



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1598248 B

(45) 授权公告日 2010.12.08

(21) 申请号 200410064464.5

7-58 行,图 1-4.

(22) 申请日 2004.08.27

US 3193185 A, 1965.07.06, 全文.

(30) 优先权数据

US 4108573 A, 1978.08.22, 说明书第 2 栏

10/650288 2003.08.28 US

5-45 行,图 1-7.

US 3706512 A, 1972.12.19, 全文.

(73) 专利权人 通用电气公司

审查员 刘亚妮

地址 美国纽约州

(72) 发明人 J·H·努斯鲍姆 X·魏 T·蔡德兹

M·麦克罗里

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 周备麟

(51) Int. Cl.

F01D 5/16(2006.01)

(56) 对比文件

US 3653110 A, 1972.04.04, 全文.

US 6503053 B2, 全文.

US 3012709 A, 1961.12.12, 说明书第 3 栏

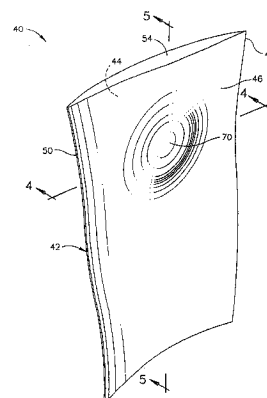
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

(54) 发明名称

减小诱发压缩机翼面振动的装置

(57) 摘要

一种燃气涡轮发动机 (10) 的翼面 (42), 它包括一个前缘 (48), 一个后缘 (50), 一个顶部 (54), 第一侧壁 (44), 第二侧壁 (46) 和一个小翼。该第一侧壁 (44) 在径向翼展上, 在翼面根部 (52) 和顶部之间延伸, 该第一侧面形成该翼面的第一侧面。该第二侧壁 (46) 在该后缘的前缘处, 与该第一侧壁连接。该第二侧壁在径向翼展上, 在该翼面根部和顶部之间延伸。该第二侧壁构成所述翼面的第二侧面。该小翼从所述第一侧壁和所述第二侧壁中的至少一个侧壁, 向外伸出, 使半径 R_1 在该小翼和该第一和第二侧壁中的至少一个侧壁之间延伸。



1. 一种燃气涡轮发动机 (10) 的翼面 (42), 所述翼面包括:

一个前缘 (48);

一个后缘 (50);

一个顶部 (54);

沿翼面根部 (52) 和所述顶部之间的径向翼展延伸的第一侧壁 (44); 所述第一侧壁限定所述翼面的一第一侧面;

在所述前缘和所述后缘处与所述第一侧壁连接的一第二侧壁 (46); 所述第二侧壁沿该翼面根部和所述顶部之间的径向翼展延伸, 所述第二侧壁限定所述翼面的第二侧面; 和

位于离前缘和后缘一个距离的一个小翼 (70), 其从所述第一侧壁和所述第二侧壁中至少一个侧壁向外伸出, 使得半径 R_1 在所述小翼和所述第一和第二侧壁中的至少一个侧壁之间延伸, 所述小翼 (70) 离所述翼面顶部 (54) 一个径向距离。

2. 如权利要求 1 所述的翼面 (42), 其特征为, 所述小翼 (70) 还构形成, 为所述翼面提供结构支承, 使所述翼面的扭转或弦向振动的自然频率增加至在发动机 (10) 工作过程中在燃气涡轮发动机内不出现的一个频率。

3. 如权利要求 1 所述的翼面 (42), 其特征为, 所述小翼 (70) 包括非矩形的横截面轮廓。

4. 如权利要求 1 所述的翼面 (42), 其特征为, 还包括另一个小翼, 其中一个小翼 (70) 从所述第一侧壁 (44) 向外伸出, 另一个小翼 (202) 从所述第二侧壁 (46) 向外伸出。

5. 如权利要求 1 所述的翼面 (42), 其特征为, 所述小翼 (70) 利用电化学加工工艺与所述翼面整体制成。

6. 一种燃气涡轮发动机 (10), 包括多个转子叶片 (40), 每一个所述转子叶片包括一个翼面 (42), 该翼面包括: 一个前缘 (48), 一个后缘 (50), 一第一侧壁 (44), 一第二侧壁 (46) 和从所述第一侧壁和所述第二侧壁中的至少一个侧壁向外伸出、使得在所述小翼和所述第一和第二侧壁中的至少一个侧壁之间形成半径 R_1 的至少一个小翼 (70); 所述翼面的第一和第二侧壁在所述前缘和后缘处轴向连接, 所述第一和第二侧壁从叶片根部 (52) 沿径向延伸至翼面顶部 (54), 所述至少一个小翼位于离前缘和后缘一个距离, 并且所述至少一个小翼离所述翼面顶部一个径向距离。

