



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108474260 B

(45) 授权公告日 2020.11.10

(21) 申请号 201680078475.X

大卫·J·维贝

(22) 申请日 2016.01.12

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108474260 A

代理人 王艳江 董敏

(43) 申请公布日 2018.08.31

(51) Int.Cl.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.07.10

F01D 5/22 (2006.01)

F01D 11/00 (2006.01)

F01D 5/30 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2016/012990 2016.01.12

(56) 对比文件

CN 103850729 A, 2014.06.11

CN 103850729 A, 2014.06.11

JP S54132011 A, 1979.10.13

CN 1534166 A, 2004.10.06

CN 101313129 A, 2008.11.26

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02017/123206 EN 2017.07.20

(73) 专利权人 西门子股份公司  
地址 德国慕尼黑

审查员 曹昕慧

(72) 发明人 小尼古拉斯·F·马丁

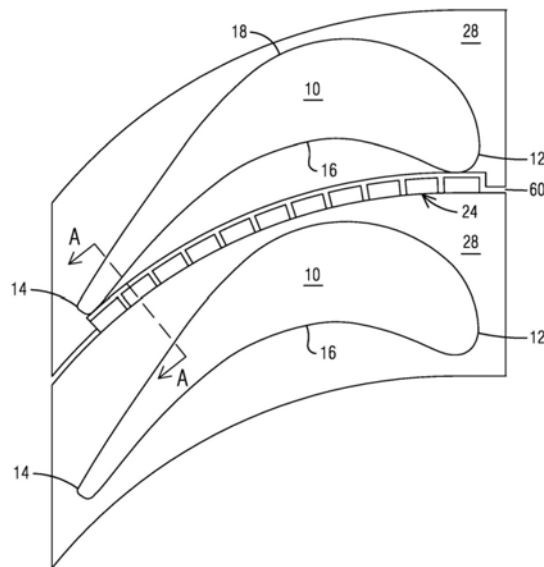
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

用于涡轮机动叶的柔性阻尼器

(57) 摘要

一种用于涡轮机动叶(10)的柔性阻尼器(24),该柔性阻尼器(24)包括以大致线状型式定位在一起的多个节段(32),每个节段(32)具有第一侧(46)、第二侧(48)、顶侧(50)、底侧(52)、长度(56)、宽度(54)和厚度(58)。



1. 一种用于涡轮机动叶 (10) 的柔性阻尼器 (24), 包括:

多个节段 (32), 所述多个节段 (32) 以大致线状型式定位在一起, 每个节段包括第一侧 (46)、与所述第一侧 (46) 大体相反的第二侧 (48)、顶侧 (50)、底侧 (52)、长度 (56)、宽度 (54) 和厚度 (58),

其中, 每个节段 (32) 包括在所述第一侧和所述第二侧中的至少一者上的连接机构 (22), 其中, 所述连接机构 (22) 构造成为可操作的动叶运动提供接触表面和间隙 (66)。

2. 根据权利要求1所述的柔性阻尼器 (24), 其中, 每个节段 (32) 包括沿着一侧的延伸部 (34) 和切口部 (36), 其中, 一个节段 (32) 的所述延伸部 (34) 与下一个紧邻的节段 (32) 的所述切口部 (36) 重叠。

3. 根据权利要求2所述的柔性阻尼器 (24), 其中, 所述延伸部 (34) 包括径向销连接器 (38), 并且所述切口部 (36) 包括径向松配合孔 (40), 其中, 一个节段 (32) 的所述径向销连接器 (38) 以可移除的方式与另一个节段 (32) 的所述径向松配合孔 (40) 相接合。

4. 根据权利要求1至3中的任一项所述的柔性阻尼器 (24), 其中, 每个节段 (32) 包括在所述第一侧 (46) 上的轴向销连接器 (42) 以及沿着所述第二侧 (48) 的轴向松配合孔 (44), 其中, 一个节段 (32) 的所述轴向销连接器 (42) 与沿着另一个节段 (32) 的所述轴向松配合孔 (44) 相接合。

5. 根据权利要求1至3中的任一项所述的柔性阻尼器 (24), 其中, 所述多个节段 (32) 中的每一个节段 (32) 通过至少一个嵌入的线材 (30) 连接。

