(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106968719 A
(43)申请公布日 2017.07.21

(21)申请号 201611095332.8

(22)申请日 2016.12.02

(30)优先权数据
14/959442 2015.12.04 US

(71)申请人 通用电气公司
地址 美国纽约州

(72)发明人 F.T.小韦勒特 E.D.劳什

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 严志军 谭祐祥

(51)Int.Cl.
F01D 5/14(2006.01)
F01D 5/08(2006.01)

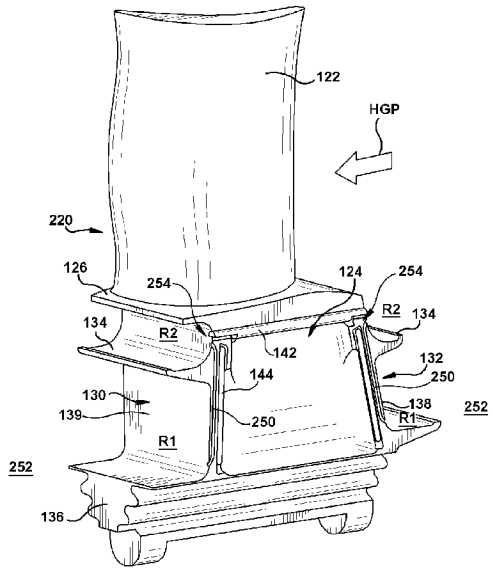
权利要求书2页 说明书8页 附图10页

(54)发明名称

具有径向冷却凹槽的涡轮机叶片盖板

(57)摘要

本发明涉及具有径向冷却凹槽的涡轮机叶片盖板。一种涡轮机叶片可包括翼型件和联接至翼型件的柄。柄可包括具有第一周向面和相对的第二周向面的盖板。径向冷却凹槽定位在第一周向面中，且构造成允许冷却流体相对于平台从第一径向位置传递至不同的第二径向位置。径向冷却凹槽提供盖板和柄冷却。另外，径向冷却凹槽可输送流体来用于吹扫叶片平台与盖板之间的间隙，这防止了从涡轮流动通路摄取热气体。



CN 106968719 A

1.一种涡轮机叶片(220),包括:

翼型件(122);

联接至所述翼型件(122)的平台(126);

联接至所述翼型件(122)且从所述平台(126)延伸的柄(124,224),所述柄(124,224)包括盖板(130,130A,130B,132,132A,132B,230),其具有第一周向面(138)和相对的第二周向面(139);以及

定位在所述第一周向面(138)中的径向冷却凹槽(250,352),所述径向冷却凹槽(250,352)构造成允许冷却流体相对于所述平台(126)从第一径向位置传递至不同的第二径向位置。

2.根据权利要求1所述的涡轮机叶片(220),其特征在于,还包括:

径向密封销(144)座(146),其定位在所述盖板(130,130A,130B,132,132A,132B,230)中且构造成将径向密封销(144)收纳在其中,以密封相邻的涡轮机叶片(120,220)(119)(120A,220B)盖板(130,130A,130B,132,132A,132B,230)之间的周向间隙,

其中一个涡轮机叶片(120B)的所述径向冷却凹槽(250,352)在操作状态中定位在相邻涡轮机叶片(120,220)(119)(120A,220B)的所述径向密封销(144)座(146)附近。

3.根据权利要求2所述的涡轮机叶片(120B),其特征在于,所述径向密封销(144)座(146)定位在所述第二周向面(139)中,以及所述径向冷却凹槽(250,352)定位成沿轴向偏离所述第一周向面(138)中的所述径向密封销(144)座(146)。

4.根据权利要求2所述的涡轮机叶片(220),其特征在于,所述轴向偏移使得所述第一周向面(138)中的所述径向冷却凹槽(250,352)沿轴向重叠所述第二周向面(139)中的所述径向密封销(144)座(146)。

5.根据权利要求2所述的涡轮机叶片(220),其特征在于,所述径向冷却凹槽(250,352)包括定位成沿轴向偏离所述第一周向面(138)中的所述径向密封销(144)座(146)的第一径向冷却凹槽(350)和定位成沿轴向偏离所述相对的第二周向面(138)中的所述径向密封销(144)座(146)的第二径向冷却凹槽(352,450)。

6.根据权利要求1所述的涡轮机叶片(220),其特征在于,所述盖板(130,130A,130B,132,132A,132B,230)包括轴向面(460,462),以及所述径向冷却凹槽(250,352)包括在所述轴向面(460,462)与第一和第二周向面(138,139)中的一者之间沿径向延伸的第一径向冷却凹槽(350)。

7.根据权利要求6所述的涡轮机叶片(220),其特征在于,所述径向冷却凹槽(250,352)还包括第二径向冷却凹槽(352,450),其在所述轴向面(460,462)与所述第一和第二周向面(138,139)中的另一者之间沿径向延伸,使得相邻涡轮叶片(220B)的第一和第二径向冷却凹槽(350,352)在操作状态中并排。

8.根据权利要求1所述的涡轮机叶片(220),其特征在于,所述盖板(130,130A,130B,132,132A,132B,230)包括上游侧盖板(130A)。

9.根据权利要求1所述的涡轮机叶片(220),其特征在于,所述柄(124,224)包括上游侧盖板(130A)和下游侧盖板(132A),各个盖板(130,130A,130B,132,132A,132B,230)均包括所述第一周向面(138)和所述相对的第二周向面(139)中的至少一者中的所述径向冷却凹槽(250,352)。

10.根据权利要求1所述的涡轮机叶片(220)，其特征在于，所述径向冷却凹槽(250，352)围绕从所述盖板(130，130A，130B，132，132A，132B，230)延伸的至少一个天使翼(134)延伸。

具有径向冷却凹槽的涡轮机叶片盖板

技术领域

[0001] 本公开内容大体上涉及涡轮机叶片冷却，并且更具体地涉及具有包括径向冷却凹槽的盖板的涡轮机叶片。

背景技术

[0002] 现代涡轮机叶片(诸如用于燃气涡轮机中的那些)需要大量冷却。翼型件冷却中认为是次要的且通常忽视的是热气体通路外的区域，即，柄和盖板。叶片平台形成热气体通路的内表面，且使柄和盖板与高温气流隔离。盖板形成轮空间边界的一个边缘，较冷空气穿过该边缘来吹扫轮空间，且阻止热气体从热气体通路摄入柄区域中。

[0003] 典型的工业涡轮机叶片设计包括用以缓解热气体摄入柄区域中的平台密封销和径向密封销。典型的径向密封销为圆柱形的，且设计成配合在叶片的盖板中的凹槽中。为了避免负载下的结合，叶片设计成使得相邻叶片之间存在小的间隙。在旋转下，销延伸，且接触相邻叶片，形成接触线。不管径向密封销的使用如何，常见的是具有跨过平台密封销或穿过径向密封销与平台密封销之间的间隙的泄漏。即，密封布置是不完美的，且泄漏通路存在，一些热气体将经由泄漏通路渗透到柄区域中。防止热气体摄入轮空间的一种手段在于使柄加压，即，确保柄腔中压力足以阻止泄漏。尽管该布置是有效的，该方法增加了专用于涡轮冷却的所需(例如，压缩机)流量，且降低了总涡轮机效率。由于涡轮机叶片材料的能力随金属温度升高而降低，且由于热梯度改变涡轮机叶片中的应力场，故柄和盖板金属温度的控制是期望的。吹扫空气经由其在径向密封销附近流动的窄径向通路向柄和盖板提供的冷却可忽略。

发明内容

[0004] 本公开内容的第一方面提供了一种涡轮机叶片，包括：翼型件；联接到翼型件上的柄，柄包括具有第一周向面和相对的第二周向面的盖板；以及定位在第一周向面中的径向冷却凹槽，径向冷却凹槽构造成允许冷却流体相对于平台从第一径向位置传递至不同的第二径向位置。

[0005] 本公开内容的第二方面提供了一种涡轮机叶片，其包括：翼型件；联接到翼型件上的平台；从平台延伸的柄，柄包括具有第一周向面和相对的第二周向面的盖板；位于盖板的第一周向面内且构造成将径向密封销收纳在其中来密封相邻涡轮机叶片盖板之间的周向间隙的径向密封销座；以及定位在盖板的相对的第二周向面内的径向冷却凹槽，径向冷却凹槽构造成允许冷却流体经过其间。

