空间的至少一个实心部分能够在分隔构件的叶片高度方向上较宽的范围范围内支承相当于第一冷却通路的实心部分和相当于第二冷却通路的实心部分,因此能够可靠地降低相当于第一冷却通路的实心部分和相当于第二冷却通路的实心部分以相互接近的方式变形而损坏的可能性,能够可靠地提高铸造中使用的型芯的强度。

[0069] [4]又一方案的涡轮叶片在[1]的涡轮叶片的基础上,

[0070] 所述至少一个连通空间(56)具有圆柱形状。

[0071] 通过存在将第一冷却通路与第二冷却通路连通的至少一个连通空间,能够提高为了铸造涡轮叶片而使用的型芯的强度,但是在涡轮叶片中,冷却流体的一部分在第一冷却通路与第二冷却通路之间流动,有可能降低涡轮叶片的冷却效果。针对于此,如果至少一个连通空间具有圆柱形状,则与至少一个连通空间为板形状的情况相比,在第一冷却通路与第二冷却通路之间流动的冷却流体的流路面积变小,因此能够抑制第一冷却通路与第二冷却通路之间的冷却流体的流动,从而能够抑制涡轮叶片的冷却效果的降低。

[0072] [5]又一方案的涡轮叶片在[1]~[4]中任一项所述的涡轮叶片的基础上,

[0073] 在所述第一冷却通路(52)中设置有多个压力面侧针式翅片(61),所述多个压力面侧针式翅片(61)的一端与包括所述压力面(46)的压力面侧壁(47)连接,并且另一端与所述分隔构件(51)连接,

[0074] 在所述第二冷却通路(53)中设置有多个负压面侧针式翅片(62),所述多个负压面侧针式翅片(62)的一端与包括所述负压面(48)的负压面侧壁(49)连接,并且另一端与所述分隔构件(51)连接,

[0075] 在所述至少一个连通空间(56)中设置有共用针式翅片(63),所述共用针式翅片(63)的一端与所述压力面侧壁(47)连接,并且另一端与所述负压面侧壁(49)连接。

[0076] 在涡轮叶片的弦方向上的连通空间的宽度比相邻的压力面侧针式翅片间的间距及相邻的负压面侧针式翅片间的间距大的情况下,在连通空间与第一冷却通路及第二冷却通路连通的部分中,它们的间距变大,有可能降低涡轮叶片的冷却效果。针对于此,如果通过在连通空间设置共用针式翅片而能够消除它们的间距变大的部分,则能够避免涡轮叶片的冷却效果降低的担忧。

[0077] [6]又一方案的涡轮叶片在[1]~[5]中任一项所述的涡轮叶片的基础上,

[0078] 在所述第一冷却通路(52)中设置有多个压力面侧针式翅片(61),所述多个压力面侧针式翅片(61)的一端与包括所述压力面(46)的压力面侧壁(47)连接,并且另一端与所述分隔构件(51)连接,

[0079] 在所述第二冷却通路(53)中设置有多个负压面侧针式翅片(62),所述多个负压面侧针式翅片(62)的一端与包括所述负压面(48)的负压面侧壁(49)连接,并且另一端与所述分隔构件(51)连接,

[0080] 在将 $n$ 设为自然数的情况下,所述至少一个连通空间(56)在所述多个压力面侧针式翅片(61)中的从最靠所述前缘(42)侧的压力面侧针式翅片(61a)起数第 $n$ 个压力面侧针式翅片(61b)与第 $(n+1)$ 个压力面侧针式翅片(61c)之间与所述第一冷却通路(52)连通,并且在所述多个负压面侧针式翅片(62)中的从最靠所述前缘(42)侧的负压面侧针式翅片

(62a)起数第n个负压面侧针式翅片(62b)与第(n+1)个负压面侧针式翅片(62c)之间与所述第二冷却通路(53)连通。

[0081] 通过存在将第一冷却通路(52)与第二冷却通路(53)连通的至少一个连通空间,能够提高为了铸造涡轮叶片而使用的型芯的强度,但是在涡轮叶片中,冷却流体的一部分在第一冷却通路(52)与第二冷却通路(53)之间流动,有可能降低涡轮叶片的冷却效果。针对于此,如果减小经由连通空间的第一冷却通路(52)与第二冷却通路(53)之间的压力差,则能够抑制第一冷却通路(52)与第二冷却通路(53)之间的冷却流体的流动。通常,在第一冷却通路(52)及第二冷却通路(53)中流动的冷却流体分别通过压力面侧针式翅片(61)及负压面侧针式翅片(62),由此产生压力损失。因此,根据上述[6]的结构,经由连通空间的第一冷却通路(52)与第二冷却通路(53)之间的压力差变小,从而能够抑制第一冷却通路(52)与第二冷却通路(53)之间的冷却流体的流动,能够抑制涡轮叶片的冷却效果的降低。

