



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105863741 A

(43)申请公布日 2016.08.17

(21)申请号 201610291429.X

(22)申请日 2013.08.01

(30) 优先权数据

13/566202 2012.08.03 US

(62)分案原申请数据

201380051934.1 2013.08.01

(71)申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 B.P.莱西 R.R.古德 B.G.布热

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 李强 周心志

(51) Int.Cl.

F01D 5/18(2006.01)

F01D 5/20(2006.01)

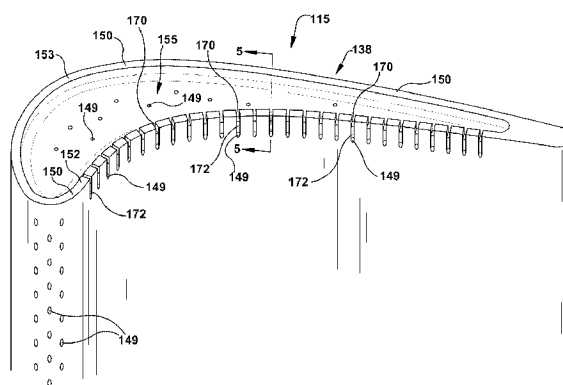
权利要求书2页 说明书7页 附图13页

(54)发明名称

转子叶片

(57)摘要

一种用于燃气涡轮发动机的涡轮的转子叶片具有翼型件,翼型件包括限定外周边的压力和吸力侧壁,以及限定外部径向端的末梢部分。末梢部分包括限定末梢腔体的横挡。翼型件包括构造使冷却剂循环的内部冷却通道。转子叶片进一步包括:横挡的开槽部分;以及设置在翼型件的压力侧壁和吸力侧壁中的至少一个内的至少一个膜冷却出口。膜冷却出口包括在末梢部分附近且紧邻横挡的开槽部分的位置。



1. 一种用于燃气涡轮发动机的涡轮的转子叶片, 所述转子叶片包括翼型件, 所述翼型件包括限定外周边的压力侧壁和吸力侧壁, 以及限定外部径向端的末梢部分, 所述末梢部分包括横挡, 所述横挡限定末梢腔体, 其中, 所述翼型件包括内部冷却通道, 所述内部冷却通道构造成使冷却剂在运行期间循环通过所述翼型件, 所述转子叶片包括:

所述横挡的开槽部分, 所述横挡的开槽部分在其上包括间隔开的多个槽口; 以及

多个膜冷却出口, 其设置在所述翼型件的压力侧壁和吸力侧壁中的至少一个内, 所述多个膜冷却出口中的各个包括在所述末梢部分附近且紧邻所述横挡的开槽部分的位置, 并且所述多个膜冷却出口中的各个与所述内部冷却通道在流体方面连通;

形成于所述横挡的开槽部分和所述多个膜冷却出口之间的多个凹槽;

其中, 所述多个槽口和所述多个膜冷却出口和所述多个凹槽构造成使得所述多个凹槽中的各个从所述多个膜冷却出口中的一个处或其外侧不远处沿径向向外的方向延伸到所述多个槽口中的一个的内侧边缘处或其内侧不远处的位置;

其中, 所述多个凹槽中的各个和所述多个槽口中的各个相对于沿径向对齐的基准线倾斜。

2. 根据权利要求1所述的转子叶片, 其特征在于, 所述多个膜冷却出口中的各个结合到所述凹槽的内侧边缘中; 以及

其中, 所述凹槽连接到所述多个槽口中的一个的内侧边缘上。

3. 根据权利要求1所述的转子叶片, 其特征在于, 所述多个凹槽中的各个和所述多个槽口中的各个包括具有恒定宽度的长方形轮廓。

4. 根据权利要求1所述的转子叶片, 其特征在于, 所述多个凹槽中的各个包括随所述凹槽沿径向方向延伸而可改变的宽度; 以及

其中, 所述多个槽口中的各个包括随所述槽口沿径向方向延伸而可改变的宽度。

5. 根据权利要求1所述的转子叶片, 其特征在于, 所述多个凹槽和所述多个槽口朝下游方向倾斜, 所述下游方向是相对于通过所述涡轮的工作流体的流向而言的; 以及

其中, 所述膜冷却出口中的各个构造成沿与所述多个凹槽和所述多个槽口的倾斜对应的方向释放冷却剂。

6. 一种用于燃气涡轮发动机的涡轮的转子叶片, 所述转子叶片包括翼型件, 所述翼型件包括限定外周边的压力侧壁和吸力侧壁, 以及限定外部径向端的末梢部分, 所述末梢部分包括横挡, 所述横挡限定末梢腔体, 其中, 所述翼型件包括内部冷却通道, 所述内部冷却通道构造成使冷却剂在运行期间循环通过所述翼型件, 所述转子叶片包括:

所述横挡的开槽部分, 所述横挡的开槽部分在其上包括间隔开的多个槽口; 以及

多个膜冷却出口, 其设置在所述翼型件的压力侧壁和吸力侧壁中的至少一个内, 所述多个膜冷却出口中的各个包括在所述末梢部分附近且紧邻所述横挡的开槽部分的位置, 并且所述多个膜冷却出口中的各个与所述内部冷却通道在流体方面连通;

形成于所述横挡的开槽部分和所述多个膜冷却出口之间的多个凹槽;

其中, 所述多个槽口和所述多个膜冷却出口和所述多个凹槽构造成使得所述多个凹槽中的各个从所述多个膜冷却出口中的一个处或其外侧不远处沿径向向外的方向延伸到所述多个槽口中的一个的内侧边缘处或其内侧不远处的位置;

其中, 所述多个凹槽中的各个包括随所述凹槽沿径向方向延伸而可改变的宽度; 以及

所述多个槽口中的各个包括随所述槽口沿径向方向延伸而可改变的宽度。

转子叶片

[0001] 本申请是国际申请日为2013年8月1日(优先权日为2012年8月3日)的已进入中国国家阶段的PCT专利申请(中国国家申请号为201380051934.1,国际申请号为PCT/US2013/053134,发明名称“转子叶片”)的分案申请。

技术领域

[0002] 本申请大体涉及用于冷却燃气涡轮转子叶片的末梢的设备和系统。更特别地,但不以限制的方式,本申请涉及提高冷却性能的转子叶片末梢横挡的构造。

背景技术

[0003] 在燃气涡轮发动机中,众所周知的是空气在压缩机中加压,并且用来在燃烧器中燃烧燃料,以产生热的燃烧气体流,在此之后,这样的气体向下游流过一个或多个涡轮,使得可从中抽取能量。根据这种涡轮,一般而言,成排的沿周向间隔开的转子叶片从支承转子盘沿径向向外延伸。各个叶片典型地包括鸠尾榫和翼型件,鸠尾榫容许将叶片组装在转子盘中的对应的鸠尾榫槽口中并拆卸叶片,翼型件从鸠尾榫沿径向向外延伸。

[0004] 翼型件具有大体凹形压力侧和大体凸形吸力侧,它们在对应的前缘和后缘之间沿轴向延伸,并且在根部和末梢之间沿径向延伸。将理解的是,叶片末梢与径向外围涡轮护罩紧密地隔开,以最大程度地减少在涡轮叶片之间向下游流动的燃烧气体在叶片末梢和径向外围涡轮护罩之间的泄漏。通过最大程度地减小末梢间距或间隙,使得防止泄漏,来获得发动机的最大效率,但此策略有些由于转子叶片和涡轮护罩之间的热膨胀和收缩速率和机械膨胀和收缩速率不同以及避免末梢在运行期间过度地摩擦护罩的不合需要的情况的动机而受限。

[0005] 由于涡轮叶片浸在热的燃烧气体中,所以需要有效的冷却,以确保可用的部件寿命。典型地,叶片翼型件是空心的,并且设置成与压缩机处于流连通,使得接收从其中放出的加压空气的一部分,以将其用来冷却翼型件。转子叶片的某些区域中的翼型件冷却非常成熟,而且可通过使用各种形式的内部冷却通道和特征以及通过翼型件的外壁的用于排出冷却空气的冷却出口来利用。尽管如此,翼型件末梢特别难冷却,因为它们直接邻近涡轮护罩,而且被流过末梢间隙的热的燃烧气体加热。因此,典型地通过末梢排出在叶片的翼型件内部引导的空气的一部分,以对其进行冷却。

