



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101988392 A

(43) 申请公布日 2011.03.23

(21) 申请号 201010200444.1

(22) 申请日 2010.05.31

(30) 优先权数据

12/533378 2009.07.31 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 M·R·皮尔萨尔 B·D·波特

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001

代理人 严志军 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F01D 5/14(2006.01)

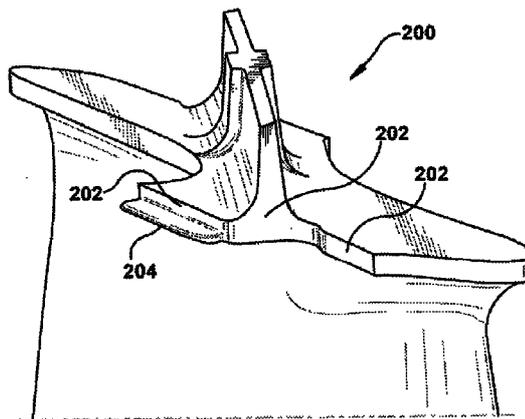
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 8 页

## (54) 发明名称

用于涡轮发动机的转子叶片

## (57) 摘要

本发明涉及用于涡轮发动机的转子叶片, 具体而言, 一种末梢护罩 (200), 其包括多个阻尼片 (204), 各个阻尼片 (204) 包括基本非径向对准的表面, 该表面构造成可与相邻转子叶片的末梢护罩 (200) 发生接触。至少一个阻尼片 (204) 可包括前缘阻尼片 (204), 并且至少一个阻尼片 (204) 可包括后缘阻尼片 (204)。前缘阻尼片 (204) 可构造成与后缘阻尼片 (204) 相对应。



1. 在用于涡轮发动机的末梢掩蔽的转子叶片中,末梢护罩(200)包括:  
多个阻尼片(204),各个阻尼片(204)包括基本非径向对准的表面,该表面构造成与相邻转子叶片的末梢护罩(200)发生接触;

其中:

至少一个阻尼片(204)包括前缘阻尼片(204),并且至少一个阻尼片(204)包括后缘阻尼片(204);且

所述前缘阻尼片(204)与所述后缘阻尼片(204)相对应。

2. 根据权利要求1所述的末梢护罩(200),其特征在于,与所述后缘阻尼片(204)相对应的所述前缘阻尼片(204)包括所述前缘阻尼片(204)和所述后缘阻尼片(204)构造成使得当具有相同设计的末梢护罩(200)的一组转子叶片安装在所述涡轮发动机的转子盘中时:

第一转子叶片的前缘阻尼片(204)相对于直接领先所述第一转子叶片的第二转子叶片的后缘阻尼片(204)居于期望的位置;且

所述第一转子叶片的后缘阻尼片(204)相对于直接尾随所述第一转子叶片的第三转子叶片的前缘阻尼片(204)居于期望的位置。

3. 根据权利要求1所述的末梢护罩(200),其特征在于,所述前缘阻尼片(204)的径向位置偏离所述后缘阻尼片(204)的径向位置,使得在涡轮发动机的运行期间,所述前缘阻尼片(204)和所述后缘阻尼片(204)之间基本上保持期望的接触水平;且

其中期望的接触水平包括如下其中一种:

在对于所述涡轮发动机的起动阶段期间的基本局部接触和之后的基本恒定接触;

在对于所述涡轮发动机的起动阶段期间的基本局部接触和之后的基本局部接触;

在对于所述涡轮发动机的起动阶段期间的基本没有接触和之后的基本恒定接触;和

在对于所述涡轮发动机的起动阶段期间的基本没有接触和之后的基本局部接触。

4. 根据权利要求1所述的末梢护罩(200),其特征在于,所述末梢护罩(200)还包括一个或多个径向对准的接触面(202);

其中:

所述径向对准的接触面(202)包括在径向方向上基本对准并且构造成与相邻转子叶片的末梢护罩(200)发生接触的表面;

位于所述末梢护罩(200)的前缘上的所述径向对准的接触面(202)各对应于所述末梢护罩(200)的后缘上的径向对准的接触面;以及

所述径向对准的接触面(202)包括与径向基线形成大约 $\pm 10$ 度之间的角度的接触面。

5. 根据权利要求1所述的末梢护罩(200),其特征在于,或者:

所述前缘阻尼片(204)设置在所述末梢护罩(200)的压力侧上,且所述后缘阻尼片(204)设置在所述末梢护罩(200)的吸力侧上;或者

所述前缘阻尼片(204)设置在所述末梢护罩(200)的吸力侧上,且所述后缘阻尼片(204)设置在所述末梢护罩(200)的压力侧上。

6. 根据权利要求1所述的末梢护罩(200),其特征在于:

所述后缘阻尼片(204)包括刚好位于所述前缘阻尼片(204)的外侧的径向位置;

所述前缘阻尼片(204)的外径向表面包括第一接触面,并且所述后缘阻尼片(204)的内径向表面包括第二接触面;

所述第一接触面和所述第二接触面的至少其中一个包括耐磨涂层;

所述阻尼片(204)构造成使得在所述涡轮发动机的运行期间,相邻的涡轮叶片的所述前缘阻尼片(204)的外径向表面和所述后缘阻尼片(204)的内径向表面发生至少局部接触;且

所述前缘阻尼片(204)和所述后缘阻尼片(204)各包括大致矩形形状和半圆形形状的其中一种形状。

7. 根据权利要求1所述的末梢护罩(200),其特征在于:

所述前缘阻尼片(204)包括刚好位于所述后缘阻尼片(204)的外侧的径向位置;

所述前缘阻尼片(204)的内径向表面包括第一接触面,并且所述后缘阻尼片(204)的外径向表面包括第二接触面。

8. 根据权利要求1所述的末梢护罩(200),其特征在于:

所述多个阻尼片(204)包括位于所述末梢护罩(200)的压力侧和吸力侧两者上的至少一个后缘阻尼片(204)以及位于所述末梢护罩(200)的压力侧和吸力侧两者上的至少一个前缘阻尼片(204);

各个所述前缘阻尼片(204)与其中一个所述后缘阻尼片(204)相对应;

至少其中一个所述前缘阻尼片(204)包括相对于至少其中一个所述相对应的后缘阻尼片(204)的外侧的位置;且

至少其中一个所述前缘阻尼片(204)包括相对于至少其中一个所述相对应的后缘阻尼片(204)的内侧的位置。

9. 根据权利要求1所述的末梢护罩(200),其特征在于,所述阻尼片(204)与所述径向基线形成大约90度的角度。

10. 根据权利要求1所述的末梢护罩(200),其特征在于,所述阻尼片(204)与所述径向基线形成大约60至120度之间的角度。

## 用于涡轮发动机的转子叶片

### 技术领域

[0001] 本申请一般地涉及与涡轮转子叶片的设计和制造相关的装置、方法和 / 或系统。更具体地说,但不作为限制,本申请涉及与涡轮叶片末梢护罩相关的装置、方法和 / 或系统,该护罩具有阻尼特征和其它特征。

