

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102562175 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 11

(21) 申请号 201110451893. 8

(22) 申请日 2011. 12. 20

(30) 优先权数据

12/972835 2010. 12. 20 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 J·W·小哈里斯 C·A·比勒克

S·E·艾利斯 D·A·海努姆

M·A·西利 X·付

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 肖日松 傅永霄

(51) Int. Cl.

F01D 5/18(2006. 01)

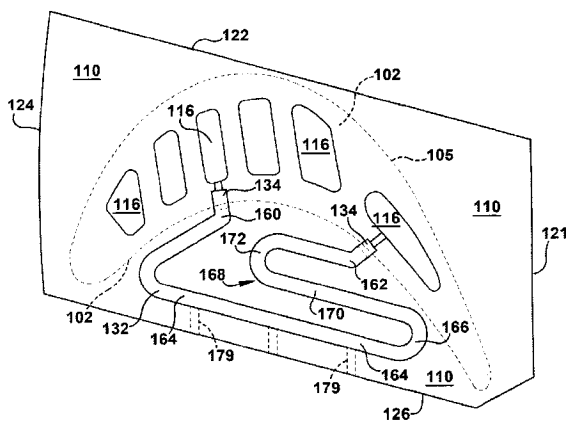
权利要求书 4 页 说明书 8 页 附图 7 页

(54) 发明名称

用于冷却涡轮转子叶片的平台区域的设备和方法

(57) 摘要

本发明涉及用于冷却涡轮转子叶片的平台区域的设备和方法。一种通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,该涡轮转子叶片包括在翼型与根部之间的交界面处的平台。在一实施例中,冷却管道构型包括:内部冷却通道,其构造成从与根部中的冷却剂源的连接延伸到翼型的内部;平台冷却管道,其横穿平台的至少一部分;翻折延伸部,其包括:包括与平台冷却管道的连接的第一区段和包括径向定向的冷却管道的第二区段;和连接部,其从通过根部的外面形成的连接部开口延伸到与内部冷却通道的连接,并且在其间,分开翻折延伸部的第二区段。



1. 一种通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,所述涡轮转子叶片包括在翼型与根部之间的交界面处的平台,所述冷却管道构型包括:

内部冷却通道,其构造成从与所述根部中的冷却剂源的连接延伸到所述翼型的内部;

平台冷却管道,其横穿所述平台的至少一部分;

翻折延伸部,其包括:包括与所述平台冷却管道的连接的第一区段;和包括径向定向的冷却管道的第二区段;和

连接部,其从通过所述根部的外面形成的连接部开口延伸到与所述内部冷却通道的连接,并且在其间,分开所述翻折延伸部的第二区段。

2. 根据权利要求1所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述根部包括连接装置和在所述连接装置与所述平台之间的柄部;并且其中,所述连接部开口通过所述柄部的外面形成;并且

其中,所述连接部从所述连接部开口以外侧方向对角地延伸。

3. 根据权利要求1所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述连接部开口包括塞,

在所述翻折延伸部的第二区段的内侧径向端部处,所述翻折延伸部包括闭塞端部;并且

所述连接部开口设置在所述平台的恰好内侧处。

4. 根据权利要求1所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述平台包括平坦构型;并且其中,所述平台冷却管道的纵向轴线包括与所述平台的平面的大致平行关系;并且

其中,所述连接部开口位于在所述柄部中形成的倒角区域,其存在于所述平台的恰好内侧处。

5. 根据权利要求1所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述翻折延伸部的第一区段包括轴向/周向定向的冷却管道;并且

其中,所述翻折延伸部包括在所述第一区段与所述第二区段之间的大致 90° 的弯头过渡。

6. 根据权利要求1所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述连接部倾斜分开所述翻折延伸部的第二区段。

7. 根据权利要求6所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述连接部的截面形状呈大致圆形形状并且构造成使得所述倾斜分开形成在所述第二区段中的包括椭圆形状的壁开口,所述椭圆形状包括与所述径向方向大致对齐的主轴。

8. 根据权利要求1所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述连接部是线性的并且包括纵向轴线;

其中,所述翻折延伸部的第二区段是线性的并且包括纵向轴线;并且

其中,所述翻折延伸部的第二区段和所述连接部构造成使得,在分开后,在所述连接部的纵向轴线与所述翻折延伸部的第二区段的纵向轴线之间形成的锐角包括在 15° 与 75° 之间。

9. 根据权利要求1所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述连接部是线性的并且包括纵向轴线;

其中,所述翻折延伸部的第二区段是线性的并且包括纵向轴线;并且

其中,所述翻折延伸部的第二区段和所述连接部构造成使得,在分开后,在所述连接部的纵向轴线与所述翻折延伸部的第二区段的纵向轴线之间形成的锐角包括在 30° 与 60° 之间。

10. 根据权利要求1所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述连接部是线性的并且包括纵向轴线;

其中,所述翻折延伸部的第二区段是线性的并且包括纵向轴线;并且

其中,所述翻折延伸部的第二区段和所述连接部构造成使得,在分开后,在所述连接部的纵向轴线与所述翻折延伸部的第二区段的纵向轴线之间形成的锐角包括大致 45° 。

11. 根据权利要求8所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述第二区段构造成使得所述第二区段的纵向轴线与径向定向的参考线形成在 30° 与 -30° 之间的锐角。

12. 根据权利要求8所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述第二区段构造成使得所述第二区段的纵向轴线与径向定向的参考线形成在 10° 与 -10° 之间的锐角。

13. 根据权利要求2所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,在操作中,所述内部冷却通道包括高压冷却剂区域和低压冷却剂区域;

其中,所述平台冷却管道包括上游端部和下游端部;

其中,所述冷却管道构型包括在所述平台冷却管道的各端部的翻折延伸部:上游翻折延伸部,所述上游翻折延伸部的第一区段形成与所述平台冷却管道的上游端部的连接;和下游翻折延伸部,所述下游翻折延伸部的第一区段形成与所述平台冷却管道的下游端部的连接;

其中,所述冷却管道构型包括在所述翻折延伸部的每一个处的连接部:高压连接部和低压连接部;

其中,所述高压连接部从通过所述柄部的外面形成的连接部开口延伸到与所述内部冷却通道的高压冷却剂区域的连接,并且在其间,分开所述上游翻折延伸部的第二区段;并且

其中,所述低压连接部从通过所述柄部的外面形成的连接部开口延伸到与所述内部冷却通道的低压冷却剂区域的连接,并且在其间,分开所述下游翻折延伸部的第二区段。

14. 根据权利要求13所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述平台冷却管道包括盘旋形式;

所述翼型包括压力侧和吸力侧,并且所述平台的压力侧包括与所述翼型的压力侧相对应的所述平台的侧,并且所述压力侧斜线面包括所述平台的压力侧的线性边缘;并且

所述平台冷却管道设置成首要通过所述平台的压力侧的内部。

15. 根据权利要求14所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,关于所述涡轮转子叶片的前部和后部方向,所述平台冷却管道的上游端部包括前部位置,并且所述平台冷却管道的下游端部包括后部位置;

其中,所述平台冷却管道包括斜线面区段,所述斜线面区段包括所述平台冷却管道的区段,其沿所述压力侧斜线面的长度的主要部分接近并且平行于所述压力侧斜线面;并且

其中,所述斜线面区段的上游端部接近所述平台冷却管道的上游端部。

16. 根据权利要求 15 所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,从所述斜线面区段,所述平台冷却管道包括第一折返部和所述第一折返部的下游处的存在于所述平台的中心地区压力侧的机内区段;