[0082] [7]又一方案的涡轮叶片在[5]或[6]的涡轮叶片的基础上,

[0083] 所述多个压力面侧针式翅片(61)分别与所述多个负压面侧针式翅片(62)中的一个使彼此的中心线(L1、L2)一致。

[0084] 根据这样的结构,在为了铸造涡轮叶片而使用的型芯中,对应于多个压力面侧针式翅片(61)的多个空腔部分分别与对应于多个负压面侧针式翅片(62)的多个空腔部分中的一个使彼此的中心线一致。这样,在制造型芯后的检查时,若从中心线一致的空腔部分的一方照射光,则只要在各空腔部分没有问题,就能够从另一方的空腔部分确认光。相反地,如果在各空腔部分的某处存在闭塞,则无法从另一方的空腔部分确认光。因此,能够提高制造型芯后的检查作业性。

[0085] [8]又一方案的涡轮叶片在[5]~[7]中任一项所述的涡轮叶片的基础上,

[0086] 从所述后缘(44)侧朝向所述前缘(42)侧,相邻的压力面侧针式翅片(61、61)间的间距(P2)恒定,并且相邻的负压面侧针式翅片(62、62)间的间距(P2')恒定。

[0087] 在各冷却通路中流动的冷却流体被针式翅片扰乱流动,由此实现了涡轮叶片的冷却效率的提高,但在冷却流体在冷却流体的流动方向上相邻的针式翅片之间流动的期间,冷却流体的流动的紊乱逐渐收敛,流动被下一个针式翅片再次扰乱。因此,若相邻的针式翅片间的间距不同,则局部存在冷却效率差或者良好的部分,产生金属温度分布变得不均匀的不良情况。针对于此,如果以适当且恒定的间距设置针式翅片,则能够降低局部产生冷却效率差或者良好的部分的可能性。

[0088] [9]又一方案的涡轮叶片在[5]或[6]的涡轮叶片的基础上,

[0089] 所述压力面侧针式翅片(61)的外径与所述负压面侧针式翅片(62)的外径相互不同,或者,

[0090] 从所述后缘(44)侧朝向所述前缘(42)侧,相邻的压力面侧针式翅片(61、61)间的间距(P2)与相邻的负压面侧针式翅片(62、62)间的间距(P2')不同。

[0091] 根据这样的结构,在负压面侧和压力面侧冷却负荷不同的情况下,能够应对所需的各侧的冷却负荷。

[0092] [10]又一方案的涡轮叶片在[1]~[5]中任一项所述的涡轮叶片的基础上,

[0093] 所述连通空间(56)将所述第一冷却通路(52)与第二冷却通路(53)在彼此的压力实质上相同的部位连通。

[0094] 通过存在将第一冷却通路和第二冷却通路连通的至少一个连通空间,能够提高为了铸造涡轮叶片而使用的型芯的强度,但在涡轮叶片中,冷却流体的一部分在第一冷却通路与第二冷却通路之间流动,有可能降低涡轮叶片的冷却效果。针对于此,如果能够减小经由连通空间的第一冷却通路与第二冷却通路之间的压力差,则能够抑制第一冷却通路与第二冷却通路之间的冷却流体的流动。根据上述[10]的结构,经由连通空间的第一冷却通路与第二冷却通路之间的压力差变小,因此能够抑制第一冷却通路与第二冷却通路之间的冷却流体的流动,能够抑制涡轮叶片的冷却效果的降低。

[0095] [11]又一方案的涡轮叶片在[1]~[10]中任一项所述的涡轮叶片的基础上,

[0096] 所述冷却通路(50)还包括多个流出通路(55),所述多个流出通路(55)的一端在所述第一冷却通路(52)的所述后缘(44)侧的端部与所述第二冷却通路(53)的所述后缘(44)侧的端部连接而构成的合流部(54)开口,并且另一端在所述后缘(44)开口。

[0097] 根据这样的结构,能够在铸造了包括在合流部连接的第一冷却通路及第二冷却通路的涡轮叶片之后加工多个流出通路。这样,通过调整流出通路的内径而能够容易地进行冷却能力的调整,因此能够提高涡轮叶片的设计的自由度。

