

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F01D 5/18 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02101536.8

[45] 授权公告日 2007 年 7 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 1328478C

[22] 申请日 2002.1.9 [21] 申请号 02101536.8

[30] 优先权

[32] 2001. 1. 9 [33] US [31] 09/756902

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 C·-P·李 C·普拉卡斯

M·L·舍尔顿

J·H·斯塔克维特 H·辛

G·A·林克

[56] 参考文献

US4424001A 1984.1.3

US6164914A 2000.12.26

US6059530A 2000.5.9

EP1016774A2 2000.7.5

US5261789A 1993.11.16

JP6264703A 1994.9.20

US5503527A 1996.4.2

审查员 慈 蕾

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 周备麟 黄力行

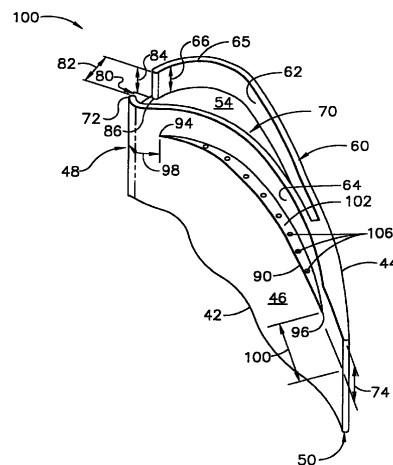
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 发明名称

降低涡轮叶尖温度的方法和装置

[57] 摘要

叙述了一种燃气轮机(10)的转子叶片,它包含一个有利于降低转子叶片工作温度的端区(60)。该端区包含自翼面(42)的端板(54)径向向外延伸的一个第一端壁(62)和一个第二端壁(64)。这些端壁自翼面前缘(48)附近延伸,而在翼面后缘(50)处相互连接。在翼面前缘处在第一和第二端壁之间界定一凹口。第二端壁的至少一部分是凹入的,以界定一端台(90)。



1. 一种制造燃气轮机(10)转子叶片(40)的方法, 该制造方法有利于降低转子叶片顶部(60)的工作温度, 该转子叶片包含一前缘(48), 一后缘(50), 一第一侧壁(44)和一第二侧壁(46), 该第一和第二侧壁在轴向前缘和后缘处彼此连接, 并在转子叶片根部和转子叶片端板(54)之间径向延伸, 所述方法包括如下步骤:

形成一个第一端壁(62)自转子叶片端板(54)沿该第一侧壁(44)延伸;

形成一个第二端壁(64)自转子叶片端板(54)沿该第二侧壁(46)延伸, 这样第二端壁与第一端壁在转子叶片后缘处彼此连接, 而沿转子叶片前缘在第一和第二端壁之间界定一凹口(80)。

2. 如权利要求1的方法, 其特征在于, 还包括如下步骤: 形成一个导壁(210)自转子叶片凹口(80)朝后向转子叶片后缘(50)延伸, 使进入该凹口的流体能借助于该导壁被导向第二端壁(64)。

3. 如权利要求1的方法, 其特征在于, 所述形成第一端壁(62)的步骤还包括如下步骤: 使第一端壁的至少一部分从第一侧壁(44)向着第二端壁(64)凹下, 以界定一径向面向外的第二端台(130), 该第二端台在转子前、后缘之间延伸。

4. 如权利要求3的方法, 其特征在于, 所述形成第二端壁(64)的步骤还包括如下步骤: 使第二端壁的至少一部分从第二侧壁(46)向着第一端壁(62)凹下, 以界定一径向面向外的第一端台(90), 该第一端台在转子的前、后缘之间延伸。

5. 如权利要求1的方法, 其特征在于, 所述凹口(80)自端板(54)延伸。

6. 一种燃气轮机(10)的翼面, 包括:

一个前缘(48);

一个后缘(50);

一个端板(54);

一个径向延伸跨越在翼面根部和所述端板之间的第一侧壁(44);

一个在前缘和后缘处连接于所述第一侧壁的第二侧壁(46), 所述第二侧壁径向延伸跨越在翼面根部和端板之间;

一个沿第一侧壁自所述端板径向向外延伸的第一端壁(62);

一个沿第二侧壁自端壁径向向外延伸的第二端壁(64)，所述第一端壁在后缘处连接于第二端壁；和

一个沿所述翼面前缘在第一端壁和第二端壁之间延伸的凹口(80)。

7.如权利要求6的翼面(42)，其特征在于，所述凹口(80)包括一个自所述凹口向所述翼面后缘(50)延伸的导壁(210)，所述导壁(210)自第一端壁(62)弯曲延伸，以界定一个凹口(80)的弧形入口(212)。