6. 根据权利要求1至3中的任一项所述的柔性阻尼器 (24), 其中, 所述多个节段 (32) 的横截面尺寸随着沿着所述阻尼器 (24) 的长度的不同位置而变化。

7. 一种转子组件, 包括:

盘, 所述盘包括多个盘柱以及设置在所述盘中并且沿着盘周缘间隔开的多个长形通道, 每个盘柱定位在每个长形通道之间;

多个涡轮机动叶翼型件, 每个涡轮机动叶翼型件均包括由压力侧 (16) 和吸力侧 (18) 联结的后缘 (14) 和前缘 (12), 以提供从平台 (28) 沿径向方向延伸至末端的外表面 (20), 其中, 每个涡轮机动叶翼型件安装在所述盘上的所述多个长形通道中的每一个长形通道中; 以及

多个柔性阻尼器 (24), 每个柔性阻尼器包括多个节段 (32), 每个节段 (32) 包括第一侧 (46)、与所述第一侧 (46) 大体相反的第二侧 (48)、顶侧 (50)、底侧 (52)、长度 (56)、宽度 (54) 和厚度 (58);

其中, 每个柔性阻尼器 (24) 以可移除的方式放置到每对涡轮机动叶 (10) 之间的狭槽 (60) 中,

其中, 每个节段 (32) 包括在所述第一侧 (46) 和所述第二侧 (48) 中的至少一者上的连接机构 (22), 其中, 所述连接机构构造成为可操作的动叶运动提供接触表面和间隙 (66)。

8. 根据权利要求7所述的转子组件, 其中, 每个节段 (32) 包括沿着一侧的延伸部 (34) 和切口部 (36), 其中, 一个节段 (32) 的所述延伸部 (34) 与下一个紧邻的节段 (32) 的所述切口部 (36) 重叠。

9. 根据权利要求8所述的转子组件, 其中, 所述延伸部 (34) 包括径向销连接器 (38), 并且所述切口部 (36) 包括径向松配合孔 (40), 其中, 一个节段 (32) 的所述径向销连接器 (38) 以可移除的方式与另一个节段 (32) 的所述径向松配合孔 (40) 相接合。

10. 根据权利要求7至9中的任一项所述的转子组件,其中,所述多个节段(32)中的每一个节段(32)包括在所述第一侧(46)上的轴向销连接器(42)以及沿着所述第二侧(48)的轴向松配合孔(44),其中,一个节段(32)的所述轴向销连接器(42)与沿着另一个节段(32)的所述轴向松配合孔(44)相接合。

11. 根据权利要求7至9中的任一项所述的转子组件,其中,所述多个节段(32)中的每一个节段(32)通过至少一个嵌入的线材(30)连接。

12. 根据权利要求7至9中的任一项所述的转子组件,其中,所述多个节段(32)的横截面尺寸随着沿着所述阻尼器(24)的长度的不同位置而变化。

13. 一种用于将阻尼器(24)附接至转子组件的方法,包括:

将多个涡轮机动叶(10)安装到盘上,所述盘包括设置在所述盘中并且沿着盘周缘间隔开的多个长形通道,

其中,所述多个涡轮机动叶(10)各自包括翼型件,所述翼型件包括由压力侧(16)和吸力侧(18)连结的后缘(14)和前缘(12),以提供从平台沿径向方向延伸至末端的外表面,

其中,所述多个涡轮机动叶(10)安装在所述盘上的所述多个长形通道中的每一个长形通道中,

以可移除的方式附接多个柔性阻尼器(24),每个柔性阻尼器(24)包括多个节段(32),每个节段(32)包括第一侧(46)、与所述第一侧(46)大体相反的第二侧(48)、顶侧(50)、底侧(52)、长度(56)、宽度(54)和厚度(58),

其中,每个节段(32)包括在所述第一侧(46)和所述第二侧(48)中的至少一者上的连接机构(22),其中,所述连接机构构造成为可操作的动叶运动提供接触表面和间隙(66)。

## 用于涡轮机动叶的柔性阻尼器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及燃气涡轮发动机,并且更具体地涉及用于涡轮机动叶的柔性阻尼器。

### 背景技术

[0002] 在轴流式工业用燃气涡轮发动机中会产生热压缩气体。热气流通过涡轮机并膨胀以产生用于驱动发电机发电的机械功。涡轮机通常包括多级定子静叶(vane)和转子动叶(blade),以将来自热气流的能量转换为驱动发动机的转子轴的机械能。