减小诱发压缩机翼面振动的装置

技术领域

[0001] 本发明总的涉及燃气轮机转子叶片,尤其涉及减小诱发转子叶片振动的装置。

背景技术

[0002] 一般,燃气轮机转子叶片包括具有前缘和后缘、压力侧和负压侧的翼面。该压力侧和负压侧在该翼面的前缘和后缘处连接,并径向横跨在翼面根部和顶部之间。该翼面根部至少部分地限定一个内部流道,而静止的壳体则至少部分地限定一个外部流道。例如,至少一些已知的压缩机包括多排从一个圆盘或短管轴沿径向外伸出的转子叶片。

[0003] 已知压缩机的转子叶片,在邻近该内部流道处悬臂伸出,使每一个叶片的根部区域比叶片的顶部区域厚。更具体地说,因为该顶部区域比该根部区域薄,和因为一般该顶部区域机械上不受限制,因此,工作过程中涡区压力分布可以通过该顶部区域,将弦向弯曲或其他振动模式引入叶片中。另外,在发动机工作过程中的共振频率,也可将振动能量导入叶片中。在弦向弯曲或其他振动模式下继续工作,可以限制叶片的使用寿命。

[0004] 为了便于减少顶部振动模式,和/或减少发动机工作过程中的共振频率的影响,至少一些已知的叶片的顶部区域制造得较厚。然而,增加叶片厚度对空气动力学性能有不利影响,和/或在转子组件中导入附加的径向负载。因此,与其他已知的叶片比较,另一些已知的叶片的弦向长度作得较短。但是,减小叶片的弦向长度也可对叶片的空气动力学性能有不利影响。

发明内容

[0005] 在一个方面中,提供了制造燃气涡轮发动机的转子叶片的一种方法。该方法包括形成一个翼面和形成一个小翼。该翼面包括第一侧壁和第二侧壁,每一个侧壁都在径向翼展上,在一个翼面根部和一个翼面顶部之间延伸,并且该第一和第二侧壁在前缘和在后缘处连接。该小翼从该翼面的第一侧壁和该翼面的第二侧壁中的至少一个侧壁向外伸出,使得半径在该小翼和该翼面第一侧壁和第二侧壁中的至少一个侧壁之间延伸。

[0006] 在另一个方面中,提供了燃气涡轮发动机的一个翼面,该翼面包括:

[0007] 一个前缘;一个后缘;一个顶部;沿翼面根部和所述顶部之间的径向翼展延伸的第一侧壁;所述第一侧壁限定所述翼面的第一侧面;在所述前缘和所述后缘处与所述第一侧壁连接的第二侧壁;所述第二侧壁沿该翼面根部和所述顶部之间的径向翼展延伸,所述第二侧壁限定所述翼面的第二侧面;和位于离前缘和后缘间隔一距离的一个小翼,其从所述第一侧壁和所述第二侧壁中至少一个侧壁向外伸出,使得半径 R_1 在所述小翼和所述第一和第二侧壁中的至少一个侧壁之间延伸,所述小翼离所述翼面顶部一个径向距离。

[0008] 在再一个方面中提供了一种燃气涡轮发动机,包括多个转子叶片,每一个所述转子叶片包括一个翼面,该翼面包括:一个前缘,一个后缘,一第一侧壁,一第二侧壁和从所述第一侧壁和所述第二侧壁中的至少一个侧壁向外伸出,使得在所述小翼和所述第一和第二侧壁中的至少一个侧壁之间形成半径 R_1 的至少一个小翼;所述翼面的第一和第二侧壁在所