[0098] [12]又一方案的涡轮叶片在[11]的涡轮叶片的基础上,

[0099] 所述合流部(54)由所述分隔构件(51)的所述后缘(44)侧的所述端部(51a)以及与该端部(51a)对置的通路内表面(54a)划分,

[0100] 所述分隔构件(51)的所述后缘(44)侧的所述端部(51a)和所述通路内表面(54a)分别具有带有圆角的形状。

[0101] 若分隔构件的后缘侧的端部较尖,则对于铸造时的金属材料向模具内的注入性有可能产生问题,若通路内表面较尖,则对于型芯的制造时的型芯的原料向模具内的注入性有可能产生问题。针对于此,在上述[11]的结构中,由于任意的形状都带有圆角,因此能够避免铸造时及型芯的制造时的金属材料及型芯的原料的注入性的恶化。

[0102] 附图标记说明:

[0103] 24...静叶(涡轮叶片);

[0104] 26...动叶(涡轮叶片);

[0105] 34...翼形部;

[0106] 42...前缘;

[0107] 44...后缘;

[0108] 46...压力面;

[0109] 47...压力面侧壁;

[0110] 48...负压面;

[0111] 49...负压面侧壁;

[0112] 50...冷却通路;

[0113] 51...分隔构件;

[0114] 51a...(分隔构件的后缘侧的)端部;

[0115] 51c...分割分隔构件;

[0116] 51d...分割分隔构件;

[0117] 52...第一冷却通路;

- [0118] 53...第二冷却通路;
- [0119] 54...合流部;
- [0120] 54a...(合流部的)通路内表面;
- [0121] 55...流出通路;
- [0122] 56...连通空间;
- [0123] 61...压力面侧针式翅片;
- [0124] 62...负压面侧针式翅片;
- [0125] 63...共用针式翅片;
- [0126] L1...(压力面侧针式翅片的)中心线;
- [0127] L2...(负压面侧针式翅片的)中心线。