8.如权利要求7的翼面(42)，其特征在于，所述导壁(210)的外形能将进入凹口(80)的气流导向第二端壁(64)。

9.如权利要求6的翼面(42)，其特征在于，所述第一端壁(62)自第一侧壁(44)至少部分地向内凹入，以界定第一端台(90)。

10.如权利要求9的翼面(42)，其特征在于，第二端壁(64)自第二侧壁(46)至少部分地向内凹入，以界定第二端台(130)。

11.如权利要求6的翼面(42)，其特征在于，第一端壁(62)和第二端壁(64)的高度相等。

12.如权利要求6的翼面(42)，其特征在于，第一端壁(62)自端板(54)伸展第一距离(98)，第二端壁(64)自端板伸展第二距离(100)。

13.如权利要求12的翼面(42)，其特征在于，凹口(80)自端板(54)伸展第一距离(98)或第二距离(100)中的至少一个距离。

14.一种燃气轮机(10)，它包括若干转子叶片(40, 120, 200)，每一转子叶片包括一个翼面(42)，该翼面包括一前缘(48)，一后缘(50)，一第一侧壁(44)，一第二侧壁(46)，一第一端壁(62)，一第二端壁(64)和一凹口(80)，所述翼面的第一和第二侧壁沿轴向在前、后缘彼此连接，第一和第二侧壁自叶根径向延伸到所述端板(54)，第一端壁(62)沿第一侧壁(44)自端板径向向外延伸，第二端壁(64)沿第二侧壁(46)自端板径向向外延伸，并在所述后缘(50)处同所述第一端壁(62)连接，凹口在第一端壁和第二端壁之间沿翼面前缘延伸。

15.如权利要求14的燃气轮机(10)，其特征在于，所述转子叶

片翼面第一侧壁(44)是中凸的,而转子叶片翼面第二侧壁(46)是中凹的。

16.如权利要求15的燃气轮机(10),其特征在于,转子叶片翼面凹口(80)包括一个自凹口向转子叶片后缘(50)延伸的导壁(210),该导壁的外形能将入口的气体导向第二端壁(64)。

17.如权利要求15的燃气轮机(10),其特征在于,转子叶片第一端壁(62)相对于转子叶片第一侧壁(44)至少部分地向内凹入,以界定第一端台(130)。

18.如权利要求17的燃气轮机(10),其特征在于,转子叶片第二端壁(64)相对于转子叶片第二侧壁(46)至少部分地向内凹入,以界定第二端台(90)。

19.如权利要求15的燃气轮机(10),其特征在于,所述转子叶片凹口(80)自转子叶片端板(54)向外延伸。

20.如权利要求15的燃气轮机(10),其特征在于,所述转子叶片第一端壁(62)和转子叶片第二端壁(64)具有相同的高度。

降低涡轮叶尖温度的方法和装置

技术领域

本发明总的涉及燃气轮机转子叶片，尤其涉及降低转子叶尖温度的方法和装置。

背景技术

燃气轮机转子叶片通常包含具有前缘、后缘、压力侧和负压侧的翼面。该压力侧和负压侧在翼面前、后缘处连接。并径向跨越在翼面根部和顶部之间。为有利于减少翼面顶部和静止定子部件之间的燃烧气体的泄漏，该翼面包含一个自该翼面顶部径向向外伸出的端区。

该翼面端区包含一个自翼面前缘伸展到后缘的第一端壁和一个也自翼面前缘伸展而在翼面后缘处跟该第一端壁连接的第二端壁。该端区防止若转子叶片擦刮定子部件时对翼面造成的损害。

在运转期间，冲击转动着的转子叶片的燃烧气体将热量传入叶片翼面和端区。在高温中超时间的连续运转会使翼面端区热疲劳。为便于降低翼面端区的运转温度，至少一些已知的转子叶片包含在端壁内的一些槽，以允许燃烧气体以低温流过该端区。

为使转子叶尖的热疲劳减至最轻，至少一些已知的转子叶片包含一个靠近该端区的端台，以便于降低这些端区的运转温度。该端台被界定在翼面的压力侧内，当转子叶片旋转时它破坏燃烧气体流，从而能形成一冷却空气膜层，贴紧在翼面的压力侧。该膜层将叶片跟高温燃烧气体隔热。

发明内容

根据本发明，提供了一种制造燃气轮机转子叶片的方法，该制造方法有利于降低转子叶片顶部的工作温度，该转子叶片包含一前缘，一后缘，一第一侧壁和一第二侧壁，该第一和第二侧壁在轴向前缘和后缘处彼此连接，并在转子叶片根部和转子叶片端板之间径向延伸，所述方法包括如下步骤：形成一个第一端壁自转子叶片端板沿该第一侧壁延伸；形成一个第二端壁自转子叶片端板沿该第二侧壁延伸，这样第二端壁与第一端壁在转子叶片后缘处彼此连接，而沿转子叶片前

缘在第一和第二端壁之间界定一凹口。

根据本发明，还提供了一种燃气轮机的翼面，包括：一个前缘；一个后缘；一个端板；一个径向延伸跨越在翼面根部和所述端板之间的第一侧壁；一个在前缘和后缘处连接于所述第一侧壁的第二侧壁，所述第二侧壁径向延伸跨越在翼面根部和端板之间；一个沿第一侧壁自所述端板径向向外延伸的第一端壁；一个沿第二侧壁自端壁径向向外延伸的第二端壁，所述第一端壁在后缘处连接于第二端壁；和一个沿所述翼面前缘在第一端壁和第二端壁之间延伸的凹口。