其中,所述机内区段包括所述第一折返部的直接下游处的线性区段和所述线性区段下游的第二折返部;并且

其中,所述第二折返部接近所述平台冷却管道的下游端部。

17. 根据权利要求 13 所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述上游翻折延伸部包括沿在所述平台与所述柄部之间的压力侧接合部的前部位置;并且

其中,所述下游翻折延伸部包括沿在所述平台与所述柄部之间的所述压力侧接合部的后部位置。

18. 根据权利要求 13 所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,所述平台冷却管道包括高度和宽度;

其中,所述高度包括所述平台冷却管道的径向高度;

其中,所述宽度包括穿过所述平台冷却管道的轴向/周向宽度;

其中,所述平台冷却管道的主要部分构造成使得所述宽度大于所述高度。

19. 根据权利要求 18 所述的通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,其特征在于,大致所有的所述平台冷却管道构造成使得所述宽度至少大于所述高度的两倍。

20. 一种制备通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型的方法,所述涡轮转子叶片具有在翼型与根部之间的交界面处的平台,所述方法包括如下步骤:

形成内部冷却通道,其构造成从与所述根部中的冷却剂源的连接延伸到所述翼型的内部;

形成平台冷却管道,其横穿所述平台的至少一部分;

形成翻折延伸部,其包括:第一区段,其形成与所述平台冷却管道的连接;和第二区段,其包括径向定向的冷却管道;并且

形成连接部,其从通过所述根部的外面形成的开口延伸到与所述内部冷却通道的连接,并且在其间,分开所述翻折延伸部的第二区段。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,其特征在于,形成翻折延伸部的步骤包括铸造工序;

其中,所述连接部在所述翻折延伸部之后形成;并且

其中,所述连接部的形成包括单一牵引式刨加工工序。

22. 根据权利要求 21 所述的方法,其特征在于,形成翻折延伸部的步骤包括将导杆定位在预定位置,所述预定位置与所述连接部的形成中的意图的加工路径相符;

其中,形成连接部的步骤包括利用所述导杆以导引所述加工工序。

23. 根据权利要求 21 所述的方法,其特征在于,所述根部包括连接装置和在所述连接装置与所述平台之间的柄部;

其中,所述连接部从设置在所述柄部的外面并且所述平台的恰好内侧处的起始位置加工;

其中,所述连接部以对于所述起始位置的向外方向对角地延伸;

还包括如下步骤:利用塞来塞住所述连接部,使得所述塞接近所述柄部的外表面。

24. 根据权利要求 21 所述的方法,其特征在于,所述连接部是线性的并且包括纵向轴

线；

其中，所述翻折延伸部的第二区段是线性的，并且包括纵向轴线；并且

其中，所述翻折延伸部的第二区段和所述连接部形成为使得，在分开后，在所述连接部的纵向轴线与所述翻折延伸部的第二区段的纵向轴线之间形成的锐角包括在 30° 与 60° 之间。

25. 根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，所述第二区段构造成使得所述第二区段的纵向轴线与径向定向的参考线形成在 10° 与 -10° 之间的锐角。

26. 根据权利要求 21 所述的方法，其特征在于，所述内部冷却通道形成为使得，在操作中，它包括高压冷却剂区域和低压冷却剂区域；

其中，所述平台冷却管道形成为包括上游端部和下游端部；

其中，翻折延伸部在所述平台冷却管道的各端部处形成：上游翻折延伸部，所述上游翻折延伸部的第一区段形成与所述平台冷却管道的上游端部的连接；和下游翻折延伸部，所述下游翻折延伸部的第一区段形成与所述平台冷却管道的下游端部的连接；

其中，连接部形成在所述翻折延伸部中的每一个处：高压连接部和低压连接部；

其中，所述高压连接部从通过所述柄部的外面形成的开口延伸到与所述内部冷却通道的高压冷却剂区域的连接，并且在其间，分开所述上游翻折延伸部的第二区段；并且

其中，所述低压连接部从通过所述柄部的外面形成的开口延伸到与所述内部冷却通道的低压冷却剂区域的连接，并且在其间，分开所述下游翻折延伸部的第二区段。

用于冷却涡轮转子叶片的平台区域的设备和方法

技术领域

[0001] 本申请大体涉及燃烧涡轮发动机,其如本文中所示并且除非另外明确地陈述,包括所有类型的燃烧涡轮发动机,诸如用在发电中的那些和航空发动机。更具体地,但不通过限制的方式,本申请涉及用于冷却涡轮转子叶片的平台区域的设备、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器、燃烧器和涡轮。压缩器和涡轮大体包括成级地轴向堆叠的翼型 (airfoil) 或叶片的排。各级典型地包括成排的周向间隔开的固定的定子叶片和成组的周向间隔开的转子叶片,其围绕中心轴线或轴旋转。在操作中,压缩器中的转子叶片围绕轴旋转以压缩空气流。压缩空气然后在燃烧器内利用以燃烧燃料的供应。由燃烧工序产生的热气体流通过涡轮膨胀,这导致转子叶片使它们附连到其上的轴旋转。以这种方式,燃料中包含的能量转换成旋转轴的机械能,其然后例如可用于旋转发电机的线圈以发电。

[0003] 参考图 1 和图 2,涡轮转子叶片 100 大体包括翼型部分或翼型 102 和根部部分或根部 104。翼型 102 可描述为具有凸吸力面 105 和凹压力面 106。翼型 102 还可描述为具有是前部边缘的前缘 107 和是后部边缘的后缘 108。根部 104 可描述为具有:用于将叶片 100 固定到转子轴的结构(其如图所示,典型地包括燕尾榫 109);平台 110,翼型 102 从其延伸;和柄部 112,其包括燕尾榫 109 与平台 110 之间的结构。

[0004] 如所示,平台 110 可基本平坦。(注意“平坦”,如本文中所示,意味着大致或基本呈平面的形状。例如,本领域技术人员将理解平台可构造成具有轻微弯曲和凸出的外表面,其中,曲率对应于在转子叶片的径向位置处的涡轮的周向。如本文中所示,这种类型的平台形状被视为平坦,因为曲率的半径足够大以给平台平直的外观。)更具体地,平台 110 可具有平坦顶侧 113,其如图 1 所示,可包括轴向并且周向延伸的平直表面。如图 2 所示,平台 110 可具有平坦下侧 114,其还可包括轴向并且周向延伸的平直表面。平台 110 的顶侧 113 和底侧 114 可形成为使得各基本彼此平行。如所示,将理解平台 110 典型地具有薄径向轮廓,即在平台 110 的顶侧 113 与底侧 114 之间存在相对短的径向间距。

[0005] 总体上,在涡轮转子叶片 100 上采用平台 110 以形成燃气涡轮的热气体路径区段的内侧流动路径边界。平台 110 还提供用于翼型 102 的结构支撑。在操作中,涡轮的旋转速度引起机械负荷,其沿平台 110 创造高应力区域,其当与高温耦合,最终导致操作缺陷,诸如氧化、蠕变、低循环疲劳破裂及其它的形成。这些缺陷,当然,负面地影响转子叶片 100 的有用寿命。将理解这些严苛的操作条件,即暴露于热气体路径的极端温度和与旋转叶片关联的机械负荷,对设计既良好执行又成本节约地制备的耐用的、长寿命的转子叶片平台 110 创造相当大的挑战。

[0006] 使平台区域 110 更耐用的一个常用解决方案是在操作期间利用压缩空气流或其它冷却剂冷却它,并且已知多种这些类型的平台设计。然而,如本领域技术人员将理解,平台区域 110 呈现使得它难以以这种方式冷却的某些设计挑战。在重要部分,这是由于这个

