



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103161513 B

(45)授权公告日 2017.03.01

(21)申请号 201210545238.3

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2012.12.14

F01D 9/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 曹昕慧

申请公布号 CN 103161513 A

(43)申请公布日 2013.06.19

(30)优先权数据

13/326372 2011.12.15 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 J.J.马尔多纳多

(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 严志军

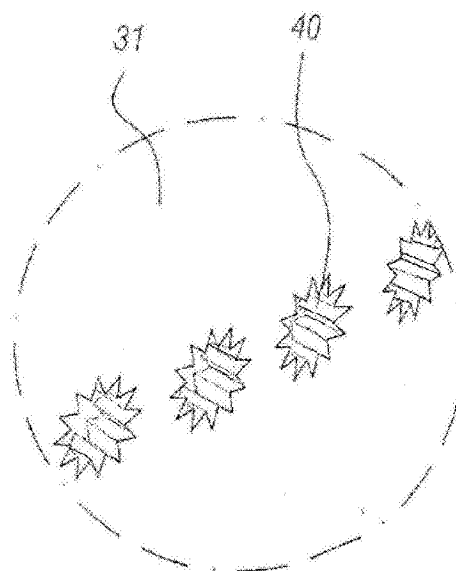
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

### (54)发明名称

改进的用于燃气涡轮发动机的喷嘴叶片

### (57)摘要

本发明提供一种改进的用于燃气涡轮发动机的喷嘴叶片,该喷嘴叶片包括:叶片壁,该叶片壁具有内壁表面和外壁表面,所述壁表面彼此间隔开,以限定用于冷却介质的多个流体通路;分立的腔,所述分立的腔由布置在内壁表面与外壁表面之间以及用于冷却介质的流体通路内的内部壁构件形成;多个冲击冷却套筒,所述多个冲击冷却套筒布置在由内壁表面和外壁表面、并且由内部壁构件限定的分立的腔中;以及冲击冷却套筒中的每一个冲击冷却套筒中的多个非圆形,例如锯齿形,的开口,所述开口的尺寸和数量足以容纳冷却介质的流动。



1. 一种用于燃气涡轮发动机的喷嘴叶片,所述喷嘴叶片包括:

叶片壁,所述叶片壁具有内壁表面和外壁表面,所述内壁表面和外壁表面均匀地彼此间隔开,以限定用于冷却介质的流体通路;

多个腔,所述多个腔布置在所述内壁表面与所述外壁表面之间、并且位于所述流体通路内;

多个冲击冷却套筒,所述多个冲击冷却套筒布置在由所述内壁表面和所述外壁表面以及内部壁构件限定的分立的所述腔中;以及

位于所述多个冲击冷却套筒中的每一个冲击冷却套筒中的多个非圆形冲击开口,所述多个非圆形冲击开口的尺寸和数量足以容纳进入所述流体通路内部的所述冷却介质的流动,其中所述非圆形冲击开口具有径向排列的突出部,所述突出部自每个非圆形冲击开口的中心放射设置以形成相应的周向流体通路;其中,所述非圆形冲击开口的肋与所述冷却介质进入所述非圆形冲击开口的所述冲击冷却套筒的相应表面位于相同的平面上。

2. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述冲击冷却套筒中的所述多个非圆形冲击开口包括大致星形流体通路,所述大致星形流体通路具有从每个非圆形冲击开口的中心放射状设置的突出部的径向阵列。

3. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述冲击冷却套筒中的所述多个非圆形冲击开口限定了从每个开口的中心放射状设置的大体均匀的、等距的流体通路的阵列。

4. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述冲击冷却套筒中的所述多个非圆形冲击开口基本沿每个插入套筒的长度布置。

5. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述冲击冷却套筒中的所述多个非圆形冲击开口包括人字形构造。

6. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述冷却介质的所述流动冲击所述喷嘴叶片的所述内壁表面。

7. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述冲击冷却套筒中的所述多个非圆形冲击开口形成在多个冲击冷却套筒中的每一个冲击冷却套筒的第一壁和第二壁中。

8. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,由所述冲击冷却套筒形成的所述分立的腔具有与所述内部壁构件相同的总体构造。

9. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述分立的腔和所述冲击冷却套筒限定了用于所述冷却介质的特定的流体流动间隙。

10. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述分立的腔纵向延伸,并且在所述喷嘴叶片中彼此平行。

11. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述冷却介质包括压缩空气。

12. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述冷却介质包括蒸汽。

13. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述冷却介质是蒸汽和压缩空气的混合物。

14. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述冲击冷却套筒的向前边缘的形状是弯曲的,并且所述冲击冷却套筒的侧壁大体对应于所述腔的侧壁的形状。

15. 根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述冲击冷却套筒中的所述多个非圆形冲击开口使得沿所述喷嘴叶片的空气混合改进。

16.根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述冲击冷却套筒中的所述多个非圆形冲击开口使得沿所述喷嘴叶片的冲击空气喷射速度提高。

17.根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述多个非圆形冲击开口使得沿所述喷嘴叶片的横流传热降级减少。

18.根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述多个非圆形冲击开口仅设置在所述冲击冷却套筒的上游部分上。

19.根据权利要求1所述的喷嘴叶片,其特征在于,所述多个非圆形冲击开口具有锯齿形布置。

## 改进的用于燃气涡轮发动机的喷嘴叶片

### 技术领域

[0001] 本发明涉及例如用于电气发电和飞机发动机的那些燃气涡轮发动机,并且更具体地,涉及用于使用具有改进的对流和冲击冷却能力的喷嘴腔和叶片设计来冷却喷嘴和相关联的叶片的系统。本发明还能够用于其它的发动机部件,例如罩、斗叶/叶片(buckets)、燃烧器、并且与不同的翼型件、以及喷嘴内侧壁和喷嘴外侧壁一起使用。

### 背景技术

[0002] 多年来,已经采用各种冷却机构来在长时间操作期间保护燃气涡轮发动机的热气路径部件,特别是经常遭遇温度最高的排气的一级喷嘴。大多数闭合回路冷却系统包括在喷嘴的内侧壁与外侧壁之间延伸的多个喷嘴叶片段。典型地,叶片包括腔,所述腔与外侧壁和内侧壁中的室流体连通,以容纳用于冷却外壁和内壁的闭合回路内的冷却介质的流动。冷却介质供给到外壁中的增压室中,以用于分配到由冲击开口限定的不同的室和流动通路,从而允许冷却剂流动到叶片的外壁表面上。使用过的冲击冷却介质接着流入前缘和径向延伸通过叶片的后腔。

[0003] 过去,蒸汽用作某些类型的喷嘴叶片的冷却介质。尽管在标称操作温度下(nominal operating temperatures),蒸汽所具有的热容比空气高,但是用于涡轮机叶片和其它发动机部件的蒸汽冷却设计展示出一定的热力学低效率。例如,必须将蒸汽保持在闭合回路内侧,以便避免与热气流混合。因此,热气路径中的一些部件不能像闭合回路内侧的蒸汽一样高效地被冷却,原因是例如喷嘴叶片的后缘的相对较薄的结构阻止了叶片某些部分的有效蒸汽冷却。

[0004] 另一种已知的用于冷却燃气涡轮机发动机轮叶和喷嘴的方法包括使用高压冷却空气的部分供给,所述高压冷却空气通常由例如燃气涡轮压缩机的中间级或最终级的内部源提供。典型地,喷嘴中和围绕喷嘴的一系列内部流动通路使用气膜冷却提供叶片的期望的补充冷却,并且外部管路向喷嘴供给压缩空气,所述压缩空气最终被排放至燃气涡轮机的热气流中。

[0005] 大部分目前的燃气涡轮机还依赖一些形式的冲击传热,以通过相对于叶片表面放置一组圆形孔(a bank of round holes)、和直接相对于固体表面引入相对高速的流体(蒸汽或空气)喷射来冷却喷嘴叶片。冷却流体的速度越高,分子趋向于与表面保持接触、并且换热的时间就越长。为此原因,冲击冷却流体喷射通常与金属表面垂直地引入空气,以使相对于所述表面的入射速度最大化。在一些最新设计中,冲击空气冷却已与蒸汽组合使用,以降低仅由蒸汽不能有效冷却的喷嘴叶片的特定部分的操作温度。然而,实际上所有的仅使用空气的、用于燃气涡轮机的冲击冷却系统都依赖圆形孔在叶片中的规定数量和布置来容纳流体流动。