根据本发明，还提供了一种燃气轮机，它包括若干转子叶片，每一转子叶片包括一个翼面，该翼面包括一前缘，一后缘，一第一侧壁，一第二侧壁，一第一端壁，一第二端壁和一凹口，所述翼面的第一和第二侧壁沿轴向在前、后缘彼此连接，第一和第二侧壁自叶根径向延伸到所述端板，第一端壁沿第一侧壁自端板径向向外延伸，第二端壁沿第二侧壁自端板径向向外延伸，凹口在第一端壁和第二端壁之间沿翼面前缘延伸。

在一个示例性实施例中，燃气轮机的转子叶片包含一个有利于降低转子叶片运转温度而不牺牲涡轮机空气动力效率的端区。该端区包含从一翼面端板径向向外伸展的一个第一端壁和一个第二端壁。第一端壁自翼面前缘邻近伸展到翼面的后缘。第二端壁也自该翼面前缘邻近伸展，并在该翼面后缘处跟该第一端壁连接，以界定一个顶部敞口的端腔。第二端壁的至少一部分凹下，界定一端台。一凹口自该端板延伸，在该翼面前缘处被界定在第一和第二端壁之间。

在运转期间，当转子叶片旋转时，在各转子叶片前缘附近的高温燃烧气体移动到该翼面端区。由于这些端壁自该翼面伸展，因此在转子叶片和静止结构部件之间界定一密封间隙，这有利于减少燃烧气体的泄漏。若在静止结构部件和转子叶片之间出现擦刮，则这些端壁接触这些静止部件，而翼面则未受损伤。当转子叶片转动时，在前缘附近的低温燃烧气体流经该凹口，将较低的燃气温度导入该端腔内。转子叶片压力侧的燃烧气体也流过该端区台阶，并与薄膜冷却空气混合。结果，该凹口和台阶有利于降低端区内转子叶片的工作温度，而不消耗额外的冷却空气，从而改善了涡轮机的效率。

附图说明

图 1 是燃气轮机的简图；

图 2 是可用于图 1 中所示的燃气轮机的转子叶片的局部透视图；

图 3 是图 2 中所示转子叶片的另一实施例的横剖视图；

图 4 是可用于图 1 中所示的燃气轮机的转子叶片的又一实施例的局部透视图。

具体实施方式

图 1 是燃气轮机 10 的简图，该机包括一螺旋桨组件 12，一高压压气机 14 和一燃烧室。发动机还包括一高压涡轮 18，一低压涡轮 20 和一助力器 22。螺旋桨组件 12 包括一排螺旋桨叶片 24，自转子盘 26 径向向外伸展。发动机 10 有一进气侧 28 和一排气侧 30。

在运转时，空气流经螺旋桨组件 12，而被压缩的空气供给高压压气机 14。高压压缩空气供给燃烧室 16。来自燃烧室 16 的空气流（在图 1 中未示）驱动涡轮 18 和 20，而涡轮 20 驱动螺旋桨 12。

图 2 是可用于一燃气轮机，如燃气轮机 10 的转子叶片 40 的局部透视图。在一个实施例中，若干转子叶片 40 构成燃气轮机 10 的一个高压涡轮转子叶片级（未示）。每一转子叶片 40 包括一个空心翼面 42 和一个用以以已知方式将翼面 42 安装到一转子盘上的整体燕尾（未示）。

翼面 42 包含一个第一侧壁 44 和一第二侧壁 46。第一侧壁 44 是中凸的，限定翼面 42 的负压侧，而第二侧壁 46 是中凹，限定翼面 42 的压力侧。侧壁 44 和 46 在前缘 48 处在在前缘 48 下游的翼面 42 的轴向间隔的后缘 50 处彼此连接。

第一和第二侧壁 44 和 46 分别纵向或径向向外伸展，自邻近燕尾槽的叶根（未示）横跨到限定一内冷却腔（未示）的径向外边界的一端板 54。该冷却腔被界定在侧壁 44 和 46 之间的翼面 42 内。翼面 42 的内部冷却作用在该技术领域内是已知的。在一个实施例中，该冷却腔包含一条以压气机放气冷却的螺旋形通道。在另一实施例中，侧壁 44 和 46 包含若干穿过这些壁的气膜冷却孔口，以有利用该冷却腔的额外冷却。在又一个实施例中，翼面 42 包含若干后缘孔口（未示），用来自该冷却腔排出冷却空气。

翼面 42 的端区 60 往往被称作啸声顶，包含一个第一端壁 62 和一个第二端壁 64，与翼面 42 整体形成。第一端壁 62 自翼面前缘 48 附近

沿其第一侧壁 44 伸展到其后缘 50。更具体地说，第一端壁 62 自端板 54 伸展到外缘 65，形成一高度 66。第一端壁高度 66 沿第一端壁 62 基本上是不变的。

