



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103184895 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 16

(21) 申请号 201210586020. 2

US 5165852 A, 1992. 11. 24,

(22) 申请日 2012. 12. 28

US 4739621 A, 1988. 04. 26,

US 6120249 A, 2000. 09. 19,

(30) 优先权数据

13/341027 2011. 12. 30 US

审查员 张萌萌

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 S. E. 艾利斯 A. E. 史密斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 肖日松 严志军

(51) Int. Cl.

F01D 5/18(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102191951 A, 2011. 09. 21,

CN 1749533 A, 2006. 03. 22,

CN 1869410 A, 2006. 11. 29,

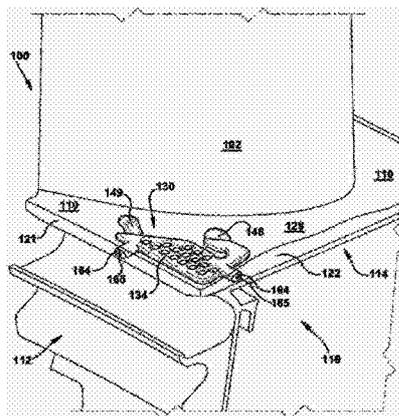
权利要求书3页 说明书8页 附图8页

(54) 发明名称

涡轮机转子叶片平台冷却装置

(57) 摘要

本发明提供一种涡轮机转子叶片平台冷却装置,该涡轮机转子叶片具有位于翼型件与根部之间的界面处的平台,其中该转子叶片包括形成在其中的内部冷却通路;其中,在操作中,内部冷却通路包括高压冷却剂区域和低压冷却剂区域,并且其中该平台的吸力侧包括从翼型件沿周向延伸至吸力侧斜面的顶侧,并且其中该平台的吸力侧包括后部边缘。该平台冷却装置可以包括:歧管,该歧管定位在该平台的吸力侧的后侧内;高压连接器,该高压连接器将歧管连接至内部冷却通路的高压冷却剂区域;低压连接器,该低压连接器将歧管连接至内部冷却通路的低压冷却剂区域;以及定位在歧管内的传热结构。



1. 一种位于涡轮机转子叶片中的平台冷却装置,所述涡轮机转子叶片具有位于翼型件与根部之间的界面处的平台,其中所述转子叶片包括形成在其中的内部冷却通路,所述内部冷却通路从与位于所述根部处的冷却剂源形成的连接部延伸至所述平台的大致径向高度,其中,在操作中,所述内部冷却通路包括高压冷却剂区域和低压冷却剂区域,并且其中沿与所述翼型件的吸力侧相一致的侧面,所述平台的吸力侧包括从所述翼型件沿周向延伸至吸力侧斜面的顶侧,并且其中所述平台的所述吸力侧包括后部边缘,所述后部边缘与所述翼型件的后缘相一致,所述平台冷却装置包括:

歧管,所述歧管定位在所述平台的所述吸力侧的向前侧和后侧中的至少一个内;

高压连接器,所述高压连接器将所述歧管连接至所述内部冷却通路的所述高压冷却剂区域;

低压连接器,所述低压连接器将所述歧管连接至所述内部冷却通路的所述低压冷却剂区域;以及

传热结构,所述传热结构定位在所述歧管内,以在操作期间与从所述高压连接器流向所述低压连接器的冷却剂相互作用;

所述高压连接器连接至所述歧管时所处的部位与所述低压连接器跨过至少大部分所述歧管连接至所述歧管时所处的部位相对;

所述歧管包括位于所述平台的所述吸力侧的所述后侧内的位置,并且所包括的形状与所述平台的所述吸力侧的所述后侧的形状相对应;

其中所述歧管的第一内壁与所述翼型件的基部的所述吸力侧的外形成间隔关系地延伸,第二内壁与所述平台的所述后部边缘成大致间隔关系地延伸,并且第三内壁与所述平台的所述吸力侧斜面成间隔关系地延伸;

随着所述歧管从靠近所述吸力侧斜面的第一位置延伸至靠近压力侧斜面的第二位置,所述歧管沿轴向变窄;并且其中所述歧管包括大致恒定的径向高度;

所述歧管构造成使得在使用中,几乎所有的流过所述歧管的冷却剂都通过所述低压连接器回到所述内部冷却通路;

多个冷却孔在所述歧管与所述吸力侧斜面以及所述歧管与所述平台的所述后部边缘之间延伸,所述冷却孔构造成提供用于一部分流过所述歧管的冷却剂的出口;并且

其中所述冷却孔构造成具有预定流通面积,所述预定流通面积与期望的冷却剂冲击特性相对应。

2. 根据权利要求 1 所述的平台冷却装置,其特征在于,所述传热结构包括多个台柱。

3. 根据权利要求 1 所述的平台冷却装置,其特征在于,所述传热结构包括缠绕路径。

4. 根据权利要求 1 所述的平台冷却装置,其特征在于:

所述平台包括平面顶侧,所述平面顶侧与平面底侧大致平行;

所述歧管布置在所述平面顶侧与所述平面底侧之间,并且与所述平面顶侧和所述平面底侧大致平行;并且

所述传热结构和所述歧管构造成在操作期间引导冷却剂跨过所述歧管从所述高压连接器到达所述低压连接器。

5. 根据权利要求 1 所述的平台冷却装置,其特征在于,所述歧管构造成使得在使用中,至少 50%的流过所述歧管的冷却剂通过所述低压连接器回到所述内部冷却通路。

6. 根据权利要求 5 所述的平台冷却装置,其特征在于,所述平台冷却装置进一步包括薄膜冷却孔,所述薄膜冷却孔将所述歧管连接至通过所述平台的所述顶侧形成的端口。

7. 根据权利要求 4 所述的平台冷却装置,其特征在于,所述歧管包括平面顶部和平面底部,所述平面顶部和所述平面底部相对于彼此位于基本恒定的径向高度,并且定向成使得均与所述平台基本平行。

8. 根据权利要求 7 所述的平台冷却装置,其特征在于,所述传热结构包括多个台柱,所述台柱包括在所述歧管的所述顶部与所述底部之间伸展的圆柱结构。

9. 根据权利要求 8 所述的平台冷却装置,其特征在于,所述多个台柱包括通过所述歧管间隔开的至少 5 个台柱。

10. 根据权利要求 8 所述的平台冷却装置,其特征在于,所述多个台柱包括通过所述歧管间隔开的至少 10 个台柱。

11. 根据权利要求 7 所述的平台冷却装置,其特征在于,所述传热结构包括多个平行冷却通路,所述多个平行冷却通路布置成横穿所述歧管从所述高压连接器到达所述低压连接器,所述平行冷却通路包括壁,所述壁在所述歧管的所述顶部与所述底部之间伸展。

12. 根据权利要求 1 所述的平台冷却装置,其特征在于,所述高压连接器包括靠近所述第一位置的部位。

13. 根据权利要求 1 所述的平台冷却装置,其特征在于,所述低压连接器包括靠近所述第二位置的位置。

14. 根据权利要求 13 所述的平台冷却装置,其特征在于,所述高压连接器从一个位于所述平台内的、在外形上与所述翼型件的中间部分对准的位置延伸至一个位于所述平台内的、靠近所述平台的所述吸力侧斜面的位置;并且

其中所述低压连接器从一个位于所述平台内的、在外形上与所述翼型件的后部对准的位置延伸至一个位于所述平台内的、靠近所述平台的所述后部边缘的位置。

15. 一种燃烧涡轮发动机,所述燃烧涡轮发动机包括:

压缩机;

燃烧器;

涡轮;以及

涡轮机转子叶片,所述涡轮机转子叶片具有平台冷却装置;