[0006] 尽管能够使用具有圆形开口的冲击冷却在第一级喷嘴中实现水平相对较高的传热,但是一旦冲击接触发生,则流体分子趋向于与固体叶片表面平行地移动、并且流体速度明显变得降低,较少的分子与固体表面相接触,最终导致传热降低。由于从相邻的圆形冲击

孔进入的流体能够碰撞、混合并且最终减少冷却剂吞吐量(coolant throughput),冷却流体速度也变得低得多。类似地,局部压力下降趋向于重新定向流体流动,从而更进一步地降低流体速度。由于总是与圆形冲击开口相关的现象,该喷嘴叶片中的传热降级(被称作“横流效应”)使传热水平降低。

[0007] 因此,已经发现,由于所获得的空气流动特性,为了冷却目的而使用压缩空气和/或蒸汽来利用圆形冲击孔将付出热力学效率在某种程度上降低的代价。冷却剂与叶片表面之间的传热的量,与冷却剂的、当它撞击受到冷却的表面并且接着转向为与受到冷却的表面平行时的速度直接成比例。因此,待冷却的热表面上存在一个离散组的不同/变化的传热系数。最高传热在正对冲击孔处实现,却随着离开孔的冷却剂速度降低而变得较低。由于来自相邻孔的冷却剂与来自圆形冲击孔的冷却剂相混合,因此来自相邻圆形孔的横流的相互作用也使冷却效果降低,从而使其速度降低并且使传热潜力下降。

[0008] 因此,仍然存在对确定这样的方法的显著需要:使得用于叶片冷却的压缩空气或蒸汽的传热潜能最大化,并且由此在严格的操作要求下保持部件温度。还存在使冷却剂速度提高的同时、使受到冷却的叶片表面的最大面积上的流动更加均匀的需要,由此提供优秀的总体传热效率。

[0009] 如上所述,解决冲击冷却问题的技术领域的当前状态几乎仅依赖圆形冲击孔来产生期望的冷却效果。例如,见U.S.No.6,468,031(描述了使用圆形冲击孔来使翼型件的内部面上的传热增加的喷嘴)。类似地,EP1247940A1描述了具有可变直径的圆形冲击孔的使用,以防止堵塞而不会使冷却剂与喷嘴表面之间的传热降低。

## 发明内容

[0010] 本发明提供一种改进的用于燃气涡轮机的喷嘴叶片,该喷嘴叶片使用显著不同的冲击开口以及所获得的空气流动。如上所述,本发明还能够结合可以得益于冲击冷却的其它燃气涡轮发动机部件使用,包括罩、斗叶和燃烧器、以及其它类型的翼型件、和甚至喷嘴内侧壁和喷嘴外侧壁。

[0011] 在涉及喷嘴叶片的示例性实施例中,本发明包括:(1)叶片壁,该叶片壁具有内表面和外表面,壁表面彼此间隔开,以限定用于冷却介质(典型地为压缩环境空气)的流体通路;(2)多个分立的腔,所述多个分立的腔由布置在内壁表面与外壁表面之间以及用于冷却介质的流体通路内的叶片中的内部壁构件形成;(3)多个冲击冷却套筒,所述多个冲击冷却套筒布置在由内壁表面和外壁表面以及内部壁构件限定的分立的腔中;以及(4)冲击冷却套筒中的每一个冲击冷却套筒中的多个非圆形冲击开口,所述开口的尺寸和数量足以容纳高压冷却介质的流动。

[0012] 在本说明书中所述的实施例中,多个冲击开口中的每一个冲击开口都形成为小型周向流体通路,所述小型周向流体通路具有从每个开口的中心放射设置的突出部的径向阵列。综合起来,通过示例的方式,所述突出部形成从所述开口的中心放射的、基本均匀的流体通路的径向阵列(例如,呈星形形式)。所述突出部可以呈各种形式,包括等距的或交替设置的突出部、或者具有不同尺寸以及彼此分离不同距离的突出部。

[0013] 如下文所讨论的,对比圆形开口,本说明书中所述的冲击冷却套筒中的非圆形开口提供了高效得多的混合和传热潜力。即,现在已经发现,非圆形冲击开口使得冷却流体速