第二端壁 64 自翼面前缘 48 附近沿第二侧壁 46 延伸，在翼面后缘 50 处与第一端壁 62 连接。更具体地说，第二端壁 64 与第一端壁 62 侧向间隔，从而以端壁 62、64 和端板界定一顶部敞口的端腔 70。第二端壁 64 还自端板 54 径向向外伸展到外缘 72，形成一高度 74。在该示例性实施例中，第二端壁高度 74 等于第一端壁高度 66。另一种方案是，第二端壁高度 74 不等于第一端壁高度 66。

一凹口 80 沿翼面前缘 48 被界定在第一端壁 62 和第二端壁 64 之间。更具体地说，凹口 80 的宽度 82 在第一和第二端壁 62、64 之间延伸，高度 84 相应地在凹口 80 的被端板 54 界定的底部 86 和第一与第二端壁外缘 65、72 之间度量。

在一个替换实施例中，凹口 80 并不自端板 54 延伸，而是分别自第一和第二端壁外缘 65、72 向端板 54 延伸一小于凹口高度 84 的距离（未示），因此，凹口底部 86 离端板 54 有一距离（未示）。在另一替换实施例中，第二端壁 64 不与第一端壁 64 在翼面后缘 50 处连接，而一孔口（未示）在翼面后缘 50 处被界定在第一端壁 62 和第二端壁 64 之间。

凹口 80 与顶部敞口的端腔 70 保持流通关系，以允许燃烧气体在低温下进口腔 70，使受热较少。在一个实施例中，凹口 80 还包括一个导壁（在图 2 中未示），用来将进入顶部敞口的端腔 70 的气流导向第二端壁 64。更具体地说，该导壁自凹口 80 向翼面后缘 50 延伸。

第二端壁 64 在自翼面第二侧壁 46 上至少部分地内凹。更具体地说，第二端壁 64 自翼面第二侧壁 46 凹向第一端壁 62，以界定一个径向向外面向的第一端台 90，它大致在前缘 48 和后缘 50 之间延伸。更具体地说，端台 90 包含一前缘 94 和一后缘 96。前缘 94 和后缘 96 各自变尖，与第二侧壁 46 齐平。端台前缘 94 在翼面前缘 48 下游一段距离，而端台后缘 96 在翼面后缘 50 上游一段距离。

内凹的第二端壁 64 和端台 90 在其间界定一大致 L 形沟槽 102。在该示例性实施例中，端板 54 通常是不穿孔的，而仅包含若干在端台 90

上穿通端板 54 的孔口 106。孔口 106 沿端台 90 轴向间隔，在沟槽 102 和翼面内冷却腔之间保持流通关系。在一个实施例中，端区 60 和翼面 42 均涂以隔热涂层。

在运转期间，喷嘴端壁 62 和 64 处在普通的静止定子罩（未示）接近处，在其间界定一密封间隙（未示），这有利于减少燃烧气体的泄漏。端壁 62 和 64 自翼面 42 径向向外延伸。因此，若在转子叶片 40 和定子罩之间出现擦刮，则仅端壁 62 和 64 接触该罩，而翼面 42 未受损伤。

因为流经涡轮机流通的燃烧气体呈现抛物线分布，因此接近涡轮叶尖区前缘 48 的燃烧气体的温度低于接近涡轮机叶尖区后缘 50 的温度。由于较冷的燃烧气体流入凹口 80，因此叶尖区 60 的热负荷下降了。更具体地说，流入凹口 80 的燃烧气体比从转子叶片压力侧经端隙漏到转子叶片负压侧 44 的气体有更高的压力和较低的温度。结果，凹口 80 有利于降低端区 60 内的工作温度。

此外，由于燃烧气体流过翼面第一端台 90，因此沟槽 102 使翼面压力侧 46 不连续，这使燃烧气体自翼面第二侧壁 46 分离，从而有利于减少其热传导。另外，沟槽 102 形成一冷却空气区，以积聚和构成紧贴侧壁 46 的气膜。第一端台孔口 106 将冷却空气自翼面内冷却腔排出，在端区 60 上构成一气膜冷却层。随着叶片转动，在接近叶片中心线（未示）的前缘 48 处的转子叶片 40 的外边的燃烧气体在径向流动中会沿着第二侧壁 46 向靠近后缘 50 的翼面端区 60 迁移，使前缘顶端的工作温度低于后缘顶端的工作温度。第一端台 90 在迁移的径向流动中用作反向台阶，对贴着侧壁 46 积聚的冷却空气膜提供保护。结果，端台 90 有利于改善气膜的冷却作用，从而降低侧壁 46 的工作温度。