[0006] 一种涡轮机，包括：多个叶片，各个叶片均包括：翼型件和联接到翼型件上的柄，柄包括具有第一周向面和相对的第二周向面的盖板；以及定位在第一周向面中的径向冷却凹槽，径向冷却凹槽构造成允许冷却流体相对于平台从第一径向位置传递至不同的第二径向位置。

[0007] 本发明的第一技术方案提供了一种涡轮机叶片，包括：翼型件；联接至所述翼型件

的平台；联接至所述翼型件且从所述平台延伸的柄，所述柄包括盖板，其具有第一周向面和相对的第二周向面；以及定位在所述第一周向面中的径向冷却凹槽，所述径向冷却凹槽构造成允许冷却流体相对于所述平台从第一径向位置传递至不同的第二径向位置。

[0008] 本发明的第二技术方案是在第一技术方案中，还包括：径向密封销座，其定位在所述盖板中且构造成将径向密封销收纳在其中，以密封相邻的涡轮机叶片盖板之间的周向间隙，其中一个涡轮机叶片的所述径向冷却凹槽在操作状态中定位在相邻涡轮机叶片的所述径向密封销座附近。

[0009] 本发明的第三技术方案是在第二技术方案中，所述径向密封销座定位在所述第二周向面中，以及所述径向冷却凹槽定位成沿轴向偏离所述第一周向面中的所述径向密封销座。

[0010] 本发明的第四技术方案是在第二技术方案中，所述轴向偏移使得所述第一周向面中的所述径向冷却凹槽沿轴向重叠所述第二周向面中的所述径向密封销座。

[0011] 本发明的第五技术方案是在第一技术方案中，所述径向冷却凹槽包括定位成沿轴向偏离所述第一周向面中的所述径向密封销座的第一径向冷却凹槽和定位成沿轴向偏离所述相对的第二周向面中的所述径向密封销座的第二径向冷却凹槽。

[0012] 本发明的第六技术方案是在第一技术方案中，所述盖板包括轴向面，以及所述径向冷却凹槽包括在所述轴向面与第一和第二周向面中的一者之间沿径向延伸的第一径向冷却凹槽。

[0013] 本发明的第七技术方案是在第六技术方案中，所述径向冷却凹槽还包括第二径向冷却凹槽，其在所述轴向面与所述第一和第二周向面中的另一者之间沿径向延伸，使得相邻涡轮叶片的第一和第二径向冷却凹槽在操作状态中并排。

[0014] 本发明的第八技术方案是在第一技术方案中，所述盖板括上游侧盖板。

[0015] 本发明的第九技术方案是在第一技术方案中，所述柄包括上游侧盖板和下游侧盖板，各个盖板均包括所述第一周向面和所述相对的第二周向面中的至少一者中的所述径向冷却凹槽。

[0016] 本发明的第十技术方案是在第一技术方案中，所述径向冷却凹槽围绕从所述盖板延伸的至少一个天使翼延伸。

[0017] 本发明的第十一技术方案提供了一种涡轮机叶片，包括：翼型件；联接至所述翼型件的平台；从所述平台延伸的柄，所述柄包括盖板，其具有第一周向面和相对的第二周向面；径向密封销座，其定位在所述盖板的所述第一周向面内且构造成将径向密封销收纳在其中，以密封相邻涡轮机叶片盖板之间的周向间隙；以及定位在所述盖板的所述相对的第二周向面内的径向冷却凹槽，所述径向冷却凹槽构造成允许冷却流体经过其间。

[0018] 本发明的第十二技术方案是在第十一技术方案中，所述径向密封销座定位在所述第一周向面中，以及所述径向冷却凹槽定位成沿轴向偏离所述相对的第二周向面中的所述径向密封销座。

[0019] 本发明的第十三技术方案是在第十二技术方案中，所述轴向偏移使得所述第一周向面中的所述径向冷却凹槽沿轴向重叠所述第二周向面中的所述径向密封销座。

[0020] 本发明的第十四技术方案是在第十一技术方案中，所述径向密封销座定位在所述第一周向面中，且所述径向冷却凹槽包括定位成沿轴向偏离所述第一周向面中的所述径向

密封销座的第一径向冷却凹槽和定位成沿轴向偏离所述第二周向面中的所述径向密封销座的第二径向冷却凹槽。

[0021] 本发明的第十五技术方案是在第十一技术方案中，所述盖板包括轴向面，以及所述径向冷却凹槽包括在所述轴向面与第一和第二周向面中的一者之间沿径向延伸的第一径向冷却凹槽。

[0022] 本发明的第十六技术方案是在第十五技术方案中，所述径向冷却凹槽还包括第二径向冷却凹槽，其在所述轴向面与所述第一和第二周向面中的另一个之间沿径向延伸，使得第一和第二径向冷却凹槽在相邻涡轮机叶片的操作状态中并排。

[0023] 本发明的第十七技术方案是在第十一技术方案中，所述盖板包括上游侧盖板。

[0024] 本发明的第十八技术方案是在第十一技术方案中，所述柄包括上游侧盖板和下游侧盖板，各个盖板均包括相应的第一周向面和相对的第二周向面、所述径向密封销座，以及定位在所述盖板中的所述径向密封销座附近的所述径向冷却凹槽。

[0025] 本发明的第十九技术方案是在第十一技术方案中，所述径向冷却凹槽围绕从所述盖板延伸的至少一个天使翼延伸。

[0026] 本发明的第二十技术方案提供了一种涡轮机，包括：多个叶片，各个叶片均包括：翼型件和联接至所述翼型件的柄，所述柄包括盖板，其具有第一周向面和相对的第二周向面；以及定位在所述第一周向面中的径向冷却凹槽，所述径向冷却凹槽构造成允许冷却流体相对于平台从第一径向位置传递至不同的第二径向位置。

[0027] 本公开内容的示范性方面设计成解决本文所述的问题和/或未论述的其它问题。

附图说明

[0028] 本公开内容的这些及其它特征将从连同附图的本公开内容的各种方面的以下详细描述中更容易理解，附图绘出了本公开内容的各种实施例，在附图中：

图1为示例性燃气涡轮发动机的简图。

[0029] 图2为可结合图1中的燃气涡轮发动机使用的具有三级涡轮的示例性燃气轮机组件的截面图。

[0030] 图3示出了示范性常规涡轮机叶片的放大透视图。

[0031] 图4示出了两个相邻涡轮叶片之间的常规径向密封销的截面视图。

[0032] 图5示出了根据本公开内容的实施例的使用径向冷却凹槽的示范性涡轮机叶片的放大透视图。

[0033] 图6示出了根据本公开内容的实施例的使用径向冷却凹槽的涡轮机叶片的局部侧视图。

[0034] 图7-11示出了根据本公开内容的实施例的使用径向冷却凹槽的各种实施例的相邻涡轮机叶片的局部放大截面视图。

[0035] 图12示出了其中应用根据本公开内容的实施例的径向冷却凹槽的备选盖板布置的透视图。

[0036] 将注意的是，公开内容的附图并未按比例绘制。附图旨在仅绘出公开内容的典型方面，且因此不应认作是限制本公开内容的范围。在附图中，相似的标号表示附图之间的相似元件。

[0037] 零件列表

100 燃气轮机系统
102 压缩机
104 燃烧器
105 燃烧区域
106 燃料喷嘴组件
108 涡轮组件
110 公共压缩机/涡轮轴
112 导叶子组件
114 外平台
116 内平台
119 叶片
120 联接涡轮机叶片
122 翼型件
124 柄
126 平台
130 相应的盖板
132 盖板
134 天使翼
136 连接树
138 第一周向面
139 第二周向面
140 平台密封销
142 平台销凹槽
144 径向密封销
146 径向密封销座
220 涡轮机叶片
224 柄
230 盖板
250 径向冷却凹槽
252 轮空间
254 平台间隙
350 第一径向冷却凹槽
352 第二径向冷却凹槽
450 径向冷却凹槽
452 第二径向冷却凹槽
460 轴向面
462 轴向面
120A 相邻的涡轮机叶片