度提高、并且使得横流效应(cross flow)最小化,由此增加冷却流体与叶片表面之间的传热。新的几何图案设计还在冲击开口中和围绕冲击开口处产生了涡旋场(vortex field),其在每个开口处提供了更高效的混合和改进的空气速度分布。由于开口的改进使混合以及速度较高的特性,从每个开口(例如,具有星形构造的开口)的中心放射的分立流体通路的这个特性显著改进了现有喷嘴设计的传热能力。

[0014] 此外,使用新的冲击开口在经济上是可行的,原因是新的冲击开口的形成不需要对燃气涡轮发动机的其它部分进行任何显著的设计或操作改变。因此,本发明仅通过最小的额外制造成本和复杂性而提高了各种类型的喷嘴、叶片、罩、斗叶、燃烧器和翼型件的冲击传热潜力。传热的提高还改进了关键发动机部件的预期寿命,尤其是暴露于燃气涡轮机中的高气体路径温度的那些关键发动机部件。具体而言,使用具有从中心放射设置的突出部的径向阵列的多个周向流体通路最终使得金属温度较低、并且关键热气体路径部件的寿命较长。根据具体应用,该传热提高降低了发动机冷却剂要求,并且最终改进了发动机的总体性能和热力学效率。

[0015] 根据本发明的多面冲击开口的使用能够在各种部件中实施,例如喷嘴、斗叶、罩、燃烧器、和壳体。根据特定的最终使用应用、目标部件和冷却流动要求,星形开口的具体几何尺寸还可以略微变化。因此,本发明构想了使用非圆形冲击开口的各种形状,包括例如“人字形”(“chevron”)类型孔或者其它的对称构造。当应用于初级阶段喷嘴、第一级斗叶、燃烧器衬套和/或壳体温度控制装置时,该设计能够改进那些部件的传热能力。

[0016] 通过下文结合附图对目前优选的示例性实施例的更加详细的描述,本发明的这些以及其它的目的和优点将得到更加完整的理解和领会。

## 附图说明

[0017] 图1是具有冷却插入套筒的喷嘴叶片的示意性局部透视图,所述冷却插入套筒布置在具有实施本发明的冲击开口的叶片腔中;

[0018] 图2是具有新的冲击开口的示例性插入套筒的进一步的透视图;

[0019] 图3是图1的实施例中所示的某些选定冲击开口的放大视图;以及

[0020] 图4是实施本发明的另一个插入套筒的示意性竖直横截面。

## 具体实施方式

[0021] 如上所述,根据本发明的冲击开口改进了传热并且提高了冷却空气和/或蒸汽的有效使用,以降低喷嘴和其它发动机部件的温度。对比具有相符的横截面积的圆形开口,限定了开口的多个几何边缘所具有的尺寸和构造能够使得冲击喷射速度更高、并且使传热增加。这种多面冲击孔的使用允许更大的吞吐量(throughput)和金属温度的净降低。还发现,星形构造具有产生涡旋流场的能力,该涡旋流场能够提供冷却空气在作用于叶片之前的更高效的混合。更高效的混合允许冷却空气的速度更高的分布,并且因此允许流体与表面之间更高的传热。

[0022] 图1至图3中示出了示例性插入套筒的一般形式。图1示出了用于前缘腔的套筒,而图2和图3示出了特别用于图1中的腔17的示例性套筒。在图1的实施例中,喷嘴叶片10包括多个集成腔(一体设置的腔,integral cavities)11、12、13、14、15、16和17,多个集成腔中

的每一个集成腔都具有插入套筒,插入套筒18、19、20、21、22和23呈具有下文所述的多面流体通路的、空心且大体矩形的套筒的一般形式。所述套筒成形为与容纳套筒的特定腔的形状紧密对应,套筒的两侧沿与邻近腔壁的套筒部分具有多个冲击冷却开口。