[0006] 将理解的是,传统的叶片末梢设计包括若干不同的几何结构和构造,它们意图防止泄漏和提高冷却有效性。示例性专利包括Butts等人的美国专利No. 5,261,789;Bunker的美国专利No.6,179,556;Mayer等人的美国专利No.6,190,129;以及Lee的美国专利No.6,059,530。但是,传统的叶片末梢冷却设计、特别是具有“振鸣(squealer)末梢”设计的那些具有某些缺点,包括无法高效地使用压缩机旁通空气,这会降低装置效率。因此,非常渴望有一种提高被引导到这个区域的冷却剂的整体有效性的改进的涡轮叶片末梢设计。

发明内容

[0007] 因而本申请描述一种用于燃气涡轮发动机的涡轮的转子叶片。转子叶片可具有翼型件,翼型件包括限定外周边的压力侧壁和吸力侧壁,以及限定外部径向端的末梢部分。末梢部分可包括限定末梢腔体的横挡。翼型件可包括内部冷却通道,内部冷却通道构造成使冷却剂在运行期间循环通过翼型件。转子叶片可进一步包括:横挡的开槽部分;以及设置在翼型件的压力侧壁和吸力侧壁中的至少一个内的至少一个膜冷却出口。膜冷却出口可包括在末梢部分附近且紧邻横挡的开槽部分的位置。

[0008] 本申请进一步描述一种用于燃气涡轮发动机的涡轮的转子叶片。转子叶片可包括翼型件,翼型件具有限定外周边的压力侧壁和吸力侧壁,以及限定外部径向端的末梢部分。末梢部分可具有限定末梢腔体的横挡,其中,翼型件包括内部冷却通道,内部冷却通道构造成使冷却剂在运行期间循环通过翼型件。转子叶片可包括:横挡的开槽部分,横挡的开槽部分在其上包括间隔开的多个槽口;设置在翼型件的压力侧壁和/或吸力侧壁内的多个膜冷却出口,多个膜冷却出口中的各个可具有在末梢部分附近且紧邻横挡的开槽部分的位置;以及形成于横挡的开槽部分和多个膜冷却出口之间的多个凹槽。多个槽口和多个膜冷却出口和多个凹槽可构造成使得多个凹槽中的各个从多个膜冷却出口中的一个处或其外侧不远处的位置在大致沿径向向外的方向上延伸到多个槽口中的一个的内侧边缘处或其内侧不远处的位置。

[0009] 在结合附图和权利要求审阅优选实施例的以下详细描述之后,本申请的这些和其它特征将变得显而易见。

附图说明

[0010] 在说明书的结论部分处的权利要求中特别指出和明确声明了被视为本发明的主题。根据结合附图得到的以下详细描述,本发明的前述和其它特征和优点是显而易见的,其中:

图1是燃气涡轮发动机的示意图;

图2是包括转子、涡轮叶片和固定护罩的示例性转子叶片组件的透视图;

图3是涡轮转子叶片的透视图,涡轮转子叶片具有振鸣末梢,冷却出口沿着翼型件且通过叶片的末梢帽;

图4是涡轮转子叶片的透视图,涡轮转子叶片具有振鸣末梢,并且结合了根据本发明的冷却组件;

图5是沿着图4的振鸣末梢的5-5的横截面图;

图6是涡轮转子叶片的透视图,涡轮转子叶片具有振鸣末梢,并且结合了根据本发明的备选冷却组件;

图7是结合了根据本发明的备选冷却组件的振鸣末梢横挡的透视图;

图8是结合了根据本发明的备选冷却组件的振鸣末梢横挡的透视图;

图9是结合了根据本发明的备选冷却组件的振鸣末梢横挡的透视图;

图10是结合了根据本发明的备选冷却组件的振鸣末梢横挡的透视图;

图11是结合了根据本发明的备选冷却组件的振鸣末梢横挡的透视图;

图12是结合了根据本发明的备选冷却组件的振鸣末梢横挡的透视图;以及

图13是结合了根据本发明的备选冷却组件的振鸣末梢横挡的透视图。

[0011] 详细描述参照附图以示例的方式阐明了本发明的实施例,以及优点和特征。

具体实施方式

[0012] 图1是诸如燃气涡轮系统100的涡轮机系统的实施例的示意图。系统100包括压缩机102、燃烧器104、涡轮106、轴108和燃料喷嘴110。在实施例中,系统100可包括多个压缩机102、燃烧器104、涡轮106、轴108和燃料喷嘴110。压缩机102和涡轮106通过轴108联接。轴108可为单个轴或联接在一起形成轴108的多个轴节段。

[0013] 一方面,燃烧器104使用液体和/或气体燃料(诸如天然气或富氢合成气体)来运行发动机。例如,燃料喷嘴110与空气供应和燃料供应112处于流体连通。燃料喷嘴110产生空气-燃料混合物,并且将空气-燃料混合物排到燃烧器104中,从而引起燃烧,燃烧会产生热的加压排气。燃烧器100将热的加压气体引导通过过渡件,进入涡轮喷嘴(或“一级喷嘴”)和其它级轮叶和喷嘴中,从而使涡轮106旋转。涡轮106旋转会使轴108旋转,从而在空气流到压缩机102中时压缩空气。在实施例中,热气路径构件(包括但不限于)护罩、隔板、喷嘴、轮叶和过渡件)位于涡轮106中,在那里,流过构件的热气导致涡轮部件蠕变、氧化、磨损和热疲劳。控制热气路径构件的温度可减少构件中的损坏模式。燃气涡轮的效率随涡轮系统100中的燃烧温度升高而提高。在燃烧温度升高时,需要恰当地冷却热气路径构件,以满足使用寿命。在下面参照图2至12更详细地论述具有用于冷却热气路径附近的区域的改进组件的构件和制造这样的构件的方法。虽然以下论述主要集中在燃气涡轮上,但所论述的概念不限于燃气涡轮。

[0014] 在进一步继续之前要注意,为了清楚地传达本申请的发明,可能需要选择参照和描述涡轮发动机的某些机器构件或部件的术语。在可行的情况下,将选择在行业中使用的术语,并且以与其被接受的含义一致的方式采用。但意图对此术语赋予宽泛含义,而不应狭隘地解释,使得本文所意图的含义和所附权利要求的范围受约束。本领域普通技术人员将理解,通常某些构件用几个不同的名称来表示。另外,可在本文描述成单个部件的项目可包括或在另一个语境中称为若干构件部件,或者,可在本文描述成包括多个构件部件的项目可被塑造成单个部件,或者在一些情况下,被称为单个部件。因而,在理解本文描述的本发明的范围时,不仅应当注意所提供的术语和描述,而且还应当注意构件的结构、构造、功能和/或用途。

[0015] 另外,可在本文使用若干描述性用语。这些用语的含义应包括以下定义。在无进一步的特异性的情况下,用语“转子叶片”指的是压缩机118或涡轮124的旋转叶片,旋转叶片包括压缩机转子叶片120和涡轮转子叶片126两者。在无进一步的特异性的情况下,用语“定子叶片”指的是压缩机118或涡轮124的固定叶片,固定叶片包括压缩机定子叶片122和涡轮定子叶片128两者。用语“叶片”将在本文用来指示任一种类型的叶片。因而,在无进一步的特异性的情况下,用语“叶片”包括所有类型的涡轮发动机叶片,包括压缩机转子叶片120、压缩机定子叶片122、涡轮转子叶片126和涡轮定子叶片128。另外,如本文所用,“下游”和“上游”是相对于通过涡轮的工作流体流指示方向的用语。因而,用语“下游”表示通过涡轮的流的流向,而用语“上游”则表示通过涡轮的流的相反的方向。关于这些用语,用语“向后”和/或“后缘”指的是下游方向、下游端和/或沿朝描述的构件的下游端的方向。而且,用语“向前”或“前缘”指的是上游方向、上游端和/或沿朝描述的构件的上游的方向。用语“径向”

指的是垂直于轴线的运动或位置。通常需要描述关于轴线处于不同的径向位置的部件。在这种情况下,如果第一构件比第二构件更接近轴线,则可在本文规定,第一构件在第二构件的“内侧”或“径向内侧”。另一方面,如果,第一构件比第二构件离轴线更远,可在本文规定,第一构件在第二构件的“外侧”或“径向外侧”。用语“轴向”指的是平行于轴线的运动或位置。而且,用语“周向”指的是围绕轴线的运动或位置。