120B 一个涡轮机叶片

130A 上游侧盖板

130B 冷却盖板

132A 下游侧盖板

132B 冷却盖板

220A 一个涡轮机叶片

220B 相邻的涡轮机叶片。

具体实施方式

[0038] 如上文所述，本公开内容提供了一种包括盖板的涡轮机叶片，盖板具有径向冷却凹槽来改善叶片的盖板、柄和平台区域的冷却。

[0039] 图1为燃气轮机系统100的形式的示范性涡轮机的示意图。系统100包括压缩机102和燃烧器104。燃烧器104包括燃烧区域105和燃料喷嘴组件106。系统100还包括涡轮108和共同压缩机/涡轮轴110(有时称为转子110)。在一个实施例中，系统100为MS7001FB发动机，有时称为9FB发动机，其为General Electric公司(Greenville, S.C)市售的。本公开内容的实施例不限于任一特定燃气涡轮发动机，且可与其它发动机结合来实施，例如包括General Electric公司的MS7001FA (7FA)和MS9001FA (9FA)发动机型号。而且，本公开内容的教导内容不限于燃气轮机，且可应用于任何种类的涡轮机，诸如汽轮机、喷气发动机、压缩机等。如本文中所使用的，用语"轴向"、"径向"和"周向"结合转子110使用来作为参考结构。

[0040] 在操作中，空气流过压缩机102，且压缩的空气被供应至燃烧器104。具体而言，压缩的空气被供应至与燃烧器104整体结合的燃料喷嘴组件106。组件106与燃烧区域105流动连通。燃料喷嘴组件106也与燃料源(图1中未示出)流动连通，且将燃料和空气导送至燃烧区域105。燃烧器104点燃且燃烧燃料。燃烧器104与涡轮108流动连通，为此，气流热能转化成机械旋转能。涡轮108可旋转地联接到转子110上且驱动转子110。压缩机102也可旋转地联接到轴110上。在示范性实施例中，存在多个燃烧器104和燃料喷嘴组件106。

[0041] 图2为可结合图1中的燃气轮机系统100使用的具有三级涡轮的示范性涡轮组件108的截面图。涡轮组件108包括导叶子组件112。导叶子组件112由径向外平台114和径向内平台116保持在涡轮组件108中。涡轮组件108还包括旋转叶片119，其可包括由柄124保持到转子110上的翼型件122。本公开内容的教导内容通常应用于旋转叶片119，但可应用于导叶子组件112和旋转叶片119，其应当共同称为"涡轮机叶片"。

[0042] 图3为示范性涡轮机叶片120的透视图(这里示为旋转叶片)。涡轮机叶片120可包括翼型件122和柄124。柄124通过平台126联接到翼型件122上。柄124包括一对相对的盖板130,132。箭头HGP示出了热气体通路中的流方向。如由HGP方向指出那样，盖板130为上游侧盖板，面朝HGP，且盖板132为下游侧盖板，背对HGP。一个或更多个天使翼134可从各个盖板130,132延伸。与涡轮机的转子110(图1-2)或壳的各种形式的连接均可取决于如何使用涡轮机叶片120来应用。在叶片为旋转叶片的图3中，连接树136可提供成将涡轮叶片120联接到转子轮(未示出)上。各个涡轮机叶片均可包括第一周向面138和相对的第二周向面139，如此命名是因为它们面向围绕转子110(图1和2)的周向方向。平台销140可位于沿轴向延伸

的平台销凹槽142中，且一对径向密封销144可位于相应盖板130，132中的对应径向密封销凹槽146中，例如，第二周向面139。

[0043] 图4示出了一对相邻涡轮机叶片120A，120B的截面视图，具有相应的上游侧盖板130A，130B和下游侧盖板132A，132B。如所述，一个涡轮机叶片120B的(多个)盖板130B，132B的周向面139中的凹槽146的密封销144分别相对相邻涡轮机叶片120A的盖板132A，132B的周向面138密封。

[0044] 参看图5-6，按照本公开内容的实施例，涡轮机叶片220可包括定位在其第一周向面138中的径向冷却凹槽250。径向冷却凹槽250构造成允许冷却流体(例如，来自轮空间252或其它源的吹扫流)相对于平台126从第一径向位置R1传递至不同的第二径向位置R2，因此增加了穿过叶片之间的间隙的冷却流体流，以提供对盖板、柄和平台的附加冷却。在一个实施例中，如图5和图6的右侧所示，有效冷却和吹扫可利用终止于相应盖板(130，如图所示)的一端或两端处的径向冷却凹槽250实现。在仅在图6的左侧上示出的备选实施例中，径向冷却凹槽250可在两个不同位置处从轮空间252沿相应盖板延伸，以便将冷却流体从轮空间252的一个较高压区域(R1处)输送至另一个较低压区域(R2处)。在此情况下，径向冷却凹槽250可沿径向延伸来使流从径向密封销144的径向最外端(如图所示的上端)与平台密封销142的底端之间或附近的平台间隙254流出。该布置有助于防止从HGP摄取热气体。在任何情况下，径向冷却凹槽250都可围绕从相应盖板130，132延伸的至少一个天使翼134(图5)延伸。径向冷却凹槽250的长度可由使用者选择成将冷却流体输送至期望的盖板的任何部分。

[0045] 如本领域中理解那样，吹扫流可从流体源采集；例如，对于燃气轮机系统，吹扫流可从压缩机进料产生且引导至轮空间252，以防止从热气体通路(HGP)摄取工作流体。如本文所述，因为凹槽250可设在密封销座146附近，所有由径向冷却凹槽250中的吹扫流提供的冷却甚至可在使用径向密封销座146的情况下发生。在任何情况下，在径向冷却凹槽250中都未提供障碍，故冷却流体可自由流动。尽管各个径向冷却凹槽250称为"径向的"，但将强调的是，其不一定相对于转子110(图1和2)轴线仅沿径向延伸，且可具有与其定位在其中的盖板130，132大体上相当的一些角水平，例如，与完美径向成+/-2到15°。而且，尽管示为线性元件，但径向冷却凹槽250可具有一些非线性部分，例如，小钩或弯曲。

[0046] 图7-11示出了相邻的涡轮机叶片220A，220B的一对盖板130A，130B(或仅图11中的132A，132B)的放大截面视图，示出了可根据本公开内容使用的径向冷却凹槽和径向密封销144的各种实施例。

[0047] 在图7中，径向密封销座146定位在盖板130B内，且构造成将径向密封销144收纳在其中，以分别密封相邻涡轮机叶片盖板130A和130B之间的周向间隙。在该实施例中，一个涡轮机叶片220A的径向冷却凹槽250在操作状态中定位在相邻涡轮机叶片220B的径向密封销座146附近，即，跨过由销144跨越的其间的间隙。在本文所述的任何实施例中，一个或更多个盖板130A，130B，132A，132B的宽度W可相比于常规盖板略微放大来容纳径向冷却凹槽250。在图7中所示的一个实施例中，径向密封销146定位在第二周向面139中，且径向冷却凹槽250定位成沿轴向偏离(沿转子轴线A)第一周向面138中的径向密封销座146。如本文中所使用的，"沿轴向偏移"指出了各个径向冷却凹槽接触相应的周向面处的转角未沿基本相同的轴向线(垂直于轴线A)接触径向密封销座146的相对的转角。在径向冷却凹槽250和径向密封销座146具有诸如半圆形开口的顶部(这不是所有情况下都需要的)的顶点的情况下，"

沿轴向偏移"可显现为各个凹槽的顶点并未沿单条轴向线(垂直于轴线A)沿轴向对准。

[0048] 在一个实施例中,如图7中所示,轴向偏移可使得第一周向面138中的径向冷却凹槽250沿轴向重叠第一周向面139中的径向密封销座146。作为备选,如图8中所示,第一周向面138中的径向冷却凹槽250不可沿轴向重叠第一周向面139中的径向密封销座146。即,径向冷却凹槽250仅与平面的第二周向面139相对。