[0023] 在图1的前缘腔30中,插入套筒31的向前边缘具有弯曲构造,侧壁的形状大体对应于多面(multi-faceted)腔30的侧壁的形状。插入套筒的侧壁沿整个长度的一部分包括多个冲击开口。如图所示,冲击开口具有多面,即,锯齿形构造(还示为放大的冲击开口40)。插入套筒31的后侧32不包括任何冲击开口。类似地,在后腔13、12和11中,插入套筒19和18的侧壁仅沿长度的一部分具有冲击开口,而插入套筒19和18的前壁和后壁由固体非穿孔材料(solid non-perforated material)形成。图1中所示的多面构造仅仅是本发明所构想的开口类型的一个示例。能够使用具有均匀和非均匀锯齿(serrations)的其它几何构造,例如多尖星形、人字型孔、“尖峰形”开口等。

[0024] 腔30、17、16、15、14、13和12中的套筒与腔的壁间隔开,以使得冷却介质(例如,压缩空气)流入和通过冲击开口,从而作用于腔的内部壁表面,由此以上文所述的方式冷却壁表面。随着冲击冷却剂从腔的上游端向下行进,横流降级趋向于增加、并且通常将造成较低的传热。然而,新的冲击冷却开口在叶片的长度上展示出较低的压降,同时提供了更高效的冷却。

[0025] 如图1还显示的,插入套筒包括布置在套筒的上游部分上的冲击冷却开口。其它的下游部分是基本无孔的、并且不包括孔,而是通过减少插入套筒与腔内部壁之间的面积中的冷却剂流动面积而起到堵塞机构的作用。见套筒间隙50。因此,使用新的冲击开口的设计使得混合改进、当空气从开口向目标表面移动时使冲击空气喷射速度提高、以及使沿叶片的整个长度的传热系数最终更好。新的开口还减少了不期望的后冲击冷却剂横流。

[0026] 图1和图2中所示的插入套筒23包括具有开口下端的细长套筒,该开口下端具有边缘凸缘,以用于连接至相应腔的开口,例如图1中的腔17。套筒23的侧壁50、51分别包括多个锯齿形冲击冷却开口52、53,如放大的图3中的40处详细示出的。冲击冷却孔52、53沿套筒的第一上游套筒部分55和56被限定,以用于使冷却介质流入套筒与待冷却的内部叶片壁表面之间的空间中。开口上的锯齿还产生了涡旋场(vortex field),该涡旋场使冲击外侧界面内的混合得以改进、并且因此使得作用于腔壁的冲击喷射速度更高,从而接着产生较高的传热系数、较低的金属表面温度、和可获得的冷却空气的更有效的使用。套筒的下游套筒部分57、58不具有冲击孔。相反,下游部分通过限定流体流动通道而减小了腔17中的冷却剂流动面积,所述流体流动通道通过被限定成邻近套筒中的第一冲击开口的空间而得益于后冲击冷却流动。

[0027] 如图2中所示,其上设置有冲击孔52和53的套筒的部分的范围(extent)取决于插入套筒侧壁面向的是翼型件的压力侧还是吸力侧。尽管如果被认为是需要或期望的话,冲击孔在每侧上的范围能够发生变化,但是套筒的压力侧上的冲击的范围优选地大于吸力侧的。

[0028] 参照图4,插入套筒60设置在叶片腔19中。插入套筒60的外周轮廓同样沿着/跟随腔的外形、并且具有侧壁63、64上的星形冲击开口61、62。冷却剂(例如,压缩空气)从增压室流入插入套筒60中,并且接着向外通过开口61、62,以用于腔19的相对侧上的叶片外壁的冲击冷却。

[0029] 插入套筒60具有冲击孔61、62的范围取决于插入套筒侧壁面向的是翼型件的压力侧还是吸力侧。尽管如果被认为是实现本发明的目的所需或期望的话,冲击孔在每侧上的范围能够发生变化,但是插入套筒的压力侧上的孔的范围通常大于吸力侧的。

[0030] 在图4中,冲击冷却锯齿形开口同样位于插入套筒的上游套筒部分65、66中,而插入套筒的其它的下游套筒部分67、68不具有孔。相反,下游部分使腔19中的冷却剂流动面积减小。就前缘腔和返回腔中的插入套筒而言,使用新的冲击开口的上游部分使得混合改进、冲击空气喷射速度提高、并且叶片的那些部分的传热最终更好。

[0031] 尽管已经结合当前被认为是最可实践并且优选的实施例对本发明进行了描述,但是应当理解,本发明并不限于所公开的实施例,而是相反,期望覆盖包括在所附权利要求的精神和范围内的各种改型和等同布置。