述前缘和后缘处轴向连接,所述第一和第二侧壁从叶片根部沿径向延伸至翼面顶部,位于离前缘和后缘一个距离的至少一个翼面小翼,并且该翼面小翼离所述翼面顶部一个径向距离。

附图说明

- [0009] 图 1 为燃气涡轮发动机的示意图 ;
- [0010] 图 2 为可以用于图 1 所示的燃气涡轮发动机中的一个转子叶片的透视图 ;
- [0011] 图 3 为从该转子叶片的相反一侧看的图 2 所示的转子叶片的部分透视图 ;
- [0012] 图 4 为图 3 所示的、沿着 4-4 线所取的转子叶片的横截面图 ;
- [0013] 图 5 为图 3 所示的、沿着 5-5 线所取的转子叶片的横截面图 ;
- [0014] 图 6 为可以用在图 1 所示的燃气涡轮发动机中的转子叶片的另一个实施例的横截面图。

具体实施方式

[0015] 图 1 为燃气涡轮发动机 10 的示意图,该发动机包括一个风扇组件 12,一个高压压缩机 14 和一个燃烧室 16。发动机 10 还包括一个高压涡轮 18,一个低压涡轮 20 和一个增压器 22。风扇组件 12 包括一组从一个转子圆盘 26 沿径向向外伸出的风扇叶片 24。发动机 10 具有一个进气侧 28 和一个排气侧 30。在一个实施例中,该燃气涡轮发动机为 Ohio 州的 Cincinnati 域的通用电气公司销售的 GE90。

[0016] 在工作中,空气通过风扇组件 12 流动,并且压缩空气供给至高压压缩机 14。高度压缩的空气输送至燃烧室 16。从燃烧室 16 出来的气流(图 1 中没有示出)驱动涡轮 18 和 20,而涡轮 20 又驱动风扇组件 12。

[0017] 图 2 为可以用于燃气涡轮发动机(例如图 1 所示的燃气涡轮发动机 10)的一个转子叶片 40 的部分透视图。图 3 为仅转子叶片 40 的相反一侧看的该转子叶片 40 的部分透视图。图 4 为沿着 4-4 线所取的转子叶片 40 的横截面图。图 5 为沿着 5-5 线所取的转子叶片 40 的横截面图。在一个实施例中,多个转子叶片 40 构成燃气涡轮发动机 10 的高压压缩机级(没有示出)。每一个转子叶片 40 包括一个翼面 42 和一个用于将该翼面 42 按已知方法安装在一个转子圆盘(没有示出)上的整体的榫 43。另一种方式是,叶片 40 可沿径向从一个圆盘(没有示出)向外伸出,使多个叶片 40 形成一个转子部件(没有示出)。

[0018] 每一个翼面 42 包括第一作成一定轮廓形状的侧壁 44,和第二作成一定轮廓形状的侧壁 46。第一侧壁 44 是中凸的,并形成翼面 42 的负压侧;而第二侧壁 46 为中凹的,形成翼面 42 的压力侧。侧壁 44 和 46 在翼面 42 的前缘 48 和在轴向隔开的后缘 50 处连接。更具体地说,翼面后缘 50 在弦向隔开,并在翼面前缘 48 的下游。第一和第二侧壁 44 和 46 分别,从邻近该榫 43 的叶片根部 52,从径向,或在翼展上沿径向向外。延伸至翼面的顶部 54。

[0019] 一个小翼 70 从第二侧壁 46 向外伸出。在另一个实施例中,小翼 70 从第一侧壁 44 向外伸出。在又一个实施例中,第一小翼从第二侧壁 46 向外伸出,而第二小翼从第一侧壁 44 向外伸出。因此,小翼 70 的轮廓作成与侧壁 46 相符,因此遵循横过侧壁 46 上延伸的气流流线。在该示例性实施例中,小翼 70 在弦向方向,基本上横越侧壁 46 延伸,使得小翼 70 基本上与靠近前缘 48 和靠近后缘 50 的侧壁 46 齐平。另一种方案是,该小翼在非弦向方向

与侧壁 46 对准。更具体地说,在该示例性实施例中,小翼 70 基本上在弦向,分别在翼面前缘 48 和后缘 50 之间延伸。另一种方式是,该小翼只分别延伸至翼面前缘 48 或后缘 50 中的一个处。在又一个实施例中,该小翼 70 只是部分地分别在翼面前缘 48 和后缘 50 之间,沿着侧壁 46 延伸,并且不延伸至前缘 48 或后缘 50。