区域的棘手的几何形状产生,因为如所述,平台 110 是外围构件,其远离转子叶片的中心芯部并且典型地设计成具有结构上合理但薄的径向厚度。

[0007] 为循环冷却剂,转子叶片 100 典型地包括一个或多个中空内部冷却通道 116(参见图 3、图 4 和图 5),其通过叶片 100 的内部径向延伸,包括通过根部 104 和翼型 102。如下文更详细地描述地,为增加热量的交换,这种内部冷却通道 116 可形成为具有盘旋路径,其通过叶片 100 的中心区域缠绕,但是其它构型是可能的。在操作中,冷却剂可经由在燕尾榫 109 的内表面中形成的一个或多个进口 117 进入内部冷却通道。冷却剂可循环通过叶片 100 并且通过在翼型上形成的出口(未示出)和/或经由在根部 104 中形成的一个或多个出口(未示出)离开。冷却剂可加压,并且例如,可包括加压空气、与水混合的加压空气、蒸汽等。在许多情形中,冷却剂是从发动机的压缩器转移的压缩空气,但是其它源是可能的。如下文更详细地描述地,这些内部冷却通道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对应于具有更高冷却剂压力的冷却通道的上游部分,然而低压冷却剂区域对应于具有相对较低冷却剂压力的下游部分。

[0008] 在一些情形中,冷却剂可从内部冷却通道 116 引导进形成在柄部 112 与邻近转子叶片 100 的平台 110 之间的空腔 119。从那里,冷却剂可用于冷却叶片的平台区域 110,该传统设计在图 3 中呈现。该类型的设计典型地从内部冷却通道 116 的一个中抽取空气并且利用空气以对在柄部 112/平台 110 之间形成的空腔 119 加压。一旦加压,该空腔 119 然后供应冷却剂以冷却延伸通过平台 110 的管道。在横穿平台 110 之后,冷却空气可通过在平台 110 的顶侧 113 中形成的薄膜冷却孔离开空腔。

[0009] 然而,将理解该类型的传统设计具有若干缺点。首先,冷却回路不是在一个部分中整装(self-contained)的,因为冷却回路仅在两个相邻转子叶片 100 组装之后形成。这对安装和预安装流动测试增加相当程度的难度和复杂度。第二个缺点是在邻近转子叶片 100 之间形成的空腔 119 的完整性取决于空腔 119 的周边密封地多好。不充分的密封可导致不充分的平台冷却和/或浪费的冷却空气。第三个缺点是热气体路径气体可吸入空腔 119 或平台自身 110 的固有风险。如果空腔 119 在操作期间没有维持在足够高的压力下,那么这可出现。如果空腔 119 的压力下降到低于热气体路径内的压力,那么热气体将吸入柄部空腔 119 或平台 110 自身,这典型地损坏这些构件,因为它们不设计成忍耐暴露于热气体-路径的条件。

[0010] 图 4 和图 5 示出用于平台冷却的另一种类型的传统设计。在该情形中,冷却回路包含在转子叶片 100 内并且不涉及柄部空腔 119,如所示。冷却空气从内部冷却通道 116 的一个中抽取,内部冷却通道 116 延伸通过叶片 100 的芯部并且通过形成在平台 110 内的冷却管道(即“平台冷却管道 120”)朝后部引导。如由若干箭头所示,冷却空气流过平台冷却管道 120 并且通过在平台 110 的后部边缘 121 中的出口或从沿吸力侧边缘 122 布置的出口离开。(注意在描述或指示矩形平台 110 的边缘或面时,各可基于该边缘或面关于翼型 102 的吸力面 105 和压力面 106 和/或一旦叶片 100 安装后发动机的前部和后部方向的位置描绘。因而,如本领域技术人员将理解,平台可包括后部边缘 121,吸力侧边缘 122,前部边缘 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 还共同称作“斜线面(slashface)”,并且一旦相邻转子叶片 100 安装后在其间形成的窄的空腔可称作“斜线面空腔”。)

[0011] 将理解图 4 和图 5 的传统设计具有超过图 3 的设计的优点,因为它们不受组装或安装条件的变化的影响。然而,该种类的传统设计具有若干限制或缺点。首先,如图所示,在翼型 102 的各侧上仅提供单一回路,并且因而存在对用在平台 110 中的不同位置处的冷却空气的量具有有限控制的缺点。第二,这种类型的传统设计具有通常受限的作用范围。虽然图 5 的盘旋路径是对图 4 的盘旋路径在作用范围方面的改进,但是依然存在平台 110 内的仍然未冷却的死区。第三,为利用复杂形成的平台冷却管道 120 获得更好的作用范围,制备成本剧烈增加,尤其是如果冷却管道具有要求铸造工序来形成的形状时。第四,这些传统设计典型地在利用后并且在冷却剂彻底耗尽之前将冷却剂倒入热气体路径,这负面地影响发动机的效率。第五,该种类的传统设计通常具有小的灵活性。就是说,管道 120 作为平台 110 的整体部分形成,并且当操作条件变化时提供改变它们的功能或构型的很少的机会或不提供改变它们的功能或构型的机会。这些类型的传统设计难以修理或整修。

[0012] 此外,如本领域技术人员将理解,与这些类型的冷却配置关联的另一挑战是连接平台冷却回路,即通过平台的内部形成的内部冷却通道,到主冷却回路,即通过根部和翼型的内部形成的内部冷却通道。对于这个的一个原因是所要求的连接典型地必须通过叶片的高应力区域形成。另一个挑战涉及与在铸造工序期间使平台冷却回路的芯部保持不连接到主冷却回路的芯部相关联的优点。例如,典型地平台冷却回路具有与关于平台的外表面放置内部冷却通道相关联的严格容差要求。因为它的长度,当在铸造工序中填充模具时,主冷却回路的芯部易于移动。该移动虽然对主冷却回路的放置是可接受的,但是如果主芯部的移动转移到平台芯部,则使得难以满足平台冷却回路的严格放置容差。在铸造工序从始至终使两个芯部保持不连接意味着主芯部的移动不影响平台冷却回路的最终放置。当然,这要求进行铸造后连接。作为高应力的区域,该连接必须形成为使得维持结构完整性。

[0013] 传统的平台冷却设计未能满足这些重要的要求。仍然存在对改进的设备、系统和方法的需要,这些改进的设备、系统和方法以有效率的方式有效地冷却涡轮转子叶片的平台区域,同时还在构建上成本节约、应用灵活、结构合理并且耐用。

发明内容

[0014] 本申请因而描述通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型,涡轮转子叶片包括在翼型与根部之间的交界面处的平台。在一个实施例中,冷却管道构型包括:内部冷却通道,其构造成从与根部中的冷却剂源的连接延伸到翼型的内部;平台冷却管道,其横穿平台的至少一部分;翻折(turndown)延伸部,其包括包括与平台冷却管道的连接的第一区段和包括径向定向的冷却管道的第二区段;和连接部,其从通过根部的外面形成的连接部开口延伸到与内部冷却通道的连接,并且在其间,分开翻折延伸部的第二区段。

[0015] 制备通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型的方法,涡轮转子叶片具有在翼型与根部之间的交界面处的平台,在一个实施例中,方法包括如下步骤:形成内部冷却通道,其构造成从与根部中的冷却剂源的连接延伸到翼型的内部;形成平台冷却管道,其横穿平台的至少一部分;形成翻折延伸部,其包括形成与平台冷却管道的连接的第一区段和包括径向定向的冷却管道的第二区段;并且形成连接部,其从通过根部的外面形成的开口延伸到与内部冷却通道的连接,并且在其间,分开翻折延伸部的第二区段。