[0003] 燃烧系统接收来自压缩机的空气并且通过混合燃料并燃烧混合物将其升高至高能级,之后燃烧室的产物膨胀通过涡轮机。

[0004] 燃气轮机变得越来越大、越来越有效并且越来越稳健。特别是在发动机系统的高温部段中正在使用大型静叶和动叶。热气路径涡轮机动叶可以采用某种形式的阻尼来应对运行期间的振动激励。最常见的构型是具有恒定横截面的直销。

[0005] 阻尼器销需要在规定的公差内适当地对准和制造,以便在涡轮机动叶以特定速度旋转时进行可能的接触。涡轮机阻尼器销用于衰减动叶机械振动。当阻尼器销狭槽加工公差对于表面光洁度和直线度以及相邻动叶之间的较小的相对位置公差而言较小时,阻尼器销可以很好地工作。当表面光洁度差或者狭槽不直、或者相邻的动叶位置偏离时,阻尼器销的阻尼和密封功能会减弱。

[0006] 对于弯曲根部附接式涡轮机动叶而言,阻尼器与动叶的狭槽之间的连续接触是个严肃的议题。单件、实心的弯曲阻尼器存在如下问题:如果它在其凹槽中即使略微旋转,则它也只能在其端部和中间点处接触动叶,并且可能在阻尼器的大部分长度上几乎没有接触。作用在弯曲阻尼器上的离心力将不会分布在一条直线中,而是将分布在弯曲部分周围,这会导致阻尼器倾向于倾斜,从而失去其与动叶的大部分接触。

### 发明内容

[0007] 在本发明的一个方面中,一种用于涡轮机动叶的柔性阻尼器包括:以大致线状形式定位在一起的多个节段,每个节段包括第一侧、与第一侧大体相反的第二侧、顶侧、底侧、长度、宽度和厚度。

[0008] 在本发明的另一方面,一种转子组件包括:盘,该盘包括多个盘柱以及设置在盘中并且沿盘周缘间隔开的多个长形通道,每个盘柱定位在每个通道之间;多个涡轮机动叶翼型件,每个涡轮机动叶翼型件均包括由压力侧和吸力侧连结的后缘和前缘,以提供从平台沿径向方向延伸至末端的外表面,其中,每个涡轮机动叶翼型件安装在盘上的长形通道中的每一个长形通道中;以及多个柔性阻尼器,每个柔性阻尼器包括多个节段,每个节段包括第一侧、与第一侧大体相反的第二侧、顶侧、底侧、长度、宽度和厚度;其中,每个阻尼器以可移除的方式放置到每对动叶之间的狭槽中。

[0009] 在本发明的另一方面中,一种用于将阻尼器附接至转子组件的方法包括:将多个涡轮机动叶安装到盘上,盘包括设置在其中并且沿盘周缘间隔开的多个长形通道,其中,所

述多个涡轮机动叶各自包括翼型件、由压力侧和吸力侧连结的后缘和前缘,以提供沿径向方向延伸至末端的外表面,其中,多个涡轮机动叶安装在盘上的长形通道中的每一个长形通道中;以可移除的方式附接多个柔性阻尼器,每个阻尼器包括多个节段,每个节段包括第一侧、第二侧、顶侧、底侧、长度、宽度和厚度。

[0010] 参照下面的附图、说明书和权利要求,本发明的这些和其他特征、方面和优点将变得更好理解。

### 附图说明

[0011] 通过附图的辅助更详细地示出本发明。附图示出了优选的构型并且不限制本发明的范围。

[0012] 图1是两个动叶之间的柔性阻尼器的俯视立体图;

[0013] 图2是本发明的实施方式中的动叶之间的柔性阻尼器的横截面图;

[0014] 图3是本发明实施方式的具有嵌入的线材的柔性阻尼器的立体图;

[0015] 图4是根据本发明的示例性实施方式的翼型件组件的侧视图;

[0016] 图5是沿着图4中的剖面线B-B截取的动叶和柔性阻尼器的一部分的横截面图;

[0017] 图6是根据本发明的示例性实施方式的翼型件组件的侧视图;

[0018] 图7是沿着图6中的剖面线C-C截取的动叶和柔性阻尼器的一部分的横截面图;