[0020] 小翼 70 的横截面轮廓不是矩形的,其形状相对于侧壁 46 按空气动力学要求设计,使第一半径 R_1 和第二半径 R_2 在小翼 70 和侧壁 46 之间延伸。在该示例性实施例中,小翼 70 还包括一个在第一半径 R_1 和第二半径 R_2 之间延伸的一个弧形外表面 90。更具体地说,第一半径 R_1 沿着小翼 70 延伸,使小翼 70 和翼面顶部 54 之间平滑过渡;而第二半径 R_2 沿着小翼 70 延伸度小翼 70 和根部 52 之间平滑过渡。在该示例性实施例中,第一半径 R_1 比第二半径 R_2 大。小翼 70 的几何形状,包括其相对于叶片 40 的相对位置,尺寸和小翼 70 的长度可以改变;并根据叶片 40 的工作和性能特性选择。

[0021] 小翼 70 可增强翼面 42 的刚性、使翼面 42 的振动的自然频率增加至在发动机正常工作过程中,在燃气涡轮发动机 10 内不存在的频率。因此,可以诱发不包括小翼 70 的相同的翼面中的振动模式基本上可被小翼 70 消除。更具体地说,小翼 70 可以提供一种调整在发动机额定工作速度以外的弦向模式的频率的方法,使得可以达到所希望的频率范围。另外,小翼 70 也可以不提供频率范围而增加叶片 40 的强度。

[0022] 另外,在装配翼面 42 过程中。小翼 70 的该横截面形状可使小翼 70 与翼面 42 作成整体,这样,与其他几何形状比较,可降低制造成本。特别是,小翼的第一半径 R_1 ,第二半径 R_2 和弧形外表面 90 的综合,可以利用电解液径向流动的电化学加工 (ECM) 方法制成小翼 70。更具体地说,由每一个半径 R_1 和 R_2 形成的小翼 70 和翼面 42 之间的平滑过渡,可使 ECM 电极平稳地和连续地在小翼 70 上滑移,而不会产生气穴现象或流动中断。与其他已知的叶片制造方法比较,ECM 方法可以使叶片 40 的制造成本降低,制造时间减小。

[0023] 导入翼面 42 的能量可以作为激励能量的力和翼面 42 的位移的点积计算。更具体地说,在工作过程中,因为一般顶部 54 机械上不受约束,因此,一般,空气动力学驱动力(即涡区压力分布)靠近该翼面顶部 54 是最高的。然而,与相同的不包括小翼 70 的翼面比较,小翼 70 增加翼面 42 的刚性,和增加翼面 42 的局部厚度,使翼面 42 的位移减小。因此,因为小翼 70 增大翼面 42 的频率和减小诱发翼面 42 的能量,因此,翼面 42 接受较少的空气动力学扰动和较少的从涡区压力分布来的谐波输入。另外,因为小翼 70 离开顶部 54 一个径向距离,因此小翼 70 不与静止的覆环接触。另外,因为第一半径 R_1 比第二半径 R_2 大,第一半径可减小小翼 70 和翼面 42 之间的应力集中,因此可改善叶片 40 的强度和使用寿命。

[0024] 图 6 为可以用于燃气涡轮发动机 10(如图 1 所示)的转子叶片 200 的另一个实施例的横截面图。转子叶片 200 基本上与转子叶片 40 相同(如图 2~5 所示),在图 6 中,与转子叶片 40 的零件相同的转子叶片 200 的零件,利用在图 2~5 中使用的相同的符号表示。特别是,在一个实施例中,除了转子叶片 200 包括除小翼 70 以外的第二小翼 202 以外,转子叶片 200 与转子叶片 40 相同。更具体地说,在该示例性实施例中,第二小翼 202 与肋 70 相同,但在侧壁 44,而不是侧壁 46 上延伸。

[0025] 第二小翼 202 从第一侧壁 44 向外伸出,并且其轮廓形状与侧壁 44 一致,因此,可以跟随在侧壁 44 上延伸的气流流线。在该示例性实施例中,第二小翼 202 在弦向方向,基本上横越侧壁 44 延伸,使该第二小翼 202 基本上与靠近前缘 48 和靠近后缘 50 的侧壁 44