[0016] 图2是示例性热的气体路径构件的透视图,即定位在燃气涡轮或燃气发动机的涡轮中的涡轮转子叶片115。将理解的是,涡轮直接安装在燃烧器的下游,以从其中接收热的燃烧气体116。涡轮围绕轴向中心线轴线以轴线对称,涡轮包括转子盘117和多个沿周向间隔开的涡轮转子叶片(仅显示了其中的一个),涡轮转子叶片沿着径向轴线从转子盘117沿径向向外延伸。环形涡轮护罩140适当地连结到固定定子壳(未显示)上,并且包围转子叶片115,使得在它们之间保持有较小的间距或间隙,这会限制燃烧气体在运行期间的泄漏。

[0017] 各个转子叶片115大体包括可具有任何传统形式的根部或鸠尾榫122,诸如构造成安装在转子盘117的周边中的对应的鸠尾榫槽口中的轴向鸠尾榫。空心翼型件124一体地连结到鸠尾榫122上,并且从其中沿径向或沿纵向向外延伸。转子叶片115还包括一体平台126,一体平台126设置在翼型件124和鸠尾榫122的汇合部处,以限定用于燃烧气体116的径向内部流路径的一部分。将理解的是,转子叶片115可按任何传统方式形成,而且典型地是整体铸件。将看到翼型件124优选包括大体凹形的压力侧壁128和沿周向或沿侧向相对的大体凸形的吸力侧壁130,它们在相对的前缘132和后缘134之间沿轴向延伸。侧壁128和130也从平台126沿径向方向延伸到径向外侧末梢部分或叶片末梢138。

[0018] 大体上,叶片末梢138包括末梢帽148,末梢帽148设置在压力侧壁128和吸力侧壁130的径向外边缘的顶上。末梢帽148典型地限制内部冷却通道(如下面更详细地论述的那样,内部冷却通道在本文被称为“内部冷却通道156”),内部冷却通道限定在翼型件124的压力侧壁128和吸力侧壁130之间。冷却剂(诸如从压缩机中放出的压缩空气)可在运行期间循环通过内部冷却通道。末梢帽148典型地包括多个膜冷却出口149,膜冷却出口149在运行期间释放冷却剂,并且促进叶片末梢138的表面上的膜冷却。末梢帽148可与转子叶片115成一体,或者如显示的那样,一部分可在铸造叶片之后焊接/硬钎焊就位。

[0019] 由于某些性能优点,诸如泄漏流减少,叶片末梢138通常包括环绕式末梢横挡或横挡150。此类叶片末梢通常被称为“振鸣末梢”,或者备选地,具有“振鸣穴口”或“振鸣腔体”的叶片末梢。与压力侧壁128和吸力侧壁130一致,横挡150可被描述成分别包括压力侧横挡152和吸力侧横挡153。大体上,压力侧横挡152从末梢帽148沿径向向外延伸(即,与末梢帽148形成大约90°或接近90°的角),而且从翼型件124的前缘132(在横挡的情况下,可被称为“前部横挡边缘”)延伸到后缘134(在横挡的情况下,可被称为“后部横挡边缘”)。如示出的那样,压力侧横挡152的路径邻近或靠近压力侧壁128的外部径向边缘(即,在末梢帽148的周边处或在其附近,使得其与压力侧壁128的外部径向边缘对齐)。类似地,如示出的那样,吸力侧横挡153从末梢帽148沿径向向外突出(即,与末梢帽148形成大约90°的角),并且从横挡的前部横挡边缘延伸到后部横挡边缘。吸力侧横挡153的路径邻近吸力侧壁130的外部径向边缘或者在其附近(即,在末梢帽148的周边处或在其附近,使得其与吸力侧壁130的外部径向边缘对齐)。压力侧横挡152和吸力侧横挡153两者可被描述成具有内部横挡表面157和外部横挡表面159,内部横挡表面157向内限定末梢腔体155,外部横挡表面159在横挡150

的相对的侧,并且因而,朝外且背离末梢腔体155。在外部径向端处,横挡150可被描述成具有面向外侧方向的外侧横挡表面161。

[0020] 本领域普通技术人员将理解,本发明用于其中的振鸣末梢可能与上面描述的特性有些不同。例如,横挡150可不必完全遵从压力侧壁128和/或吸力侧壁130的外部径向边缘的轮廓。也就是说,在本发明可用于其中的备选类型的末梢中,末梢横挡150可移离末梢帽148的外周边。另外,末梢横挡150可不完全包围末梢腔体,而且在某些情况下,末梢横挡150可包括形成于其中、特别是形成于横挡的定位在叶片末梢138的后部横挡边缘134附近的部分中的大间隙。在一些情况下,横挡150可从末梢138的压力侧或吸力侧移除。备选地,一个或多个横挡可定位在压力侧横挡152和吸力侧横挡153之间。

[0021] 如显示的那样,末梢横挡150大体构造成包围末梢帽148,使得末梢穴口或腔体155限定在末梢部分138中。压力侧横挡152和/或吸力侧横挡153的高度和宽度(以及因而腔体155的深度)可取决于整体涡轮组件的最佳性能和大小而改变。将理解的是,末梢帽148形成腔体155的基底(即,腔体的内部径向边界),并且末梢横挡150形成腔体155的侧壁,而且末梢腔体155保持贯穿外部径向面,一旦安装在涡轮发动机内,外部径向面就与固定护罩140(如图2中显示的那样)紧密毗连,固定护罩140相对于外部径向面略微沿径向偏移。

[0022] 如图3中显示的那样,多个膜冷却出口149可设置在叶片末梢138和翼型件124的表面上。典型地,提供通过翼型件124的压力侧壁128以及通过末梢帽148的膜冷却出口149。一些设计在可用的有限空间中使用尽可能多的膜出口149,为了使冷却剂充满压力侧末梢区域。关于设置在压力侧壁128上的出口,想要实现的是,在冷却剂释放之后,冷却剂则继续到振鸣末梢的横挡150上且进入末梢腔体155中,以在其中提供冷却,然后,到末梢138的吸力侧表面上,以对这个区域提供冷却。对于这个目标,膜出口149在沿径向向外的方向上定向。膜冷却出口149也可相对于翼型件124的表面成角度。这样以一角度引入冷却剂可在一定程度上限制混合。尽管如此,在实践中,还是很难冷却叶片末梢138,因为在冷却流与主流的动态热气混合时,冷却流的性质复杂。

[0023] 热空气在(大体如箭头163示出的那样)翼型件124上流动,并且在翼型件124的外表面上施加动力,进而驱动涡轮且产生功率。冷却流(大体由箭头164示出)离开膜出口149,并且被热空气流163扫向翼型件124的后缘134且远离末梢腔体155。典型地,这产生混合作用,其中,一些冷却空气跟上热气且与热气混合,而一些进入末梢腔体155中,一些沿着翼型件沿轴向去往后缘134。这要求使用过多的冷却空气来冷却这个区域,如所陈述的那样,这会降低装置效率。

[0024] 现在转到图4和5,提供涡轮转子叶片的视图,涡轮转子叶片具有振鸣末梢,振鸣末梢结合了与本发明一致的冷却组件。如显示的那样,冷却组件可包括横挡150中的开槽区域。开槽区域包括至少一个槽口170,但典型地开槽区域包括多个槽口170。各个槽口170形成通过振鸣末梢的横挡150。大体上,槽口170是延伸通过横挡150的厚度的通路。也就是说,槽口170包括形成于外部横挡表面157中的开口,开口伸展跨过横挡150到达形成于内部横挡表面159中的开口。如示出的那样,在优选实施例中,槽口170可保持贯穿横挡150的外侧横挡表面161。也就是说,槽口170可从内侧边缘171延伸到形成于外侧横挡表面161中的开口。如图4中显示的那样,在优选实施例中,槽口170可形成于振鸣末梢的压力侧横挡152上。但是,如图6中显示的那样,槽口170也可形成于吸力侧横挡153上。

[0025] 将理解的是,在翼型件124内,压力128和吸力侧壁130可沿周向和轴向方向在翼型件124的大部分径向翼展或整个径向翼展上间隔开,以限定通过翼型件124的至少一个内部冷却通道156。如图5中显示的那样,内部冷却通道156大体将来自转子叶片的根部处的连接部的冷却剂引导通过翼型件124,使得翼型件124不会在运行期间由于暴露于热气路径而过热。冷却剂典型地是从压缩机102中放出的压缩空气,这可用多种传统方式实现。内部冷却通道156可具有任何数量的构造,包括例如蛇形流道,其中具有各种紊流器,以提高冷却空气有效性,冷却空气通过沿着翼型件124定位的各种出口排出,诸如在末梢帽148和翼型件表面上显示的膜冷却出口149。