[0019] 图8是沿着图7中的剖面线D-D截取的柔性阻尼器的一部分的横截面图;

[0020] 图9是根据本发明的示例性实施方式的翼型件组件的侧视图;以及

[0021] 图10是沿着图9中的剖面线E-E截取的动叶和柔性阻尼器的一部分的横截面图。

### 具体实施方式

[0022] 在以下对优选实施方式的详细描述中,参照了构成本文一部分的附图,并且其中以说明的方式而非限制的方式示出了本发明的可以被实践的特定实施方式。应该理解的是,可以使用其他实施方式,并且可以在不脱离本发明的主旨和范围的情况下对其进行改型。

[0023] 概括地说,本发明的实施方式提供了用于涡轮机动叶的柔性阻尼器,该柔性阻尼器包括以大致线状型式定位在一起的多个节段,每个节段包括第一侧、第二侧、顶侧、底侧、长度、宽度和厚度。

[0024] 燃气涡轮发动机可以包括压缩机部段、燃烧室和涡轮机部段。压缩机部段压缩环境空气。燃烧室将压缩空气与燃料结合并点燃混合物,从而产生包括形成工作流体的热气体的燃烧产物。工作流体行进至涡轮机部段。涡轮机部段内是静叶和动叶的周向的排,动叶联接至转子。每对静叶和动叶的排在涡轮机部段中形成一级。涡轮机部段包括容置静叶、动叶和转子的固定的涡轮机壳体。燃气轮机的动叶接收来自燃烧系统的高温气体,以便产生轴旋转的机械功。

[0025] 可以在动叶之间引入阻尼器,以便辅助衰减动叶的振动并密封动叶之间的泄漏流。阻尼是阻尼器可以为涡轮机动叶提供的重要益处。当相邻的动叶与阻尼器之间存在直接接触和相对运动时,则发生阻尼。阻尼水平的一个方面是接触表面。接触表面是每个部件之间的接触区域。动叶处于特定转速时发生的另一种现象是:在操作条件下存在翼型件的

径向增长 (growth) 以及反扭 (untwisting)。在此过程中, 相邻动叶表面之间的泄漏流需要受到限制。在这种情况下, 阻尼器也可以为动叶提供密封功能。

[0026] 对于弯曲根部附接式涡轮机动叶而言, 阻尼器与动叶之间的连续接触是个严重的问题。单件、实心的弯曲阻尼器具有以下问题: 如果它在其凹槽中即使略微旋转, 则它也只能在其端部和中间点处接触动叶, 并且在阻尼器的大部分长度上几乎没有接触。作用在弯曲阻尼器上的离心力将不会均匀分布在一条直线中, 而是将分布在弯曲部分周围, 这会导致阻尼器倾向于倾斜, 从而失去其与动叶的大部分接触。

[0027] 传统的固体阻尼器将不会与弯曲根部式动叶保持接触并且将不起作用。增加与所有部件的接触是可取的。本发明的实施方式提供了一种柔性的节段式阻尼器。如将在下面详细讨论的, 在沿着阻尼器的长度增加的接触提供了阻尼和密封特征的情况下, 柔性阻尼器将提供动叶之间的改进的接触。

[0028] 如图1至图10所示, 涡轮机动叶10可以具有翼型件。涡轮机动叶10可以被称为翼型件或涡轮机动叶翼型件。涡轮机动叶翼型件10可以包括由压力侧16和吸力侧18连结的后缘14和前缘12, 以提供从平台28沿径向方向延伸至末端(未示出)的外表面20。在组装好的轮状件(未示出)中, 阻尼器24可以是单独的部件, 其可以以可移除的方式插入在相邻的动叶10之间, 其中, 轮状件具有多个以可移除的方式插入的动叶。该轮状件可以包括盘, 该盘具有沿着盘周缘分布的多个长形通道。动叶插入在这些通道内。在多个通道之间可以是多个盘柱26。狭槽60可以由相邻的动叶平台28以及定位在动叶10之间的盘柱26形成。

[0029] 每个涡轮机动叶包括平台28、翼型件和动叶根部。在某些实施方式中, 动叶10可以具有弯曲的根部。在其他实施方式中, 动叶10可以具有常规的直立的根部。翼型件从平台28沿第一方向向外延伸, 从而形成前缘12、后缘14、压力侧16和吸力侧18。然后, 将每个涡轮机动叶10安装在涡轮盘中, 其中, 翼型件远离平台28向外延伸。压力侧16以凹形形状横跨在前缘12与后缘14之间。吸力侧18与压力侧16相反并且以凸形形状横跨在前缘12与后缘14之间。