其中所述涡轮机转子叶片包括位于翼型件与根部之间的界面处的平台,其中所述转子叶片包括形成在其中的内部冷却通路,所述内部冷却通路从与位于所述根部处的冷却剂源形成的连接部延伸至所述平台的大致径向高度,其中,在操作中,所述内部冷却通路包括高压冷却剂区域和低压冷却剂区域,并且其中沿与所述翼型件的吸力侧相一致的侧面,所述平台的吸力侧包括从所述翼型件沿周向延伸至吸力侧斜面的顶侧,并且其中所述平台的所述吸力侧包括与所述翼型件的后缘相一致的后部边缘,所述平台冷却装置包括:

歧管,所述歧管定位在所述平台的所述吸力侧的后侧内;

高压连接器,所述高压连接器将所述歧管连接至所述内部冷却通路的所述高压冷却剂区域;

低压连接器,所述低压连接器将所述歧管连接至所述内部冷却通路的所述低压冷却剂区域;以及

传热结构,所述传热结构定位在所述歧管内,以在操作期间与从所述高压连接器流向所述低压连接器的冷却剂相互作用;

所述高压连接器连接至所述歧管时所处的部位与所述低压连接器跨过至少大部分所述歧管连接至所述歧管时所处的部位相对;

所述歧管包括位于所述平台的所述吸力侧的所述后侧内的位置,并且所包括的形状与所述平台的所述吸力侧的所述后侧的形状相对应;

其中所述歧管的第一内壁与所述翼型件的基部的所述吸力侧的外形成间隔关系地延伸,第二内壁与所述平台的所述后部边缘成大致间隔关系地延伸,并且第三内壁与所述平台的所述吸力侧斜面成间隔关系地延伸;

随着所述歧管从靠近所述吸力侧斜面的第一位置延伸至靠近压力侧斜面的第二位置,所述歧管沿轴向变窄;并且其中所述歧管包括大致恒定的径向高度;

所述歧管构造成使得在使用中,几乎所有的流过所述歧管的冷却剂都通过所述低压连接器回到所述内部冷却通路;

多个冷却孔在所述歧管与所述吸力侧斜面以及所述歧管与所述平台的所述后部边缘之间延伸,所述冷却孔构造成提供用于一部分流过所述歧管的冷却剂的出口;并且

其中所述冷却孔构造成具有预定流通面积,所述预定流通面积与期望的冷却剂冲击特性相对应。

## 涡轮机转子叶片平台冷却装置

### 技术领域

[0001] 本发明总体涉及燃烧涡轮发动机,如本说明书中所使用并且除非通过其它方式具体说明的,所述燃烧涡轮发动机包括所有类型的燃烧涡轮发动机,例如用于发电的那些燃烧涡轮发动机以及飞机发动机。更具体地,但并不以限制的方式,本发明涉及用于对涡轮机转子叶片的平台区域进行冷却的装置、系统和 / 或方法。

### 背景技术

[0002] 燃气涡轮发动机典型地包括压缩机、燃烧器、和涡轮。压缩机和涡轮通常包括按级沿轴向层叠的、成行的翼型件或叶片。每一级都典型地包括一行固定的、沿周向间隔开的定子叶片,以及一组围绕中心轴线或轴旋转的、沿周向间隔开的转子叶片。在操作中,压缩机中的转子叶片围绕轴旋转,以对空气流进行压缩。压缩空气接着在燃烧器内用于燃烧燃料供给。从燃烧过程获得的热气流膨胀通过涡轮,从而造成转子叶片使轴旋转,转子叶片连接至该轴。通过该方式,包含在燃料中的能量转化成旋转轴的机械能,该机械能例如接着可以用于使发电机的线圈旋转,以产生电力。

[0003] 参照图 1 和图 2,涡轮机转子叶片 100 通常包括翼型部分或翼型件 102、以及根部或根部 104。可以将翼型件 102 描述成具有凸形吸力面 105 和凹形压力面 106。可以进一步将翼型件 102 描述成具有前缘 107(向前边缘)和后缘 108(后部边缘)。可以将根部 104 描述成具有用于将叶片 100 固定至转子轴的结构(如图所示,典型地包括燕尾榫 109)、翼型件 102 从其延伸的平台 110、和柄部 112,柄部 112 包括位于燕尾榫 109 与平台 110 之间的结构。

[0004] 如图所示,平台 110 可以是基本平面 / 平坦的。(注意:如本说明书中所使用的,“平面”的意思是大致或基本呈平面形状。例如,本领域普通技术人员应当领会,平台可以构造成具有轻度弯曲和凸形的外侧表面,其中曲率与涡轮机在转子叶片的径向部位处的圆周相对应。如本说明书中所使用的,该类型的平台形状被认为是平面的,其原因是曲率半径足够大,从而使得平台具有平坦外观)。更具体地,平台 110 可以具有平面顶侧 113,如图 1 中所示,平面顶侧 113 可以包括沿轴向和周向延伸的平坦表面。如图 2 中所示,平台 110 可以具有平面底侧 114,平面底侧 114 也可以包括沿轴向和周向延伸的平坦表面。平台 110 的顶侧 113 和底侧 114 可以形成为使得它们都彼此基本平行。如图所示,应当领会,平台 110 典型地具有薄的径向外形,即,平台 110 的顶侧 113 与底侧 114 之间的径向距离相对较短。

[0005] 总体而言,涡轮机转子叶片 100 上采用平台 110 来形成燃气涡轮机的热气路径部段的内部流动路径边界。平台 110 进一步为翼型件 102 提供结构支承。在操作中,涡轮机的旋转速度引起机械载荷,该机械载荷能够沿平台 110 产生高应力区域,当与高温相关时,所述高应力区域最终造成操作缺陷的形成,例如氧化、蠕变、低周疲劳裂纹等、以及其它的缺陷。当然,这些缺陷不利地影响转子叶片 100 的使用寿命。应当领会,这些恶劣的操作条件(即,暴露于热气路径的极限温度和与旋转叶片相关的机械载荷)能够在设计表现良好且成本效益高的耐用、持久的转子叶片平台 110 方面产生巨大挑战。

[0006] 一个能够使平台区域 110 更加耐用的常用解决方案,是在操作期间通过压缩空气流或其它冷却剂流对平台区域 110 进行冷却,并且多种这些类型的平台设计是已知的。然而,像本领域普通技术人员应当领会的那样,平台区域 110 所展示出的某些设计挑战使得难以通过该方式进行冷却。在很大程度上,这是由于该区域的不合适的 (awkward) 几何形状,如上所述,其原因在于平台 110 是定位成远离转子叶片的中央核心的外围部件,并且典型地设计成具有结构牢固、但是沿径向薄的厚度。

[0007] 为了使冷却剂循环,转子叶片 100 典型地包括一个或多个空心冷却通路 116 (见图 3、图 4 和图 5),所述一个或多个空心冷却通路 116 至少沿径向延伸通过叶片 100 的核心,包括通过根部 104 和翼型件 102。如下文更加详细地描述的,为了增加换热,这种冷却通路 116 可以形成为能够具有缠绕 / 盘旋通过叶片 100 的中央区域的蛇形路径,但是其它的构造也是可能的。在操作中,冷却剂可以通过形成在根部 104 的内侧部分中的一个或多个进口 117 进入中央冷却通路。冷却剂可以循环通过叶片 100,并且通过形成在翼型件上的出口 (未示出)、且 / 或通过形成在根部 104 中的一个或多个出口 (未示出) 离开。冷却剂可以被加压,并且可以例如包括加压空气、与水、蒸汽等混合的加压空气。在许多情况下,冷却剂是从发动机的压缩机转向的压缩空气,但是其它的源也是可能的。如下文更加详细地讨论的,这些冷却通路典型地包括高压冷却剂区域和低压冷却剂区域。高压冷却剂区域典型地与具有较高冷却剂压力的冷却通路上游部分相对应,而低压冷却剂区域与具有相对较低的冷却剂压力的下游部分相对应。