齐平。另一种方案是,该第二小翼 202 在非弦向方向,与侧壁 46 对准。更具体地说,在该示例性实施例中,该第二小翼 202 分别基本上在翼面前缘 48 和后缘 50 之间,在弦向延伸。另外,该第二小翼 202 只延伸至翼面前缘 48 或后缘 50 中的一个上。在又一个实施例中,该第二小翼 202 只部分地沿着侧壁 46,在翼面前缘 48 和后缘 50 之间延伸,并不延伸至前缘 48 或后缘 50。

[0026] 根据叶片 40 的工作和性能特性,可以变化地选择该第二小翼 202 的几何形状,包括其相对于叶片 40 的相对位置,尺寸和该第二小翼 202 的长度。在一个实施例中,该第二小翼 202 距离该翼面顶部 54 一个径向距离 102,因此基本上在径现与上述小翼 70 对准。在另一个实施例中,该第二小翼 202 在径向不与小翼 70 对准。

[0027] 上述的转子叶片成本低,很可靠。该转子叶片包括一个从该翼面表面中的至少一个表面向外伸出的小翼。该小翼便于在发动机正常工作速度范围外调整叶片的弦向模式频率。另外,该小翼的刚性可以减小导入每一个相应的翼面中的能量的量。另外,该小翼还可改善相对于具有基本上较小顶部弦长的翼面的该翼面的性能。结果,该小翼在以低成本和高可靠性提供叶片的空气力学稳定性的同时,可维持该叶片的空气动力学性能。

[0028] 以上详细说明了叶片组件的示例性实施例。该叶片组件不是仅限于所述的具体实施例,而是每一个组件的零件可以独立地,与所述其他零件分开地使用。每一个转子叶片零件还可与其他转子叶片零件综合使用。