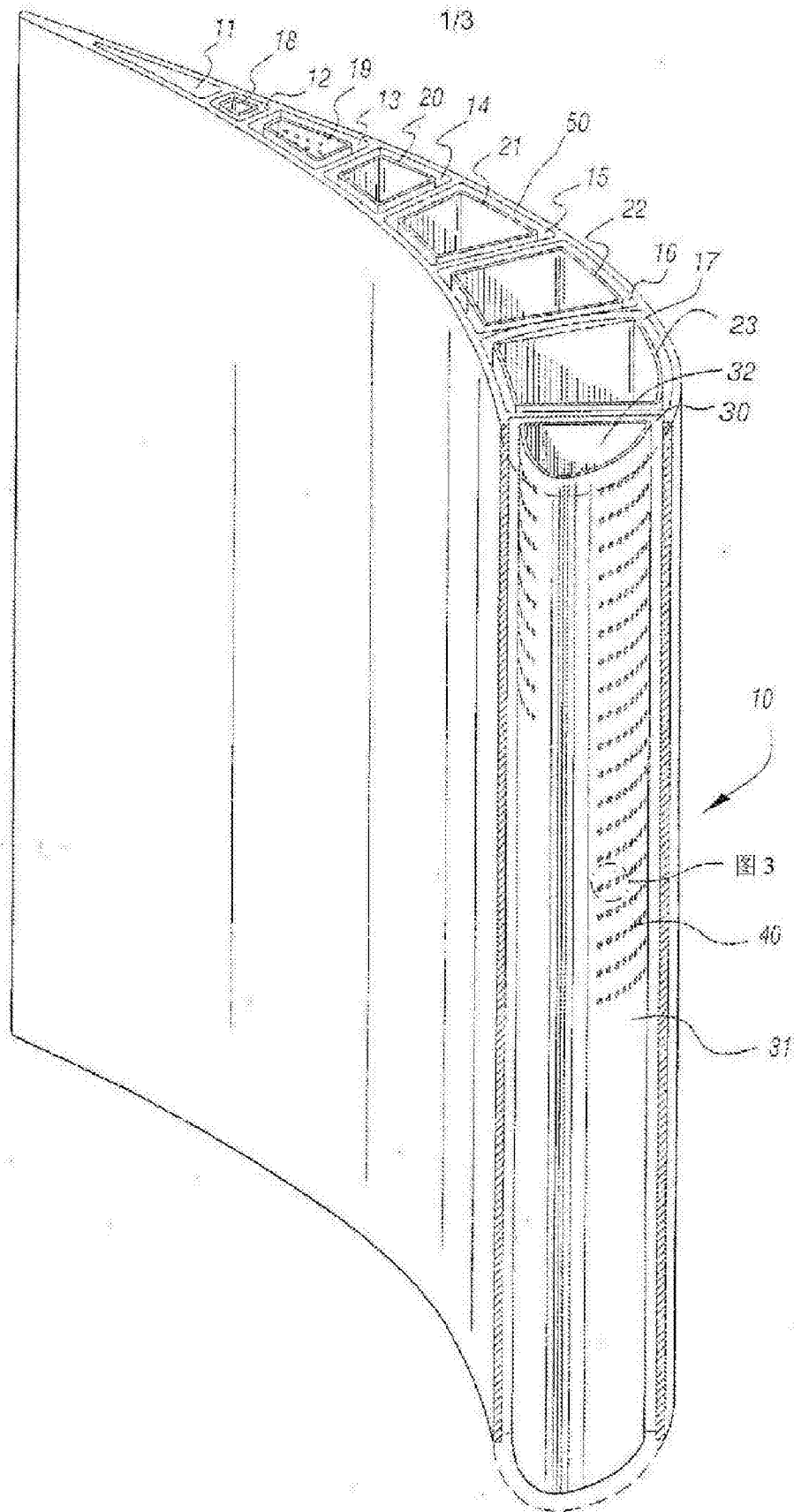


图1