图 3 是可用于燃气轮机，如燃气轮机 10 的转子叶片 120 的另一实施例的横剖视图。转子叶片 120 基本上类似于图 2 中所示的转子叶片 40，并且与转子叶片 40 的部件相同的转子叶片 120 中的部件在图 3 中采用与图 2 中使用的同样标号标记。相应地，转子叶片 120 包含翼面 42（示于图 2），在前后缘 48、50 之间延伸的侧壁 44 和 46（示于图 2）和凹口 80。此外，转子叶片 120 包含第二端壁 64 和第一端台 90。相应地，转子叶片 120 包含一第一端壁 122。在第一和第二端壁 122 和 64 之间定界凹口 80。

第一端壁 122 自邻近的翼面前缘 48 沿第一侧壁 44 延伸, 在翼面后缘 50 处与第二端壁连接。更具体地说, 第一端壁 122 跟第二端壁 64 侧向间隔, 以界定顶部敞口的端腔 70。第一端壁 122 自端板 54 径向向外伸展一个高度(未示)到外缘 126。在该示例性实施例中, 该第一端壁高度等于第二端壁高度 74。或者, 该第一端壁高度不等于第二端壁高度。

第一端壁 122 自翼面第一侧壁 44 至少部分地凹入。更具体地说, 第一端壁 122 自翼面第一侧壁 44 向第二端壁 64 凹入, 以界定一径向面向外的第二端台 130, 它大致在翼面前、后缘 48、50 之间延伸。更具体地说, 端台 130 包含前缘 134 和后缘 136。前缘 134 和后缘 136 各自变尖, 与第一侧壁 44 齐平。端台前缘 134 距翼面前缘 48 下游一段距离 138, 而端台后缘 136 距翼面后缘 50 上游一段距离 140。

内凹的第一端壁 122 和第二端壁 130 在其间界定一大致 L 型沟槽 144。在该示例性实施例中, 端板 54 通常是大穿孔的, 并包含若干在第一端台 90 处穿过端板 54 的孔口 106, 和若干在第二端台 130 处穿过端板 54 的孔口 146。孔口 146 沿第二端台 130 轴向间隔, 并在沟槽 144 和翼面内冷却腔之间保持流通关系。在一个实施例中, 端区 62 和翼面 42 均涂以隔热涂层。

在运转时, 啸声端壁 122 和 64 与普通静止定子罩(未示)相处甚近, 并在其间界定一密封间隙(未示), 以利减少燃烧气体泄漏。端壁 122 的以与上述端壁 62 同样的方式起作用, 并自翼面 42 径向向外延伸。因此, 若在转子叶片 40 和定子罩之间出现擦刮, 则仅端壁 122 和 64 接触该罩, 而翼面 42 未受损伤。

此外, 随着转子叶片 40 转动和燃烧气体流过翼面端台 90 和 130, 沟槽 102 和 144 使翼面压力侧 46 和负压侧 44 相应产生不连续, 这使燃烧气体相应地自翼面侧壁 46 和 44 分离, 从而有利于减少其热传导。沟槽 144 的功能与沟槽 102 相似, 便于气膜冷却流通。

图 4 是可用于燃气轮机, 如燃气轮机 10(示于图 1)的转子叶片 200 的一个替代实施的部分局部透视图。转子叶片 200 基本上类似于图 2 所示的转子叶片, 并且, 与转子叶片 40 的部件相同的转子 200 中的部件在图 4 中采用与图 2 中使用的相同标号标记。因此, 转

子叶片 200 包含翼面 42, 分别在前、后缘 48、50 之间延伸的侧壁 44 和 46 和凹口 80。此外, 转子叶片 200 包含第一端壁 62、凹口 80 和第二端壁 202。相应地, 在第一和第二端壁 62 和 202 之间界定凹口 80。

第二端壁 202 自邻近的翼面前缘 48 沿翼面第一侧壁 44 延伸到翼面后缘 50。更具体地说, 第二端壁 202 自端板 54 延伸一个高度(未示)至外缘 204。该第二端壁高度沿第二端壁 202 基本上是不变的。第二端壁 202 与第一端壁 62 侧向间隔, 界定顶部敞开的端腔 70。在该示例性实施例中, 该第二端壁高度等于第一端壁高度 66。或者, 该第二端壁高度不等于第一端壁高度 66。

凹口 80 包含一个自第一端壁 62 向翼面后缘延伸的导壁 210。更具体地说, 导壁 210 自第一端壁 62 弯曲延伸, 界定凹口 80 的弧形入口 212。

导壁 210 的长度 214 要选得能将进入顶部敞口端腔 70 的气流导向第二端壁 202。

上述转子叶片是价廉而高度可靠的。该转子叶片包含一个界定在第一和第二端壁的前缘之间的前缘凹口。这些端壁在转子叶片后缘处相互连接, 并界定一端腔。在该示例性实施例中, 这些端壁中的一个凹入的, 以界定一端台, 在运转期间, 随着转子叶片的转动, 这些端壁防止转子叶片擦刮静止结构件。当燃烧气体流过该转子叶片时, 该转子叶片凹口有利于减少该端腔的受热, 而不增加冷却空气的需要量和不牺牲该转子叶片的空气动力效率。此外, 该端台使流过翼面的燃烧气体不连续, 有利于对端台的空气冷却层的形成。结果, 转子叶片内较低的工作温度有利于以廉价而可靠的方式延长该转子叶片的有效寿命。