[0008] 在一些情况下,冷却剂可以从冷却通路 116 被引导至形成在相邻的转子叶片 100 的柄部 112 与平台 110 之间的腔 119 中。从该处起,冷却剂可以用于对叶片的平台区域 110 进行冷却,图 3 中展示了其传统设计。该类型的设计典型地从冷却通路 116 中的一个冷却通路 116 抽取空气,并且使用空气对形成在柄部 112 / 平台 110 之间的腔 119 进行加压。一旦加压,该腔 119 接着将冷却剂供给至冷却通道,所述冷却通道延伸通过平台 110。在横跨平台 110 之后,冷却空气可以通过形成在平台 110 的顶侧 113 中的冷却孔离开所述腔。

[0009] 然而,应当领会,该类型的传统设计具有若干缺点。首先,由于只有在将两个邻近的转子叶片 100 组装之后才形成冷却回路,因此冷却回路的一部分不是自包含 (self-contained) 的。这在很大程度上增加了安装和预安装流测试的困难性和复杂性。第二个缺点是形成在相邻的转子叶片 100 之间的腔 119 的完整性取决于对腔 119 周边的密封如何。不充分 (inadequate) 的密封可能导致平台冷却不充分、以及 / 或者浪费冷却空气。第三个缺点是热气路径气体可能被吸入腔 119 或平台自身 110 中的固有风险。如果没有在操作期间将腔 119 保持在足够高的压力下,那么可能会发生这种情况。如果腔 119 的压力下降到热气路径内的压力之下,那么热气将被吸入柄部腔 119 或平台 110 自身中,从而通常对这些部件造成损坏,其原因是这些部件并未设计成能够经受暴露于热气路径条件。

[0010] 图 4 和图 5 示出了另一种类型的用于平台冷却的传统设计。在该情况下,冷却回路容纳在转子叶片 100 内并且不包括柄部腔 119,如图所示。冷却空气从延伸通过叶片 110 的核心的冷却通路 116 中的一个冷却通路 116 被抽取,并且被向后引导通过形成在平台 110 内的冷却通道 120 (即,“平台冷却通道 120”)。如若干箭头所示,冷却空气流过平台冷却通道 120,并且通过平台 110 的后部边缘 121 的出口、或从沿吸力侧边缘 122 布置的出口离开。(注意:在描述或参照矩形平台 110 的边缘或面时,所述矩形平台 110 的边缘或面均可以基

于一旦安装叶片 100 后其相对于翼型件 102 的吸力面 105 和压力面 106、以及 / 或者发动机的向前方向和后部方向的部位被描述。这样一来,像本领域普通技术人员应当领会的那样,平台可以包括后部边缘 121、吸力侧边缘 122、前缘 124、和压力侧边缘 126,如图 3 和图 4 中所示。此外,吸力侧边缘 122 和压力侧边缘 126 通常还被称作“斜面”,并且一旦安装了邻近的转子叶片 100,形成在吸力侧边缘 122 与压力侧边缘 126 之间的狭窄腔可以被称作“斜面腔”。)

[0011] 应当领会,图 4 和图 5 的传统设计相对于图 3 的设计的优点在于,图 4 和图 5 的传统设计不受组装或安装条件中的变化的影响。然而,该类传统设计具有若干限制或缺陷。首先,如图所示,翼型件 102 的每一侧上仅设置有一个回路,并且因此,具有的缺点是对用于平台 110 的不同部位处的冷却空气的量的控制有限。其次,该类传统设计所具有的覆盖面积通常有限。尽管图 5 的蛇形路径在覆盖方面相对于图 4 是改进的,但是平台 110 内仍然存在未冷却的死区。第三,为了通过复杂地形成的平台冷却通道 120 获得更好覆盖,制造成本显著提高,特别是如果冷却通道所具有的形状需要铸造工艺来形成的话。第四,这些传统设计通常在使用冷却剂之后、和冷却剂完全耗尽之前将冷却剂排放到热气路径中,从而不利地影响发动机的效率。第五,该类传统设计所具有的灵活性通常很小。即,通道 120 形成平台 110 的整体部分,并且能够随着操作条件发生变化而改变其功能或构造的机会很小、或者不能提供这样的机会。此外,这些类型的传统设计难于修复或翻新。

[0012] 因此,传统的平台冷却设计在一个或多个重要方面有所不足。仍然需要能够有效和高效地对涡轮机转子叶片的平台区域进行冷却,同时还能够成本效益高地构建、应用灵活、并且耐用的改进的装置、系统、和方法。

## 发明内容

[0013] 因此,本发明描述了一种位于涡轮机转子叶片中的平台冷却装置,该涡轮机转子叶片具有位于翼型件与根部之间的界面处的平台,其中该转子叶片包括形成在其中的内部冷却通路,该内部冷却通路从与位于根部处的冷却剂源形成的连接部延伸至该平台的大致径向高度,其中,在操作中,该内部冷却通路包括高压冷却剂区域和低压冷却剂区域;并且其中沿与翼型件的吸力侧相一致的侧面,该平台的吸力侧包括从翼型件沿周向延伸至吸力侧斜面的顶侧,并且其中该平台的吸力侧包括与翼型件的后缘相一致的后部边缘、和与翼型件的前缘相一致的向前边缘。该平台冷却装置可以包括:歧管,该歧管定位在平台的吸力侧的向前侧和后侧中的至少一个内;高压连接器,该高压连接器将歧管连接至内部冷却通路的高压冷却剂区域;低压连接器,该低压连接器将歧管连接至内部冷却通路的低压冷却剂区域;以及传热结构,该传热结构定位在歧管内,以在操作期间与从高压连接器流向低压连接器的冷却剂相互作用。

[0014] 所述传热结构包括多个台柱。所述传热结构包括缠绕路径。所述平台包括平面顶侧,所述平面顶侧与平面底侧大致平行;所述歧管布置在所述平面顶侧与所述平面底侧之间,并且与所述平面顶侧和所述平面底侧大致平行;并且所述传热结构和所述歧管构造成在操作期间引导冷却剂跨过所述歧管从所述高压连接器到达所述低压连接器。所述高压连接器连接至所述歧管时所处的部位与所述低压连接器跨过至少大部分所述歧管连接至所述歧管时所处的部位相对。所述歧管包括位于所述平台的所述吸力侧的所述后侧内的位

置,并且所包括的形状与所述平台的所述吸力侧的所述后侧的形状大致相对应;其中所述歧管的第一内壁与所述翼型件的基部的所述吸力侧的外形成间隔关系地延伸,第二内壁与所述平台的所述后部边缘成大致间隔关系地延伸,并且第三内壁与所述平台的所述吸力侧斜面成大致间隔关系地延伸。

[0015] 随着所述歧管从靠近所述吸力侧斜面的第一位置延伸至靠近所述压力侧斜面的第二位置,所述歧管沿轴向变窄;并且其中所述歧管包括大致恒定的径向高度。所述歧管构造使得在使用中,几乎所有的流过所述歧管的冷却剂都通过所述低压连接器回到所述内部冷却通路。多个冷却孔在所述歧管与所述吸力侧斜面以及所述歧管与所述平台的所述后部边缘之间延伸,所述冷却孔构造提供用于一部分流过所述歧管的冷却剂的出口;并且其中所述冷却孔构造具有预定流通面积,所述预定流通面积与期望的冷却剂冲击特性相对应。所述歧管构造使得在使用中,至少 50% 的流过所述歧管的冷却剂通过所述低压连接器回到所述内部冷却通路。所述平台冷却装置进一步包括薄膜冷却孔,所述薄膜冷却孔将所述歧管连接至通过所述平台的所述顶侧形成的端口。