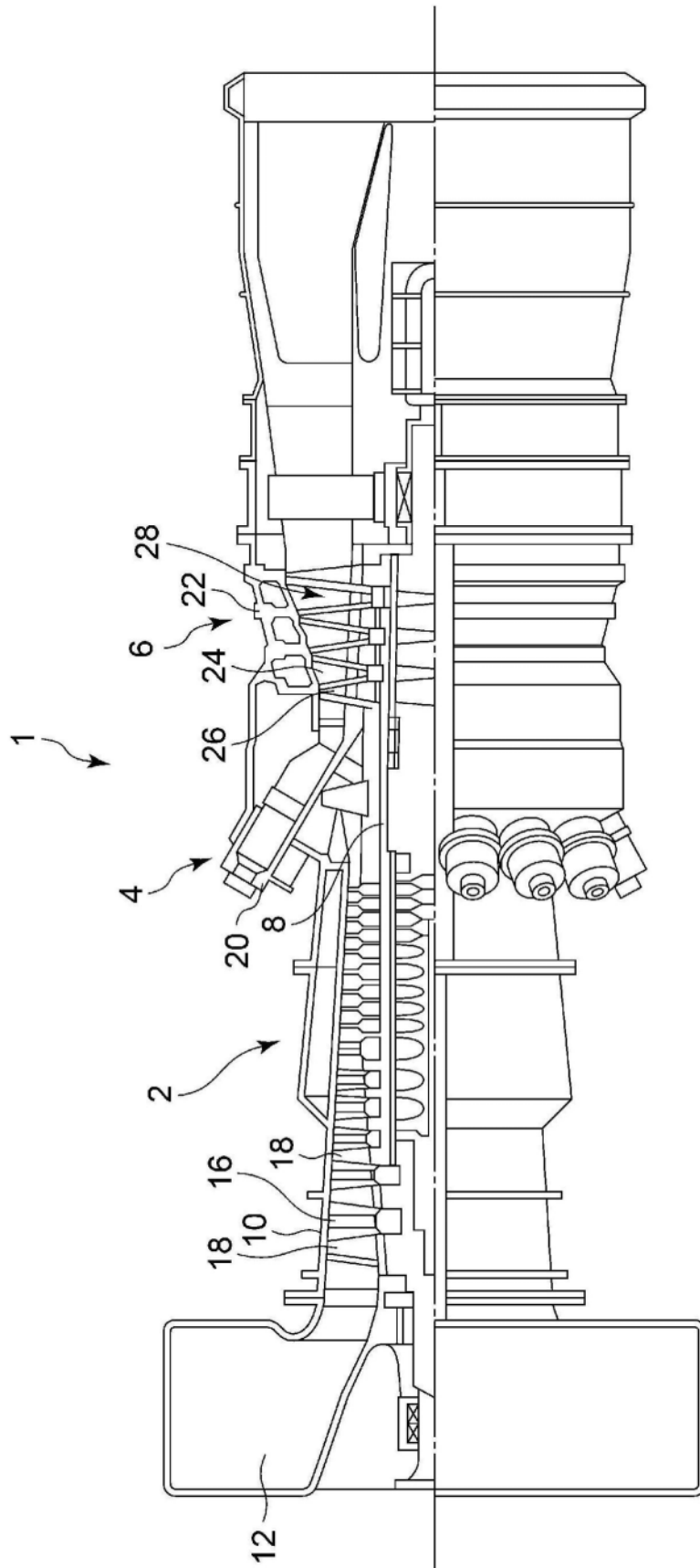


图1

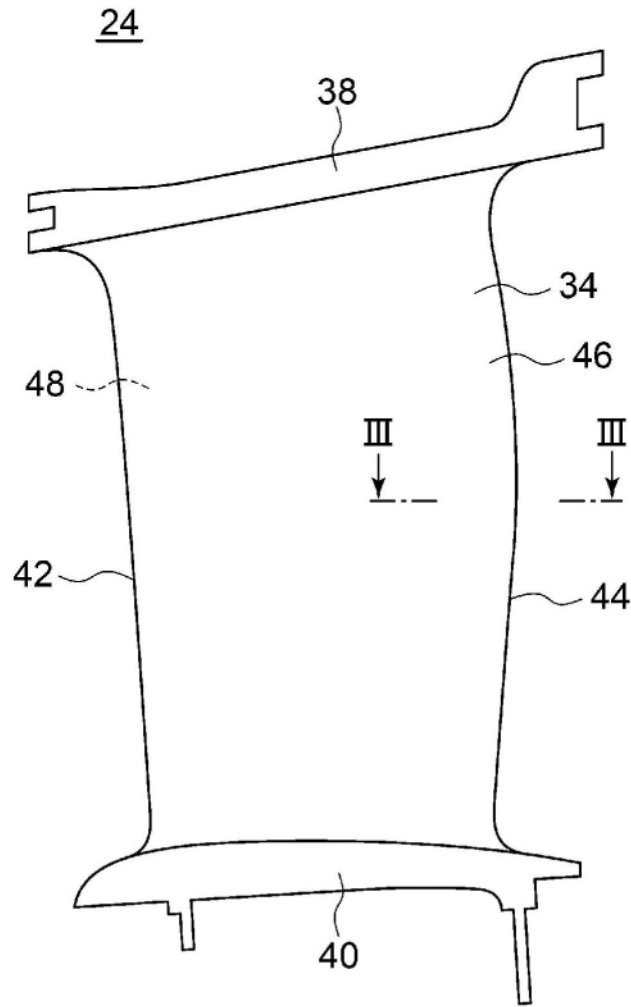