[0029] 虽然针对各种具体实施例说明了本发明,但业内人士知道,在权利要求书的精神和范围内可对本发明进行改造。

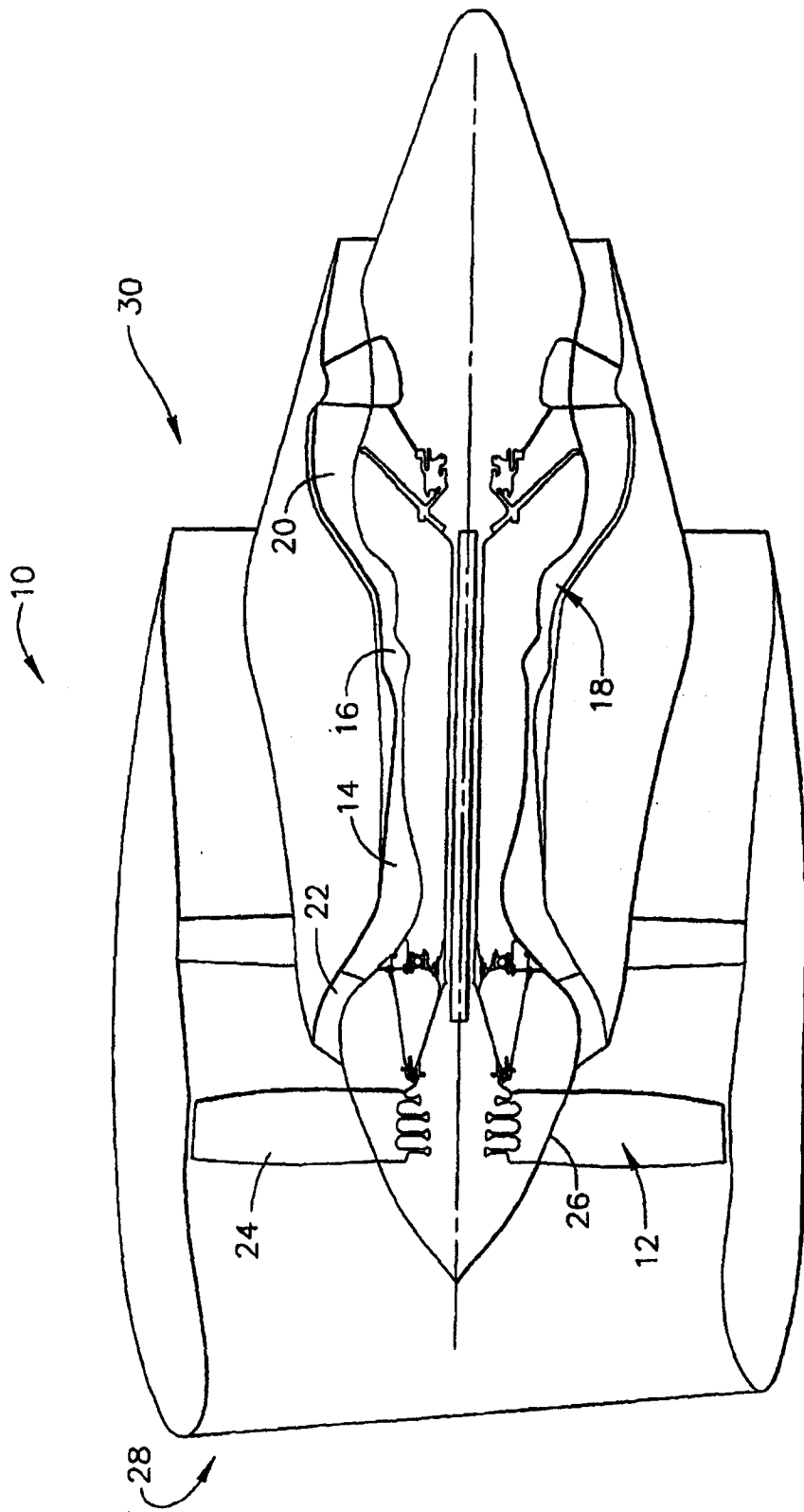


图 1