[0030] 阻尼器24包括多个节段32。阻尼器的柔性可以由多个节段32以分段方式串接在一起而呈大致线状的节段来提供。每个节段32可以包括第一侧46、第二侧48、顶侧50、底侧52、长度56、厚度58和宽度54。多个节段可以放置在形成在两个相邻的动叶平台28与盘柱26之间的狭槽60中。在某些实施方式中, 每个节段32可以包括节段(32)间连接机构22。连接机构22可以是至少一个嵌入的线材30、径向销连接器38和径向松配合孔40、轴向销连接器42和轴向松配合孔44等。在某些实施方式中, 如图4和图5中所示, 多个平行的嵌入的线材30可以用于连接每个节段32。连接机构22可以进一步连接各节段32, 并提供在狭槽60内的各节段32之间的密封功能。

[0031] 在某些实施方式中, 每个节段还可以包括沿一侧的延伸部34和沿相同侧的在相反端部上的切口部36, 其中, 一个节段32的延伸部34与下一个连接的节段32的切口部36重叠。

[0032] 多个节段32可以具有若干不同形状中的一种以便适合应用。多个节段32可以具有主要为矩形的形状, 具有直边和曲线、管状等。每个节段32的尺寸和形状可以通过如下机械和空气动力学要求来确定: 比如狭槽60的尺寸、用于阻尼的接触表面以及在操作条件下的翼型件径向增长和反扭。在所有列出的附图中示出的多个节段32具有若干不同的形状。阻尼器24的横截面在图2中是圆形的, 然而, 阻尼器24可以是狭槽几何形状和阻尼特性可能需

要的任何形状。

[0033] 如上所述,多个动叶10可以放置并安装在轮状件上。该轮状件可以包括旋转盘。盘可以包括设置在其中并沿着盘周缘间隔开的多个长形通道。动叶10中的每一个动叶可以安装在盘上的长形通道中的每一个长形通道中。在多个动叶10之间可以限定狭槽60,从而在每个动叶10之间具有狭槽长度和狭槽宽度。盘柱26可以定位在每个动叶10之间。盘柱26可以坐置在每个动叶10的平台28的下方。阻尼器24可以通过由盘柱26和动叶10形成的狭槽60支承。阻尼器24可以在狭槽60中沿着周向方向具有可变长度56、可变厚度58和可变宽度54。阻尼器24可以在狭槽60内具有可变的切向弧度。取决于动叶10的形状,多个节段可以各自具有沿着狭槽60的不同的长度56、不同的宽度54或不同的厚度58。阻尼器厚度58、阻尼器长度56和阻尼器宽度54在由动叶10与盘柱26之间的空间限定的狭槽宽度和狭槽长度内。

[0034] 对于每个阻尼器24,可存在间隙66以防止在诸如反扭和径向增长之类的动叶运动期间的约束。可以允许动叶10在不受阻尼器24的任何限制或约束的情况下自由地反扭并径向增长。

[0035] 在所有实施方式中,对于所有操作速度维持动叶10至动叶10的接触。不需要专门的工具以便将多个阻尼器24适当地设置和组装就位以适当接触。可以将多个动叶10放置在轮状件中,并且可以将每个阻尼器24放置到每个阻尼器狭槽60中。一旦将每个阻尼器24放置到阻尼器狭槽60中,则存在动叶10至动叶10的接触。可以在所有的操作速度下维持动叶10至动叶10的接触。因此,在所有操作速度下阻尼都是可用的。对于弯曲根部附接式涡轮机动叶尤其如此。

[0036] 在能够更换以可移除的方式附接的节段32的情况下,可以改善动叶10和阻尼器24的维修。不同形状的节段32可以被投入运行以用于更新或改善涡轮机的性能。具有多个节段32的柔性阻尼器24可替换现有设计中的标准阻尼器。节段32的简单替换可以允许增加动叶10的阻尼和密封。另外,每个节段32可以具有不同的横截面,以便沿着弯曲路径优化阻尼。