[0016] 当结合附图和权利要求阅读优选实施例的以下详细说明时,本申请的这些和其它

特征将变得显而易见。

附图说明

[0017] 通过结合附图对本发明的示范实施例的以下更详细描述的研究,本发明的这些和其它特征将更彻底地明白和理解,其中:

[0018] 图 1 示出其中可采用本发明的实施例的示范涡轮转子叶片的透视图;

[0019] 图 2 示出其中可利用本发明的实施例的涡轮转子叶片的底侧视图;

[0020] 图 3 示出具有根据传统设计的冷却系统的相邻涡轮转子叶片的剖面视图;

[0021] 图 4 示出具有带有根据传统设计的内部冷却管道的平台的涡轮转子叶片的顶视图;

[0022] 图 5 示出具有带有根据可选传统设计的内部冷却管道的平台的涡轮转子叶片的顶视图;

[0023] 图 6 示出具有根据本申请的实施例的冷却管道构型的涡轮转子叶片的带有局部截面视图的顶视图;

[0024] 图 7 示出具有根据本申请的实施例的冷却管道构型的涡轮转子叶片的截面视图;

[0025] 图 8 示出根据本申请的实施例的平台冷却管道的截面视图;并且

[0026] 图 9 示出具有根据本申请的实施例的冷却管道构型的涡轮转子叶片的截面视图。

具体实施方式

[0027] 将理解,经由冷却剂的机内循环而冷却的涡轮叶片典型地包括主冷却通道或内部冷却通道,其从根部径向朝外延伸,通过平台区域,并且进入翼型,如上文关于若干传统冷却设计所述。将理解本发明的某些实施例可与这种内部冷却通道一起利用,用于增强有效率的主动平台冷却或使有效率的主动平台冷却能够实现,并且本发明结合通常设计:具有缠绕或盘旋构型的内部冷却通道 116,进行讨论。如图 6 所示,盘旋路径典型地构造成允许冷却剂的单向流动,并且包括促进冷却剂与围绕的转子叶片 100 之间的热量的交换的特征。在操作中,典型地是从压缩器流出的压缩空气(虽然其它类型的冷却剂,诸如蒸汽,也可与本发明的实施例一起利用)的加压冷却剂由通过根部 104 形成的连接供应到内部冷却通道 116。压力驱动冷却剂通过内部冷却通道 116,并且冷却剂从围绕的壁对流传热。

[0028] 当冷却剂移动通过内部冷却通道 116 时,将理解它损失压力,其中在内部冷却通道 116 的上游部分的冷却剂具有比在下游部分的冷却剂更高的压力。如下文更详细地讨论地,在本发明的一些实施例中,该压力差可用于驱动冷却剂穿过或通过平台中形成的内部冷却通道。将理解本发明可用于转子叶片 100,其具有不同构型的机内内部冷却通道,并且不限于具有盘旋形式的内部冷却通道。相应地,如本文中所述的,术语“内部冷却通道”或“冷却通道”意味着包括冷却剂可通过其在转子叶片中循环的任何通道或中空管道。如本文中提供地,本发明的内部冷却通道 116 延伸到至少到平台 116 的大致径向高度,并且可包括相对较高冷却剂压力的至少一个区域(其此后称作“高压的区域”,并且在一些情形中,可以是在盘旋通道内的上游区段)和相对较低冷却剂压力的至少一个区域(其此后称作“低压的区域”,并且相对于高压的区域,可以是在盘旋通道内的下游区段)。

[0029] 总体上,传统机内内部冷却通道 116 的不同设计在提供主动冷却到转子叶片 100

内的某些区域的方面是有效的。然而,如本领域技术人员将理解,平台区域证明是更有挑战性的。这至少部分由于平台的棘手的几何形状:即它的窄的径向高度和它从转子叶片 100 的芯部或主体突出开的方式,而产生。然而,已知它暴露于热气体路径的极端温度和高机械负荷,平台的冷却要求是相当大的。如上文所述,传统平台冷却设计是低效力的,因为它们没能处理该区域的具体挑战,传统平台冷却设计的冷却剂的应用是效率低下的,并且/或者传统平台冷却设计的制造是成本高的。

[0030] 再次参考附图,图 6 到图 9 提供本发明的示范实施例的若干视图。如图所示,本发明大体包括通过涡轮转子叶片 100 的内部的冷却通道的构型。涡轮转子叶片可包括在翼型 102 与根部 104 之间的交界面处的平台 110。构型可包括:内部冷却通道 116,其构造成从与通过根部 104 制成的冷却剂源的连接延伸到翼型 102 的内部;横穿平台的至少一部分的平台冷却管道 132。如图所示,平台冷却管道 132 可具有盘旋形式,但是其它构型是可能的。本发明还可包括翻折延伸部 134,其包括:包括与平台冷却管道 132 的连接的第一区段 136;和包括径向定向的冷却管道的第二区段 138。本发明还可包括连接部 140,其从通过根部 104 的外面形成的连接部开口 142 延伸到与内部冷却通道 116 的连接,并且,在其间,分开翻折延伸部 134 的第二区段 138,如图所示。

[0031] 如所述,根部 104 可包括用于连接它到转子叶轮的装置,其典型地包括燕尾榫 109 和柄部 112。连接部开口 142 可通过柄部的外面形成。连接部开口 142 可设置在平台 110 的恰好内侧 (inboard)。在一些实施例中,连接部开口 142 设置在形成在柄部中的倒角区域,其存在于平台的恰好内侧处。如图所示,连接部开口 142 可包括塞 144。塞 144 可形成以彻底堵塞连接部开口 142。从连接部开口 142,连接部 140 可以以外侧方向对角地延伸。在翻折延伸部 134 的第二区段 138 的内侧径向端部,翻折延伸部 134 可具有闭塞端部 146。

[0032] 平台 110 可具有平坦构型。平台冷却管道 132 的纵向轴线可与平台 110 的平面具有大致平行关系。翻折延伸部 134 的第一区段 136 可具有轴向/周向定向的冷却管道(即大致垂直于径向定向的参考线)。第一区段 136 可大致平行于它连接到的平台冷却管道 132。从第一区段 136,翻折延伸部 134 可具有在第一区段 136 与第二区段 138 之间的大致 90° 的弯头过渡 (elbow transition)。

[0033] 连接部 140 可构造成使得它倾斜地分开翻折延伸部 134 的第二区段 138,并且连接部 140 的截面形状可为圆形。以该方式,倾斜分开连接部 140 在第二区段 138 形成具有椭圆形状的壁开口。将理解该交叉处设置在典型地易于产生高径向应力的区域。带有径向定向的主轴的椭圆进口几何形状减轻这些典型的应力集中,其当在这些芯部之间创造加工的连接时出现。如图 7 所指示的,连接部 140 可为线性的并且具有纵向轴线 152。翻折延伸部 134 的第二区段 138 还可为线性形状并且具有纵向轴线 154。

[0034] 如所述,连接部 140 可倾斜地分开第二区段 138,其可形成锐角 156,如图所示。已确定如果锐角 156 属于某些尺度范围,将实现性能优点。在优选实施例中,在连接部 140 的纵向轴线 152 与翻折延伸部 134 的第二区段 138 的纵向轴线 154 之间形成的锐角属于 15° 与 75° 之间的范围。更优选地,在连接部 140 的纵向轴线 152 与翻折延伸部 134 的第二区段 138 的纵向轴线 154 之间形成的锐角 156 在 30° 与 60° 之间。又更优选地,在连接部 140 的纵向轴线 152 与翻折延伸部 134 的第二区段 138 的纵向轴线 154 之间形成的锐角 156 大致 45°。