[0049] 在图9中所示的另一个实施例中,径向冷却凹槽可包括定位成沿轴向偏离第一周向面138中的径向密封销座146的第一径向冷却凹槽350,以及定位成沿轴向偏离第二周向面139中的径向密封销座146的第二径向冷却凹槽352。这里,第二径向冷却凹槽352定位在周向面139中的相邻径向密封销座146附近。盖板130A,130B的宽度可增大来容纳座146和凹槽352两者。

[0050] 图10示出了另一个实施例,其中盖板130A包括大体上沿转子轴线A面向轴向的轴向面460,以及在轴向面460与一个(第一)周向面(138,如图所示)之间沿径向(出入页面)延伸的径向冷却凹槽450。在此形式中,径向冷却凹槽450表现为轴向面460与相邻周向面之间的转角的径向缺口。图11示出了另一个实施例,其中图10的实施例对于各个相邻的盖板130A和130B重复。即,径向冷却凹槽还包括在轴向面462与第一周向面和第二周向面(如图所示,139)中的另一个之间沿径向延伸的第二径向冷却凹槽452,使得相邻涡轮机叶片220A,220B的第一径向冷却凹槽450和第二径向冷却凹槽452在操作状态中并排。凹槽450,452共同用作引导冷却流体来冷却盖板130A, 130B, 132A, 132B。

[0051] 在图6-10中,各个盖板均示为上游侧盖板130A或130B。然而,例如,如图11中所示,本公开内容的教导内容应用于仅下游侧盖板132A或132B。作为备选,如图5和6中所示,上游侧盖板和下游侧盖板可包括其第一周向面138和相对的第二周向面139中的至少一个中的径向冷却凹槽。

[0052] 尽管本文所述的各个径向冷却凹槽已经示为圆形截面,例如,半圆形、四分之一圆等,但要强调的是,径向冷却凹槽可采用任何截面形状,诸如但不限于:诸如矩形、正方形、六边形等的多边形;圆多边形;三角形等。

[0053] 如图12中所示,尽管本公开内容的教导内容在本文中描述为应用于与柄124整体结合的盖板130,132,但教导内容同样适用于盖板230未与柄224整体结合的环境。即,盖板230为单独的部分,且与柄224匹配或以其他方式联接至柄224。如将认识到的是,本文所述的径向冷却凹槽250的任何实施例也都可应用于此环境。

[0054] 如本文所述的(多个)径向冷却凹槽引导轮空间吹扫空气的小部分来用于涡轮机叶片盖板、柄和平台的冷却。穿过径向凹槽的流也有效地吹扫平台间隙254(图5-6),且防止经由平台间隙254且在平台密封销142的端部周围从热气体通路(HGP)摄取热气体。以此方式,(多个)径向冷却凹槽利用了在涡轮机叶片盖板之间沿径向流动的冷却空气,且增大了流动面积来确保足够的空气被引导用于涡轮机叶片盖板、柄和平台冷却。因此,(多个)径向冷却凹槽以很小附加成本提供了涡轮机叶片柄和平台的附加冷却和密封,而不需要加压柄腔。

[0055] 本文中所使用的用语用于仅描述特定实施例的目地,且不旨在限制本公开内容。如本文中所使用的,单数形式"一个"、"一种"和"该"旨在也包括复数形式,除非上下文清楚地另外指出。还将理解的是,用语"包括"和/或"包含"在用于此说明书中时表示指出的特

征、整数、步骤、操作、元件和/或构件的存在，但并未排除存在或添加一个或更多个其它特征、整数、步骤、操作、元件、构件和/或其组合。

[0056] 以下权利要求中的所有装置或步骤加功能元件的对应结构、材料、动作和等同物旨在包括用于结合如明确提出的其它提出的元件执行功能的任何结构、材料或动作。本公开内容的描述出于图示和描述目的提出，但不旨在为详尽的或将本公开内容限于公开的形式。许多改型和变型对本领域的普通技术人员将是显而易见的，而未脱离本公开内容的精神和范围。实施例选择和描述成以便最佳地阐释本公开内容和其实际应用的原理，且使本领域的普通技术人员能够将本公开内容认作是适于构想的特定使用的具有各种改型的各种实施例。