[0037] 在某些实施方式中,阻尼器24可以滑动到狭槽60中。在某些实施方式中,可以与动叶10一起装载阻尼器24,然后可以装载下一个动叶10。在某些实施方式中,一旦两个相邻的动叶10被装载,则可以装载阻尼器24。阻尼器24也可以在动叶10被装载之前装载。在更明确限定的狭槽60中,可能不需要包括诸如多个节段32的连线之类的连接机构22。狭槽60可以具有任何形状。阻尼器24可以具有任何形状以最佳地符合狭槽形状。

[0038] 柔性阻尼器24可以具有应对狭槽加工公差、表面光洁度和动叶-动叶定位中的变化的能力。对于将阻尼器24配装在狭槽60内而言,狭槽加工公差需要很小。然而,具有多个节段32的阻尼器24在没有连接机构22的情况下能够定位在狭槽60内并且在狭槽被很好地限定的情况下能够适当地发挥作用。阻尼器24可以在连接机构22沿着多个节段32就位的情况下得到改进。多个节段32能够沿狭槽60的长度局部地配装和调节以提供抵靠动叶10的接触以及提供防止泄漏的密封。节段形状可以改造成现有的设计。柔性阻尼器24可以增加对弯曲根部附接式涡轮机动叶10进行阻尼和密封的能力。

[0039] 多个节段32能够应对狭槽60的路径和常规直槽中的位置公差以及弯曲根部附接式动叶10所需的弯曲槽。

[0040] 如上所述,每个阻尼器24的尺寸和形状可以由机械和空气动力学要求确定。阻尼

器24的横截面宽度或直径可以定尺寸成提供更多(或更少)的接触表面或更多(或更少)的重量,从而提供更多(或更少)的离心力/阻尼摩擦。由于阻尼器24呈多个节段32,所以阻尼器24可以在沿着其长度的不同位置处具有不同的横截面尺寸,使得可以在不同的位置处实现更多(或更少)的阻尼,因此可以调节阻尼以满足应用的需求。一种示例可以是,如果在发动机运行之后,发现在前缘12而不是在后缘14处需要更多的阻尼。用于阻尼和密封的接触表面可以随着柔性阻尼器24能够符合阻尼器狭槽的间距而增加。

[0041] 通过适当测试涡轮机可以进行优化。柔性阻尼器可以提供多种方法来在操作期间减振并且在动叶表面之间密封。可以存在分布在狭槽60中的两个或更多个节段32构型,以便干涉耦合的动叶至动叶振动。

[0042] 虽然已经详细描述了具体实施方式,但是本领域普通技术人员将会理解的是,根据本公开的总体教导可以开发对这些细节的各种改型和替代。因此,所公开的特定布置仅意在是说明性的而非限制本发明的范围,本发明的范围由所附权利要求的全部范围以及其任何和所有等同物给出。