### 背景技术

[0002] 在燃气涡轮发动机中,众所周知的是使用压缩机中加压的空气来燃烧燃烧器中的燃料,以产生热的燃烧气体的流,由此此类气体流向下游穿过一个或多个涡轮,从而可从中提取能量。根据这种涡轮,若干排周向间隔开的涡轮转子叶片通常从支撑转子盘径向向外地延伸。各个叶片典型地包括尾榫以及翼型件,尾榫容许叶片在相应的转子盘的尾榫槽中的组装和拆卸,翼型件从尾榫中径向向外地延伸,并与穿过发动机的工作流体的流动相互作用。翼型件具有通常凹入的压力侧和通常凸起的吸力侧,压力侧和吸力侧轴向地在相应的前缘和后缘之间、且径向地在根部和末梢之间延伸。将会懂得,叶片末梢对于径向向外涡轮护罩紧密地间隔开,用于最小化二者之间在涡轮叶片之间向下游流动的燃烧气体。

[0003] 如本领域中的普通技术人员将会懂得的,由于在发动机运行期间的各种刺激源,所以转子叶片常处于振动或共振的状态。振动源通常包括旋转的不平衡、定子叶片刺激、不稳定的压力扰动和燃烧声学音调。合成振动通常导致高循环疲劳损坏的增加,其典型地缩短了转子叶片的寿命,并且当疲劳在运行期间导致叶片故障的情况下可能对涡轮发动机造成灾难性的损伤。振动的大小至少部分地与引入到系统中的阻尼数量相关。引入的阻尼越大,振动响应越低,并且涡轮系统变得越可靠。因此,对用于阻尼并从而减少涡轮发动机的转子叶片在运行期间所经历的振动的改进的装置、系统和方法存在持续性的需求。

### 发明内容

[0004] 本申请因而描述了一种末梢护罩,其包括多个阻尼片,各个阻尼片包括基本非径向对准的表面,其构造成与相邻的转子叶片的末梢护罩发生接触。至少一个阻尼片包括前缘阻尼片,并且至少一个阻尼片包括后缘阻尼片;而且前缘阻尼片与后缘阻尼片相对应。

[0005] 本申请进一步描述了一种用于涡轮转子叶片的末梢护罩,其包括多个阻尼片,各个阻尼片包括基本非径向对准的接触面,接触面构造成与相邻的转子叶片的末梢护罩发生接触。至少一个阻尼片可包括前缘阻尼片,并且至少一个阻尼片可包括后缘阻尼片。前缘阻尼片和后缘阻尼片可构造成使得当具有相同设计的末梢护罩的一组转子叶片安装在涡轮发动机的转子盘中时,第一转子叶片的前缘阻尼片与直接领先第一转子叶片的第二转子叶片的后缘阻尼片相接合,并且第一转子叶片的后缘阻尼片与直接尾随第一转子叶片的第三转子叶片的前缘阻尼片相接合。前缘阻尼片的径向位置可偏离后缘阻尼片的径向位置,使得在涡轮发动机的运行期间在前缘阻尼片的基本非径向对准的接触面和后缘阻尼片的基本非径向对准的接触面之间保持所需的接触水平。

[0006] 当结合附图和所附权利要求书查看以下优选实施例的详细说明后,本申请的这些

以及其它特征将变得明显。

### 附图说明

[0007] 通过结合附图仔细地研究以下本发明的示例性实施例的更详细的描述,将更完整地理解和领会本发明的这些特征和其它特征,其中:

[0008] 图 1 是其中可使用本发明的实施例的示例性燃气涡轮发动机的示意图;

[0009] 图 2 是图 1 的燃气涡轮发动机中的压缩机的截面图;

[0010] 图 3 是图 1 的燃气涡轮发动机中的涡轮的截面图;

[0011] 图 4 是示例性燃气涡轮发动机转子叶片的透视图,其具有传统设计的末梢护罩;

[0012] 图 5 是一系列安装好的涡轮叶片的外侧图,其具有传统设计的末梢护罩;

[0013] 图 6 是具有根据本申请的一个示例性实施例的末梢护罩和阻尼片的涡轮发动机转子叶片的前缘的透视图;

[0014] 图 7 是具有根据本申请的一个示例性实施例的末梢护罩和相应阻尼片的图 6 的涡轮发动机转子叶片的后缘的透视图;

[0015] 图 8 是涡轮发动机转子叶片的前缘的透视图,其具有根据本申请的一个示例性实施例的末梢护罩,并且更具体地,具有用于根据本申请的阻尼片的可能的成角度构造;

[0016] 部件列表

[0017] 50 燃气涡轮发动机;52 压缩机;54 涡轮;56 燃烧器;60 压缩机转子叶片;62 压缩机定子叶片;66 涡轮转子叶片;68 涡轮定子叶片;100 末梢掩蔽的涡轮转子叶片;101 鸠尾榫;102 翼型件;103 平台;104 末梢护罩;106 密封轨道;107 切割齿;108 接触面;200 末梢护罩;202 径向对准的接触面;204 阻尼片

### 具体实施方式

[0018] 作为初始内容,为了清晰地表达本申请的发明,可能需要选择术语,其指向并描述了涡轮发动机的某些部件或机器构件。只要有可能,将以其被接受的含义相一致的意义使用和采用常用的行业术语。然而,其意味着任何此类术语都被给予了广泛的含义,并且不应被狭义地解释而使得本文想要的含义和所附权利要求书的范围被不合理地限制。本领域中的普通技术人员将会懂得,常可能使用若干不同的用语来指代特定的构件。另外,本文可描述为单个部件的事物可能在另一个上下文中包括并指示为由若干个零部件组成,或者本文被描述为包括多个零部件的事物可被塑造成并且在一些情况下指代为单个部件。因此,在理解本文所述的本发明的范围时,不仅应注意所提供的术语和描述,而且还应注意本文提供的构件的结构、构造、功能和/或用途。

[0019] 另外,本文可以有规律地使用若干个描述性的用语,并且其在这点上可有助于限定这些用语。如下是这些用语和指定它们在本文的用途的定义。在没有进一步特别指定的情况下,用语“转子叶片”是指压缩机 52 或涡轮 54 的旋转叶片,其包括压缩机转子叶片 60 和涡轮转子叶片 66 两者。在没有进一步特别指定的情况下,用语“定子叶片”是指压缩机 52 或涡轮 54 的固定叶片,其包括压缩机定子叶片 62 和涡轮定子叶片 68 两者。用语“叶片”在本文将用于指任一类型的叶片。因而,在没有进一步特别指定的情况下,用语“叶片”包含所有类型的涡轮发动机叶片,包括压缩机转子叶片 60、压缩机定子叶片 62、涡轮转子叶片 66

和涡轮定子叶片 68。此外,如本文使用,“下游”和“上游”是指示相对于穿过涡轮的工作流体流的方向的用语。因此用语“下游”指通常与工作流体流的方向相对应的方向,并且用语“上游”通常指与工作流体流的方向相反的方向。用语“后”和“前”通常指相对于旋转部件的旋转方向的相对位置。因此,旋转部件的“前缘”是指定部件旋转的方向的前缘或前面边缘,而旋转部件的“后缘”是指定部件旋转的方向的后缘或后面边缘。用语“径向”指垂直于轴线的运动或位置。常需要描述相对于轴线处于不同的径向位置的部件。在这种情况下,如果第一构件居于比第二构件更靠近轴线的位置,那么本文可表述为第一构件相对第二构件“径向向内”或处于第二构件的“内侧”。另一方面,如果第一构件居于比第二构件更远离轴线的位置,那么这里可表述为第一构件相对第二构件“径向向外”或处于第二构件的“外侧”。用语“轴向”指平行于轴线的运动或位置。最后,用语“周向”指围绕轴线的运动或位置。