图2

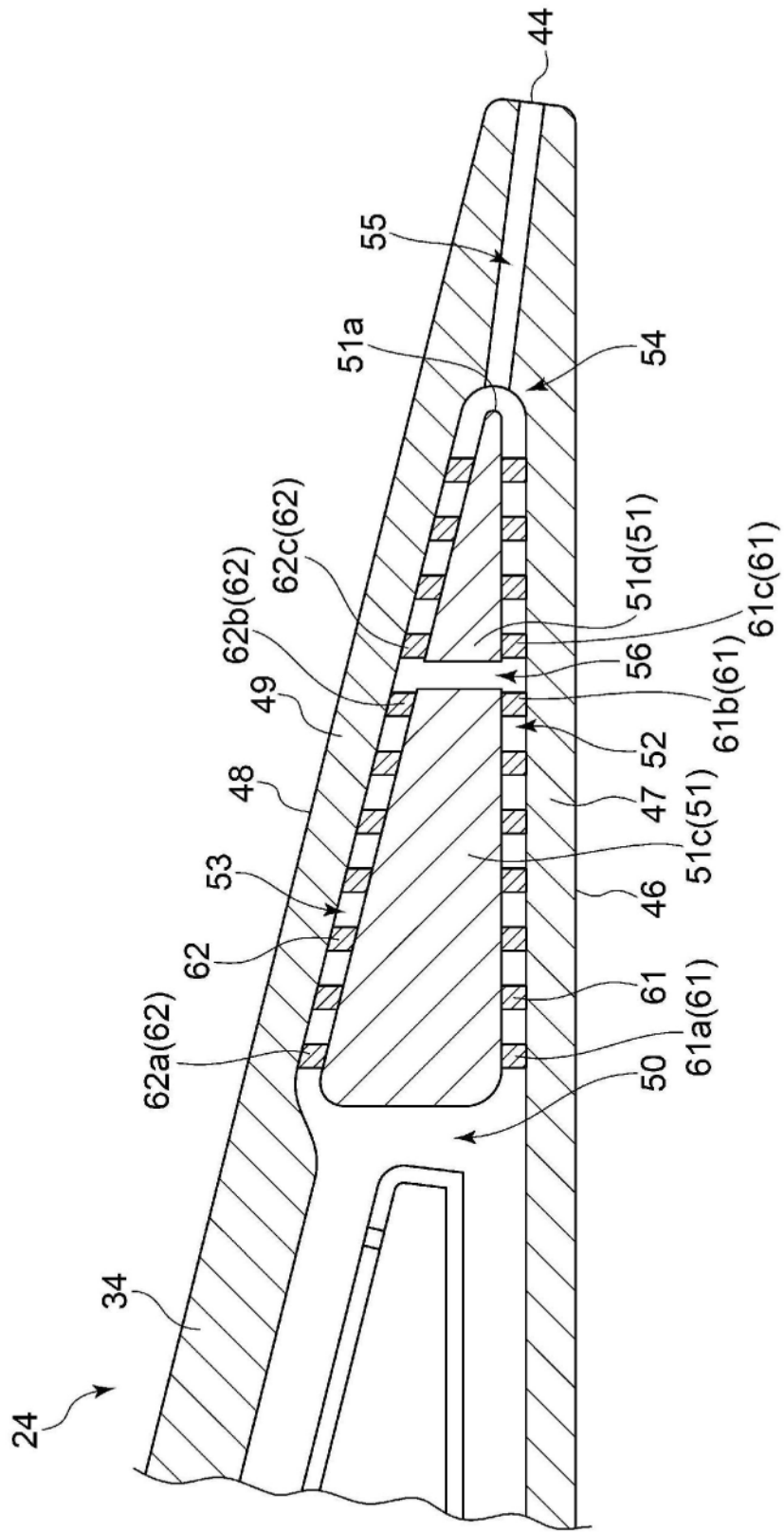


图3