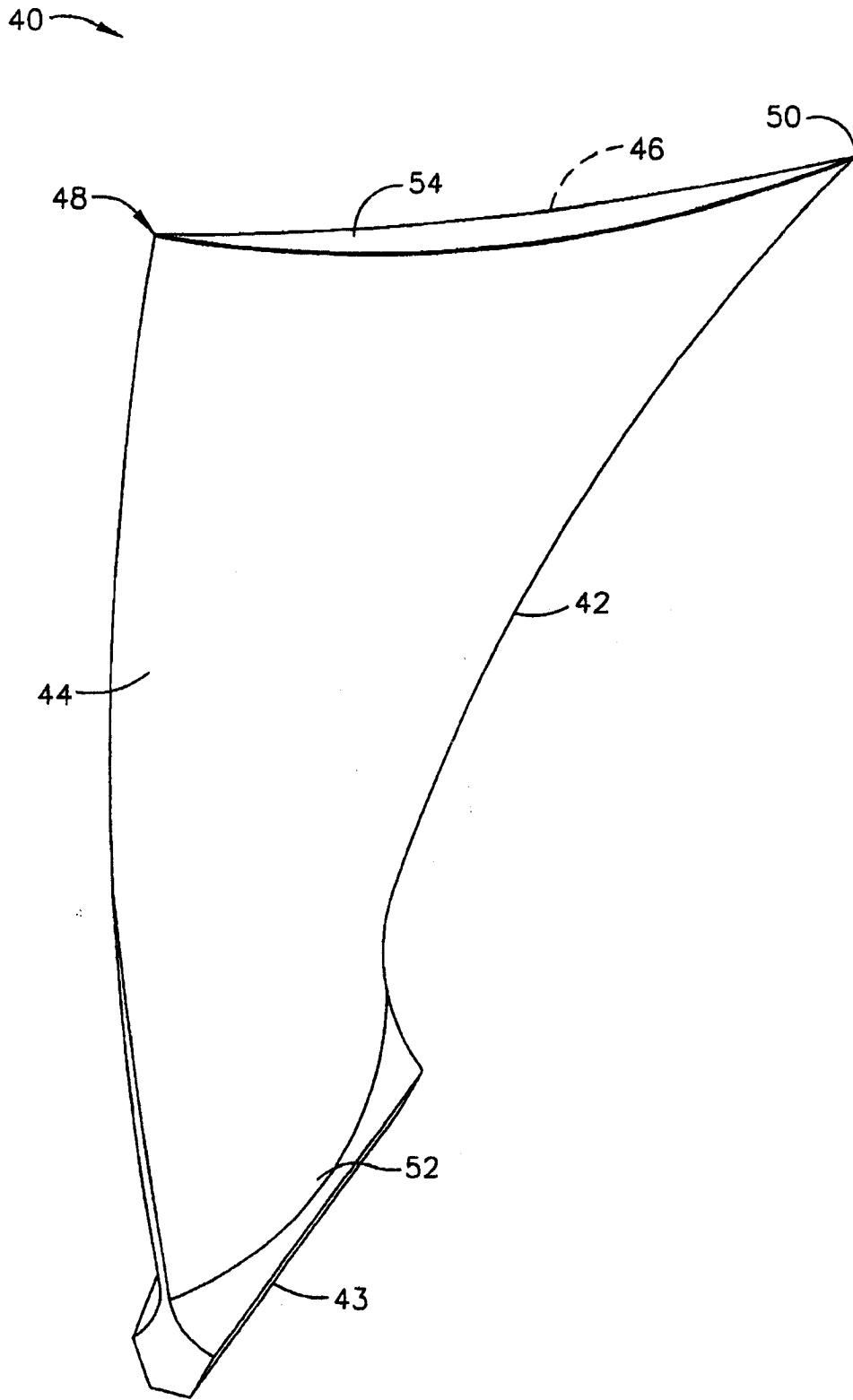


图 2

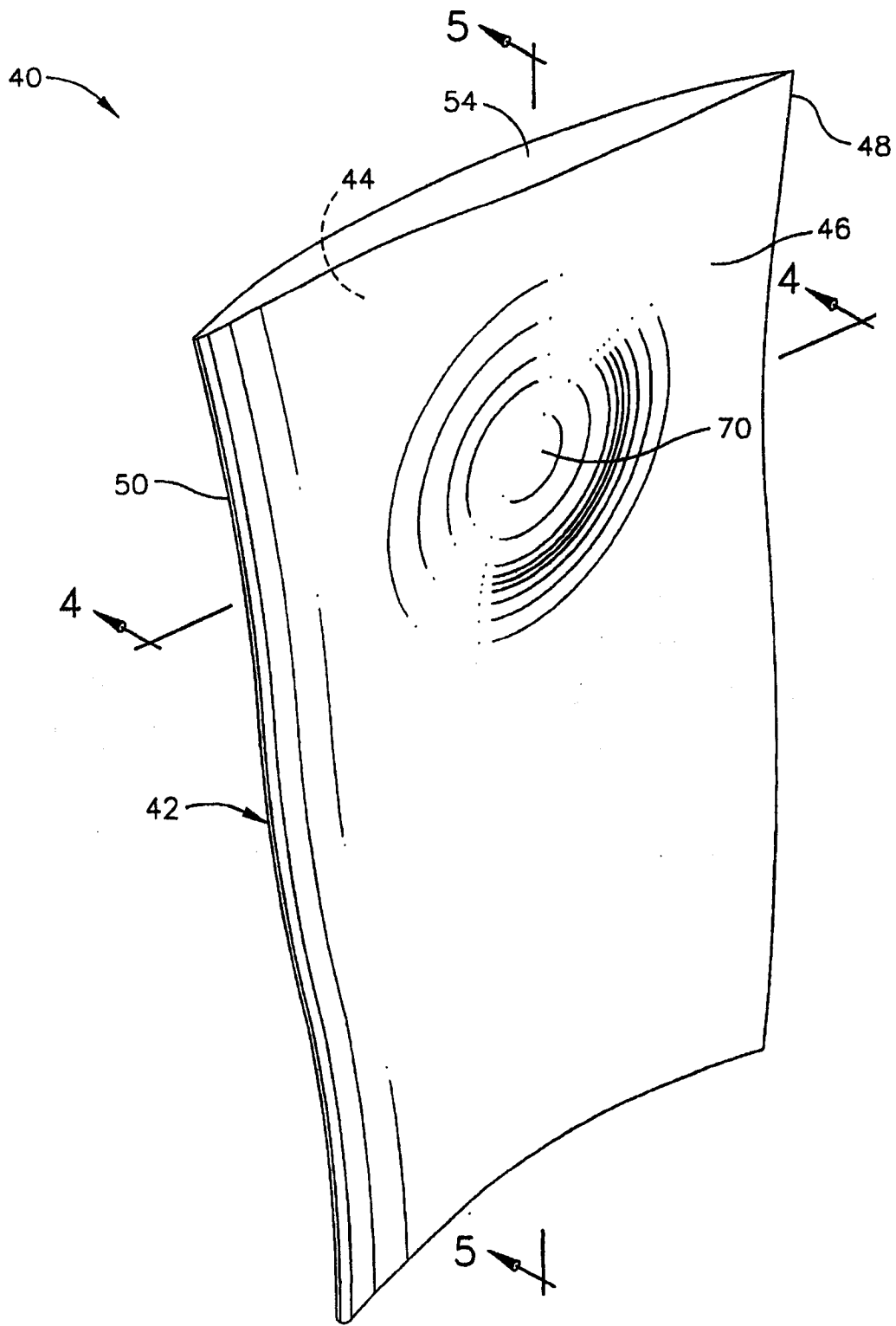


图 3

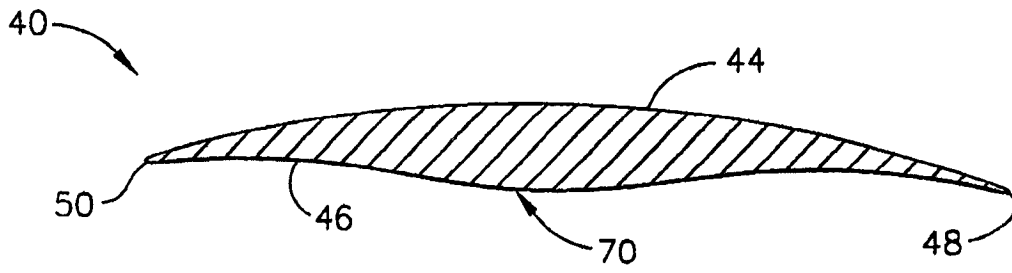