[0020] 作为背景,现在参照附图,图 1 至图 3 显示了其中可使用本申请的实施例的示例性燃气涡轮发动机。本领域技术人员将会懂得,本发明并不局限于此类用途。如上所述,本发明可用在燃气涡轮发动机中,例如发电和飞机中所使用的发动机、蒸汽涡轮发动机以及其它类型的旋转式发动机。图 1 是燃气涡轮发动机 50 的示意图。总的说来,燃气涡轮发动机通过从加压的热气体流中提取能量而运转,热气体流通过燃料在压缩空气流中的燃烧而产生。如图 1 中所示,燃气涡轮发动机 50 可构造有轴向压缩机 52 和燃烧器 56,轴向压缩机 52 通过公共轴或转子而机械地联接在下游涡轮部分或涡轮 54 上,而燃烧器 56 定位在压缩机 52 和涡轮 54 之间。

[0021] 图 2 图示了可在图 1 的燃气涡轮发动机中使用的示例性多级轴向压缩机 52。如图所示,压缩机 52 可包括多个级。各级可包括跟有一排压缩机定子叶片 62 的一排压缩机转子叶片 60。因而,第一级可包括围绕中心轴而旋转的一排压缩机转子叶片 60,跟有在运行期间保持固定的一排压缩机定子叶片 62。压缩机定子叶片 62 通常彼此周向间隔开,并围绕旋转轴线固定。压缩机转子叶片 60 周向间隔开,并附接在轴上,当轴在运行期间旋转时,压缩机转子叶片 60 围绕其旋转。如本领域普通技术人员将会懂得的,压缩机转子叶片 60 构造成使得当围绕轴旋转时,它们将动能赋予流过压缩机 52 的空气或流体。压缩机 52 可具有图 2 中所示的级之外的其它级。另外的级可包括多个周向间隔开的压缩机转子叶片 60,跟有多个周向间隔开的压缩机定子叶片 62。

[0022] 图 3 图示了可在图 1 的燃气涡轮发动机中使用的示例性涡轮部分或涡轮 54 的局部图。涡轮 54 还可包括多个级。图示了三个示例性的级,但在涡轮 54 中可存在更多或更少的级。第一级包括在运行期间围绕轴而旋转的多个涡轮轮叶或涡轮转子叶片 66,以及在运行期间保持固定的多个喷嘴或涡轮定子叶片 68。涡轮定子叶片 68 通常彼此周向间隔开,并围绕旋转轴线固定。涡轮转子叶片 66 可安装在涡轮叶轮(未显示)上,用于围绕轴(未显示)旋转。还图示了涡轮 54 的第二级。第二级类似地包括周向间隔开的多个涡轮定子叶片 68,跟有周向间隔开的多个涡轮转子叶片 66,其也安装在涡轮叶轮上以便旋转。还图示了第三级,其类似地包括多个涡轮定子叶片 68 和转子叶片 66。将会懂得涡轮定子叶片 68 和涡轮转子叶片 66 都位于涡轮 54 的热气体路径中。穿过热气体路径的热气体的流动方向如箭头所示。如本领域技术人员将会懂得的,涡轮 54 可具有图 3 中所示级之外的其它级。各个另外的级可包括一排涡轮定子叶片 68,跟有一排涡轮转子叶片 66。

[0023] 在使用中,轴向压缩机 52 内的压缩机转子叶片 60 的旋转可压缩空气流。在燃烧器 56 中,当压缩空气与燃料混合并被点燃时可释放能量。来自燃烧器 56 的得到的热气体流(可被称为工作流体)然后被引导越过涡轮转子叶片 66,工作流体的流动引起涡轮转子叶片 66 围绕轴的旋转。因此,工作流体流动的能量被转换成旋转叶片的机械能,并且由于转子叶片和轴之间的连接而转换成旋转轴的机械能。然后轴的机械能量可用于驱动压缩机转子叶片 60 的旋转,使得产生必要的压缩空气的供给,并且还例如使发电机产生电力。

[0024] 图 4 和图 5 图示了根据传统设计的末梢被掩蔽的涡轮转子叶片 100。涡轮转子叶片 100 包括鸠尾榫 101,其可具有任何传统的形式,例如构造成用来安装在转子盘的周边中的相应的鸠尾槽中的轴向鸠尾榫。翼型件 102 整体地连接到鸠尾榫 101 上,并径向或纵向向外地从中延伸。转子叶片 100 还包括设置在翼型件 102 和鸠尾榫 101 的结合部处的平台 103,用于限定穿过涡轮发动机的径向内部流动路径的一部分。翼型件 102 是叶片 100 的活动构件,其拦截工作流体的流动。

[0025] 末梢护罩 104 可定位在翼型件 102 的顶部。末梢护罩 104 本质上是轴向且周向地延伸的平板,其由翼型件 102 朝向其中心支撑。沿着末梢护罩 104 的顶部而定位的可以是密封轨道 106。密封轨道 106 通常径向向外从未梢护罩 104 的外径向表面突出。密封轨道 106 通常在总体旋转方向上在末梢护罩的相对末端之间周向地延伸。密封轨道 106 形成为阻止工作流体流通过末梢护罩 104 和周围的固定构件的内表面之间的间隙。在一些传统的设计中,密封轨道 106 伸入与旋转的末梢护罩 104 相对的耐磨的固定的蜂巢式护罩。出于各种原因,典型地可将切割齿 107 设置成朝向密封轨道 106 的中点,从而在固定护罩的蜂巢中切出凹槽,该凹槽比密封轨道 106 的宽度略宽。

[0026] 末梢护罩 104 可形成为使得相邻叶片的末梢护罩 104 在运行期间发生接触。图 5 图示了涡轮转子叶片在装配到涡轮转子盘上时会呈现的外侧视图,并且提供了其中相邻的末梢护罩 104 在运行期间彼此发生接触的传统布置的一个示例。显示了两个完全相邻的末梢护罩且箭头指示旋转的方向。如图所示,前末梢护罩 104 的后缘可接触或进入后末梢护罩 104 的前缘附近。此接触区域常被总称为界面或接触面 108,或者更具体地说,给定所提供的示例的构造,被称为 Z 界面 108。如由图 5 的透视图所示,Z 界面 108 可如此命名是由于在相邻的末梢护罩 104 的两个边缘之间大致“Z”形的剖面。本领域技术人员将会懂得,涡轮叶片 100 和末梢护罩 104 的使用只是示例性的,并且其它不同构造的涡轮叶片和末梢护罩可与本申请的备选实施例一起使用。此外“Z”形界面的使用只是示例性的。