[0016] 所述歧管包括平面顶部和平面底部,所述平面顶部和所述平面底部相对于彼此位于基本恒定的径向高度,并且定向成使得均与所述平台基本平行。所述传热结构包括多个台柱,所述台柱包括在所述歧管的所述顶部与所述底部之间伸展的圆柱结构。所述多个台柱包括通过所述歧管间隔开的至少 5 个台柱;或者,所述多个台柱包括通过所述歧管间隔开的至少 10 个台柱。所述传热结构还可以包括多个平行冷却通路,所述多个平行冷却通路布置成横穿所述歧管从高压增压室到达低压增压室,所述平行冷却通路包括壁,所述壁在所述歧管的所述顶部与所述底部之间伸展。所述高压连接器包括靠近所述第一位置的部位。所述低压连接器包括靠近所述第二位置的位置。所述高压连接器从一个位于所述平台内的、在外形上与所述翼型件的中间部分对准的位置延伸至一个位于所述平台内的、靠近所述平台的所述吸力侧斜面的位置;并且其中所述低压连接器从一个位于所述平台内的、在外形上与所述翼型件的后部对准的位置延伸至一个位于所述平台内的、靠近所述平台的所述后部边缘的位置。

[0017] 本发明还提供一种燃烧涡轮发动机,所述燃烧涡轮发动机包括:压缩机;燃烧器;涡轮;以及涡轮机转子叶片,所述涡轮机转子叶片具有平台冷却装置;其中所述涡轮机转子叶片包括位于翼型件与根部之间的界面处的平台,其中所述转子叶片包括形成在其中的内部冷却通路,所述内部冷却通路从与位于所述根部处的冷却剂源形成的连接部延伸至所述平台的大致径向高度,其中,在操作中,所述内部冷却通路包括高压冷却剂区域和低压冷却剂区域,并且其中沿与所述翼型件的吸力侧相一致的侧面,所述平台的吸力侧包括从所述翼型件沿周向延伸至吸力侧斜面的顶侧,并且其中所述平台的所述吸力侧包括与所述翼型件的后缘相一致的后部边缘。所述平台冷却装置包括:歧管,所述歧管定位在所述平台的所述吸力侧的后侧内;高压连接器,所述高压连接器将所述歧管连接至所述内部冷却通路的所述高压冷却剂区域;低压连接器,所述低压连接器将所述歧管连接至所述内部冷却通路的所述低压冷却剂区域;以及传热结构,所述传热结构定位在所述歧管内,以在操作期间与从所述高压连接器流向所述低压连接器的冷却剂相互作用。

[0018] 当通过结合附图和所附权利要求阅览下文对优选实施例的详细描述时,本发明的这些和其它的特征将变得显而易见。

## 附图说明

[0019] 通过结合附图仔细研究下文对本发明的示例性实施例的更加详细的描述,将更完整地理解和领会本发明的这些和其它的特征,在附图中:

[0020] 图 1 示出了示例性涡轮机转子叶片的透视图,该示例性涡轮机转子叶片中可以采用本发明的实施例;

[0021] 图 2 示出了涡轮机转子叶片的仰视图,该涡轮机转子叶片中可以使用本发明的实施例;

[0022] 图 3 示出了邻近的涡轮机转子叶片的剖视图,所述邻近的涡轮机转子叶片具有根据传统设计的冷却系统;

[0023] 图 4 示出了具有平台的涡轮机转子叶片的俯视图,该平台具有根据传统设计的内部冷却通道;

[0024] 图 5 示出了具有平台的涡轮机转子叶片的俯视图,该平台具有根据备选的传统设计的内部冷却通道;

[0025] 图 6 示出了根据本发明的示例性实施例的涡轮机转子叶片和平台冷却装置的透视图;

[0026] 图 7 示出了根据本发明的示例性实施例的涡轮机转子叶片和平台冷却装置的俯视图,其中具有局部横截面示意图;以及

[0027] 图 8 示出了根据本发明的备选实施例的涡轮机转子叶片和平台冷却装置的俯视图,其中具有局部横截面示意图。

## 具体实施方式

[0028] 应当领会,通过冷却剂的内部循环进行冷却的涡轮机叶片典型地包括内部冷却通路 116,内部冷却通路 116 从根部径向向外延伸、通过平台区域、并且进入翼型件,如上文参照若干传统的冷却设计所描述的。应当领会,本发明的某些实施例可以结合传统的冷却剂通路使用,以增强高效主动的平台冷却、或者使得能够进行高效主动的平台冷却,并且结合常见的设计对本发明进行讨论:具有缠绕(盘旋)或弯曲构造的内部冷却通路 116。如附图中所示,弯曲路径典型地构造成允许冷却剂的单向流动,并且包括能够促进冷却剂与周围的转子叶片 100 之间换热的特征设计。在操作中,典型地为从压缩机流出(bled)的压缩空气(但是其它类型的冷却剂也可以用于本发明的实施例,例如蒸汽)的加压冷却剂通过穿过根部 104 形成的连接部被供给至内部冷却通路 116。压力驱动冷却剂通过内部冷却通路 116,并且冷却剂通过对流传送来自周围壁的热。

[0029] 应当领会,随着冷却剂移动通过冷却通路 116,冷却剂会损失压力,其中处于内部冷却通路 116 的上游部分中的冷却剂所具有的压力高于处于下游部分处的冷却剂。如下文更详细地讨论的,该压差可以用于驱动冷却剂跨过、或通过形成在平台中的冷却通路。应当领会,本发明可以用于具有不同构造的内部冷却通路的转子叶片 100 中,并且不限于具有弯曲形式的内部冷却通路。因此,如本说明书中所使用的,术语“内部冷却通路”或“冷却通路”的意思是包括冷却剂可以通过其中在转子叶片中循环的任何通路或空心通道。如本说明书中所提出的,本发明的内部冷却通路 116 延伸至至少平台 116 的大致径向高度,并且

可以包括至少一个冷却剂压力相对较高的区域（该区域在下文中被称作“高压区域”，并且在一些情况下，可以是弯曲通路内的上游部段）、以及至少一个冷却剂压力相对较低的区域（该区域在下文中被称作“低压区域”，并且可以是相对于高压区域的弯曲通路内的下游部段）。

[0030] 总体而言，传统的内部冷却通路 116 的各种设计在对转子叶片 100 内的某些区域的主动冷却方面是有效的。然而，本领域普通技术人员应当领会，平台区域证明是更具挑战性的。这至少部分地由于平台的不规则的几何形状——即，其狭窄的径向高度、及其伸离（juts away）转子叶片 100 的核心或主体所采取的方式。然而，考虑到其暴露于热气体路径的极限温度和高机械负载，平台的冷却需求是巨大的。如上文所描述的，传统的平台冷却设计是无效的，原因是其无法解决特定的区域挑战，且在对冷却剂的使用方面是低效的，并且 / 或者制造成本高。

[0031] 再次参照附图，图 6 至图 8 提供了本发明，即，平台冷却构造 / 装置 130 的示例性实施例的若干视图。如图所示，在某些实施例中，歧管 134 定位在平台 110 的吸力侧 129 的后侧内。高压连接器 148 可以构造成将歧管 134 连接至内部冷却通路 116 的高压冷却剂区域，并且低压连接器 149 可以构造成将歧管 134 连接至内部冷却通路 116 的低压冷却剂区域。