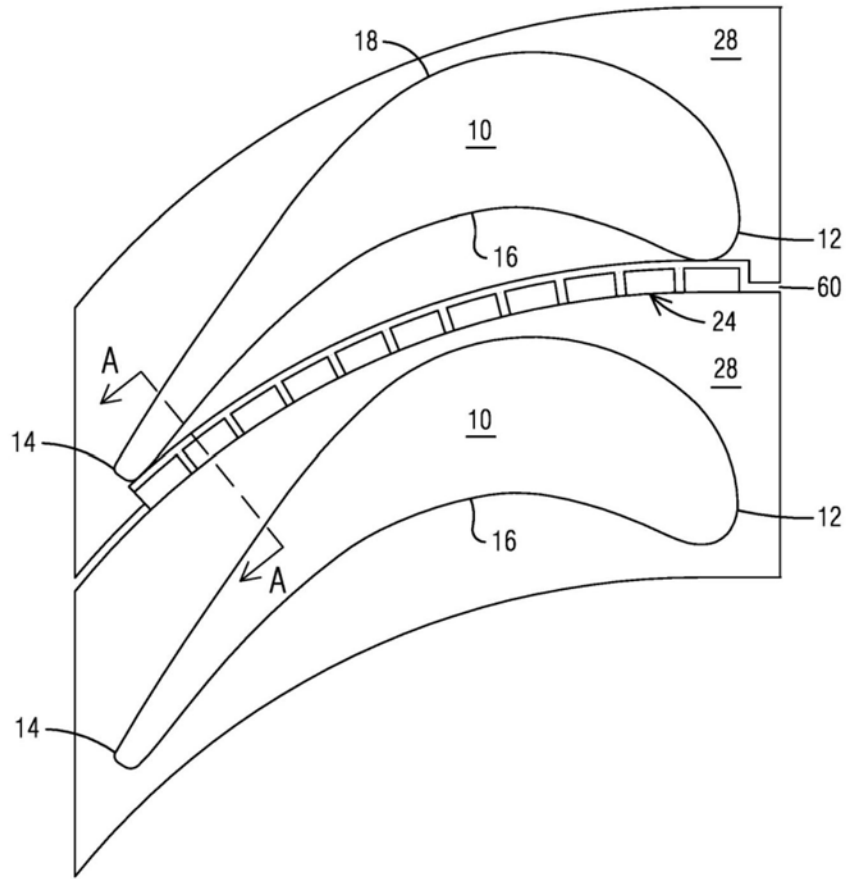


图1

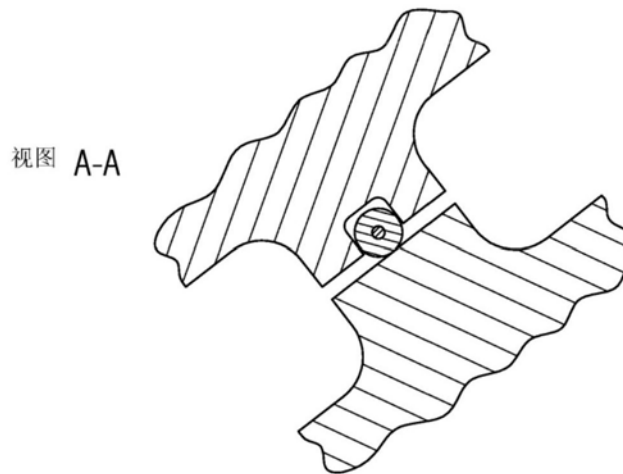


图2

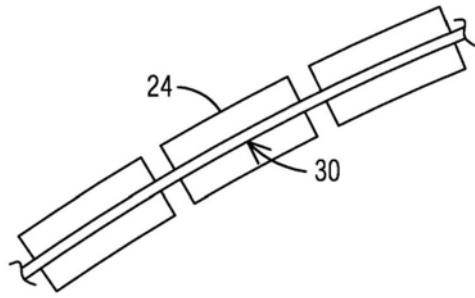


图3

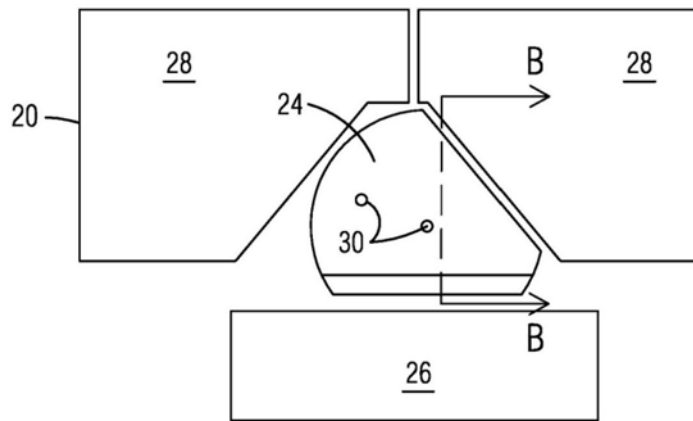


图4

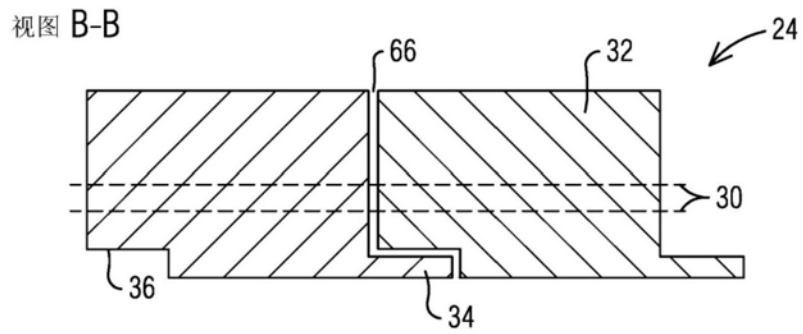


图5