虽然就各种特定的实施例说明了本发明, 然而, 业内人士会理解到可通过修改未实施本发明而处在权利要求书的精神和范围内。

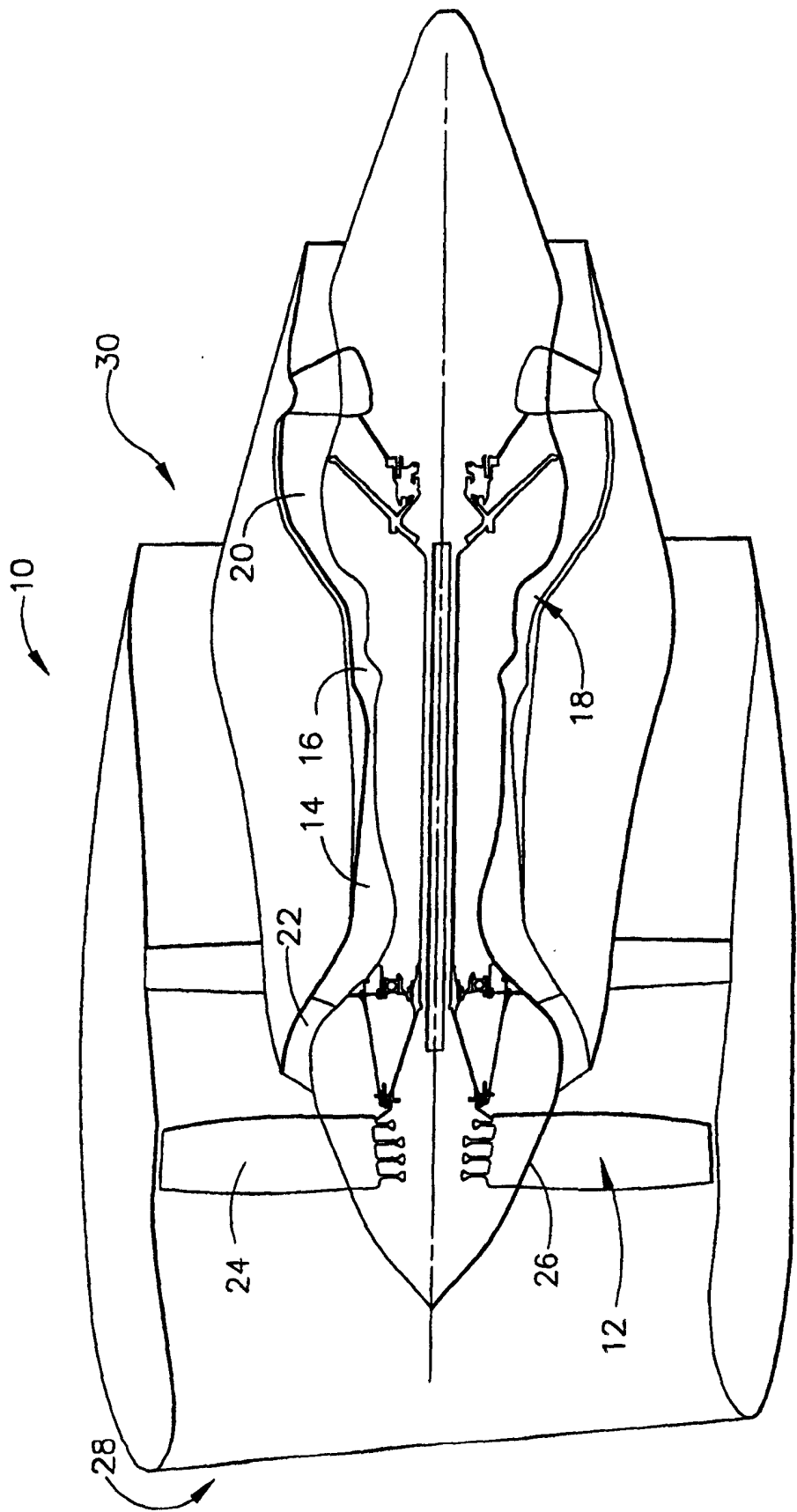