[0032] 传热结构可以定位在歧管 134 内，以在操作期间与从高压连接器 148 流向低压连接器 149 的冷却剂相互作用。在某些实施例中，如图 6 和图 7 中所示，传热结构可以包括多个台柱（pedestal）162。在其它实施例中，传热结构可以包括缠绕路径，如图 8 中所示。通过歧管 134 的缠绕路径可以由备选的歧管隔离部 163 形成。歧管 134 可以包括平面顶部和平面底部，所述平面顶部和平面底部相对于彼此位于基本恒定的径向高度，并且可以定向成使得均可与平台 110 基本平行。台柱 162 可以包括在歧管 134 的顶部与底部之间伸展的圆柱结构。多个台柱 162 可以包括通过歧管 134 间隔开的至少五个台柱 162。在其它实施例中，多个台柱 162 可以包括通过歧管 134 间隔开的至少十个台柱 162。在其它情况下，传热结构可以包括多个平行冷却通路，所述多个平行冷却通路布置成横穿歧管 134 从高压连接器 148 到达低压连接器 149。平行冷却通路可以构造成具有壁，与间隔部 163 形成为引导冷却剂通过缠绕路径所通过的方式相似，所述壁在歧管 134 的顶部与底部之间伸展。

[0033] 所述平台可以包括包括平面顶侧 113，平面顶侧 113 与平面底侧 114 大致平行。歧管 134 可以布置在平面顶侧 113 与平面底侧 114 之间，并且与平面顶侧 113 和平面底侧 114 大致平行。传热结构和歧管 134 可以构造成在操作期间引导冷却剂跨过歧管 134 从高压连接器 148 到达低压连接器 149。高压连接器 148 连接至歧管 134 时所处的部位 / 位置可以与低压连接器 149 跨过歧管 134 的至少大部分连接至歧管 134 时所处的部位 / 位置相对。通过该方式，从高压连接器 148 流向低压连接器 149 的冷却剂可以跨过歧管 134 的大部分。

[0034] 歧管 134 可以包括平台 110 的吸力侧 129 的后侧内的位置（吸力侧 128 相对于平台 110 的压力侧 128 位于翼型件 102 的相对侧上），并且所具有的形状与平台 110 的吸力侧 129 的后侧的形状大致相对应。因此，歧管 134 的第一内壁与翼型件 110 的基部的吸力侧 105 的外形 / 轮廓成间隔关系地延伸，其第二内壁与平台 110 的后部边缘 121 成大致间隔关系地延伸，并且第三内壁与平台 110 的吸力侧斜面 122 成大致间隔关系地延伸。如图所示，随着歧管 134 从靠近吸力侧斜面 122 的第一位置延伸至靠近压力侧斜面 126 的第二

位置,歧管 134 可以沿轴向变窄。在一些实施例中,整个歧管 134 可以包括大致恒定的径向高度。在某些实施例中,歧管 134 可以构造成使得在使用中,几乎所有流过歧管 134 的冷却剂都可以通过低压连接器 149 回到内部冷却通路。在该种情况下,可以不形成冷却孔 156,如图 6 中所示,并且通过铸造工艺形成的印刷出口 (print outlet) 165 可以完全通过塞 164 塞住。

[0035] 在其它实施例中,多个冷却孔 156 可以在歧管 134 与平台 110 的吸力侧斜面 122 和后部边缘 121 之间延伸。冷却孔 156 可以构造成提供用于一部分流过歧管 134 的冷却剂的出口。冷却孔 156 可以构造成具有预定流通面积,该预定流通面积与期望的冷却剂冲击特性相对应。即,冷却孔 156 可以狭窄地形成,使得所释放的冷却剂受到冲击、并且被引导以一定速度冲击相邻的涡轮机叶片 100 的斜面,从而总体提高冷却剂的冷却效率。应当领会,斜面腔以及限定了斜面腔的斜面是平台 110 的难于冷却的区域,并且斜面冷却孔 156 可以是对这种难于冷却的区域进行冷却的有效方式。沿平台 110 的后部边缘 121 形成的冷却孔 156 可以类似地对区域进行冷却。在某些实施例中,如图 8 中所示,薄膜冷却孔 166 可以形成为能够将歧管 134 连接至通过平台 110 的顶侧 113 形成的端口。流过这些孔的冷却剂可以对平台 110 的顶侧提供薄膜冷却。歧管 134 冷却孔 156 和薄膜冷却孔 166 可以形成为、或用仪器测量使得至少 50% 的流过歧管 134 的冷却剂可以通过低压连接器 149 回到内部冷却通路。

[0036] 低压连接器 149 可以包括靠近翼型件 102 的后缘 108 的位置 / 部位 (location), 如图所示。高压连接器 148 可以包括靠近翼型件 102 的中间区域的部位。更具体地,高压连接器 148 可以构造成从一个位于平台 110 内、在外形 / 轮廓上与翼型件的中部对准 (对齐) 的位置延伸至一个位于平台 110 内的、靠近平台 110 的吸力侧斜面 122 的位置。低压连接器 149 可以构造成从一个位于平台 110 内的、在外形 / 轮廓上与翼型件 102 的后部对准 (对齐) 的位置延伸至一个位于平台 110 内、靠近平台 110 的后部边缘 121 的位置。

[0037] 在操作中,本发明的冷却孔可以起到如下作用。一部分流过内部冷却通路 116 的冷却剂供给进入高压连接器 148。冷却剂接着通过歧管 134, 并且随着冷却剂通过歧管 134 中,冷却剂通过对流传送来自周围平台 110 的热,由此对平台 110 进行冷却。通过该方式,本发明的平台冷却装置 130 从内部冷却通路 116 抽取一部分冷却剂,使用冷却剂来从平台 110 除热,并且接着使冷却剂或者至少一部分冷却剂回到内部冷却通路 116, 在内部冷却通路 116 处可以进一步使用冷却剂。

[0038] 本发明提供了一种能够主动冷却燃烧涡轮机转子叶片的平台区域的机构。如上所述,该区域通常难于冷却,并且考虑到该区域的机械负载,该区域是随着火焰温度上升而接收高危信号的部位。因此,由于所追求的是较高的火焰温度、增加的输出、以及较高的效率,因此该类型的主动平台冷却是重要的使能技术。

[0039] 本领域普通技术人员应当领会,与若干示例性实施例相关的上文所述的许多变化的特征和构造可以进一步选择性地应用于形成本发明的其它可能的实施例。为了简洁起见并且考虑到本领域普通技术人员的能力,所有可能的重复都未提供或详细讨论,但是期望由所附的若干权利要求、或通过其它方式包含的所有组合以及可能的实施例都成为本发明的一部分。此外,通过上文对本发明的若干示例性实施例的描述,本领域技术人员将能够想到改进、改变、和改型。同样期望所附权利要求能够覆盖本技术领域内的这种改进、改变、和

改型。此外,显而易见的是,上文仅涉及本发明的所描述的实施例,并且可以在不偏离由所附权利要求及其等同形式限定的本发明的精神和范围的情况下在本说明书中进行多种改变和改型。