[0035] 如所述,第二区段 138 可构造成使得它具有大致径向定向。在优选实施例中,第二区段 138 的纵向轴线 154 与径向定向的参考线形成在 30° 与 -30° 之间的锐角。更优选地,第二区段 138 构造成使得第二区段 138 的纵向轴线 154 与径向定向的参考线形成在 10° 与 -10° 之间的锐角。

[0036] 在一个优选实施例中,如图 6 所示,内部冷却通道 116 可构造成使得在操作中,它包括高压冷却剂区域(或相对较高压力的地区)和低压冷却剂区域(或相对较低压力的地区)。在该情形中,平台冷却管道 132 可包括上游端部 160 和下游端部 162,其中的每一个包括接近它定位的翻折延伸部 134。相应地,上游翻折延伸部 134 可包括第一区段 136,其形成与平台冷却管道 132 的上游端部 160 的连接;并且,下游翻折延伸部 134 可包括第一区段 136,其形成与平台冷却管道 132 的下游端部 162 的连接。连接部 140 可在每一个翻折延伸部 134 处形成:高压连接部 140 和低压连接部 140。高压连接部 140 可从通过柄部 112 的外面形成的连接部开口 142 延伸到与内部冷却通道 116 的高压冷却剂区域的连接;在其间,高压连接部 140 可分开上游翻折延伸部 134 的第二区段 138。低压连接部 140 可从通过柄部 112 的外面形成的连接部开口 142 延伸到与内部冷却通道 116 的低压冷却剂区域的连接;在其间,低压连接部 140 可分开下游翻折延伸部 134 的第二区段 138。连接部开口 142 可塞住使得防止冷却剂在该位置处离开。在利用中,将理解高压连接部 140 与低压连接部 140 之间的压力差可驱动冷却剂穿过平台冷却管道 132 并且通过它所包括的任意换热结构。

[0037] 在一个实施例中,平台冷却管道 132 采用盘旋形式,如图 6 所示。如上文所述,翼型 102 包括压力面 106 和吸力面 105。平台的压力侧是平台 110 的与翼型 102 的压力侧 106 相对应的侧,并且压力侧斜线面 126 可为平台 110 的压力侧的线性边缘。在优选实施例中,平台冷却管道 132 可设置成首要通过平台的压力侧的内部,如图 6 所示。此外,相对于涡轮转子叶片 100 的前部和后部方向,平台冷却管道 132 的上游端部 160 可具有前部位置并且管道 132 的下游端部 162 可具有后部位置。

[0038] 在优选实施例中,如图 6 所示,平台冷却管道 132 可具有斜线面区段 164。该斜线面区段 164 可为平台冷却管道 132 的区段,其沿压力侧斜线面 126 的长度的主要部分接近并且平行于压力侧斜线面 126。斜线面区段 164 的上游端部可接近平台冷却管道 132 的上游端部。将理解该构型,即斜线面区段 164 接近平台冷却管道 132 的上游端部 160 的定位,允许该区段接收具有最低温度(相对于平台冷却管道 132 的另一区段)的冷却剂。由于压力侧斜线面 126 是具有尤其高的冷却要求的地区,故该构型提供性能优点。从斜线面区段 164,平台冷却管道 132 包括第一折返部 (switchback) 166 和第一折返部 166 的下游处的机内区段 168,其存在于平台的压力侧的中心地区。如图所示,机内区段 168 可包括第一折返部 168 的恰好下游的线性区段 170 和线性区段 170 的下游处的第二折返部。第二折返部可接近平台冷却管道 132 的下游端部 162。

[0039] 在一些实施例中,上游翻折延伸部 134 可具有沿在平台 110 与柄部 112 之间的压力侧接合部的前部位置。相对于上游翻折延伸部 134,下游翻折延伸部 134 可具有沿在平台 110 与柄部 112 之间的压力侧接合部的后部位置。将理解,沿平台 110 和柄部 112 的接合部定位,允许翻折延伸部 134 的第二区段 138 与内部冷却通道 116 之间的连接经由具有相对短的长度的连接部 140 制成。

[0040] 如图 8 所示,根据本发明,平台冷却管道 132 可构造成具有增加平台与流过其中的冷却剂之间的传热的某些截面形状和尺度。在优选实施例中,平台冷却管道 132 可大致呈矩形形状,如图 8 所示。倒角区域可在截面矩形形状的拐角中呈现,以降低应力集中并且给它几乎椭圆外观。该矩形形状可构造成具有以径向方向的高度 176 和以轴向/周向方向的宽度 178。在优选实施例中,平台冷却管道 132 可构造成使得宽度 178 大于高度 176。这可以是对于平台冷却管道 132 的整个长度的情形或可应用到长度的主要部分。在另一优选实施例中,平台冷却管道 132 可构造成使得宽度 178 至少大于高度 176 的两倍。这也可以是对平台冷却管道 132 的整个长度的情形或可应用到长度的主要部分。将理解已知平台区域的平坦形状,具有更大宽度 178 的构型增加通过平台冷却管道 132 的可用表面积,这增加围绕的平台 110 与流过冷却管道 132 的冷却剂之间的热量的交换。

[0041] 图 6 示出本发明的另一方面。在一些优选实施例中,可提供一个或多个冷却孔口 179。冷却孔口 179,如图所示,可包括小管道,其在操作期间,从形成在平台 110 上的出口或冷却孔口 179 释放流过平台冷却管道 132 的冷却剂的期望的部分。如图所示,冷却孔口 179 在优选实施例中设置在平台 110 的压力侧斜线面 126 或顶侧 113 上。就设置在压力侧斜线面 126 上的冷却孔口 179 而论,冷却孔口 179 可以是窄的,以便释放的冷却剂以对着邻近涡轮叶片 100 的斜线面的速度撞击并且引导,这大体上增加它的冷却效力。将理解斜线面空腔和限定它们的斜线面是平台 110 的难以冷却的区域,并且冷却孔口 179 可为对其进行冷却的有效途径。冷却孔口 179 可定尺寸使得获得期望的和/或计量的流量。

[0042] 本发明还包括用于有效率地在涡轮转子叶片的平台区域内形成有效力的内部冷却管道的新方法。更具体地,本发明包括制备通过涡轮转子叶片的内部的冷却管道构型的方法。涡轮转子叶片 100 可具有在翼型 102 与根部 104 之间的交界面处的平台 110。在一个优选实施例中,该方法可包括如下步骤:形成内部冷却通道 116,其构造成从与在根部 104 中的冷却剂源的连接延伸到翼型 102 的内部;形成平台冷却管道 132,其横穿平台 110 的至少一部分;形成翻折延伸部 134,其包括:形成与平台冷却管道 132 的连接的第一区段 136 和包括径向定向的冷却管道的第二区段 138;并且形成连接部 140,其从通过根部 104 的外面形成的连接部开口 142 延伸到与内部冷却通道 116 的连接,并且在其间,分开翻折延伸部 134 的第二区段 138。翻折延伸部 134 的形成可包括铸造工序。铸造工序还可用于形成内部冷却通道 116 和平台冷却管道 132。用于形成内部冷却通道 116 的芯部和用于形成两个平台冷却管道 132 的芯部可在由铸造工序形成时不连接,这如上文所述,可以是有利的。连接部 140 然后可在形成翻折延伸部 134 和内部冷却通道 116 之后形成。