[0027] 当涡轮处于非运行或“冷起动”状态时,如图所示,在相邻的末梢护罩 104 的边缘之间的接触面(或 Z 界面)108 处可存在狭窄的空间。当涡轮在“热”状态下运行时,涡轮叶片金属的膨胀和翼型件的“解开”可能造成间隙缩窄,使得相邻的末梢护罩 104 的边缘发生接触。其它运行条件,包括高的涡轮旋转速度和相关的振动都可能造成相邻的末梢护罩 104 之间的接触,即使在涡轮运行期间接触面 108 中仍部分地保留有间隙的情况下也是如此。在相邻的末梢护罩 104 之间发生接触的其中一个功能是缓冲系统,并从而减少振动。然而,传统的末梢护罩设计未能充分地解决通过操作涡轮发动机系统而发生的大部分振动。如上所述,随着时间的过去此振动可能损伤或削弱转子叶片以及其它构件。此不足的其中一个主要原因是,假定为传统构造,相邻的末梢护罩 104 彼此发生有限的接触,并且当发生接触时,接触在基本径向对准的表面之间,并因而通常被局限于一个平面。这种性质的接触可能

对于阻尼沿着单个相应的轴线而产生的振动是有效的,但对于阻尼沿着多个轴线而产生的振动是大部分无效的,在大多数涡轮发动机运行环境下情形通常如此。

[0028] 图 6 和图 7 图示了本发明的一个示例性实施例末梢护罩 200。如将会理解的,图 6 图示了末梢护罩 200 的前缘,而图 7 图示了后缘。末梢护罩 200 可具有第一接触面或径向对准的接触面 202。径向对准的接触面 202 指大致在径向方向上对准的一个或多个接触面(即构造成可与相邻转子叶片的末梢护罩相接触的表面)。如本领域技术人员将会懂得的,这主要包括朝向末梢护罩 200 中点的表面,末梢护罩 200 径向向外沿着密封轨道 106 延伸。径向对准的接触面 202 还可包括任何径向对准的接触面,包括沿着末梢护罩 200 的轴向长度从未梢护罩 200 的中点向外延伸的那些表面。

[0029] 根据本申请的实施例,末梢护罩 200 还可包括基本非径向对准的第二接触面,其通过来自末梢护罩 200 的突起物而形成,其在本文被称为“阻尼片 204”。阻尼片 204 可包括鳍状或突舌型的突出物,其基本上从未梢护罩 200 的前缘或后缘周向且轴向地延伸。如图所示,在一些实施例中,阻尼片 204 可具有相对较窄或较薄的剖面。同样,在一些实施例中(图 6 和图 7 中未显示),如以下更详细论述的那样,阻尼片 204 还可在径向方向上延伸或倾斜。在那些类型的实施例中,如以下更详细限定的那样,阻尼片 204 倾斜的程度将比上述径向对准的接触面 202 平缓得多。

[0030] 在一个优选实施例中,如图 6 中所示,其中一个阻尼片 204 可定位在末梢护罩 200 的前缘上,并且如图 7 中所示,另一阻尼片 204 可定位在末梢护罩 200 的后缘上。此外,如图 6 和图 7 的优选示例性实施例所示,前缘阻尼片 204 可定位在末梢护罩 200 的压力侧上,并且后缘阻尼片 204 可定位在末梢护罩 200 的吸力侧上,但是,如以下更详细解释的其它构造也是可能的。末梢护罩 200 的前缘和后缘上的阻尼片 204 可构造成彼此相对应。如本文所用,阻尼片“相对应”意味着当具有相同设计的末梢护罩的一组转子叶片被恰当地安装在涡轮发动机的转子盘中时,定位在第一转子叶片的末梢护罩 200 的前缘上的阻尼片 204(即“前缘阻尼片”)相对于定位在第二转子叶片的末梢护罩 200 后缘上的阻尼片 204(即“后缘阻尼片”)而言居于所需的位置,第二转子叶片尾随第一转子叶片。类似地,阻尼片“相对应”还意味着第一转子叶片的后缘阻尼片 204 相对于第三转子叶片的前缘阻尼片 204 而言居于所需的位置,第三转子叶片领先第一转子叶片。在一些环境中,相对应的阻尼片 204 可彼此相接合。在其它实施例中,相对应的阻尼片 204 可居于彼此的附近。

[0031] 还如图 6 和图 7 中所描绘,前缘阻尼片 204 和后缘阻尼片 200 的径向位置可轻微偏离,从而在运行期间,在相对应的后缘阻尼片和前缘阻尼片之间产生所需的接触水平或接近水平。通过这种方式,相对应的阻尼片 204 可居于彼此靠近的径向位置,并且在具有相似的尺寸和形状,可构造成使得相邻转子叶片的相对应的阻尼片 204 大体上轴向和周向地彼此重叠。径向偏离的程度可确定运行期间形成接触的量。在一个优选的实施例中,径向偏离构造成使得相对应的阻尼片 204 的接触面彼此接触或接合。在另一优选的实施例中,径向偏离构造成使得当涡轮处于“冷态”时或在发动机起动期间(即起动阶段),相对应的阻尼片 204 的接触面彼此不接触,但在之后的运行期间随着发动机变暖而发生规则的接触。在另一优选的实施例中,径向偏离构造成使得当涡轮处于“冷态”时或在发动机起动期间,相对应的阻尼片 204 的接触面彼此不接触,但在运行期间随着发动机变暖而发生局部接触。在又一优选的实施例中,径向偏离构造成使得当涡轮发动机处于“冷态”时或在发动机起动

期间,相对应的阻尼片 204 的接触面发生局部接触,但在运行期间随着发动机变暖而发生相对恒定的接触。

[0032] 如图 6 和图 7 中所示,在一个优选的实施例中,后缘阻尼片 204 可刚好定位在前缘阻尼片 204 的外侧。在这种构造中,如本领域技术人员将会懂得的,接触面形成于前缘阻尼片 204 的外径向表面上。并且接触面形成于后缘阻尼片 204 的内径向表面上。在一些实施例中,此类接触面可设有增强的耐磨性,以延长部件的寿命。例如,接触面可设有耐磨涂层或更耐用的材料。在一个优选的实施例中,接触面由钴基硬质焊敷层粉末形成。将会懂得,如上所述,阻尼片 204 可构造成使得在涡轮发动机运行期间,相邻的涡轮叶片的前缘阻尼片 204 的外径向表面和后缘阻尼片 204 的内径向表面发生至少局部接触。本领域技术人员将会懂得,此接触通常机械地阻尼转子叶片所经历的某些振动。

[0033] 如图所示,阻尼片 204 可具有包括略微圆角化的角部的大致的矩形形状。其它形状也是可能的,包括半圆形。此外虽然图 6 和图 7 中显示了一个优选的实施例,但其它布置和构造是可能的。例如,在另一优选的实施例中,前缘阻尼片可定位在未梢护罩的吸力侧上,并且后缘阻尼片可定位在未梢护罩的压力侧上。另外,前缘阻尼片不是定位在内侧,而是定位后缘阻尼片的外侧。在又一实施例中,后缘阻尼片可包括位于未梢护罩的压力侧和吸力侧两者上的阻尼片,并且前缘阻尼片可包括与位于未梢护罩的压力侧和吸力侧两者上的这些阻尼片相对应的阻尼片。在这种情况下,前缘阻尼片相对于相对应的后缘阻尼片可位于内侧、外侧、或内侧和外侧。更具体地说,在一个实施例中,其中一个前缘阻尼片可位于相对应的后缘阻尼片的内侧,而另一前缘阻尼片位于相对应的后缘阻尼片的外侧。在一些应用中,该互锁构造可提供增强的阻尼特性。