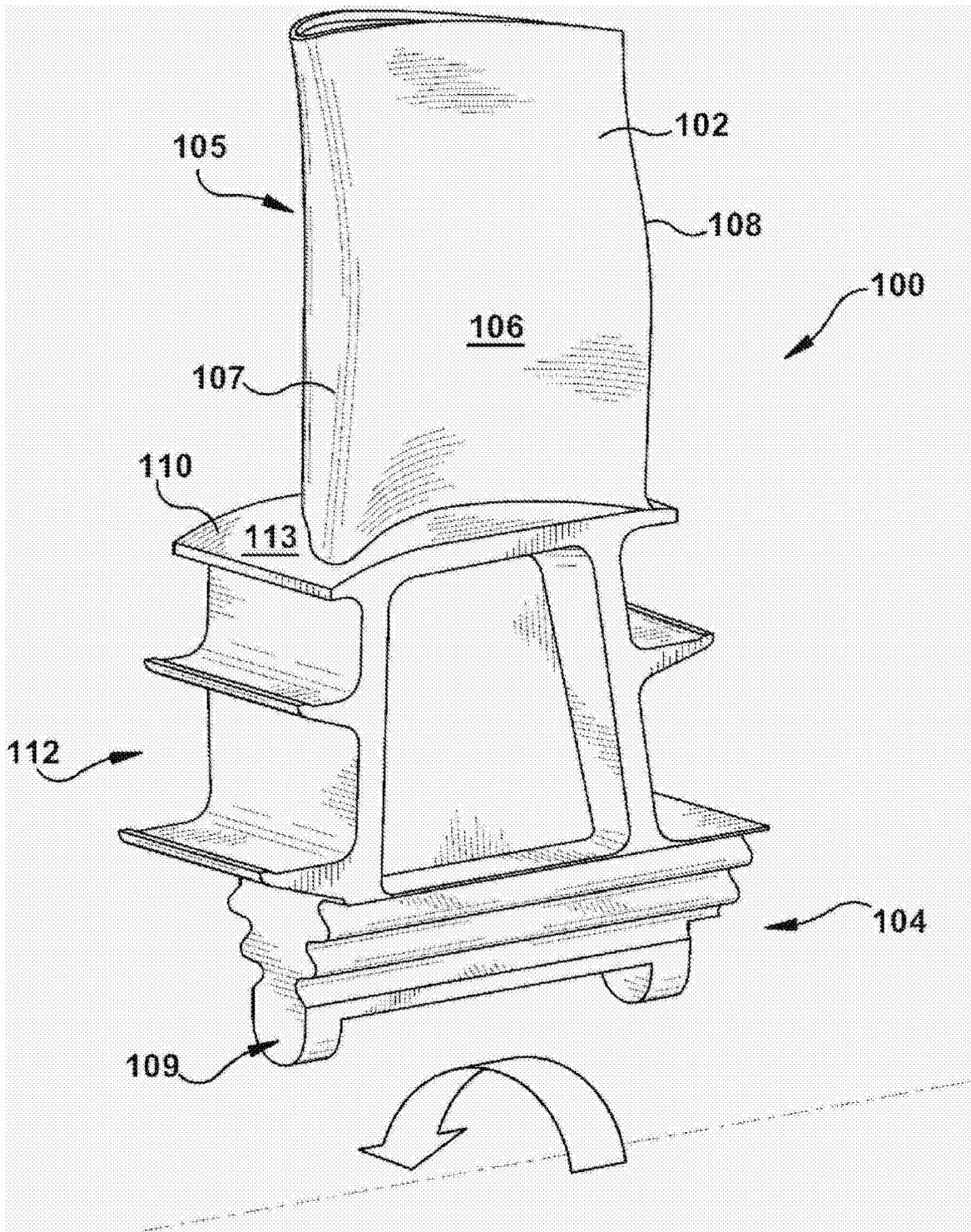


图 1

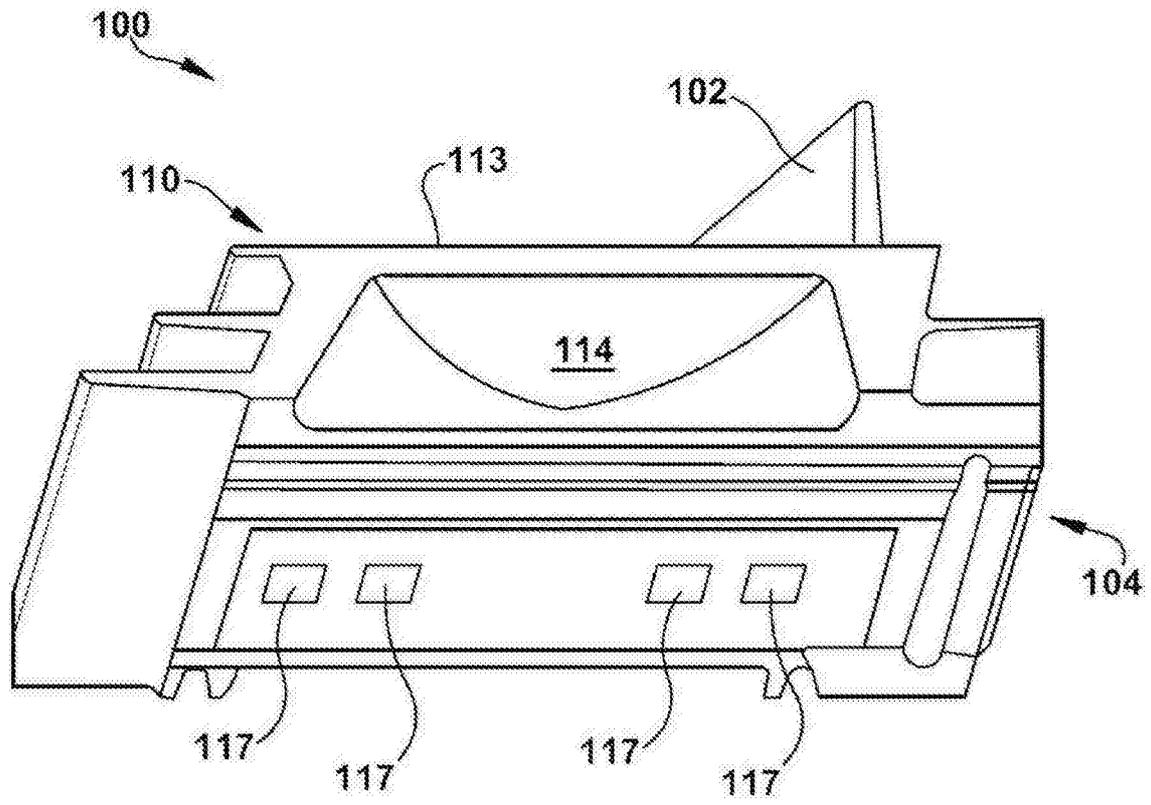


图 2



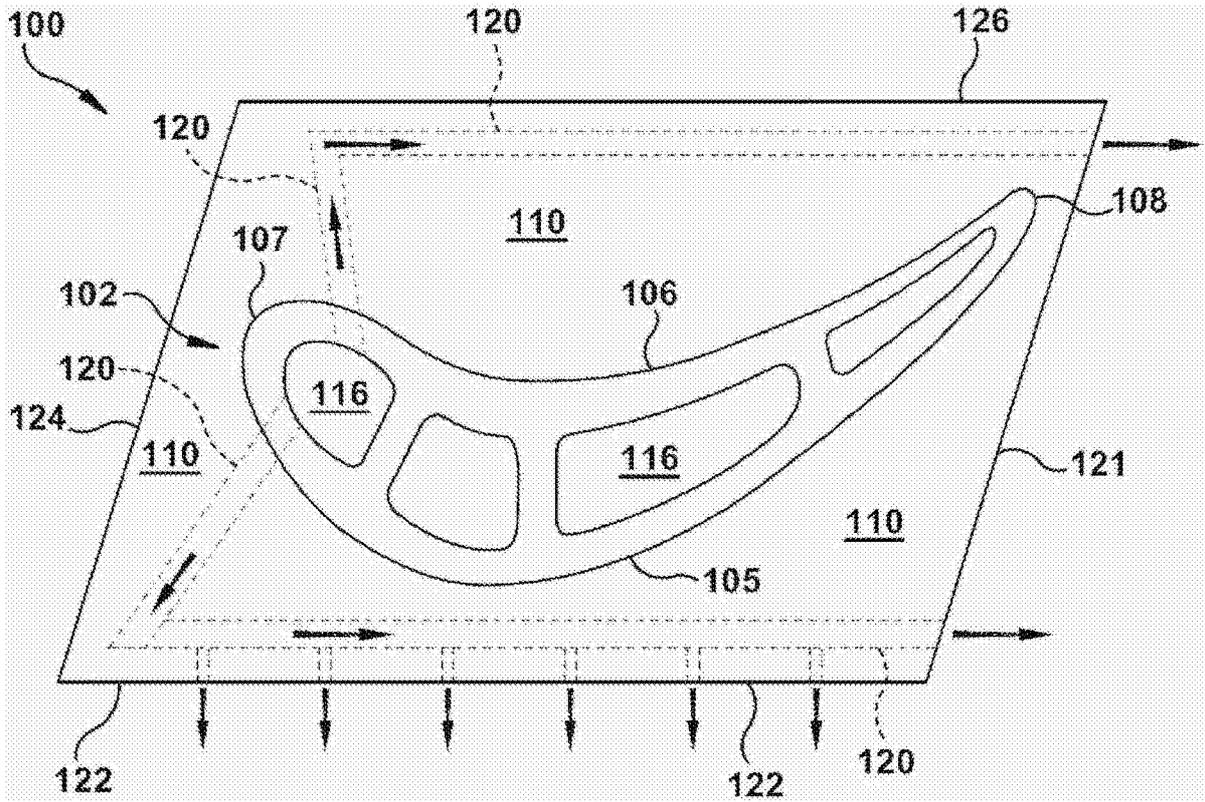


图 4(现有技术)