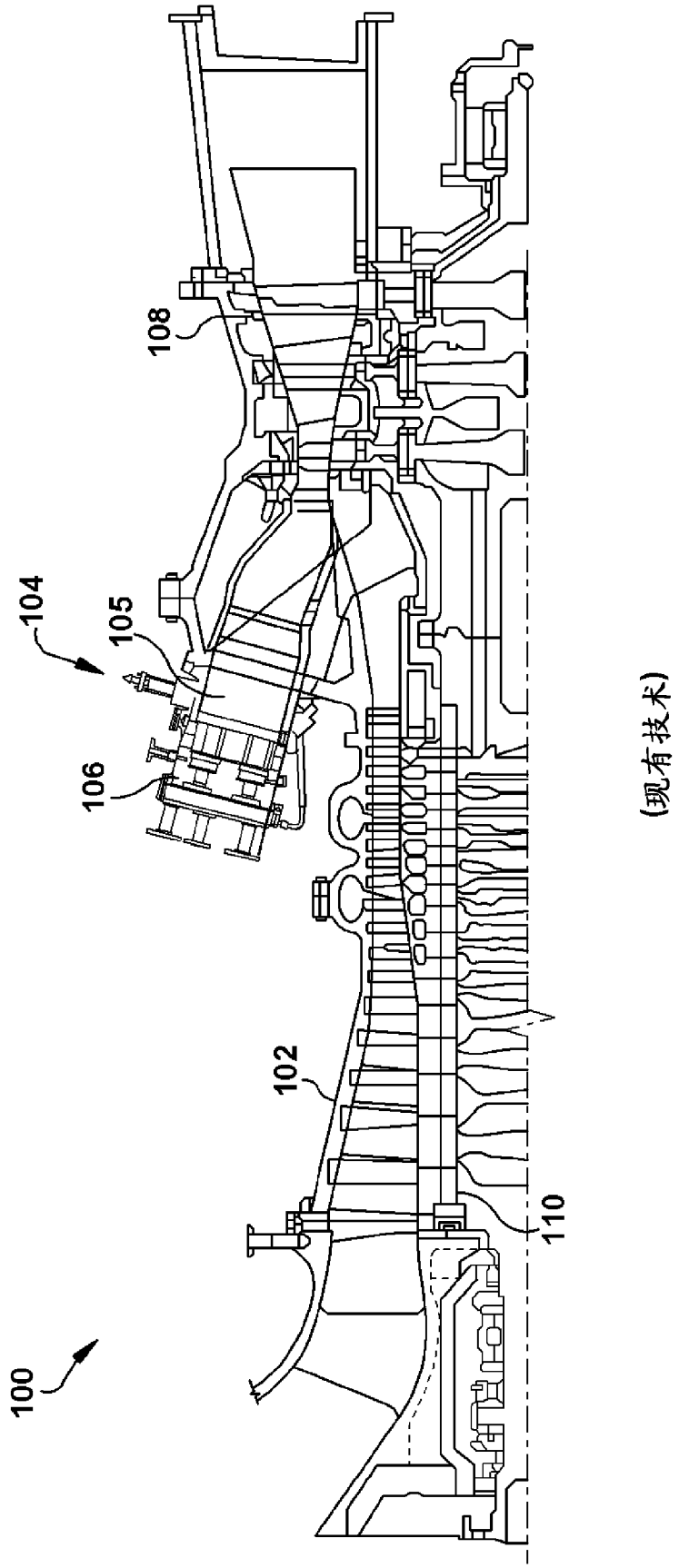


图 1

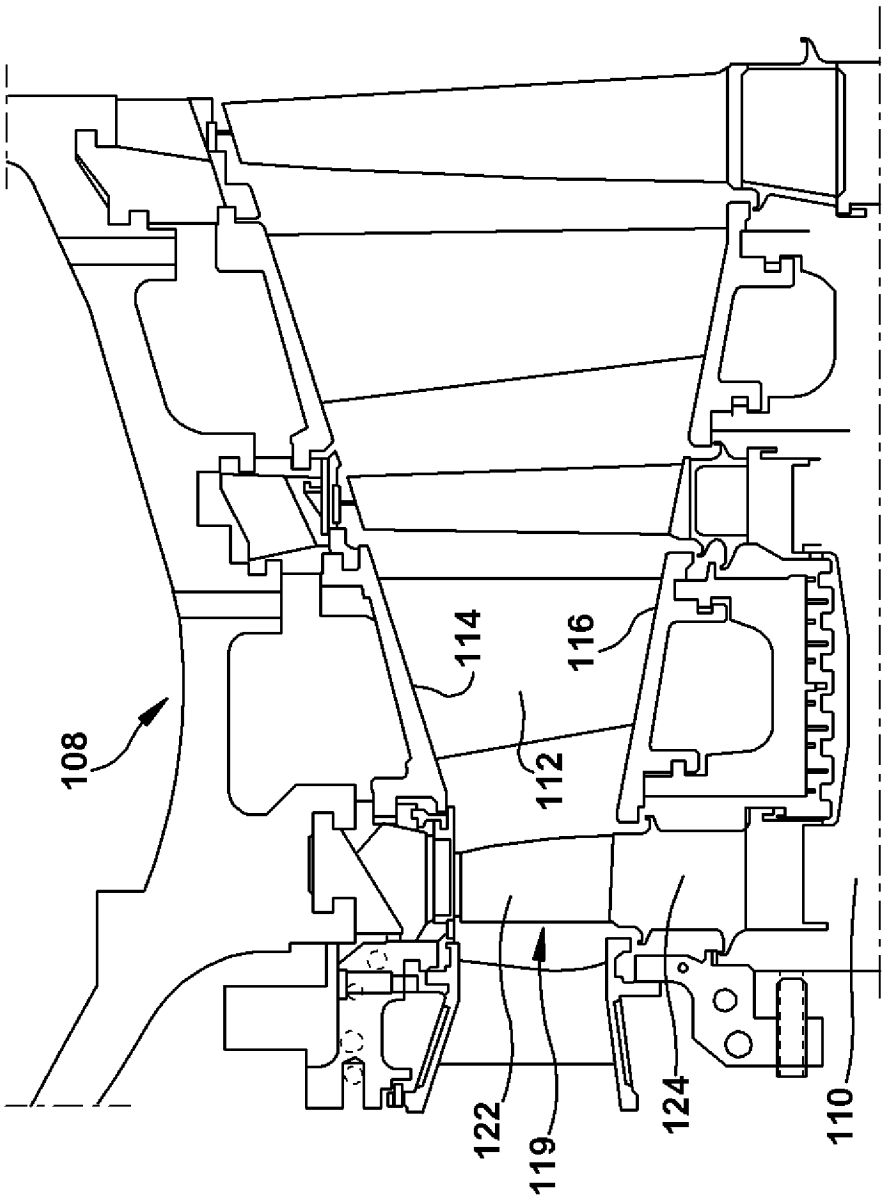