[0034] 在图 6 和图 7 所示的示例中,阻尼片 204 构造成使得阻尼片主要周向和轴向地延伸。也就是说,阻尼片 204 与涡轮发动机的径向方向形成大约 90 度的角度,并因此,如图所示,阻尼片 204 与涡轮发动机的轴向和周向方向形成大约 0 度的角度。在一些实施例中,可调整或调节此角度或倾斜度以增加单个振动模式或若干不同振动模式的阻尼作用,如本领域技术人员将会懂得的,这些振动模式可能是特别麻烦的,或者迄今未受到其它传统阻尼效果的影响。以这种方式,可设计辅助接触面,即阻尼片 204,以便为未由传统径向对准的阻尼接触面充分解决的振动模式提供阻尼作用。

[0035] 图 7 显示了可如何调整阻尼片 204 的角度,使得可解决不同的振动模式。如图所示,在一个实施例中,这可通过使阻尼片 204 围绕着形成于阻尼片底部的轴线旋转来实现,即阻尼片 204 突出物连接到未梢护罩 200 上。以这种方式,由阻尼片 204 阻尼的振动模式可按所需的方式进行操纵。将会懂得,如果其中一个阻尼片 204 旋转,则位于未梢护罩的另一边缘上的相对应的阻尼片 204 将反向旋转基本相同的角度。以这种方式,径向偏离的阻尼片 204 仍然可沿着极大的接触面或基本上所有其相应的接触面而发生接触。

[0036] 阻尼片 204 的旋转角度可根据应用而变化。通常可由阻尼片 204 与径向定向的基线所构成的角度来确定阻尼片 204 的旋转角度。例如在图 6 和图 7 中所示的实施例中,阻尼片 204 与径向基线形成了大约 90 度的角度。在其它优选的实施例中,阻尼片可与径向基线形成大约 70 至 110 度之间的角度。在其它优选的实施例中,阻尼片可与径向基线形成大约 60 至 120 度之间的角度。在其它优选的实施例中,阻尼片可与径向基线形成大约 45 至 135 度之间的角度。在又其它优选的实施例中,阻尼片可与径向基线形成大约 30 至 150 度

之间的角度。

[0037] 从本发明的优选实施例的上述描述中,本领域技术人员将想到改进、变体和改型。这种本技术领域中的改进、变体和改型意图被所附权利要求所覆盖。此外,还应该明显的是前述只涉及本申请的所述实施例,并且在不脱离所附权利要求和其等效物所限定的本申请的精神和范围的情况下,在这里可实现许多变体和改型。