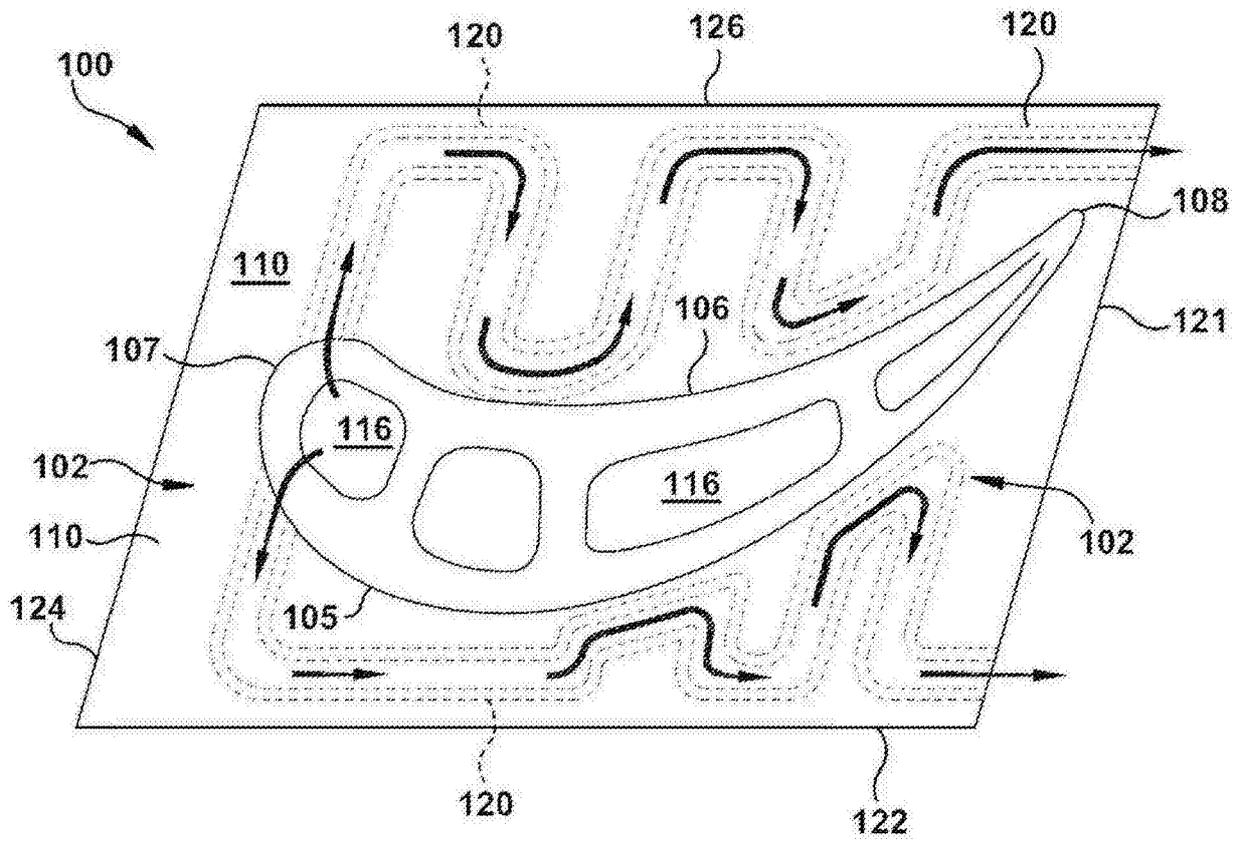


图5(现有技术)