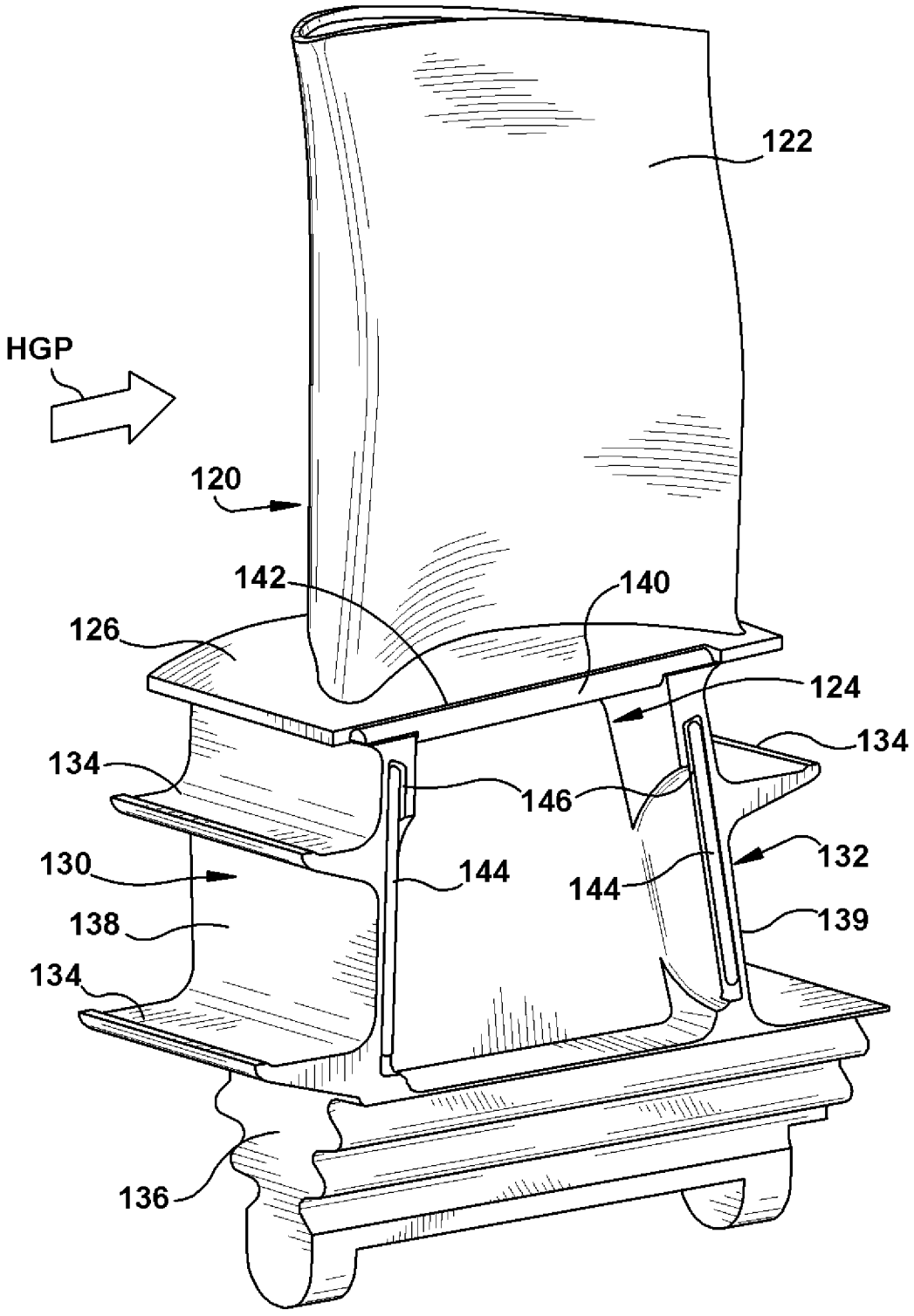
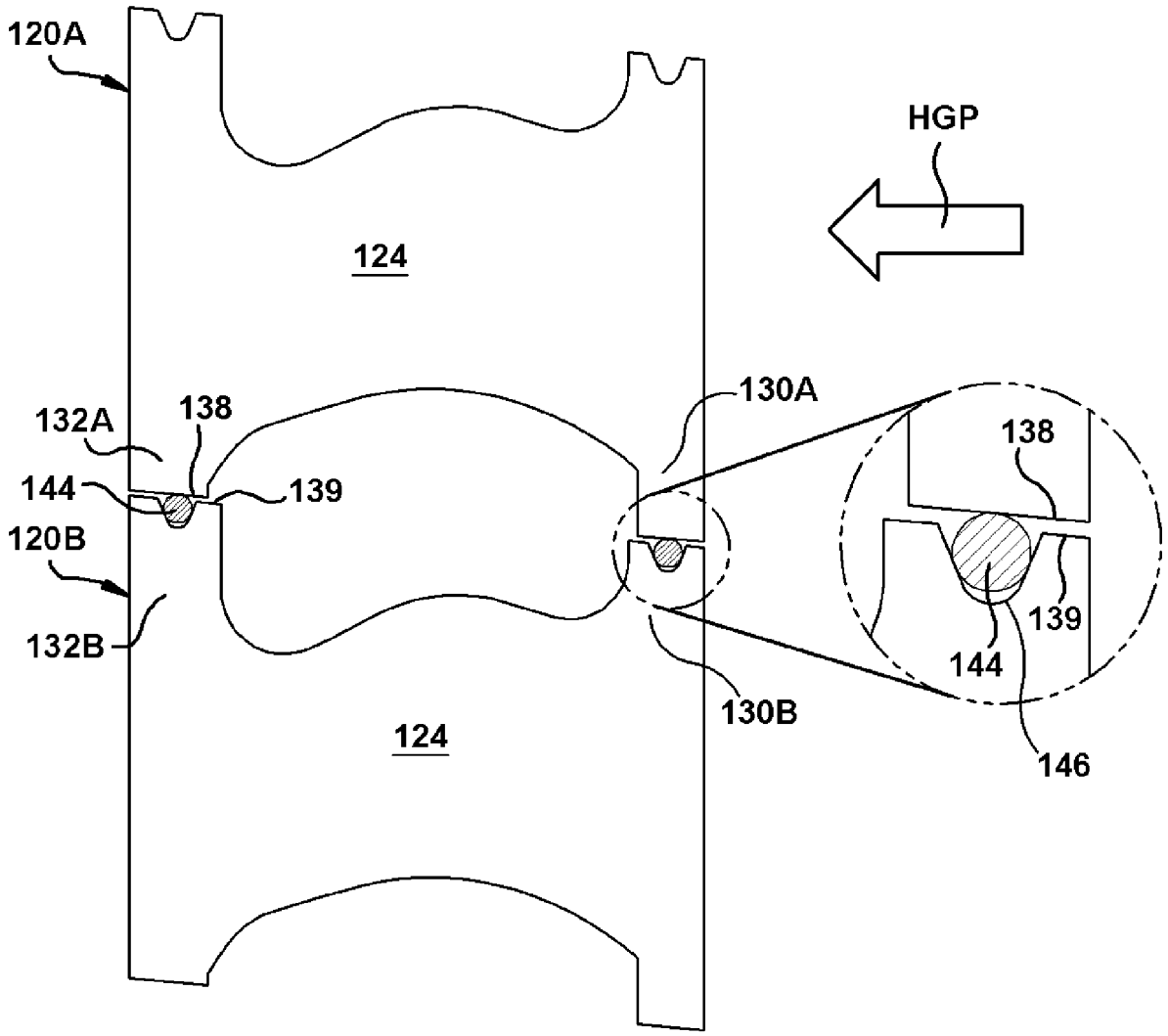