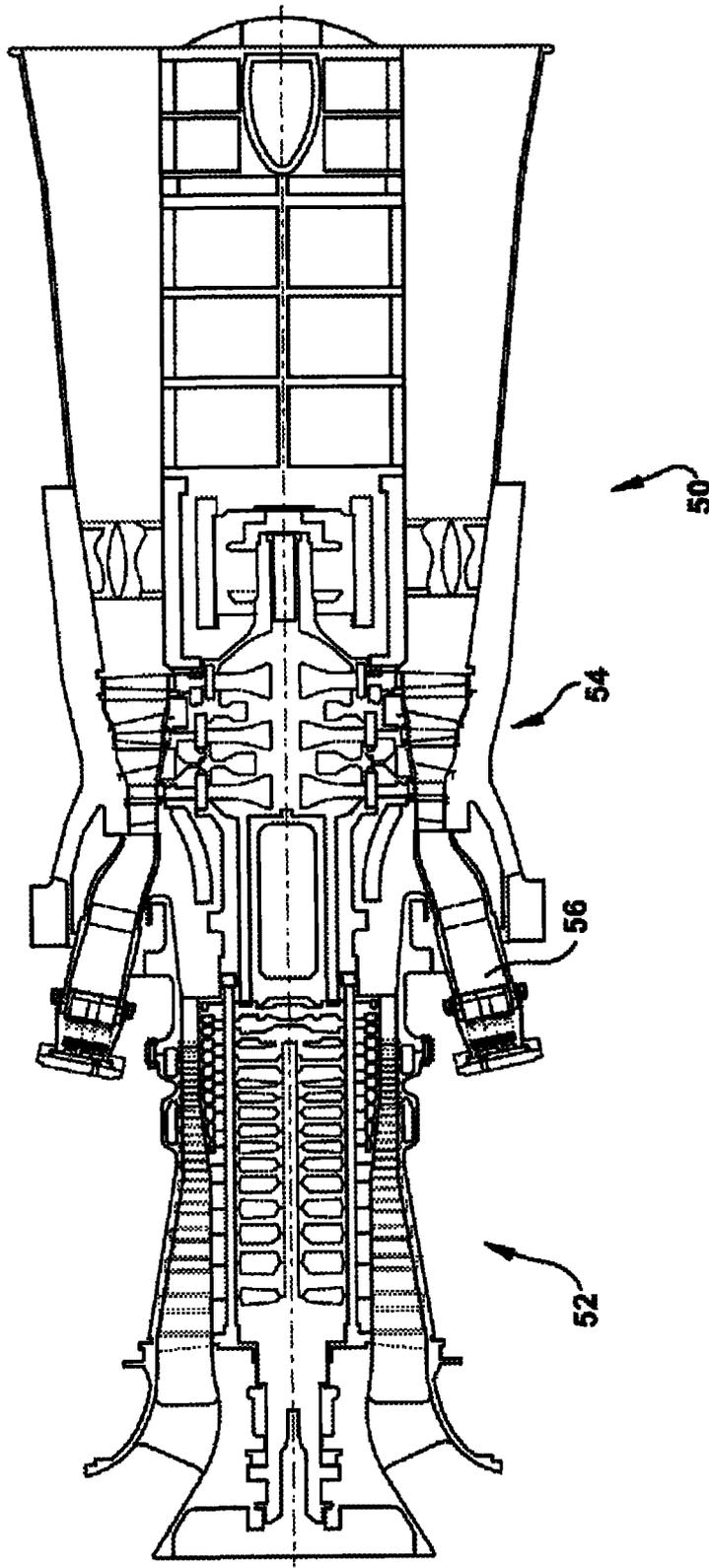


图 1

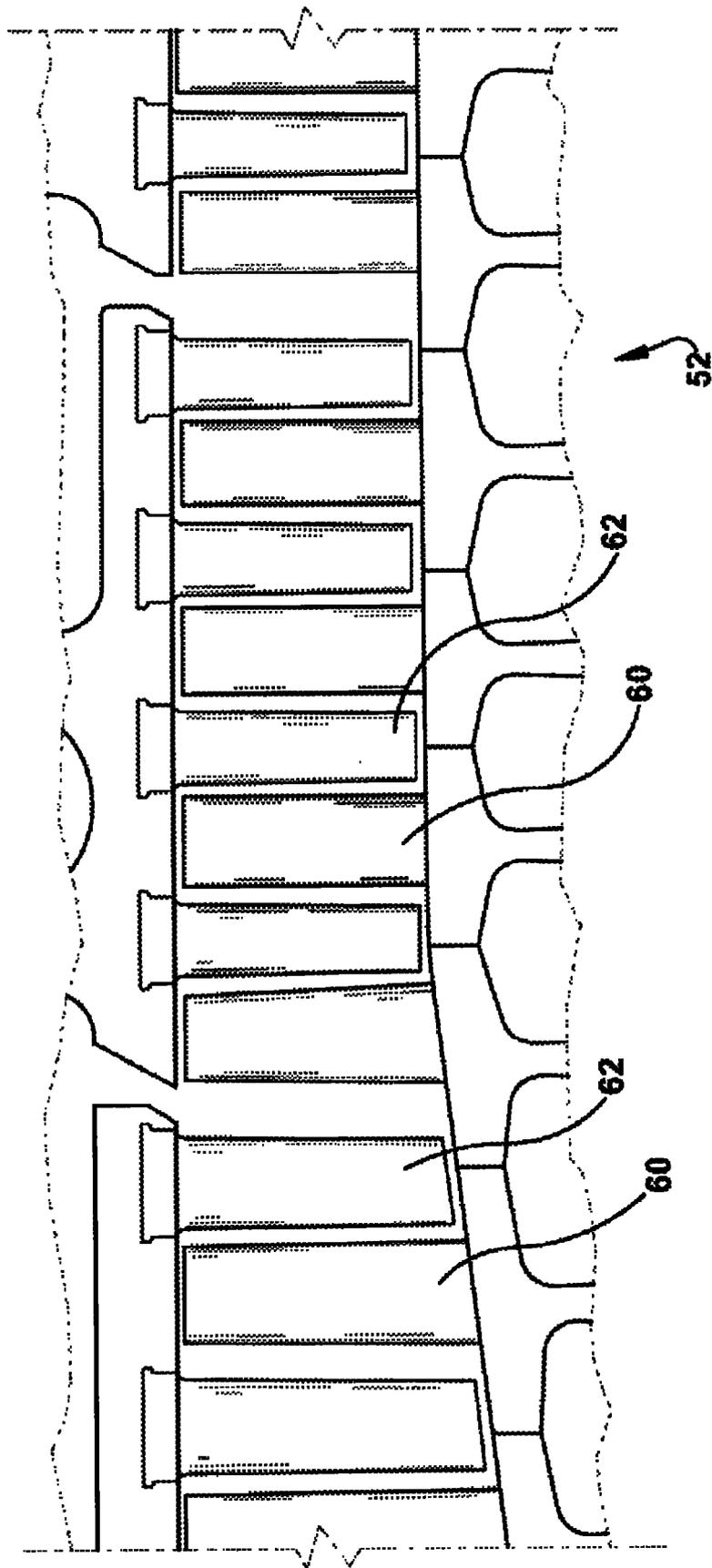


图 2

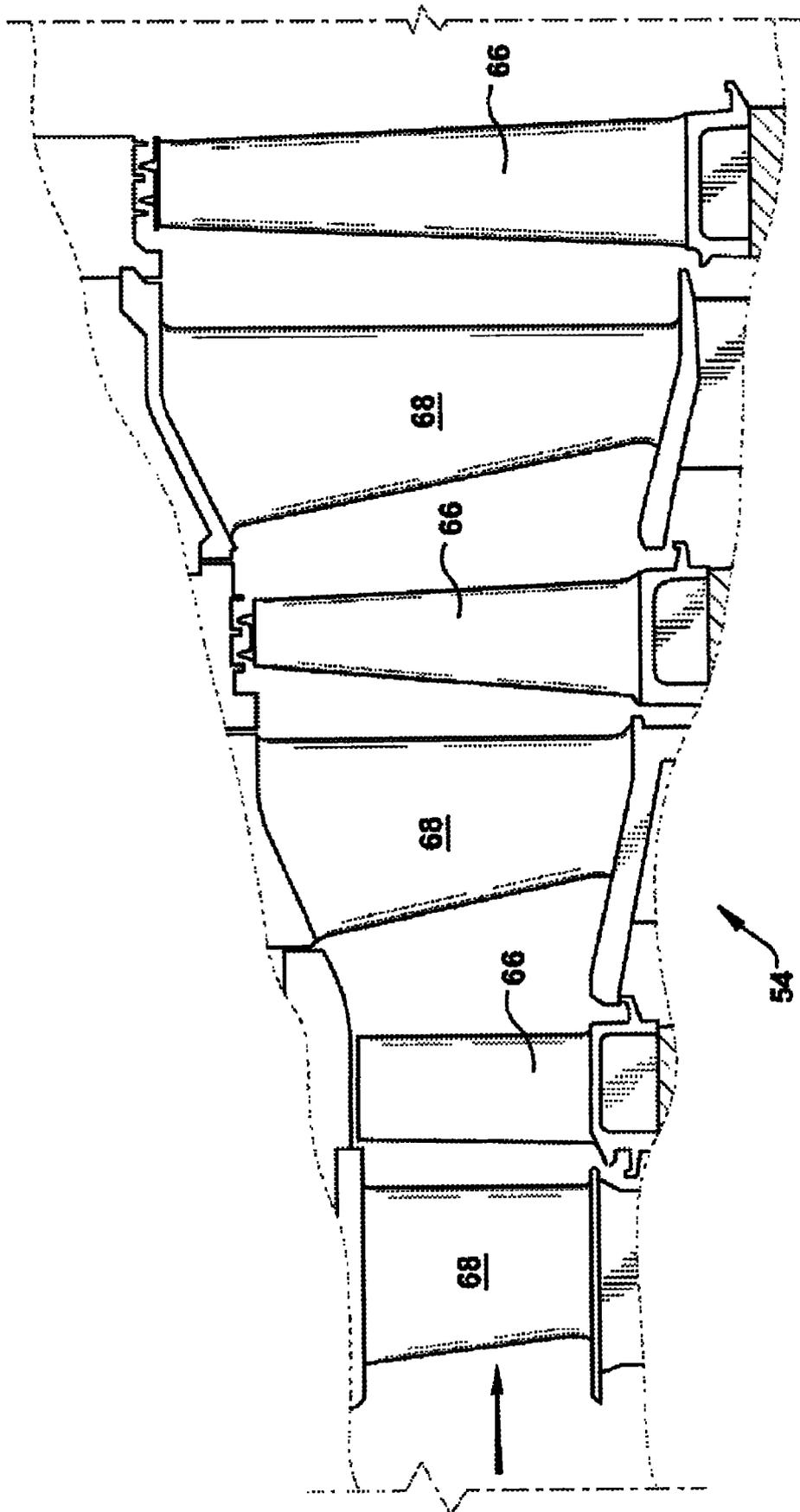