图 1

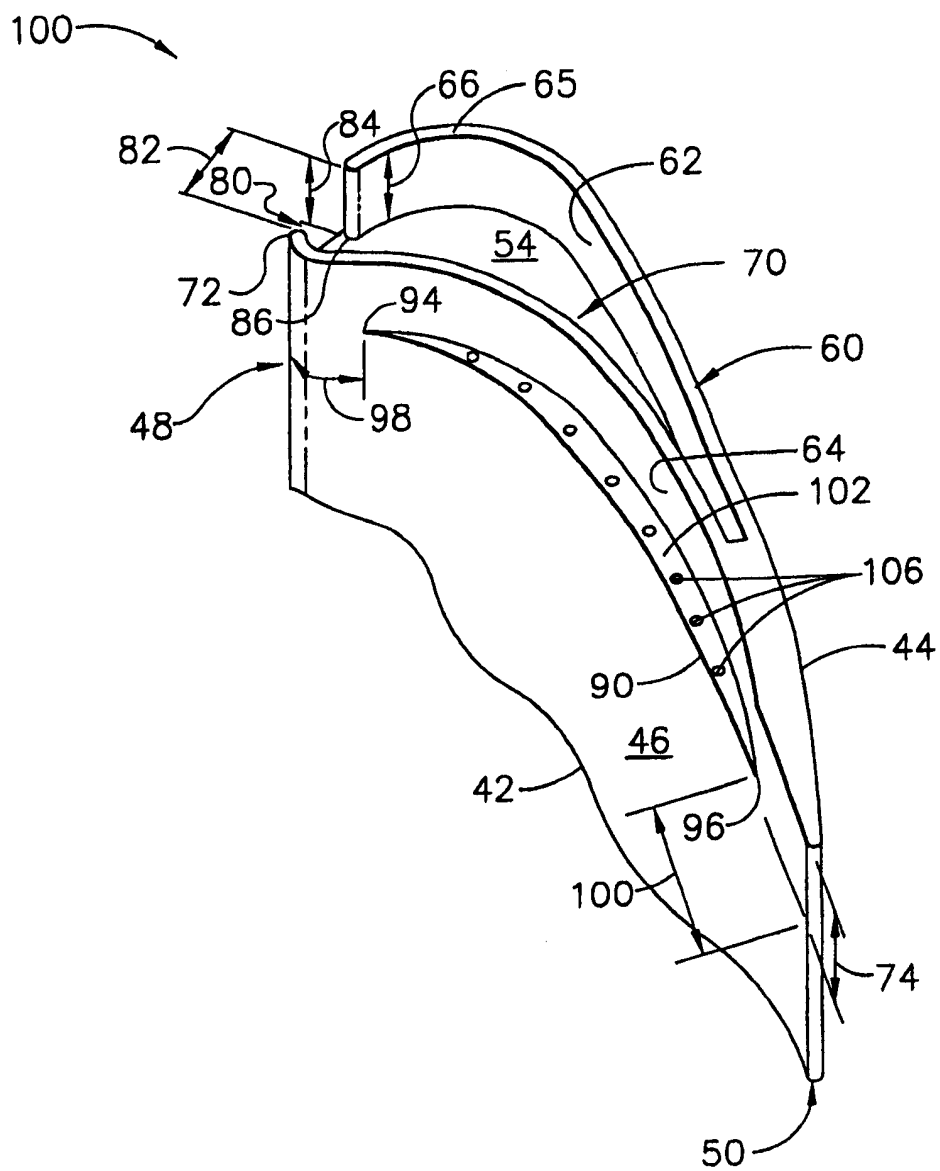


图 2