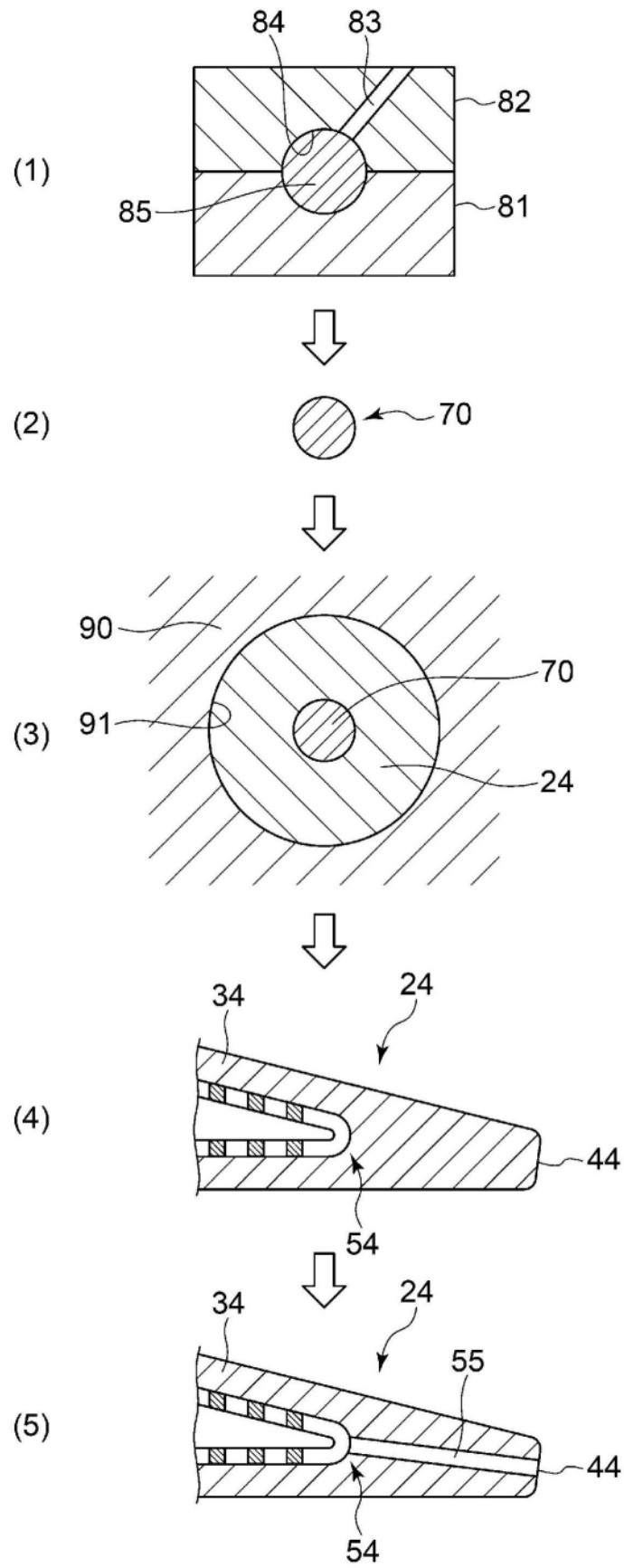


图4

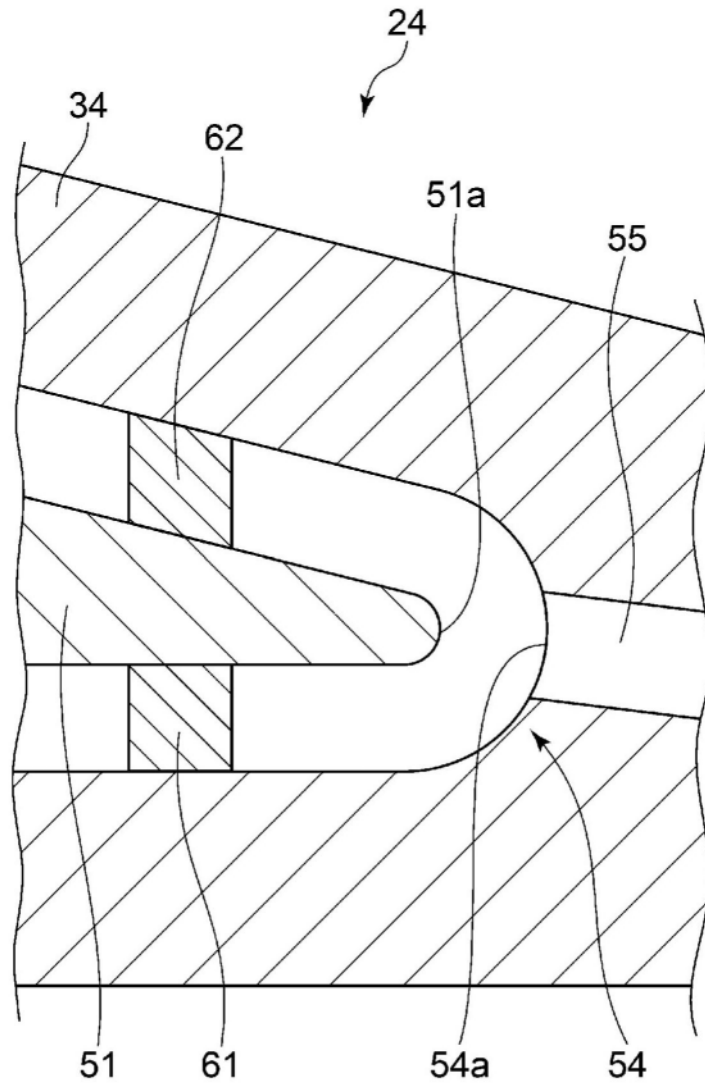


图5