[0026] 在优选实施例中,如图7中更详细地显示的那样,各个槽口170可具有形成于其附近的凹槽172,凹槽172构造成将从一个或多个附近的膜冷却出口中释放的冷却空气引导到槽口170中。如显示的那样,凹槽172可为伸长凹陷,伸长凹陷沿着翼型件124的表面、外部横挡表面159或者它们的组合延伸,这取决于末梢138的特定构造。如所描述的那样,膜冷却出口149可定位在翼型件124的这个区域中,即,在槽口170的内侧不远处。各个凹槽172可构造成从膜冷却出口149处或其外侧不远处的位置沿外侧径向方向延伸到槽口170的内侧边缘171处或其内侧不远处的位置。在优选实施例中,如在图7中最清楚地显示的那样,凹槽172可定位成使得它将膜冷却出口149直接连接到槽口170上。在这样的情况下,凹槽172可将冷却剂引导向槽口170。也就是说,凹槽172可构造成使得它在与膜冷却出口149和槽口170两者的连接部之间伸展。照这样,凹槽172可将离开出口149的冷却剂引导向槽口170,使得更多释放的冷却剂到达槽口170。一旦到达槽口170,冷却剂就可流过槽口170且进入末梢腔体155中。将理解的是,照这样,冷却剂可更精确地从膜冷却出口149引导到末梢腔体155,从而改进对叶片115的末梢区域的冷却。

[0027] 虽然将在本文论述优选实施例,而且根据某些标准,优选实施例可为优选的,但本领域普通技术人员将理解,具有槽口170、凹槽172和/或其它上面描述的特征的振鸣末梢的特定构造可取决于运行条件而改变。因此,虽然结合图8至12提供的开槽横挡的若干透视图来论述若干优选实施例,但本领域普通技术人员将理解,未详细显示或论述本发明的元件的所有可行组合,因为它们对于当前目的来说过于详尽。应当理解,即使未在本文具体论述,互不排斥的元件和其它特征也可结合,如由所附权利要求的范围所限定的那样。

[0028] 在某些实施例中,诸如图8和9中示出的那些,槽口170可在没有凹槽172的情况下起作用。在这样的情况下,膜冷却出口149可位于槽口170的内侧不远处,如图8中显示的那样,或者可结合到槽口170的内侧边缘171中,如图9中显示的那样。虽然包括凹槽172在某些情况下可为优选的,但槽口170所产生的流型式可足以增加朝向转子叶片的末梢区域的冷却剂的量。

[0029] 如图10中显示的那样,在某些实施例中,凹槽172与槽口170的比不必是1比1。在某些情况下,例如,可对单个槽口170提供两个凹槽170。也可使用其它比。

[0030] 槽口170和凹槽172在形状上可为长方形。特别地,凹槽172的宽度从上游端到下游端可为恒定的,上游靠近或邻近膜冷却出口149,下游端靠近或邻近槽口170。如图11中显示的那样,在备选实施例中,凹槽172可随着其朝槽口170延伸而变宽。类似地,槽口170可随着其沿径向朝振鸣末梢的外侧横挡表面161延伸而变宽。此类构造可允许槽口170和/或凹槽172在运行期间捕捉和引导更多冷却剂流。凹槽172可按照性能和制造标准来优化形状。例

如,凹槽172的基底如显示的那样可为弯曲的,或者可为平的。

[0031] 图12是结合了根据本发明的备选冷却组件的振鸣末梢横挡的特写透视图。如显示的那样,在某些实施例中,槽口170和凹槽172可相对于径向方向倾斜。槽口170和凹槽172可沿上游方向倾斜,或者在优选实施例中,槽口170和凹槽172可沿下游方向倾斜。考虑到通过这个区域的工作流体的流径,使槽口170和凹槽172沿下游方向成角度可允许槽口170和/或凹槽172更有效地影响释放的冷却剂的流向,以及/或者在冷却剂被工作流体推向后时,将较多冷却剂引导到末梢腔体155中。备选地,槽口170和凹槽172可保持不同的定向角,或者在某些情况下,可为弯曲的。

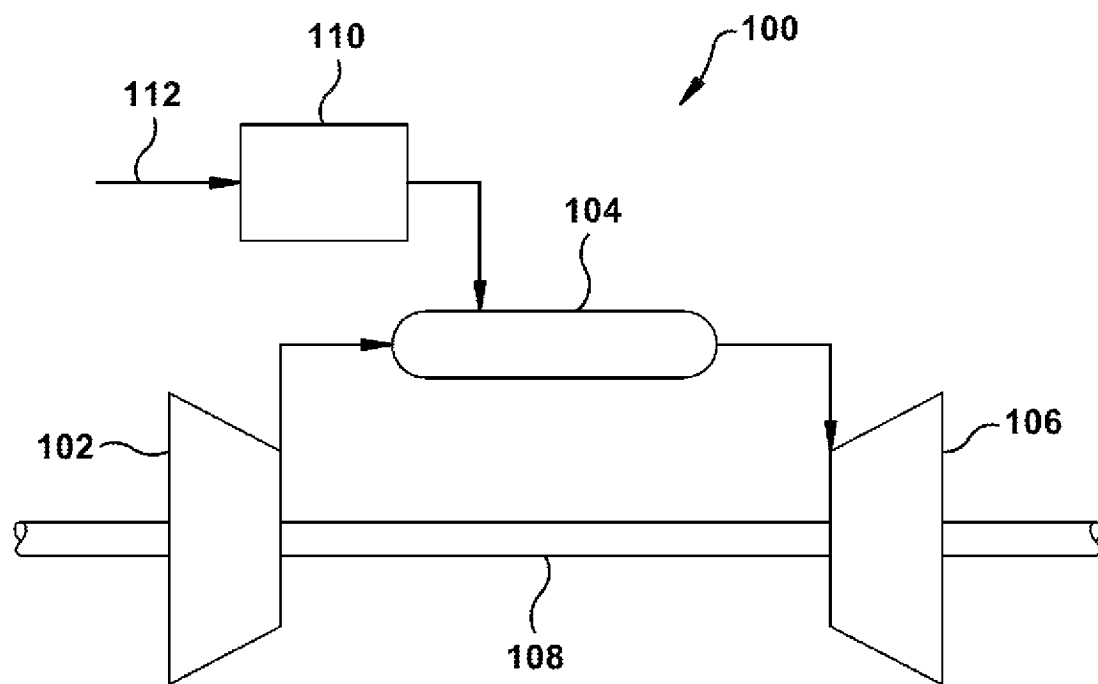
[0032] 另外,如所描述的那样,膜冷却出口149可构造成使得在释放的方向和翼型件的表面之间形成小角。将理解的是,这限制了热气工作流体到达由释放的冷却剂形成的膜层或膜射流下面的能力。得到确认的事实是,表面上的切向膜冷却比以一角度发出的膜冷却更高效。在优选实施例中,膜冷却出口149构造成以在方向上与凹槽172和/或槽口170(冷却剂释放到其中)的方向一致地释放冷却剂。

[0033] 槽口170的径向深度可改变。可将横挡170的径向高度描述成从末梢帽148的径向位置到外侧横挡表面161的径向位置的距离。类似地,可将槽口170径向高度描述成从槽口170的内侧边缘171的径向位置到外侧横挡表面161的径向位置的距离,如图5中示出的那样。在优选实施例中,各个槽口170的径向高度可为横挡150的径向高度的至少一半(0.5倍)。

[0034] 槽口170和凹槽172可具有各种构造、深度和/或形状。将理解的是,槽口170和凹槽172用来容纳膜冷却,以及使其不与热气混合,同时沿着优选路径导引膜冷却,使得更高效地满足区域的冷却需要。槽口170和凹槽172还用来增大膜冷却所覆盖的外表面积。槽口170和凹槽172可为叶片末梢中的铸造特征,或者在铸造之后经加工,或者甚至只是通过作为形成膜出口149本身的过程的一部分的激光、水射流或EDM钻削而形成。如所陈述的那样,槽口170和凹槽172不必具有恒定的横截面,而是也可根据离膜冷却出口149的距离扩大或缩小,这可在性能方面提供额外的好处。进入表面中的凹槽172的深度可改变;这不受膜冷却出口149的尺寸约束。在某些实施例中,两个或更多个凹槽172可源自单个膜冷却出口149,以帮助展开冷却,同时还使冷却剂不与热气混合。