图 2


122
HGP
120
142
140
126
124
134
134
146
130
144
144
132
138
139
134
136

(现有技术)

图 3


120A
HGP
124
130A
132A
138
144
139
120B
132B
138
139
144
130B
124
146

(现有技术)

图 4

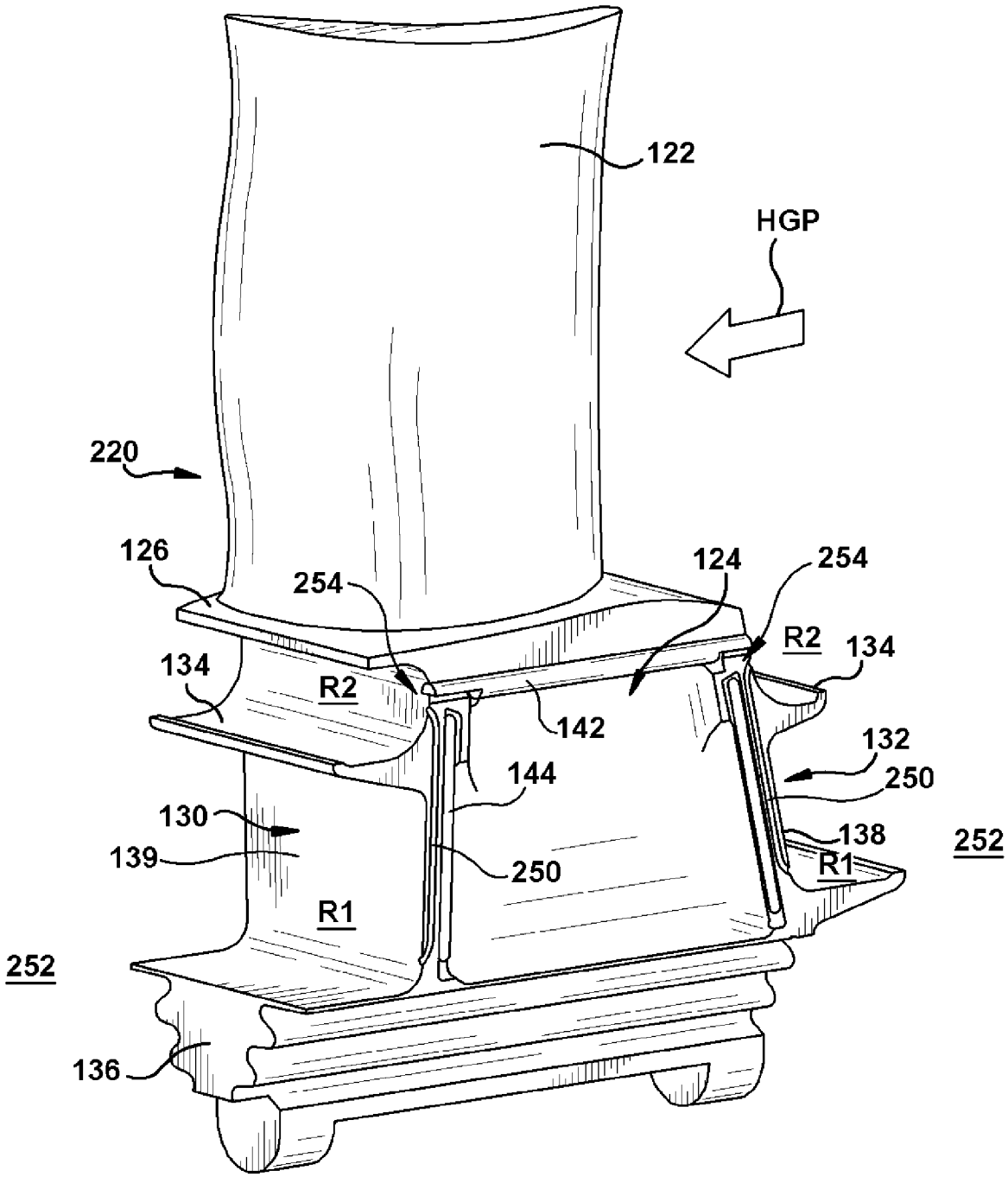

122
HGP
220
126
254
124
254
R2
134
134
R2
142
132
144
250
130
138
252
139
250
R1
R1
252
136

图 5

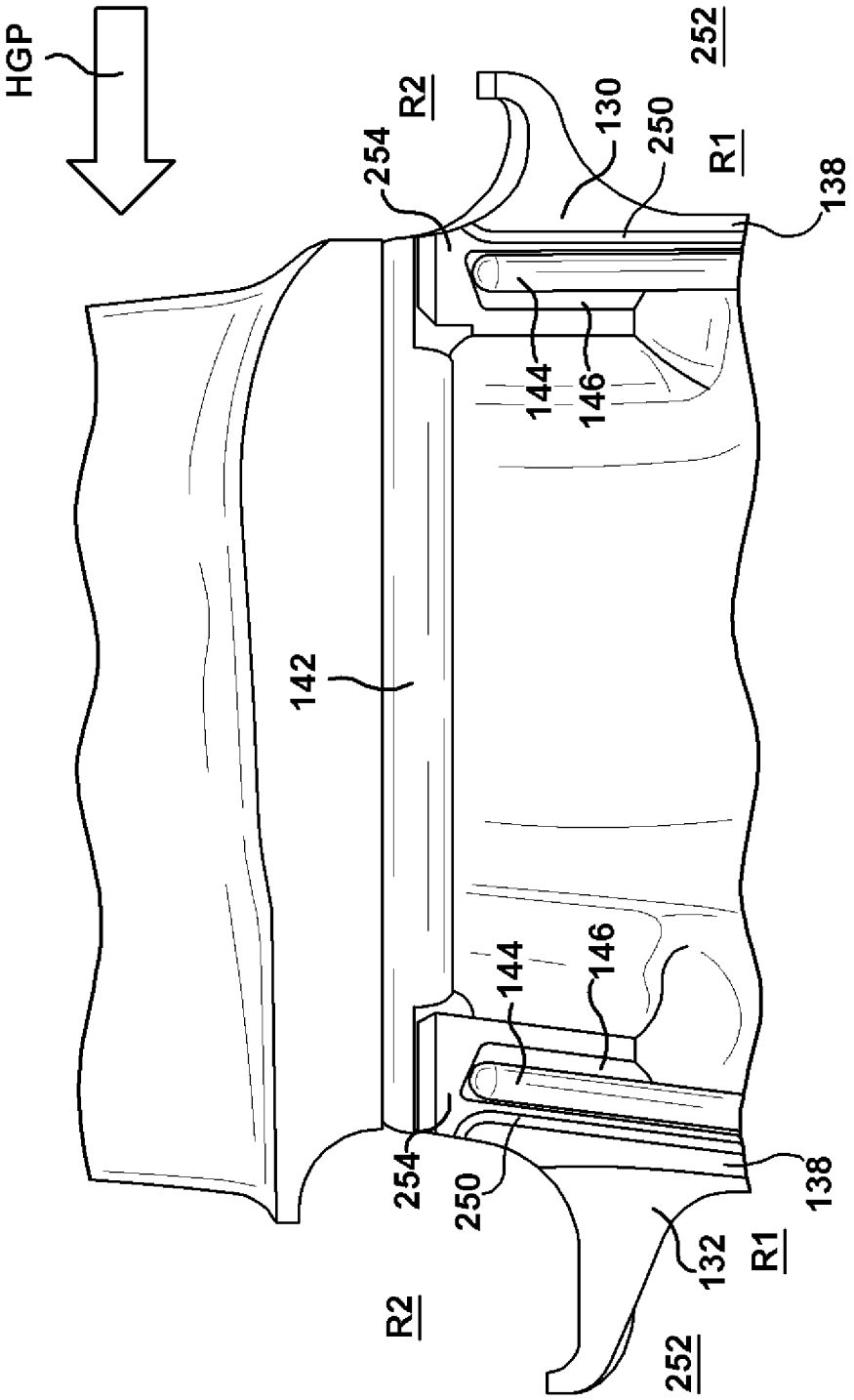

HGP
252
R2
254
130
250
R1
138
144
146
142
144
146
254
250
138
132
R1
R2
252

图 6

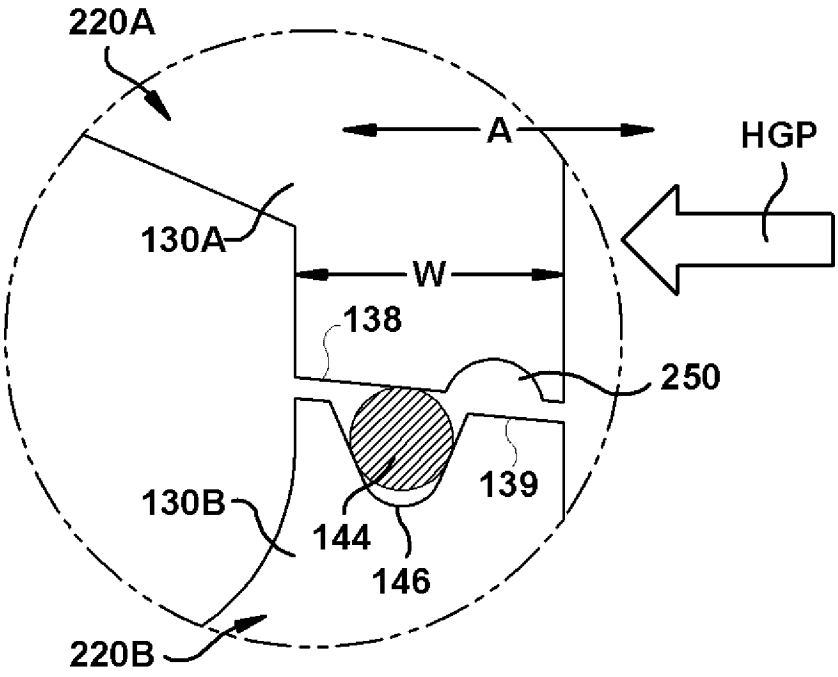