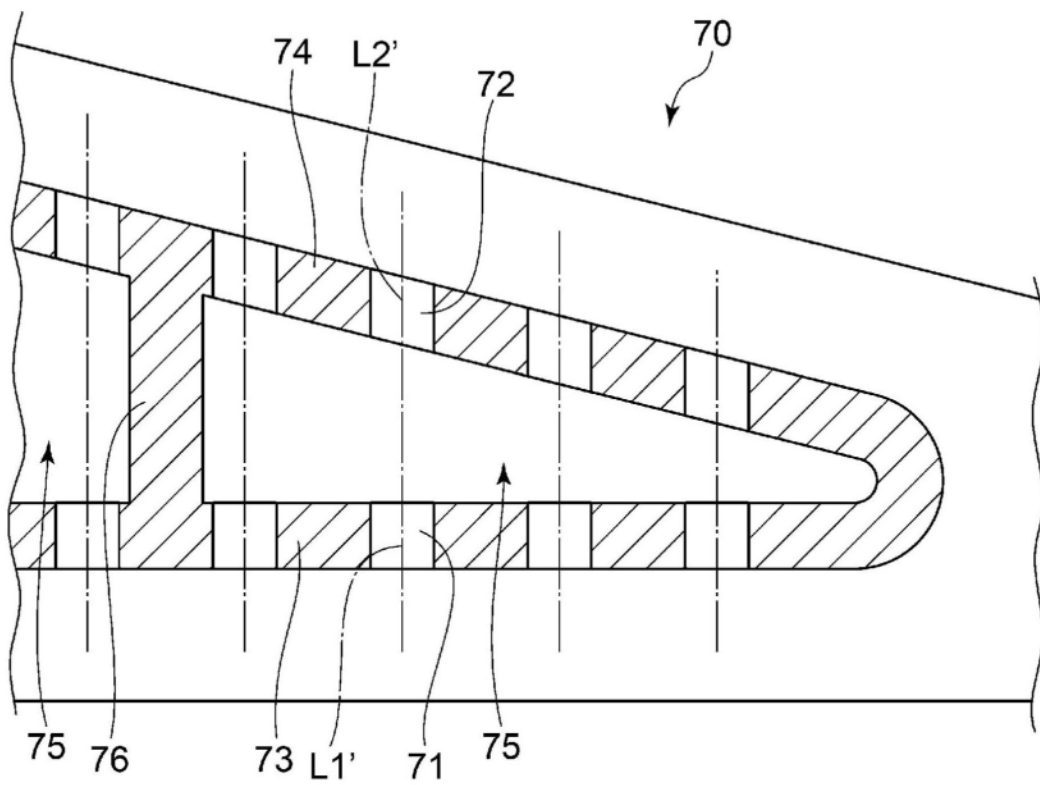
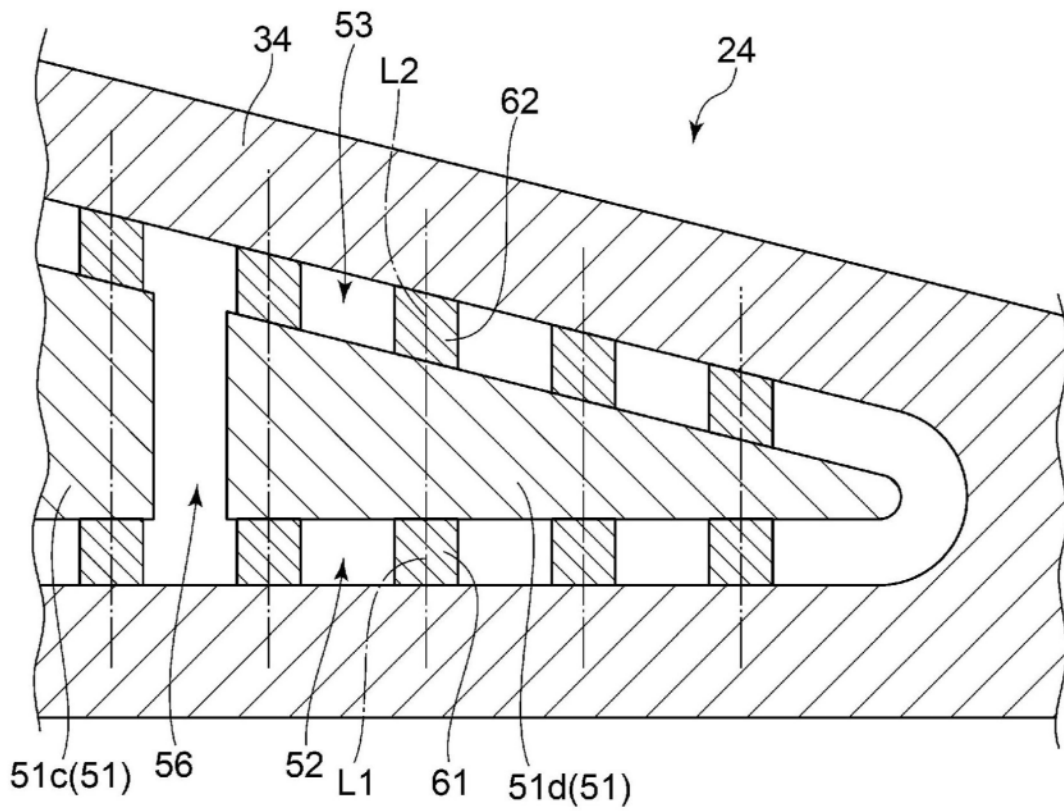