[0035] 如图13中显示的那样,承架175可在槽口170的内侧边缘附近形成于压力侧壁或吸力侧壁上。在这样的情况下,膜冷却出口149可定位在承架175上。将理解的是,这个构造可允许沿径向方向上释放冷却,这可使更多冷却剂吸入各个槽口170中。

[0036] 虽然结合仅有限数量的实施例来详细描述本发明,但应当容易地理解的是,本发明不限于这样的公开的实施例。而是可修改本发明,以结合此前未描述但与本发明的精神和范围相当的任何数量的变型、更改、替换或等效布置。另外,虽然已经描述了本发明的各种实施例,但要理解的是,本发明的各方面可包括仅一些描述的实施例。因此,不应认为本发明由前述描述限制,而是仅由所附权利要求的范围限制。



(现有技术)

图 1

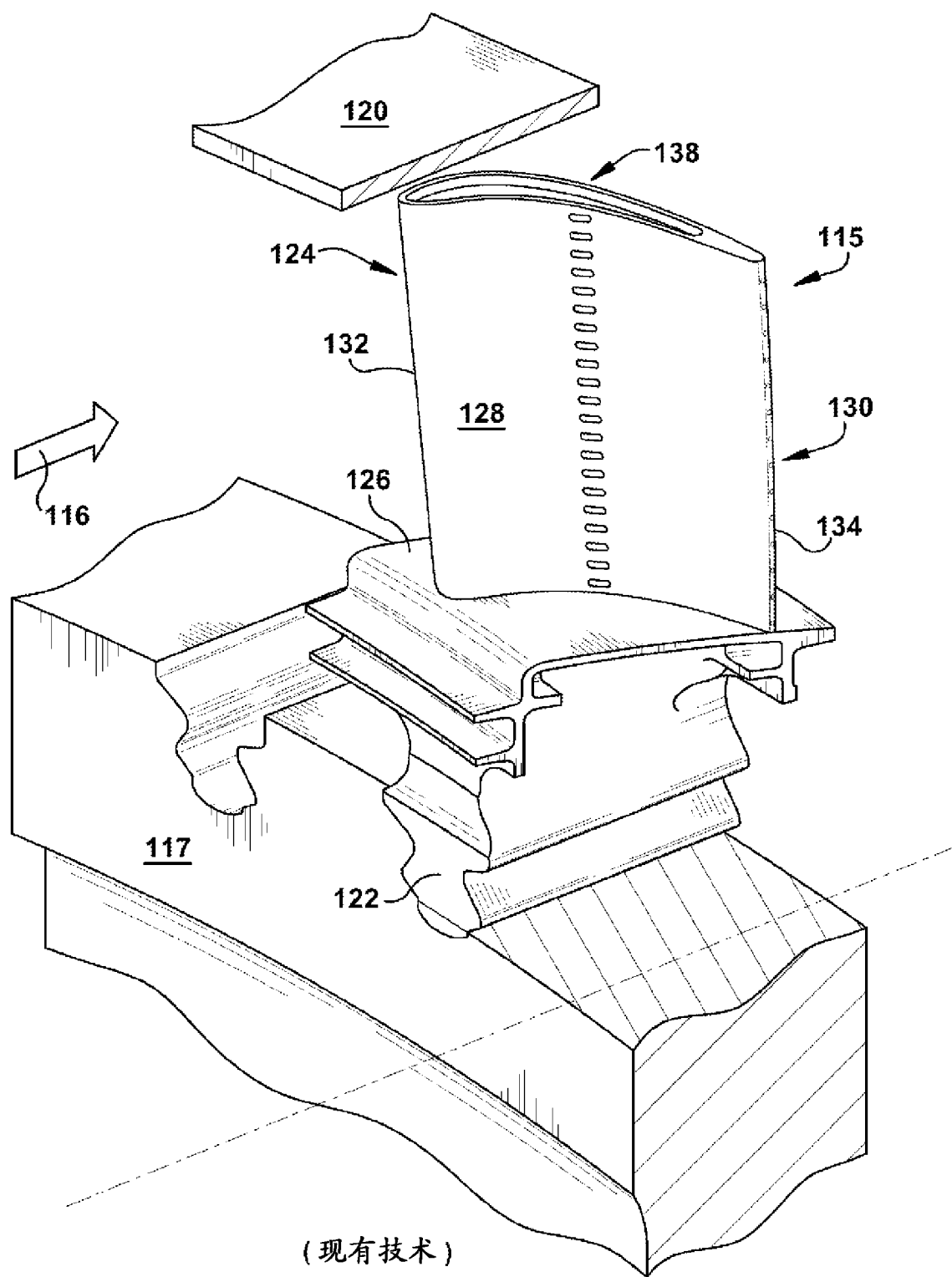


图 2

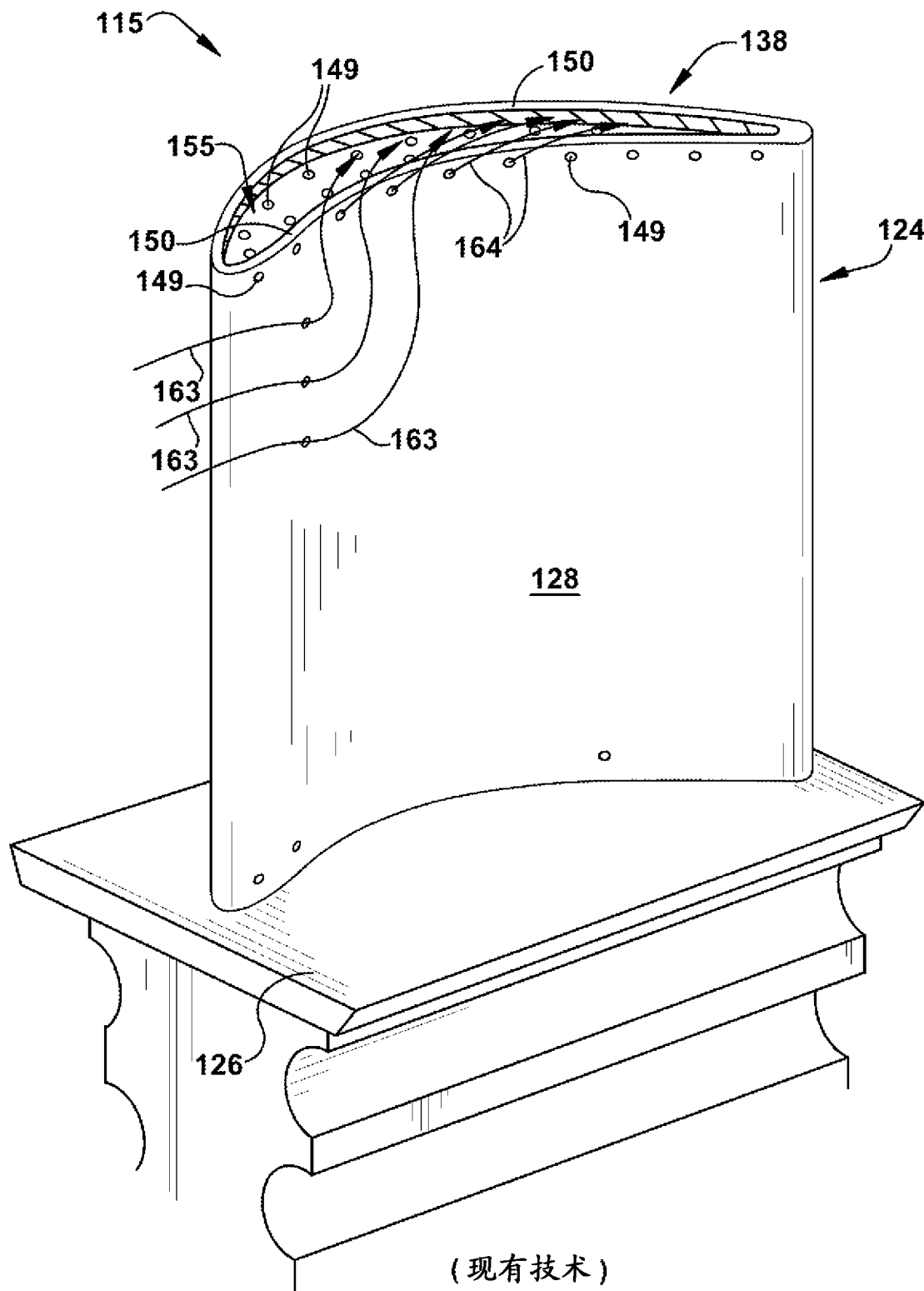


图 3