[0043] 已知所讨论的可能的构型,连接部 140 的形成可以以相对不复杂并且成本节约的视线内 (line-of-sight) 加工工序完成。在一个优选实施例中,如图 7 所示,导杆 180 可在铸造工序期间定位,导杆 180 用来导引连接部 140 的铸造后加工,其可为机械钻孔工序。将理解图 7 中的虚线表示一旦加工工序完成后的连接部 140 的最终构型。已知该几何形状,连接部 140 可利用单一牵引式刨加工 (single pull plane machining) 操作有效率地形成。塞 144 可安装以完成冷却管道构型。塞 144 可利用传统方法,诸如通过机械干涉、焊接、硬焊等安装在连接部开口 142 内。将理解这些若干步骤可用于创造上文讨论的若干可选实施例。

[0044] 在操作中,根据本申请的示范实施例,冷却剂可通过燕尾榫 109 的前部地区进入

内部冷却通道 116, 并且在引导进翼型 102 之后, 通过盘旋 - 构型的内部冷却通道 116 径向朝外 / 朝内流动, 同时冷却剂以朝后方向蜿蜒而流。如图所示, 高压连接部 140 可构造成使得内部冷却通道 116 的上游 (并且较高压力) 部分与上游翻折延伸部 134 流体连通, 上游翻折延伸部 134 然后引导冷却剂进入平台冷却管道 132 的上游端部 160。低压连接部 140 可构造成使得内部冷却通道 116 的下游 (并且较低压力) 部分与下游翻折延伸部 134 流体连通。下游翻折延伸部 134 可收集离开平台冷却管道 132 的冷却剂并且使冷却剂返回内部冷却通道 116, 在内部冷却通道 116 处, 冷却剂可用于其它下游冷却应用和 / 或通过设置在转子叶片上其它位置处的冷却孔口排出。

[0045] 以这种方式, 本发明的平台冷却配置可从内部冷却通道 116 中抽取冷却剂的部分, 利用该冷却剂以从平台 110 移除热量, 并且然后使冷却剂返回内部冷却通道 116, 在内部冷却通道 116 处冷却剂可进一步利用。将理解本发明达到了这个, 同时对制备是有效率的并且是成本节约的, 并且同时维持转子叶片的结构完整性。根据上文所述的某些优选实施例, 在铸造工序期间的平台芯部和主芯部的分开提供在铸造工序期间的其它性能优点和效率。

[0046] 如本领域技术人员将理解, 上文描述的关于若干示范实施例的许多变换的特征和构型还可选择性地应用以形成本发明的其它可能的实施例。为了简短起见并且考虑本领域技术人员的能力, 不详细提供或讨论所有可能的重复, 但是为若干权利要求所包含的所有联合和可能的实施例或其它意图为目前申请的部分。此外, 从本发明的若干示范实施例的上文描述中, 本领域技术人员将认识到改进、变化和修改。本领域的技术内的这种改进、变化和修改也意图被权利要求覆盖。此外, 应当显而易见上文仅涉及本申请的描述的实施例, 并且可在本文中做出大量变化和修改, 而不脱离由权利要求及其等价物所限定的本申请的精神和范围。