220A
A
HGP
130A
W
138
250
139
130B
144
146
220B

图 7

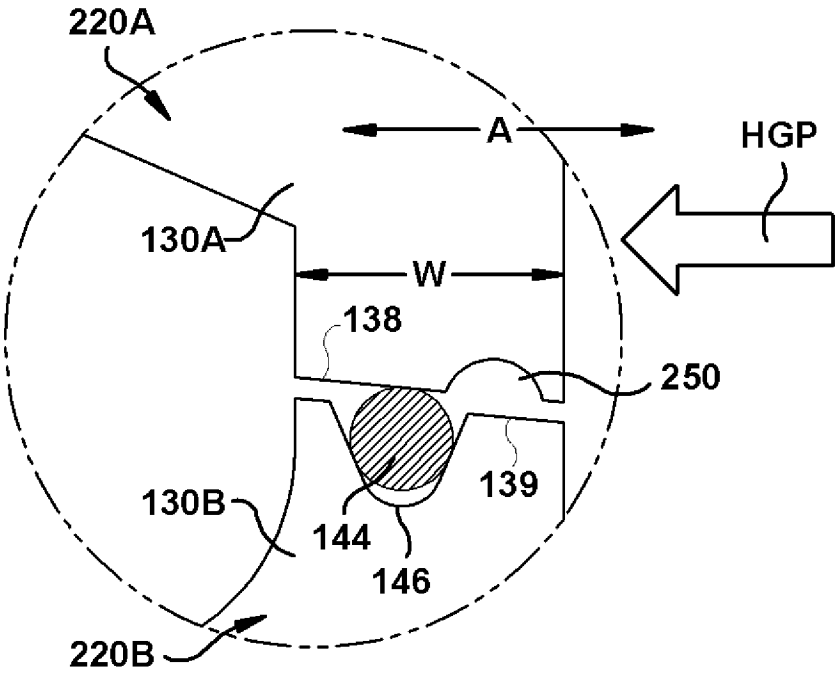

220A
A
HGP
130A
W
138
250
139
130B
144
146
220B

图 8

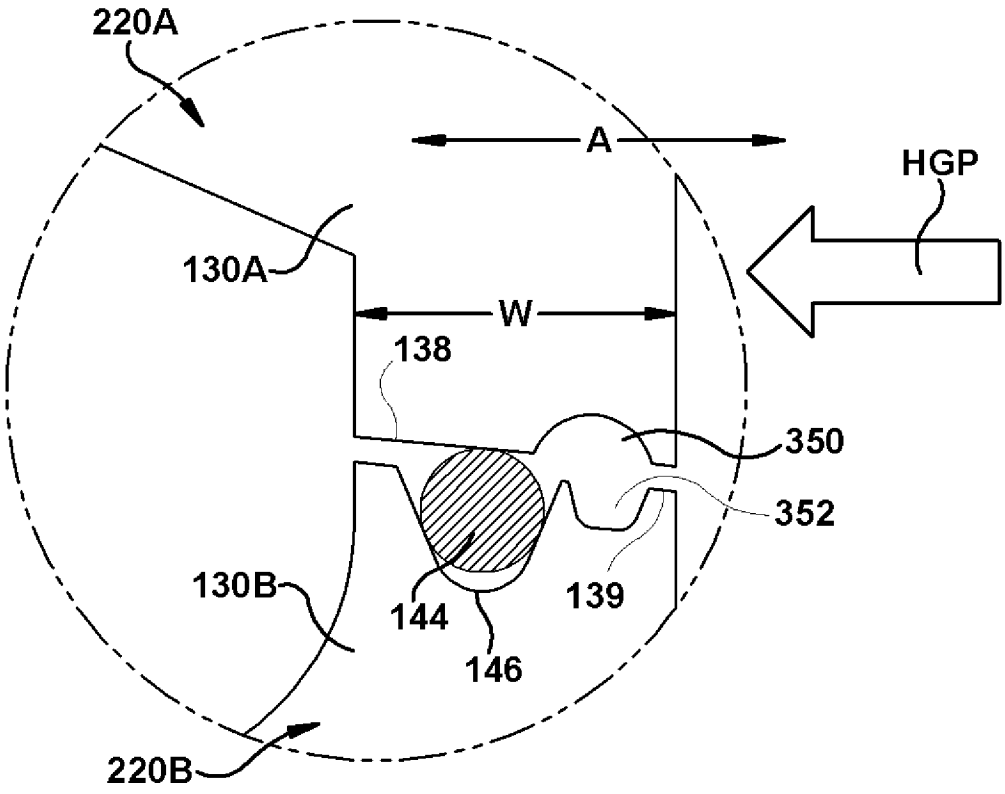

220A
A
HGP
130A
W
138
350
352
130B
144
139
146
220B

图 9

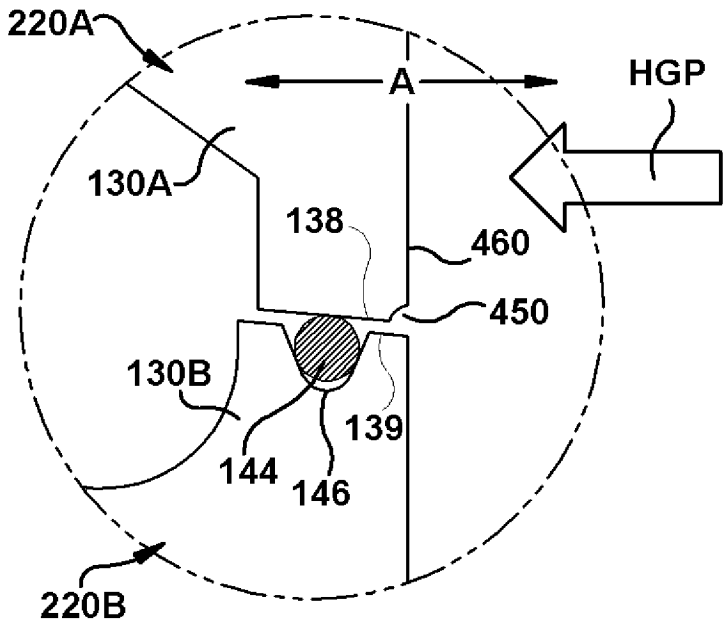

220A
A
HGP
130A
138
460
450
130B
139
144
146
220B

图 10

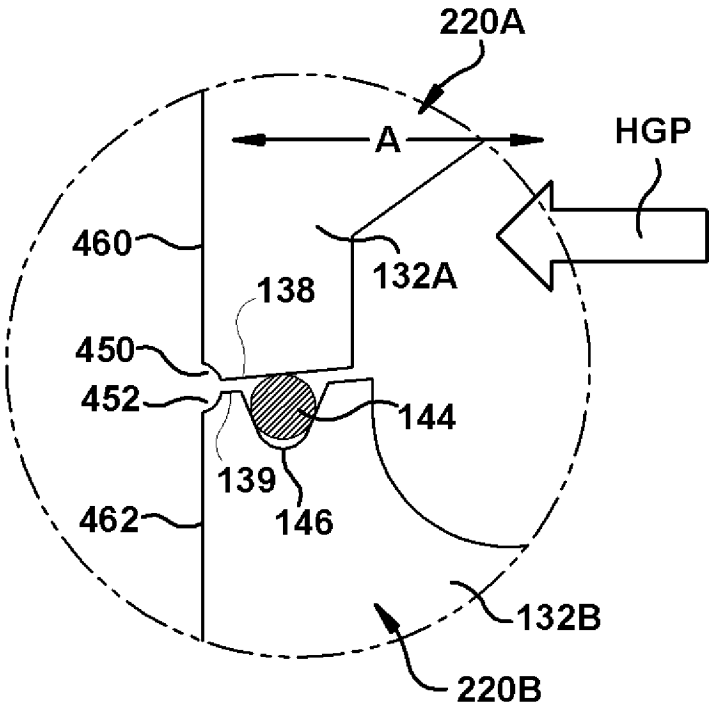


图 11

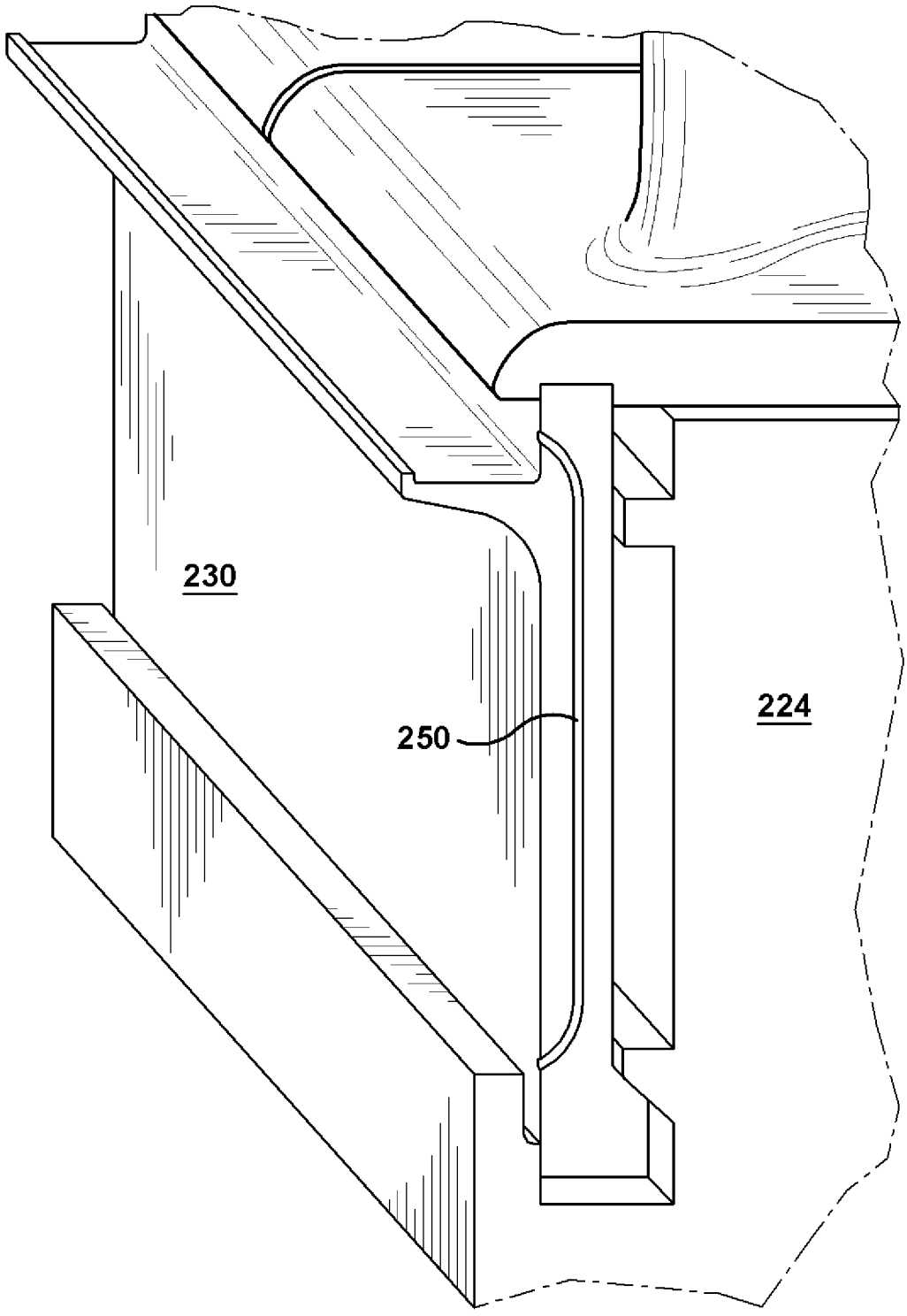


图 12