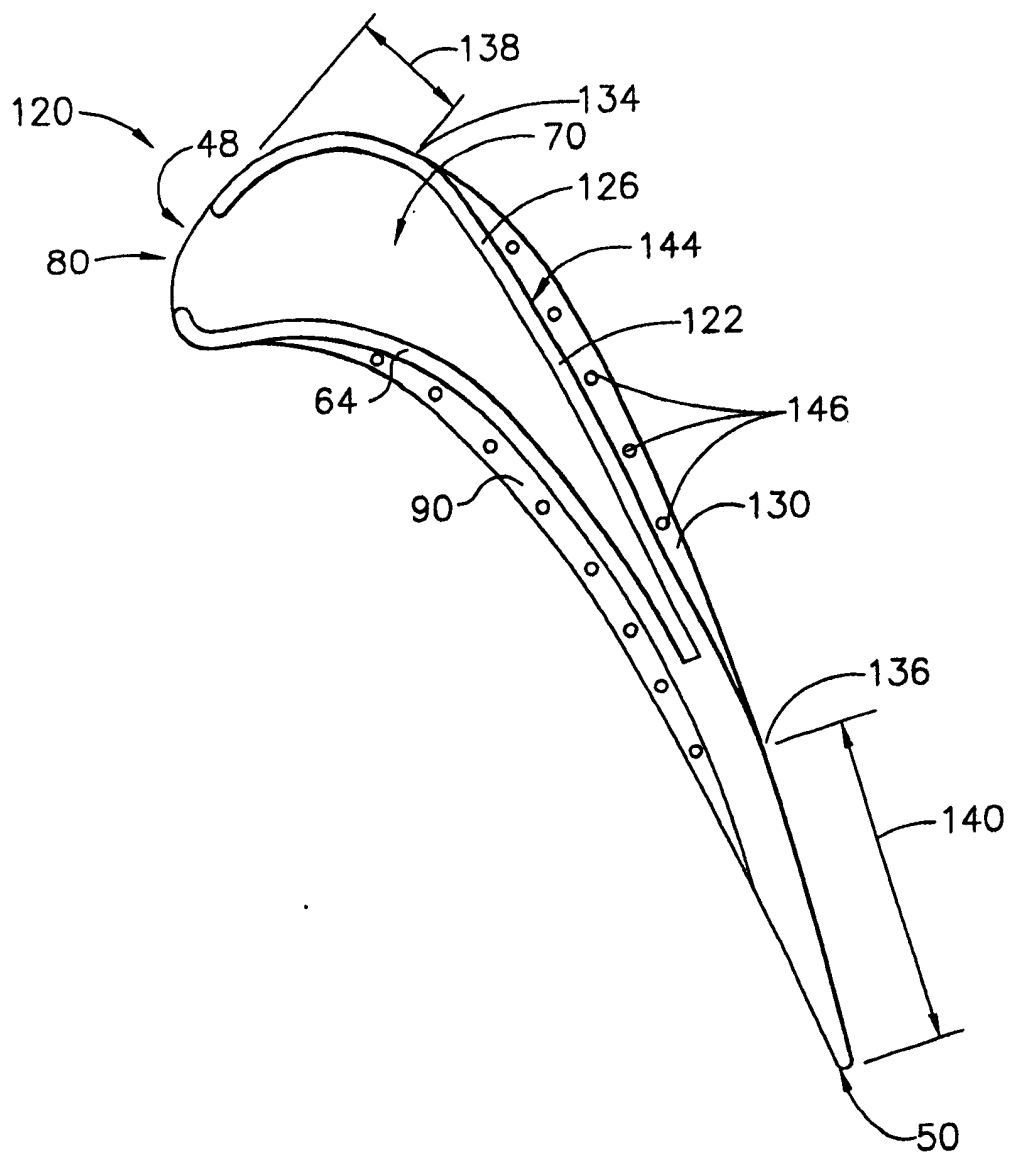


图 3

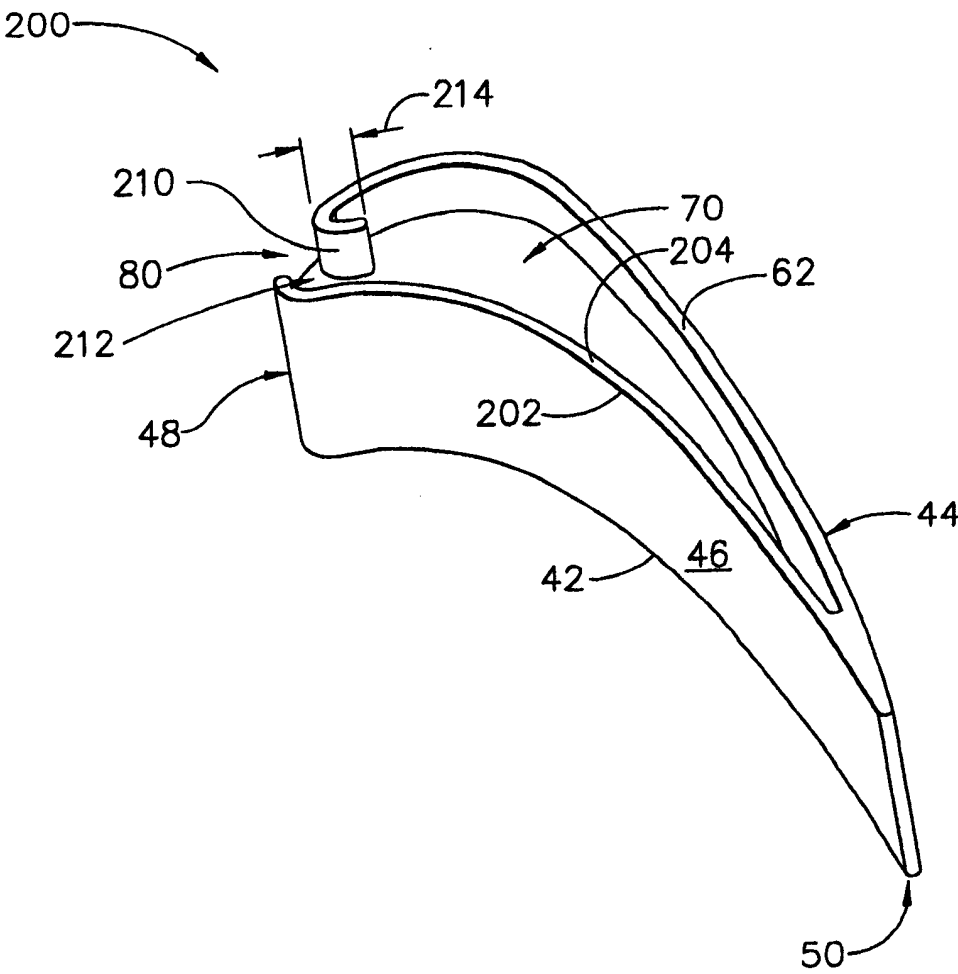


图 4