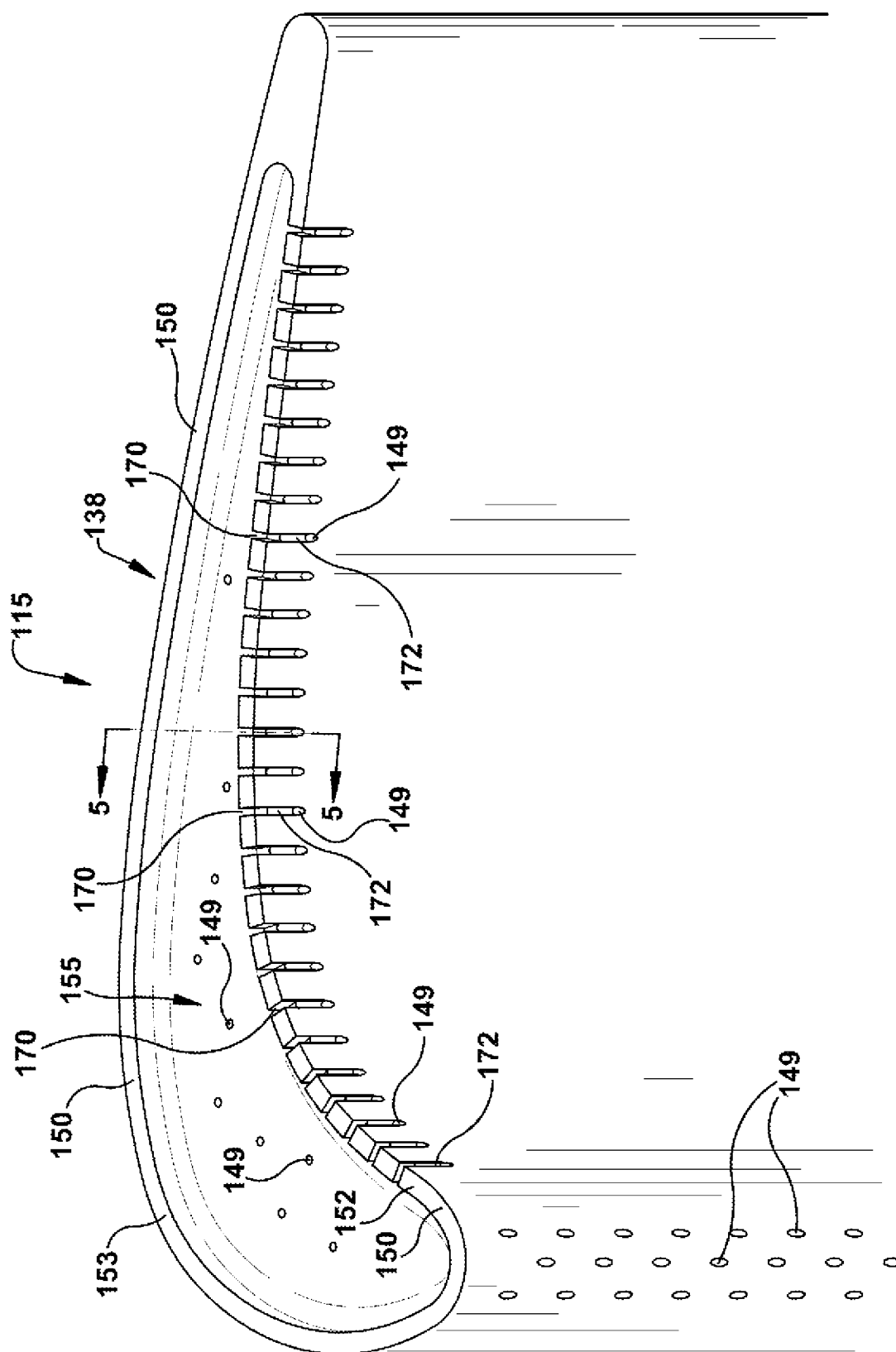


图 4

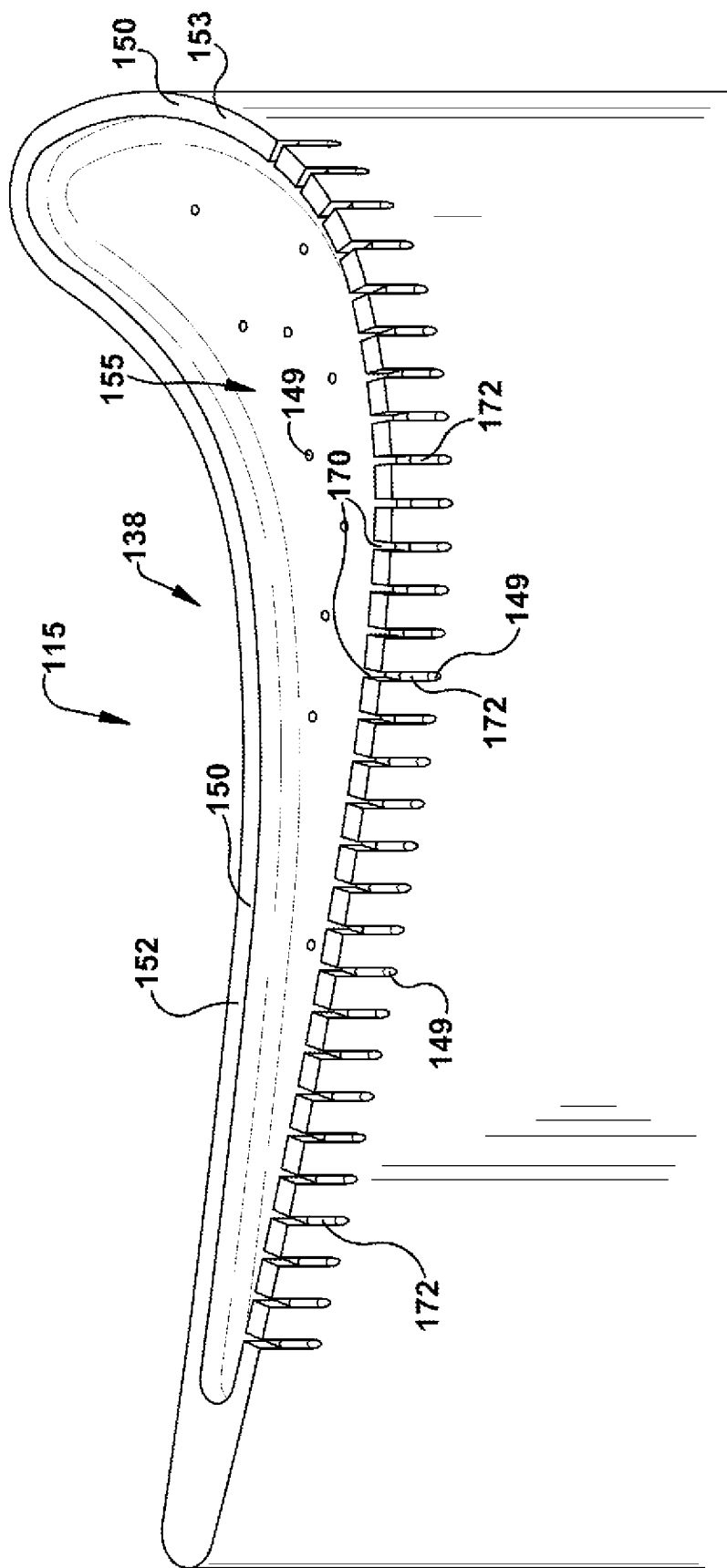


图 6

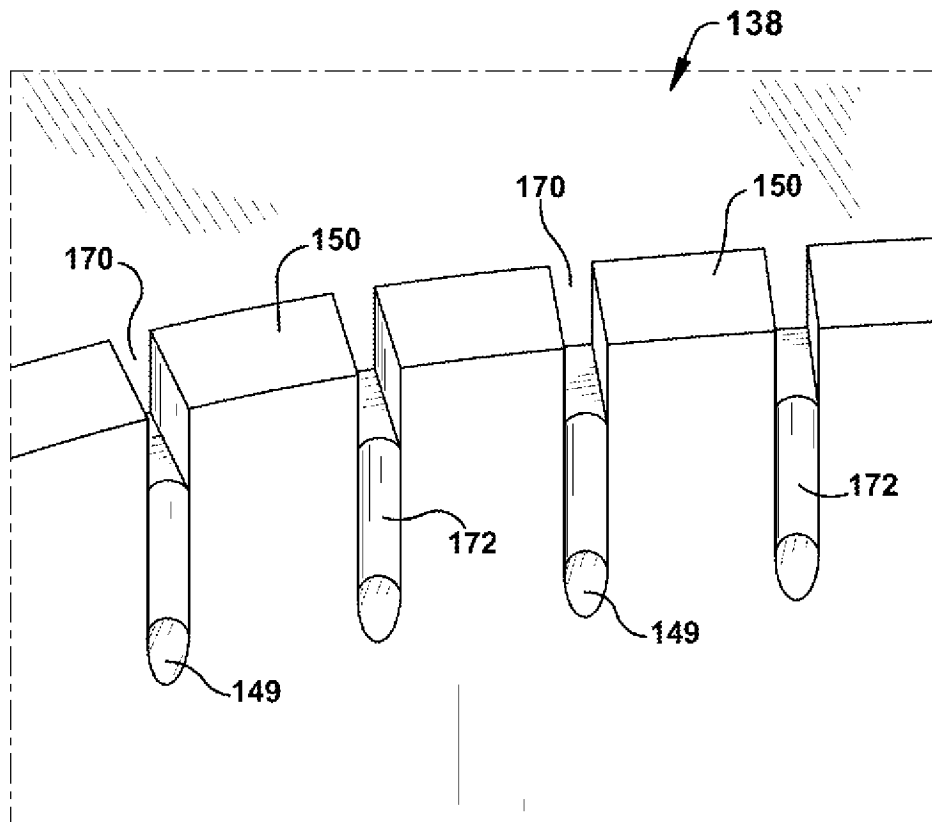


图 7

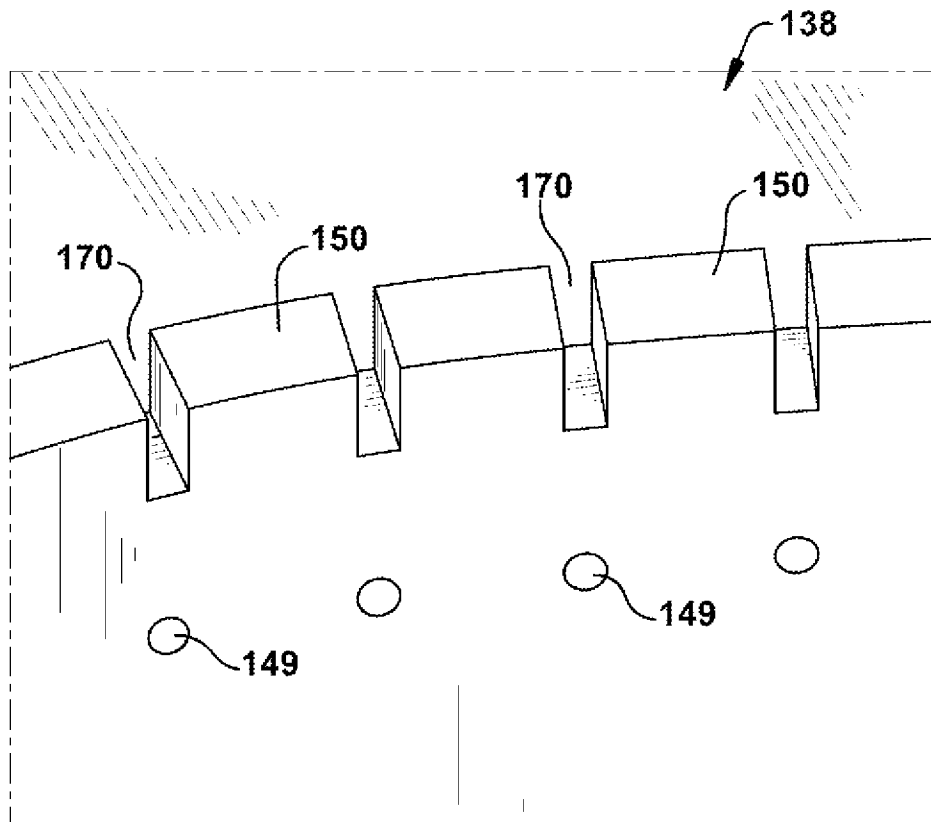


图 8

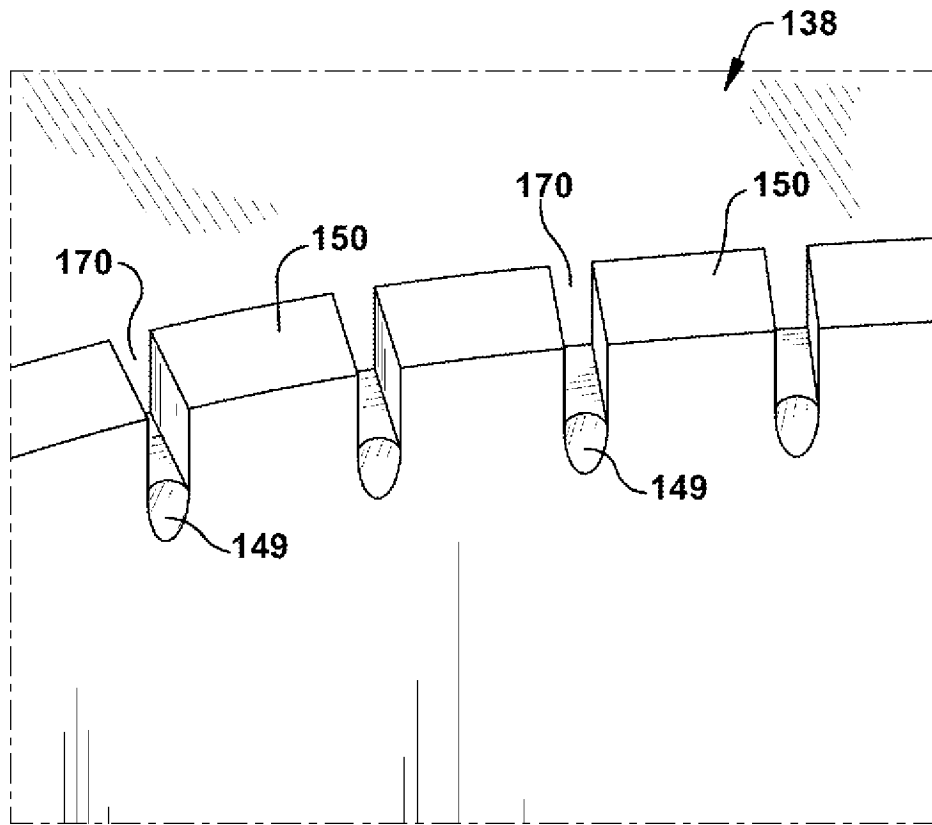