图6

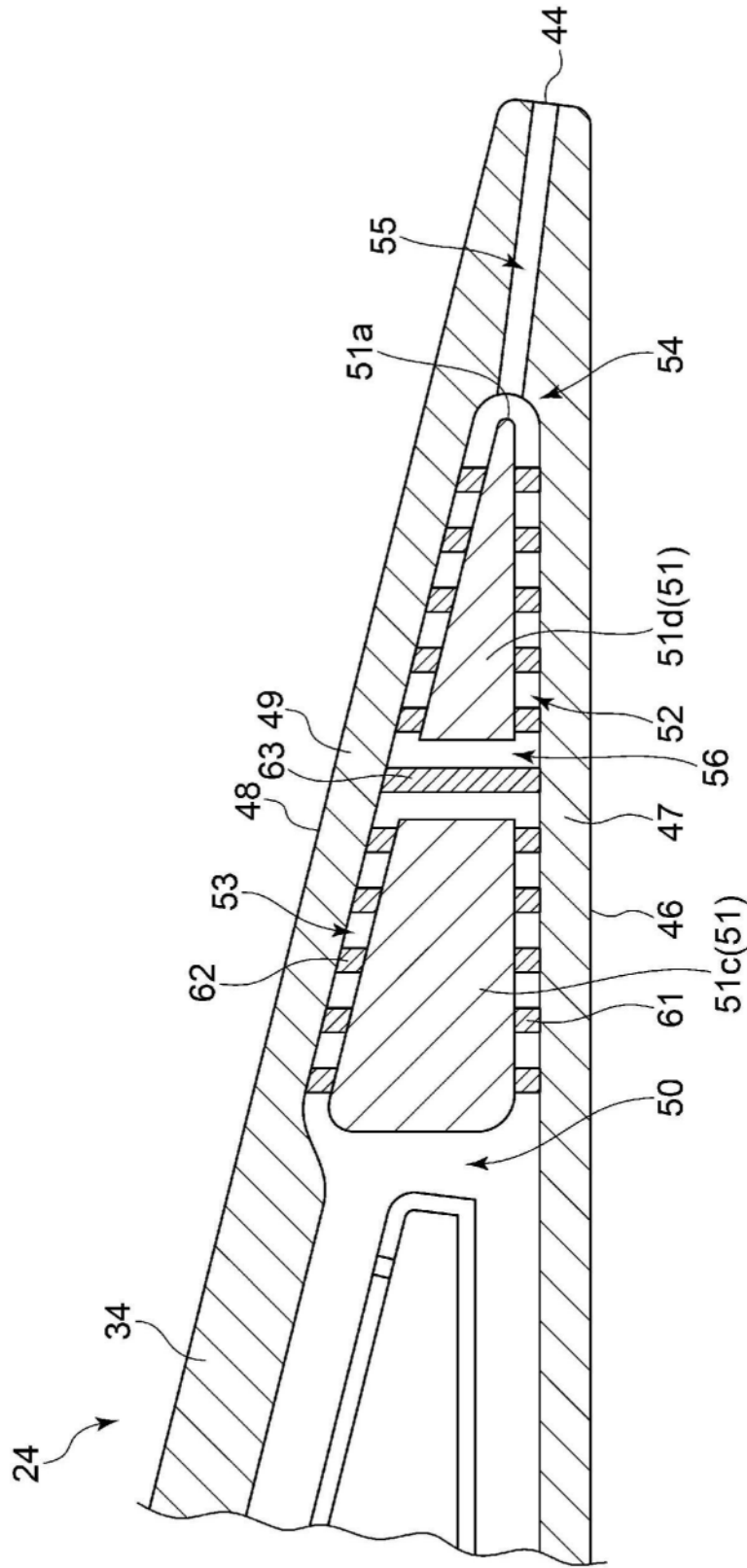


图7