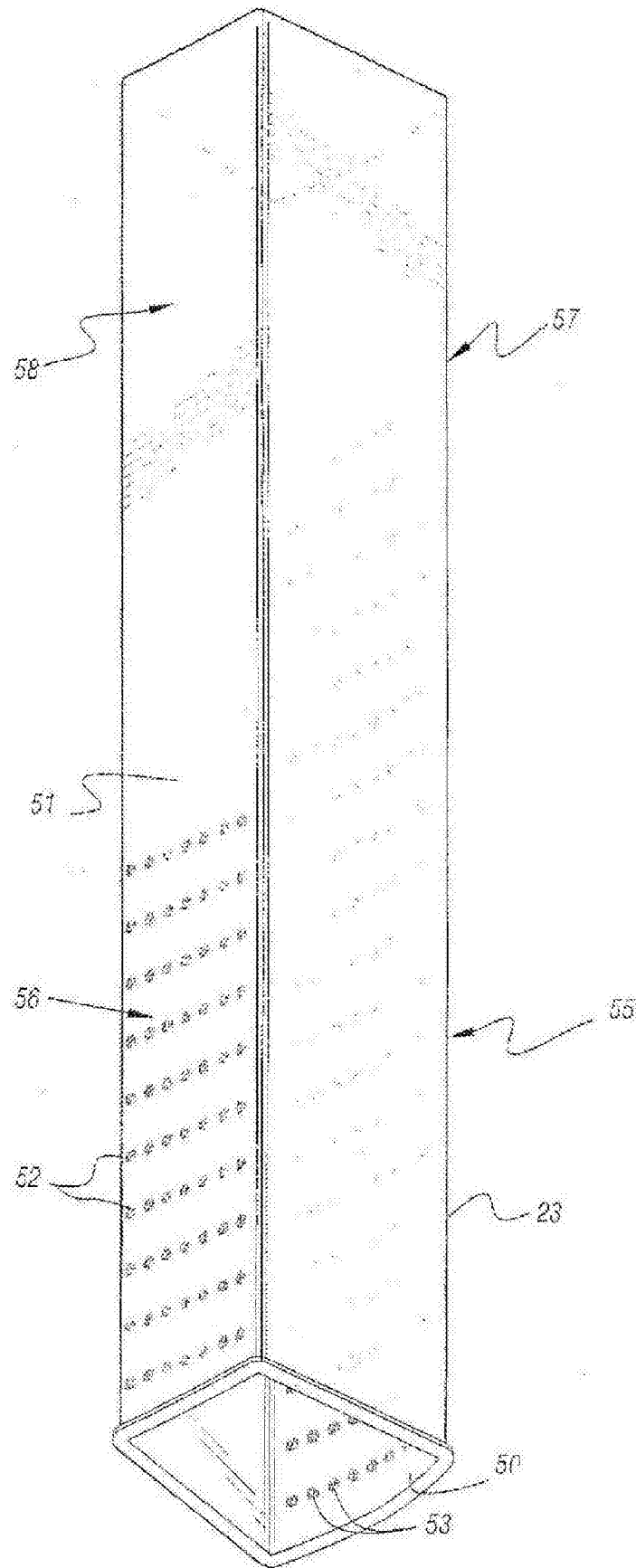


图2

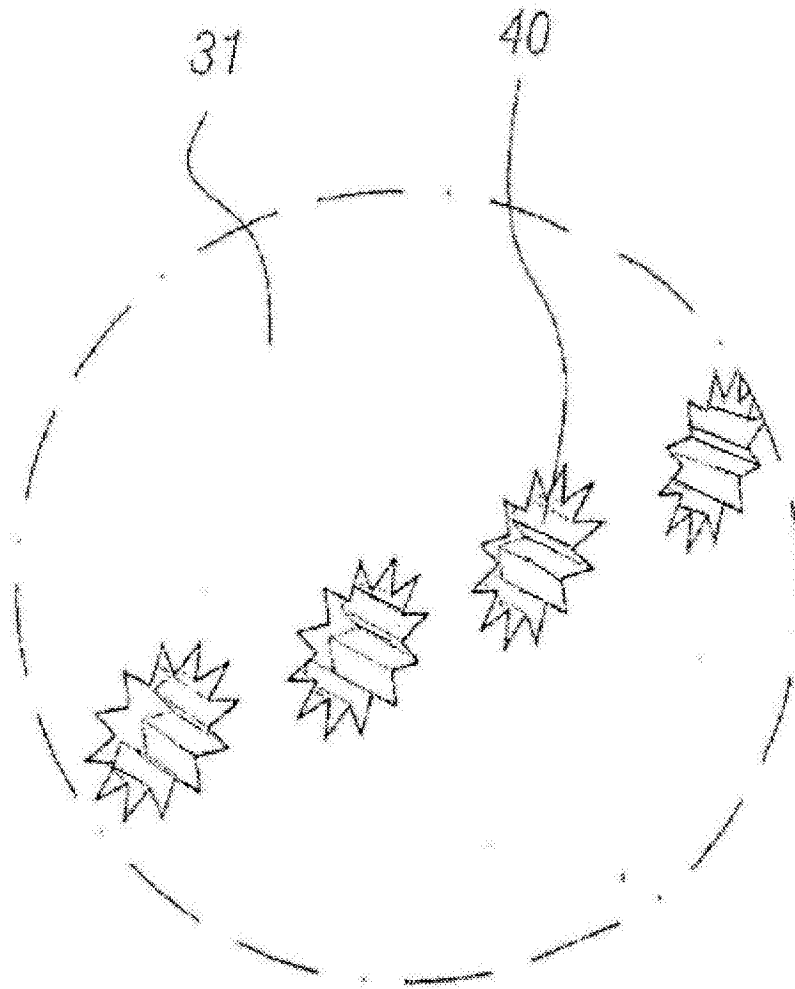