图 3

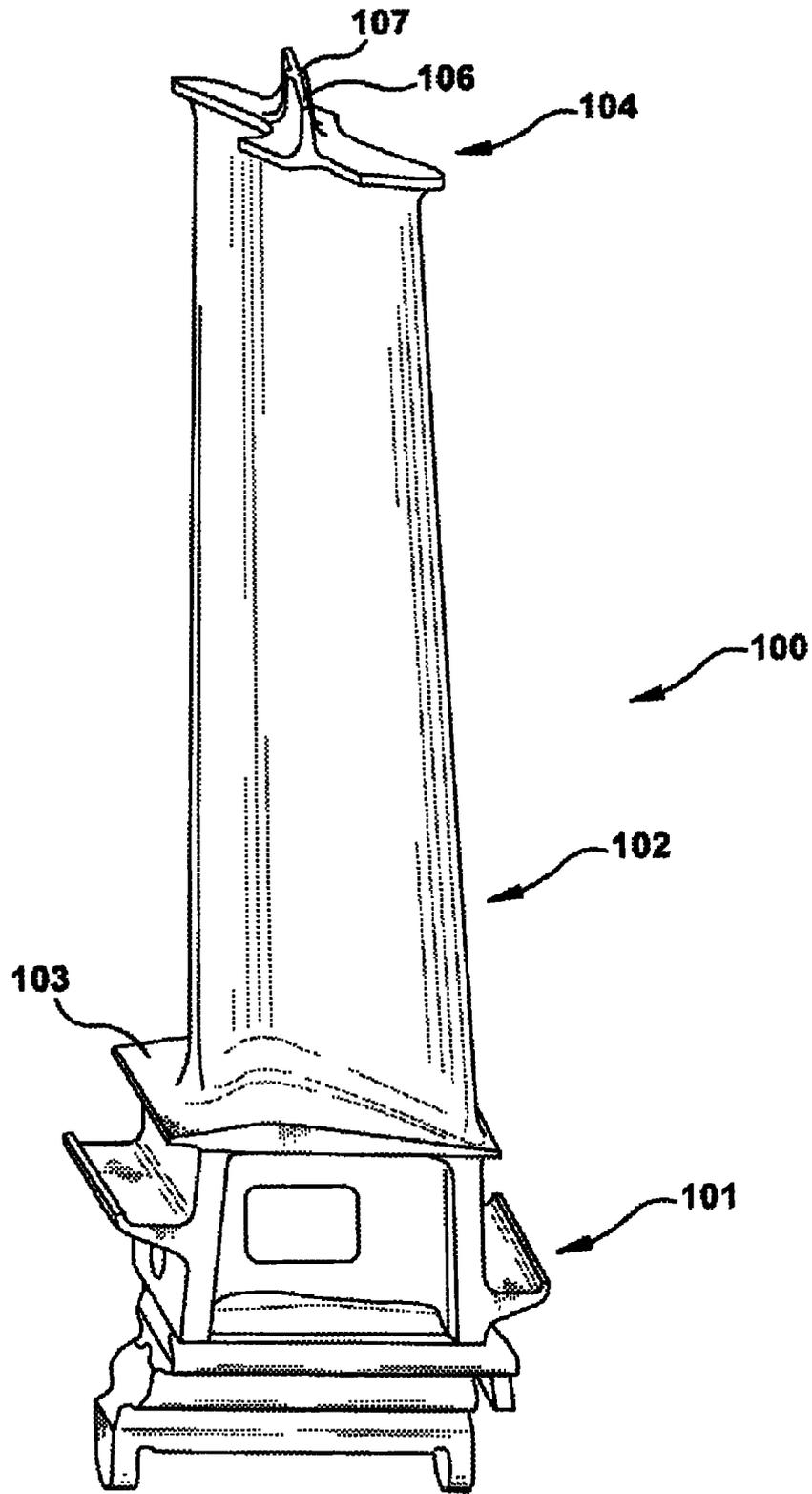


图 4(现有技术)

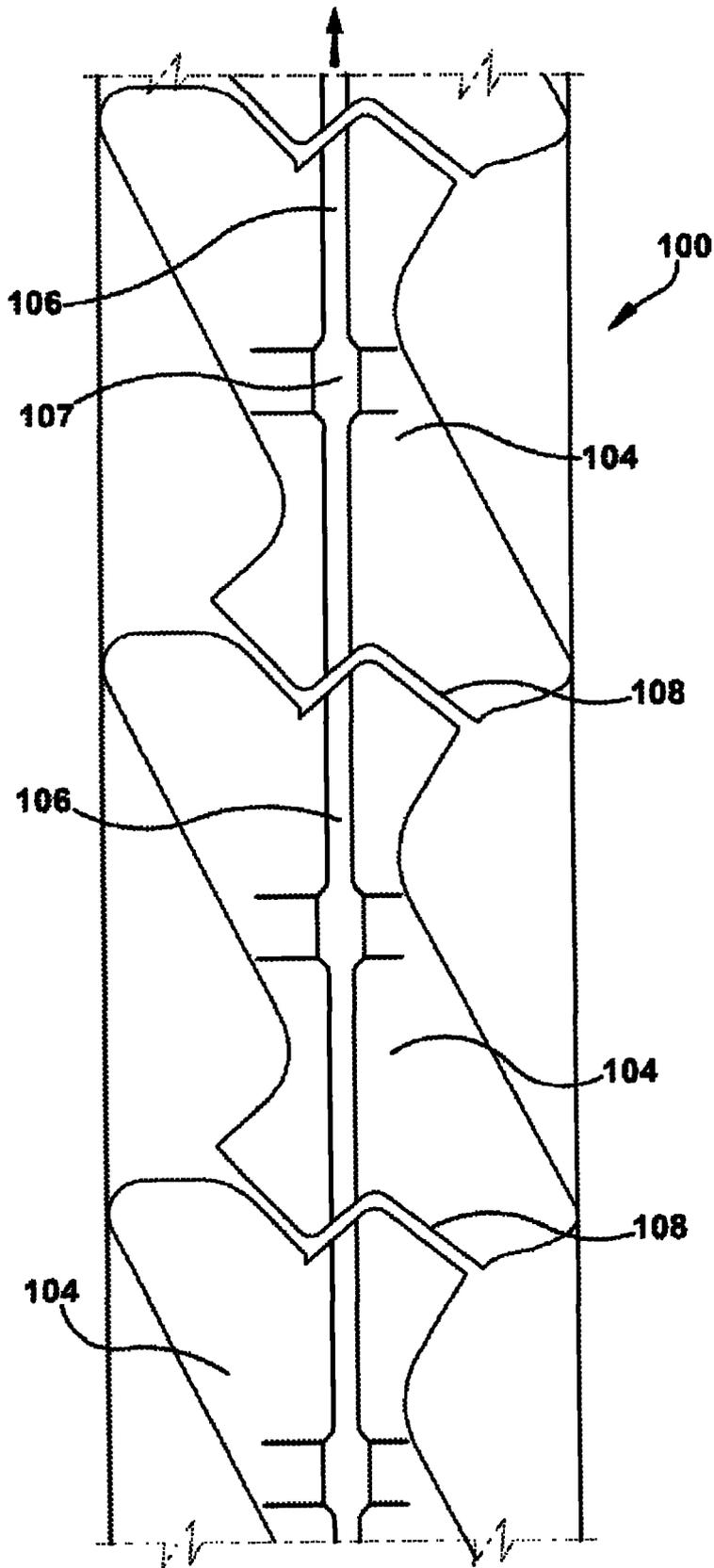


图 5(现有技术)