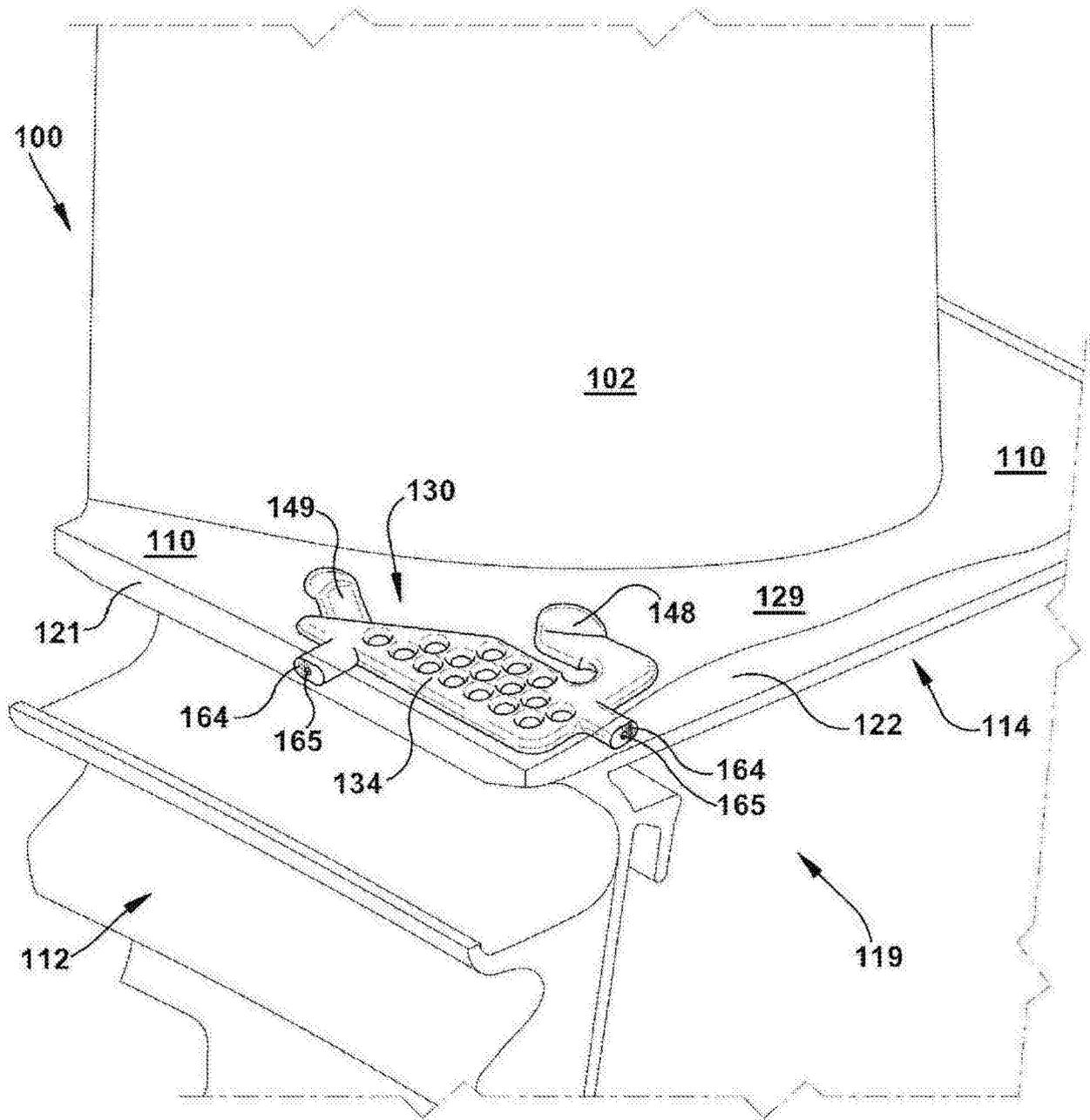


图 6

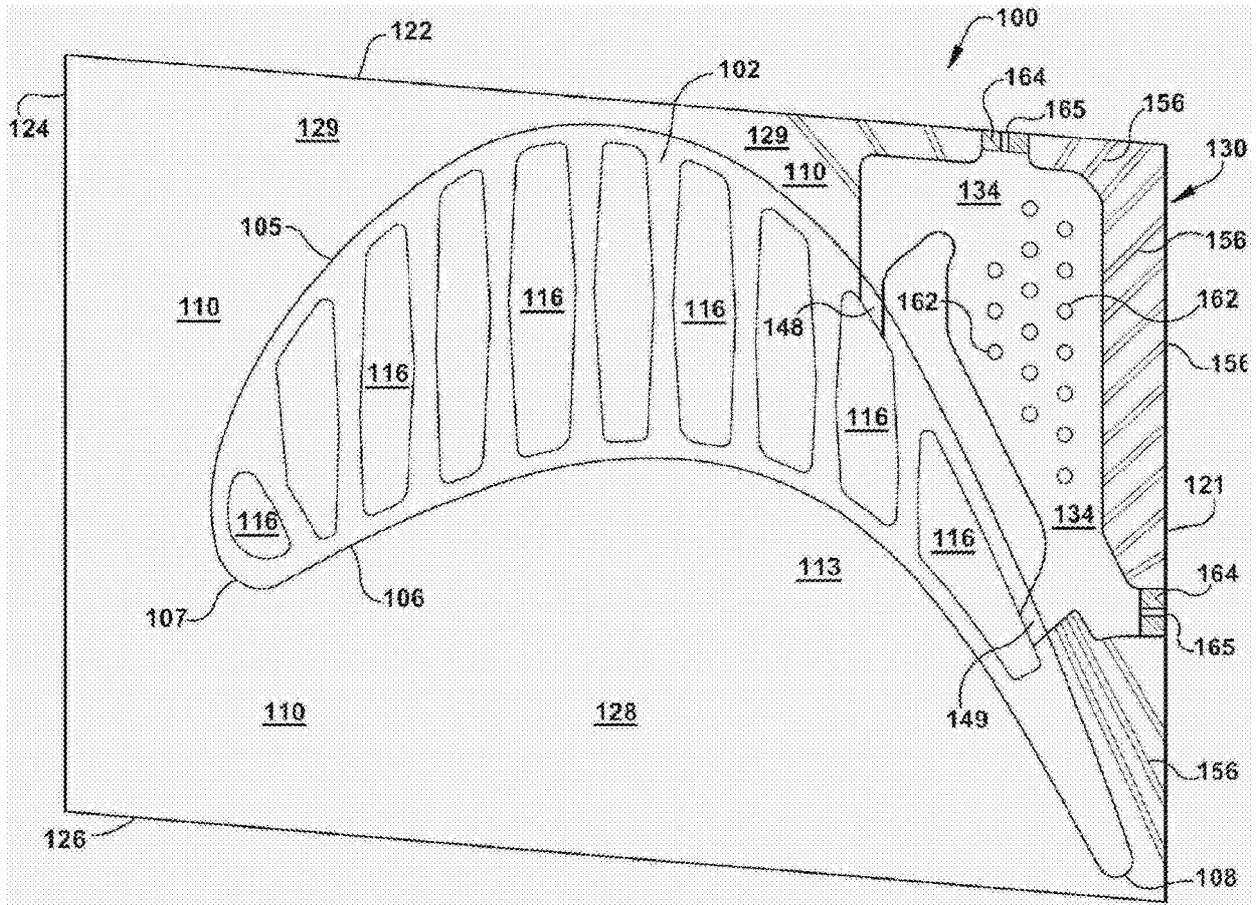


图 7

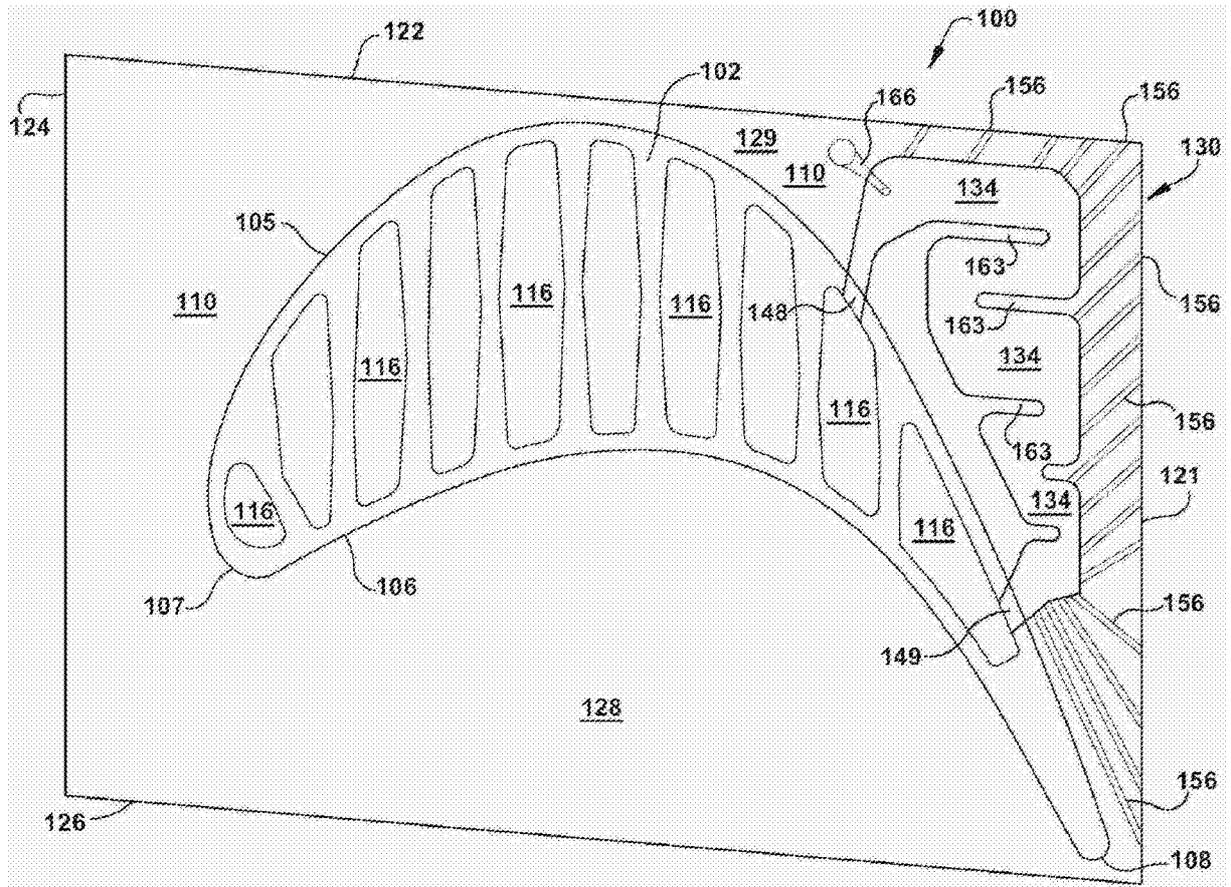


图 8