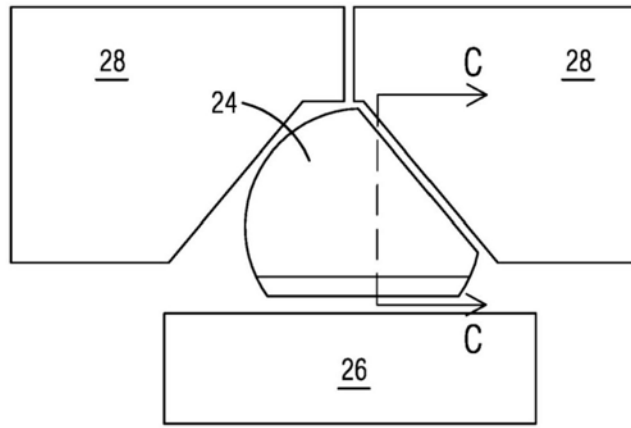


图6

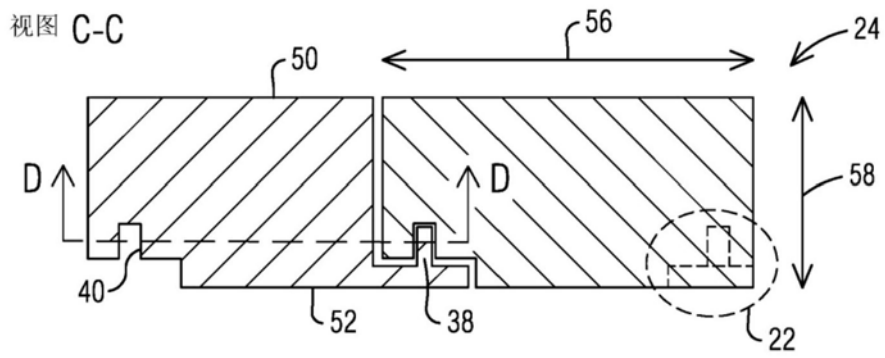


图7

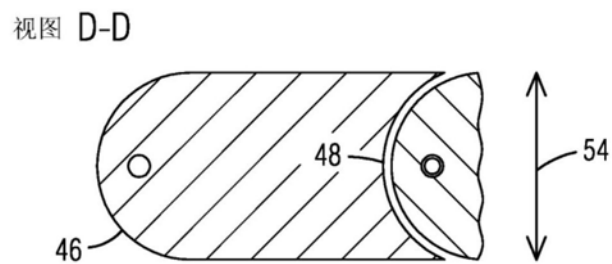


图8

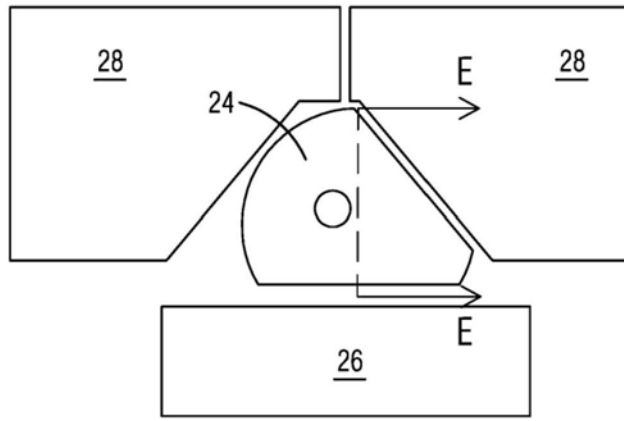


图9

视图 E-E

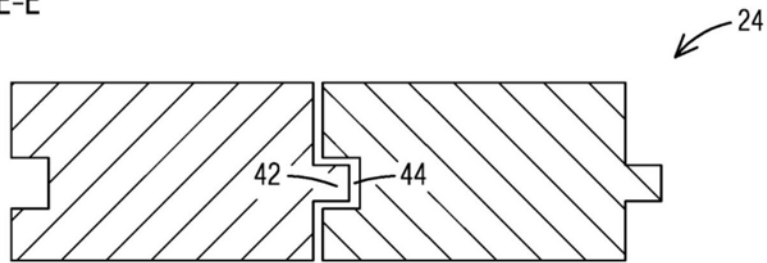


图10