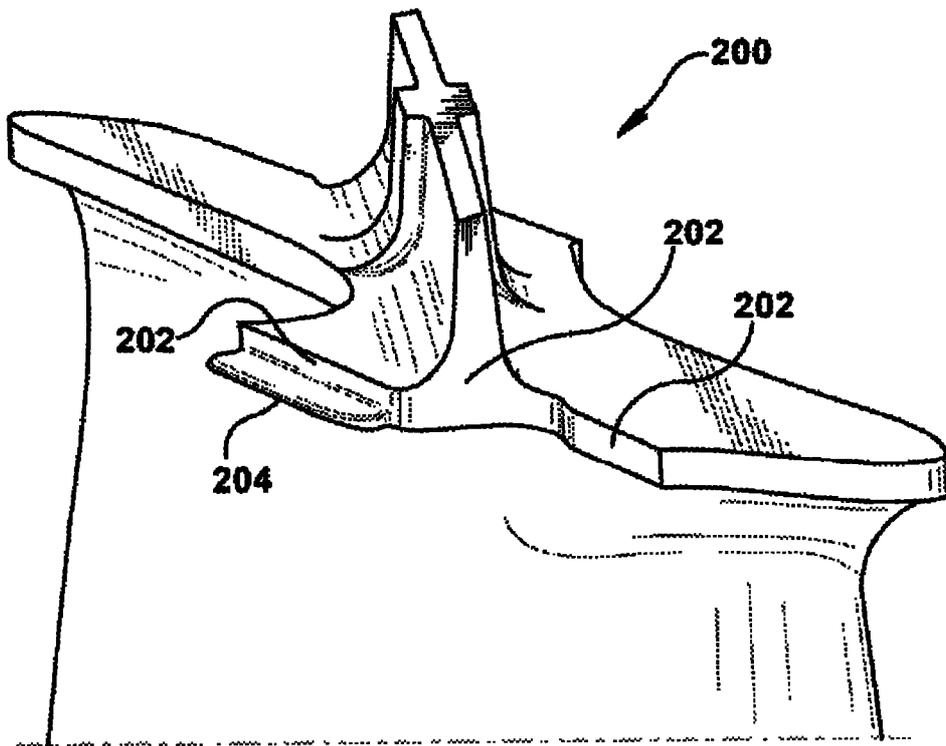


图 6

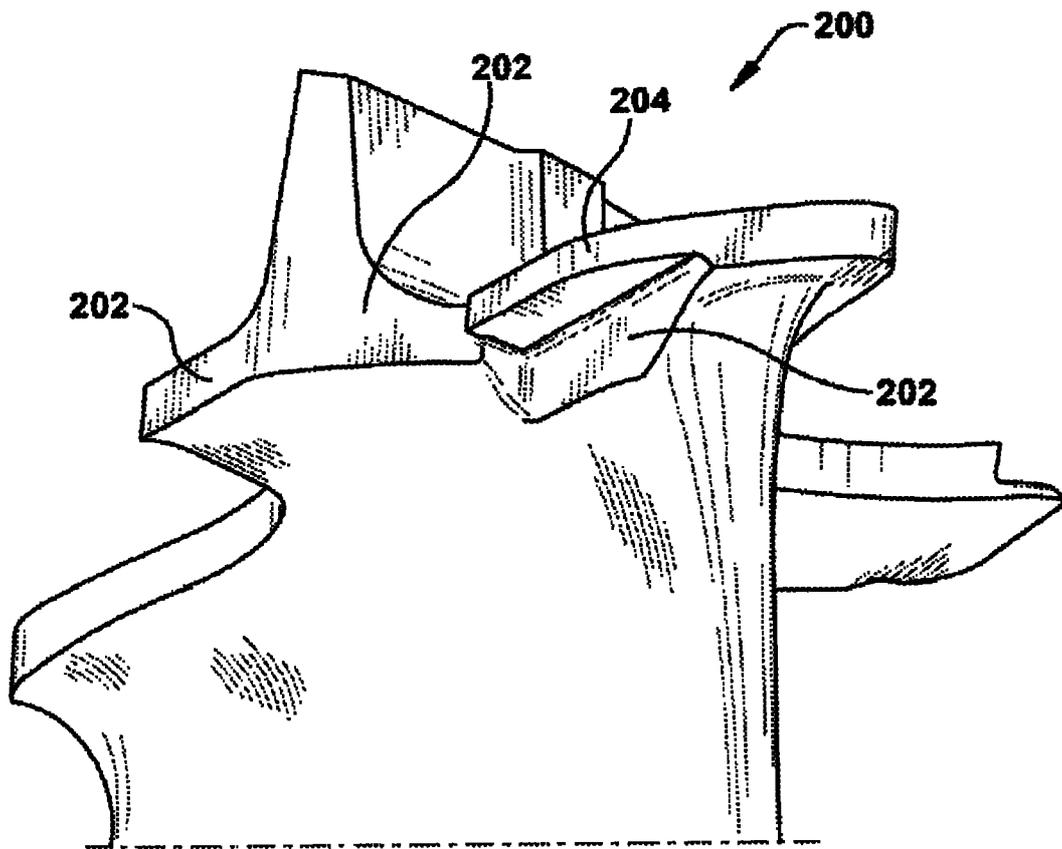


图 7

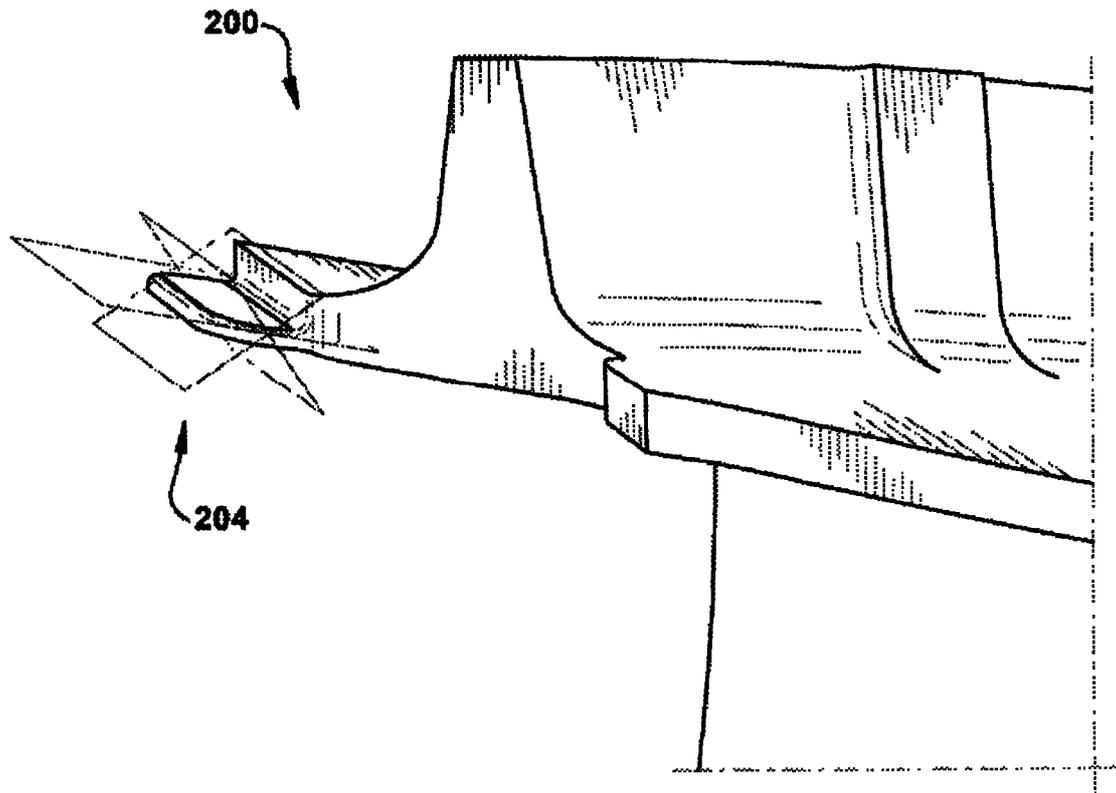


图 8