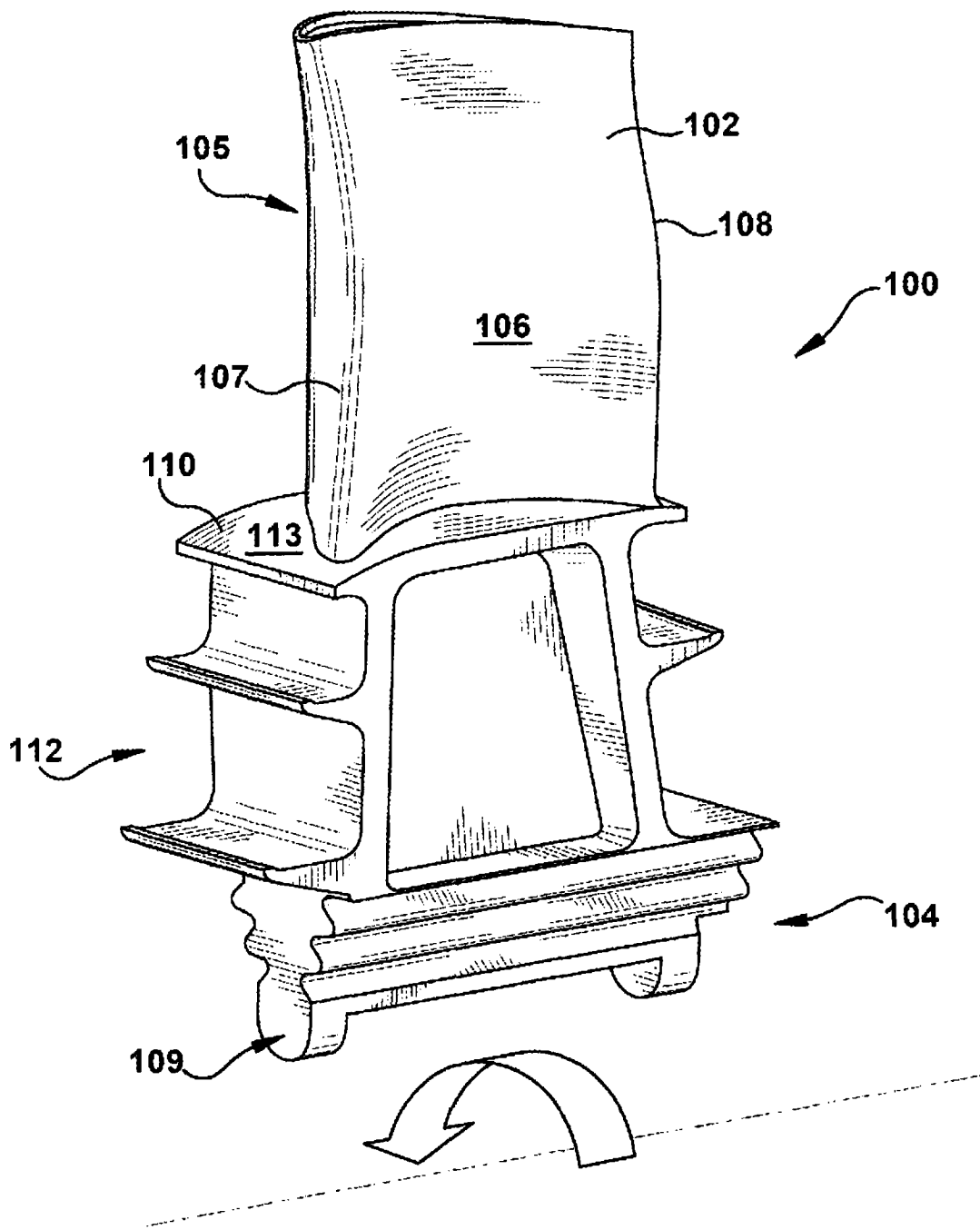


图 1

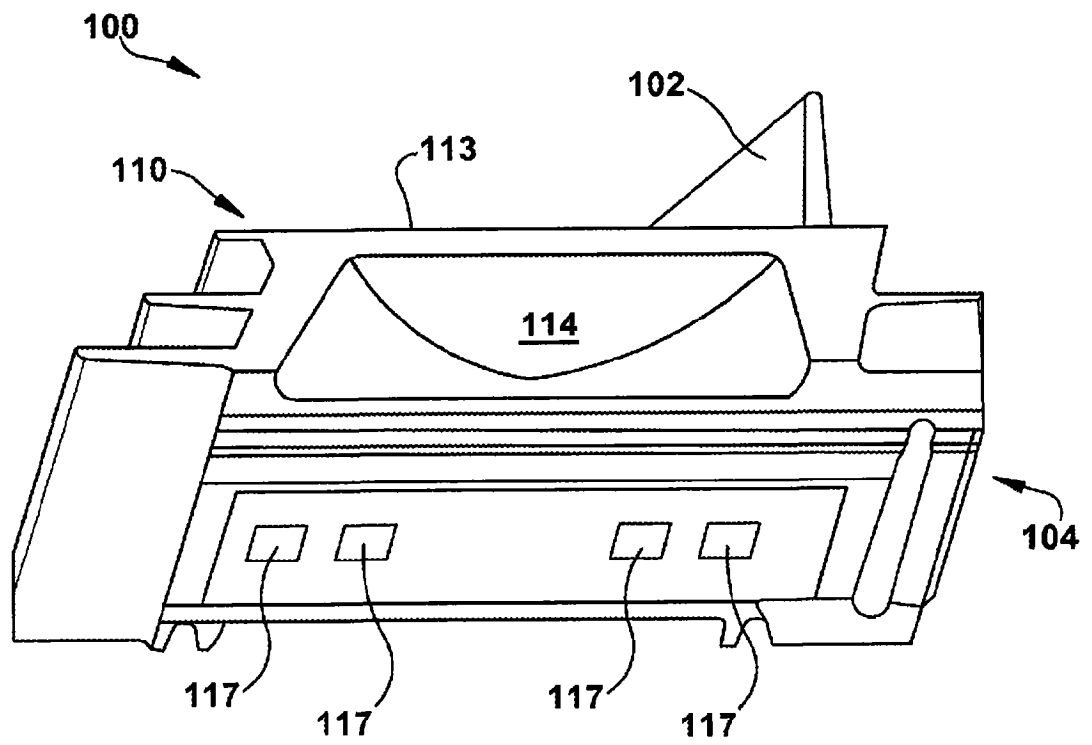


图 2

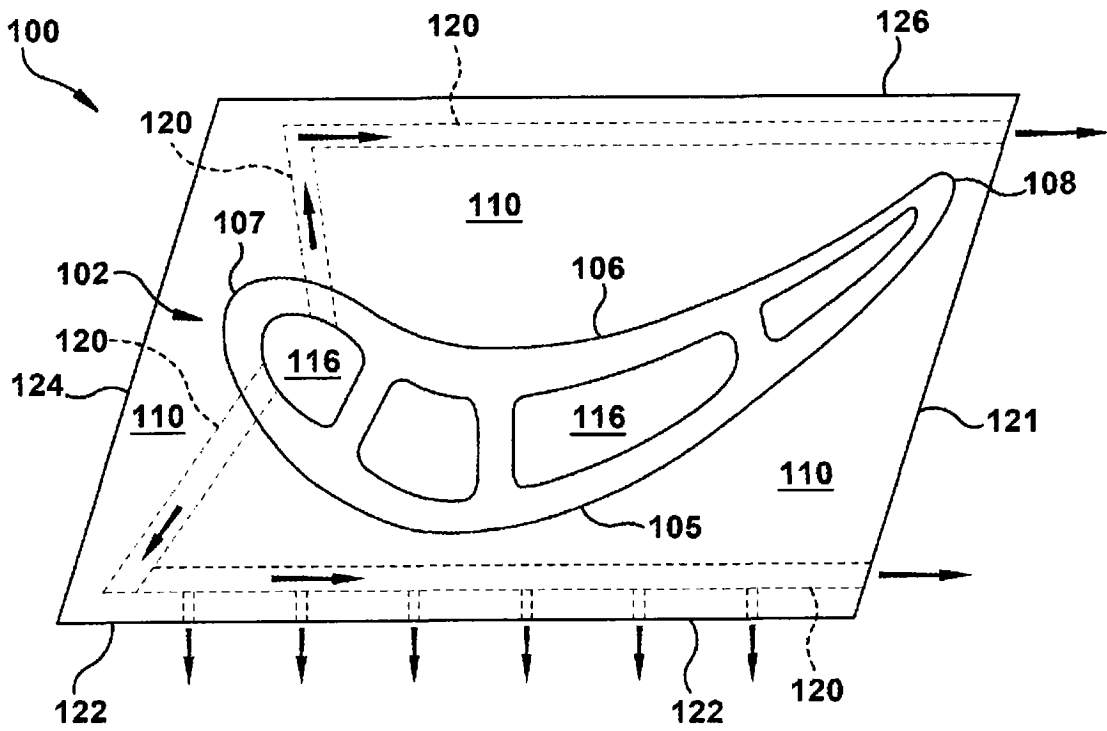


图 4(现有技术)

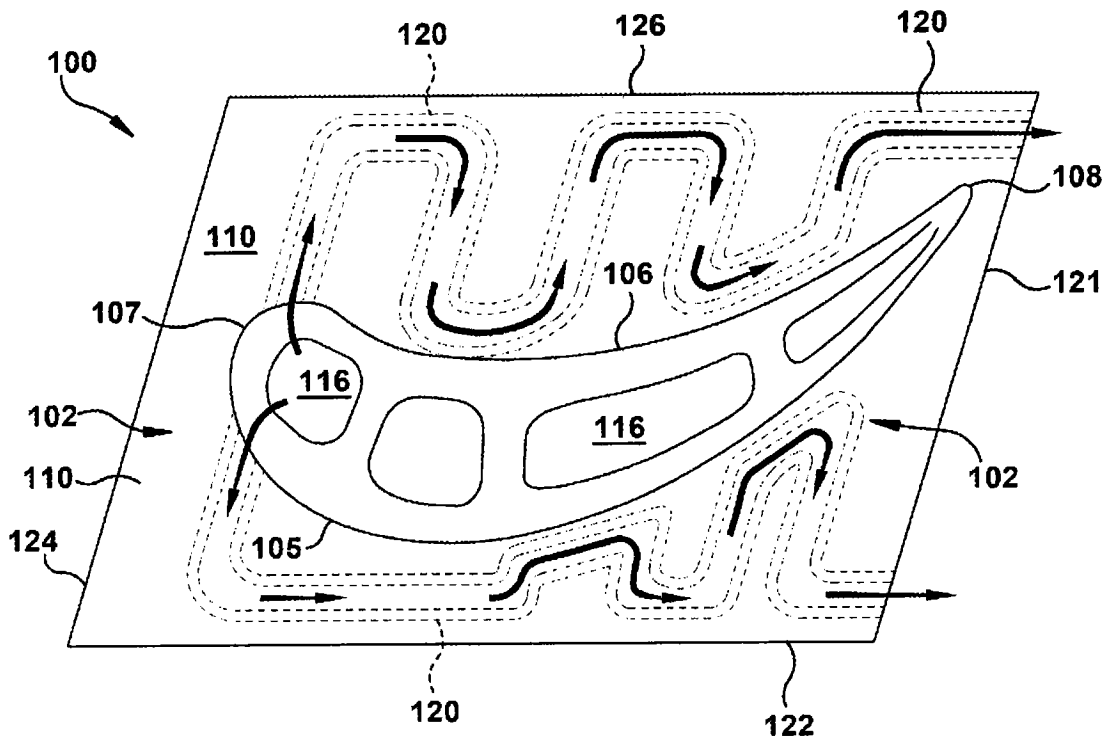


图 5(现有技术)