图 9

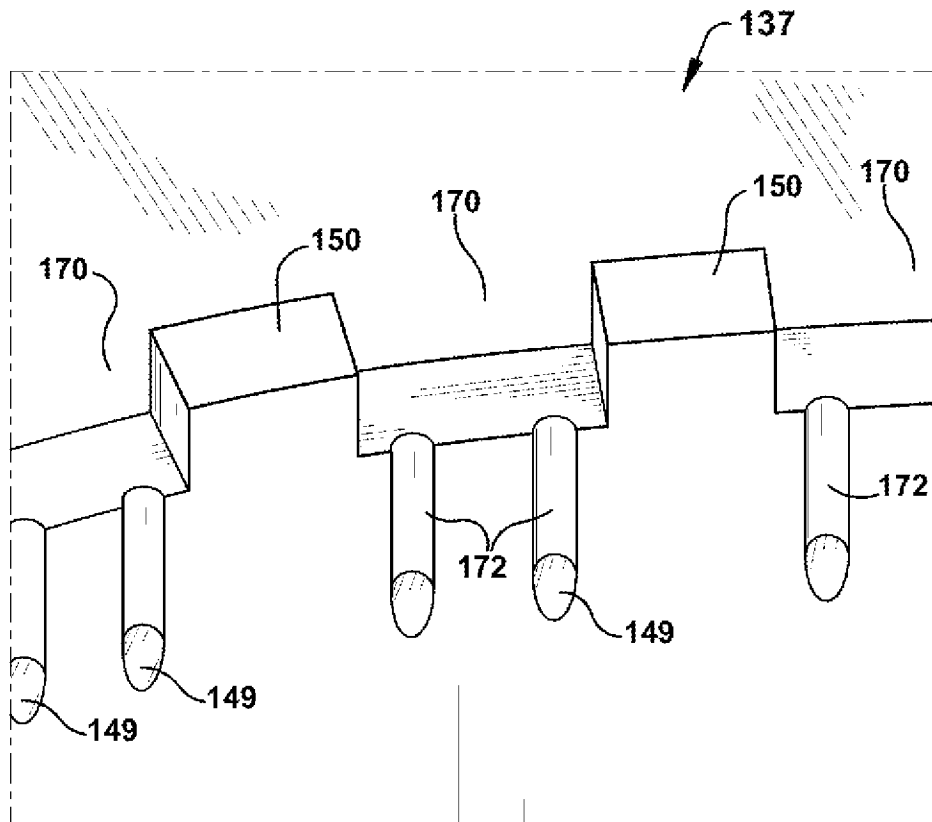


图 10

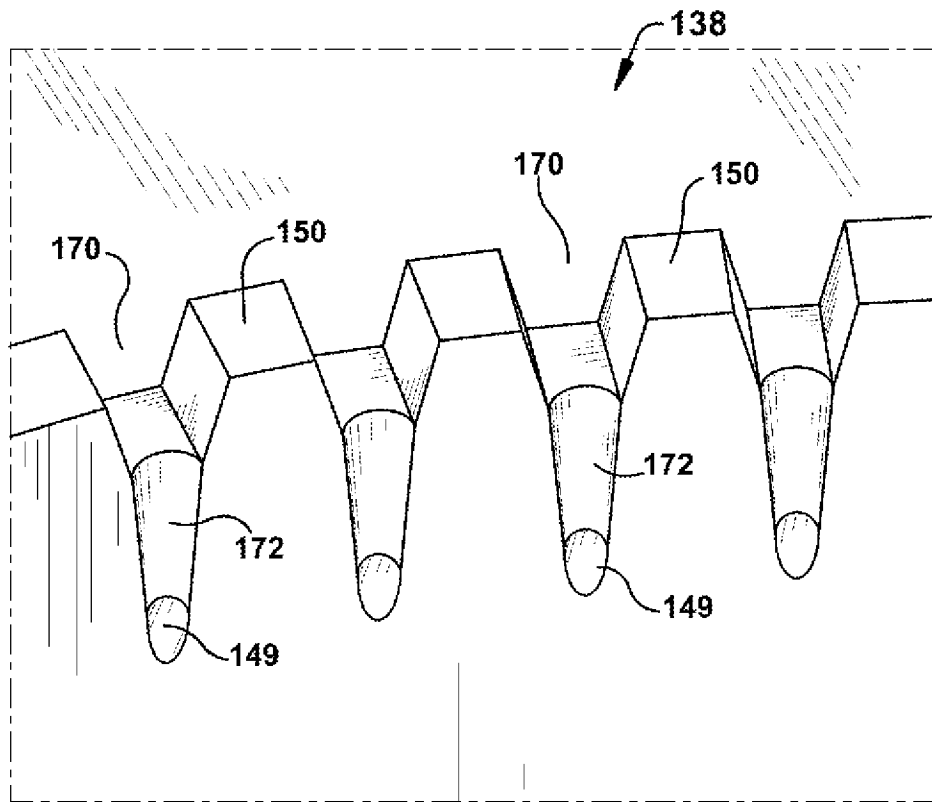


图 11

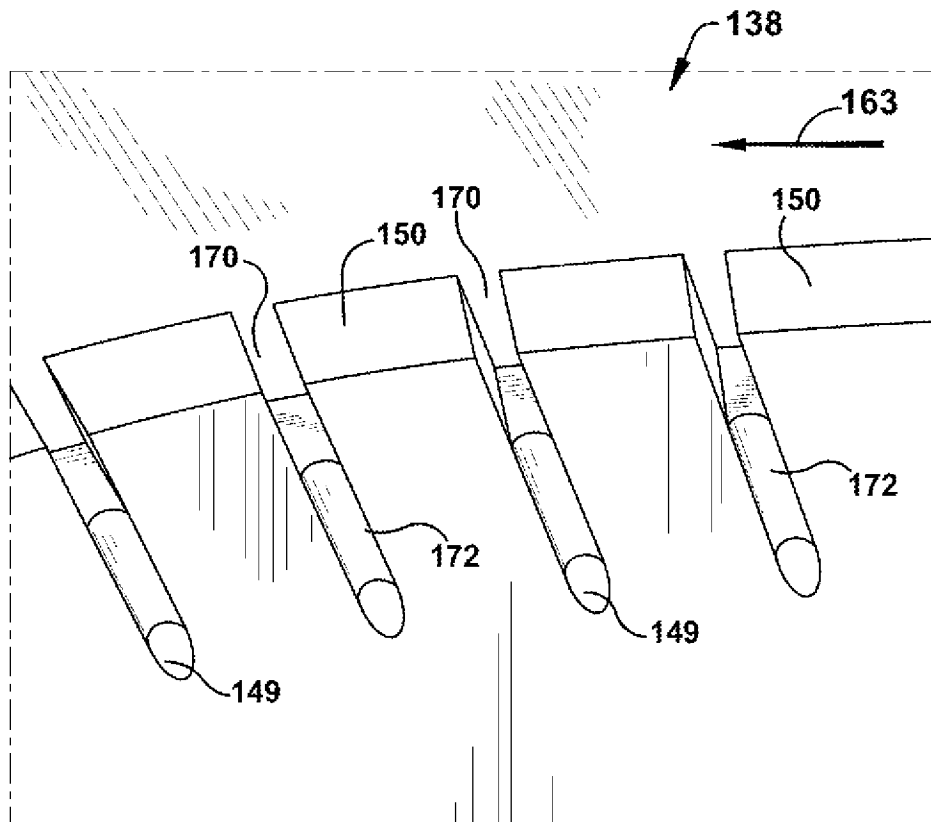


图 12

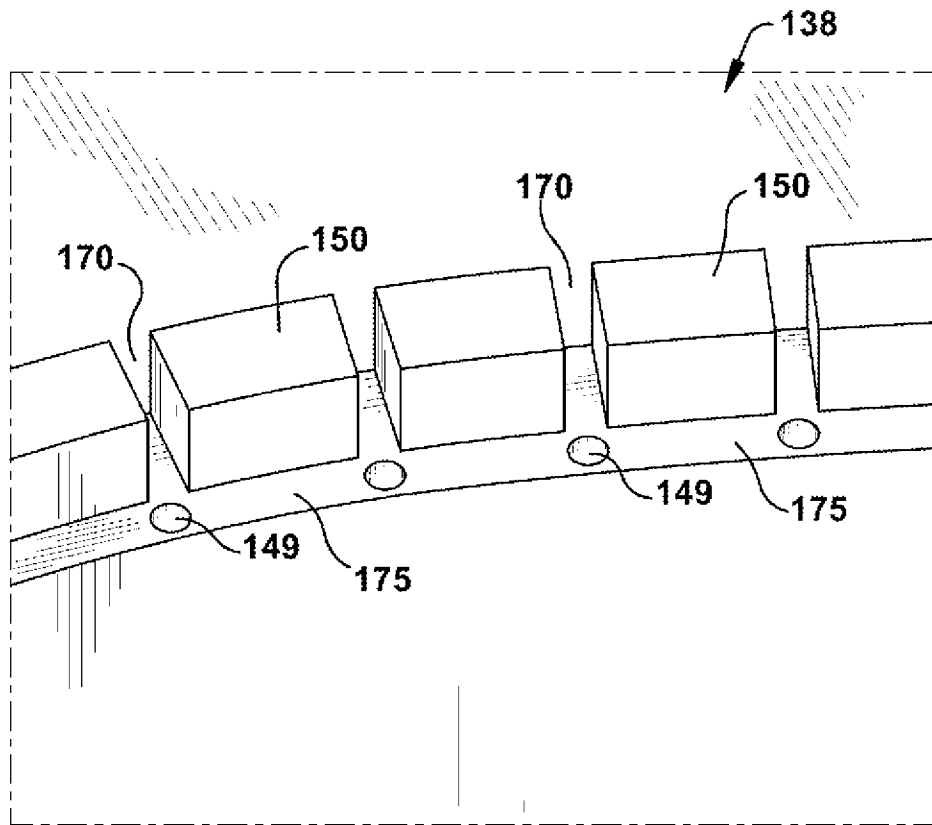


图 13