图3

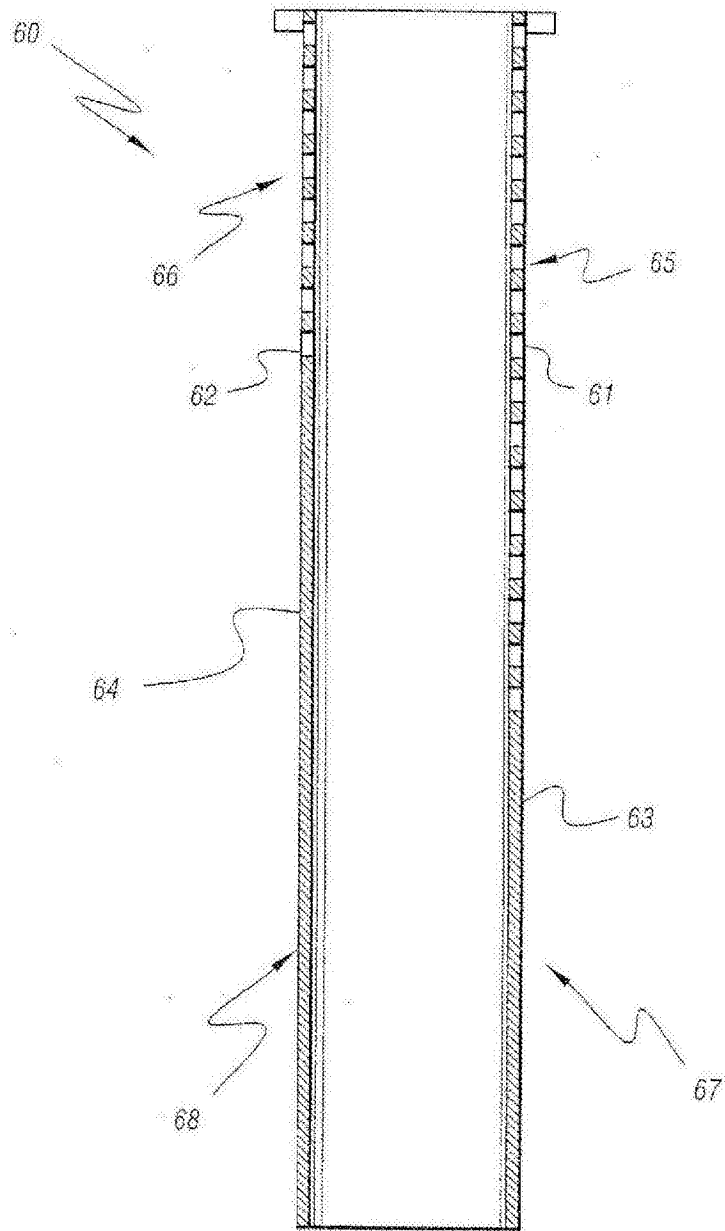


图4