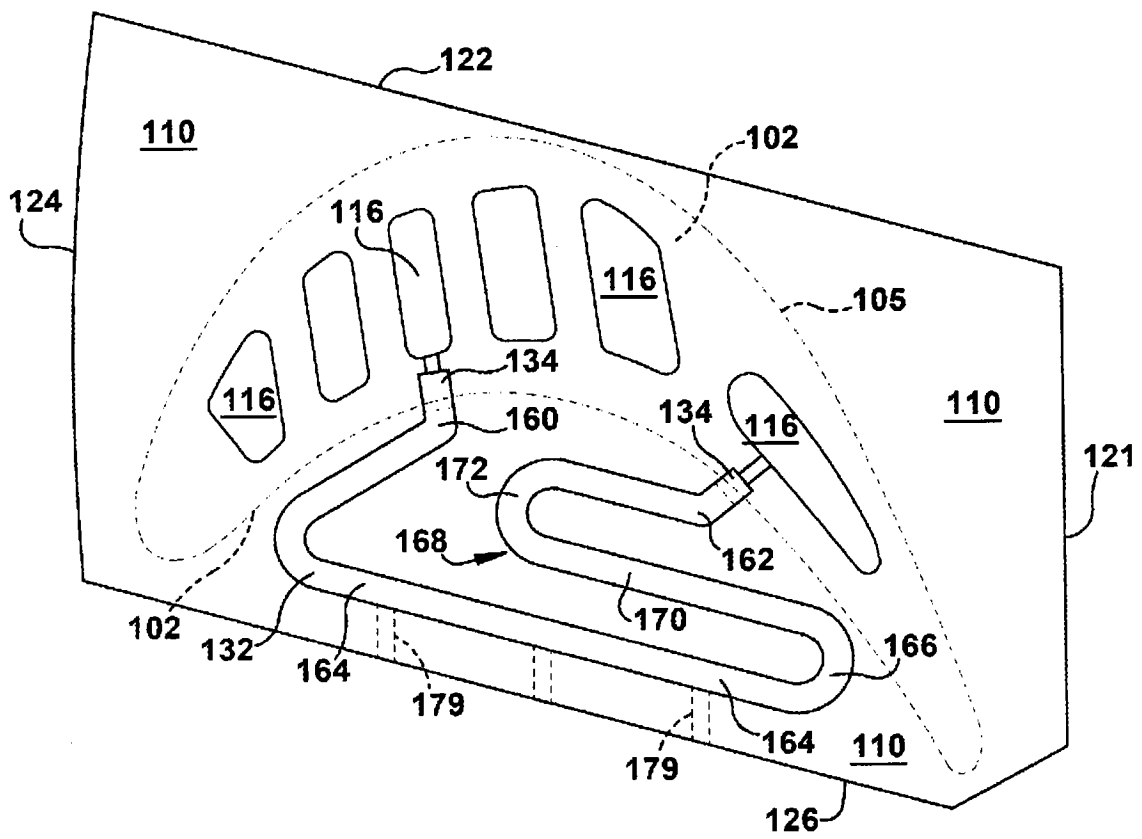


图 6

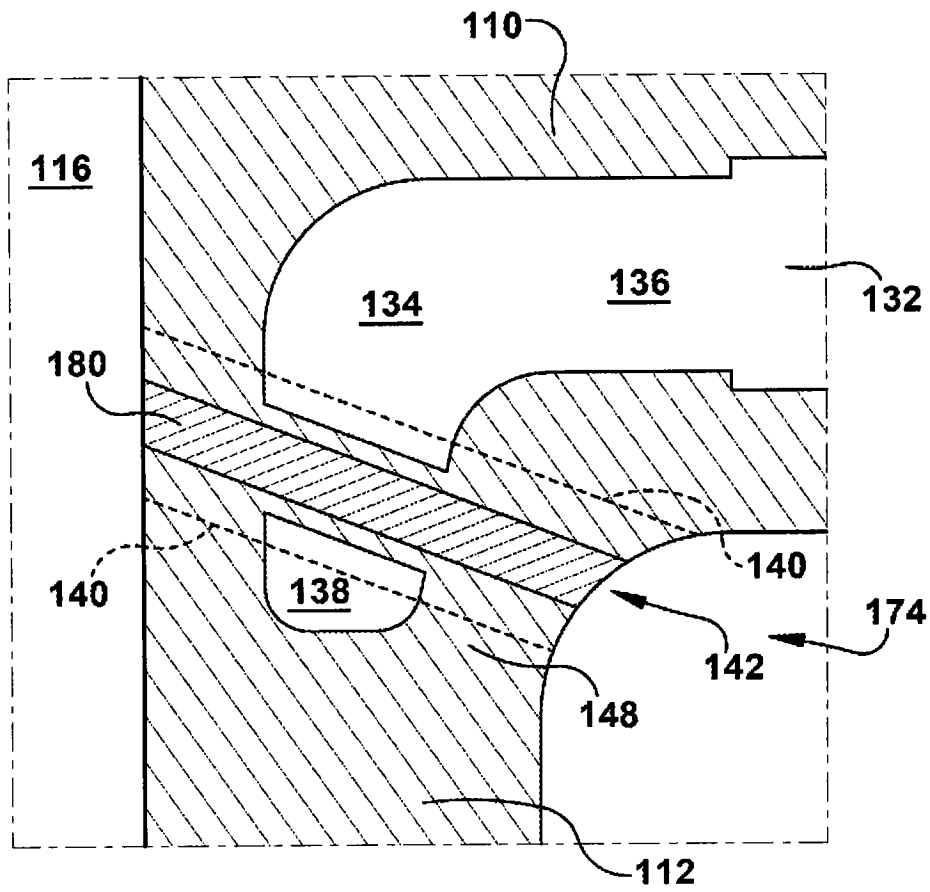


图 8

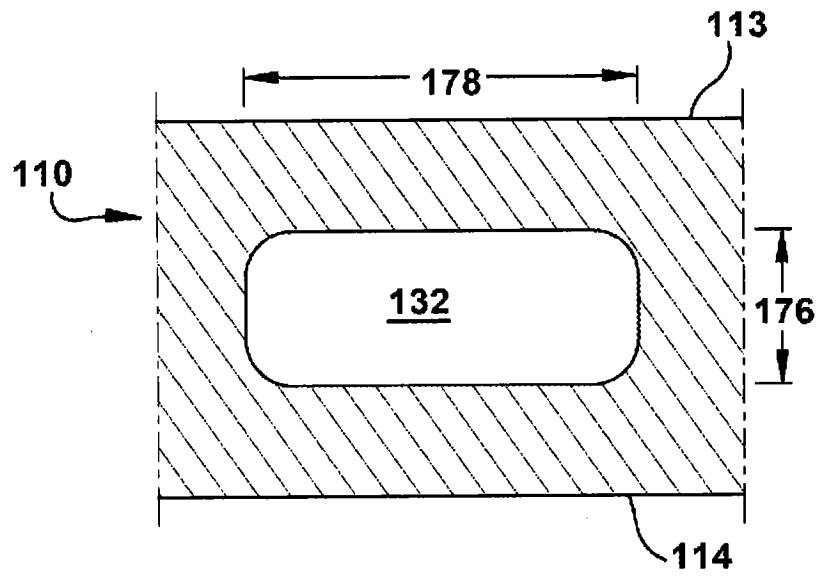


图 9