图 4

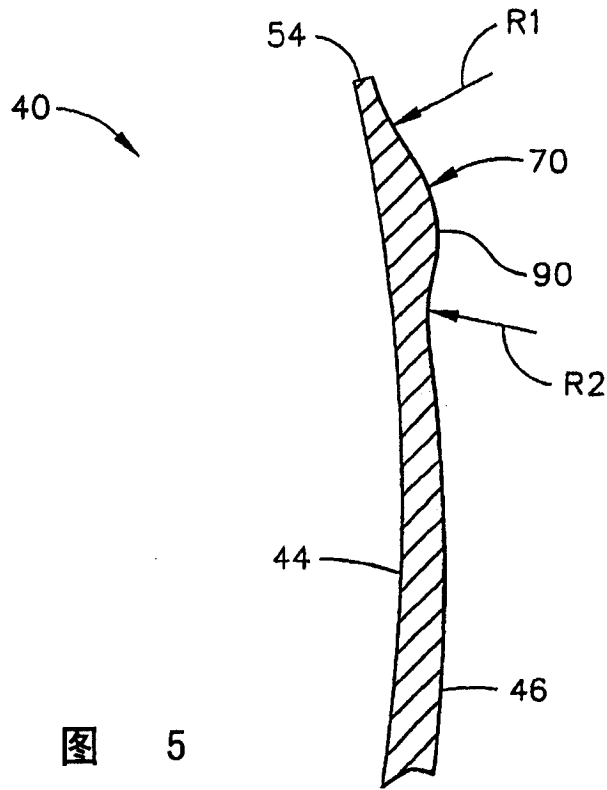


图 5

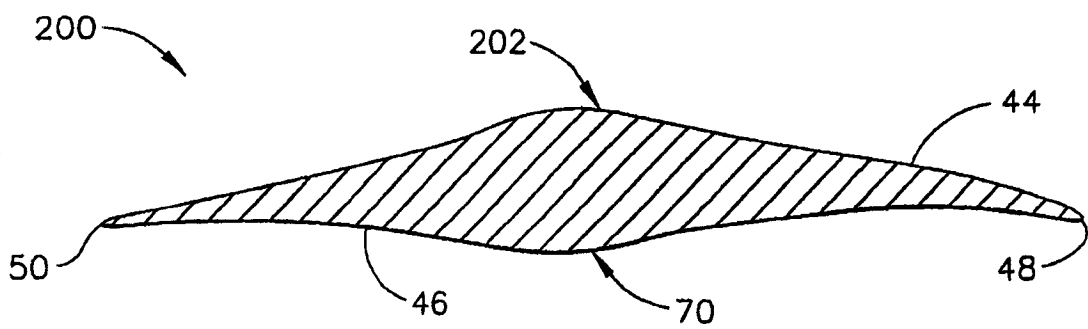


图 6