

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F01D 5/14 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03138404.8

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 100572756C

[22] 申请日 2003.5.30 [21] 申请号 03138404.8

[30] 优先权

[32] 2002.5.31 [33] US [31] 10/160527

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 S·R·凯斯 T·E·德马彻
J·R·斯塔克 J·D·特雷斯勒

[56] 参考文献

US5261789 A 1993.11.16

US6190129 B1 2001.2.20

US4606701 A 1986.8.19

US6164914 A 2000.12.26

US5464479 A 1995.11.7

CN1177676 A 1998.4.1

US5564902 A 1996.10.15

US6382913 B1 2002.5.7

US4424001 A 1984.1.3

审查员 李基沛

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 蔡民军

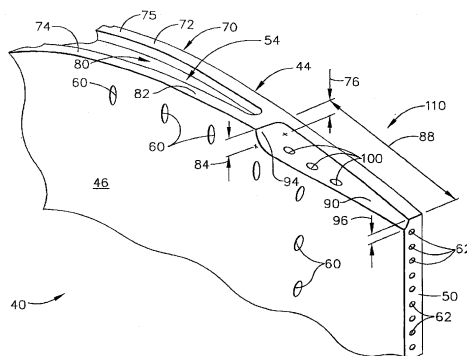
权利要求书 4 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称

用于降低涡轮叶片尖顶区域的温度的方法和装置

[57] 摘要

一种用于形成燃气涡轮发动机(10)的转子叶片(40)的方法有助于降低该转子叶片的尖顶区域(110)的工作温度。该方法包括:形成翼面(42),其包括互连在前边缘(48)和尾边缘(50)处的第一侧壁(46)和第二侧壁(44)以便在其中限定腔体,其中,第一和第二侧壁在转子叶片根部(52)和转子叶片尖顶板(54)之间径向延伸,以及形成从转子叶片尖顶板沿第一侧壁延伸的第一尖顶壁(74),以便该第一尖顶壁的至少一部分相对于转子叶片第一侧壁至少部分凹入以形成从翼面尾边缘朝翼面前边缘延伸的尖顶台面(90)。第二尖顶壁(72)形成为从转子叶片尖顶板沿第二侧壁延伸。



1. 一种用于形成一燃气涡轮发动机(10)的转子叶片(40)以有助于降低该转子叶片尖顶区域(110)的工作温度的方法,所述方法包括:

形成一翼面(42),该翼面包括一第一侧壁(46)和一第二侧壁(44),该第一侧壁和第二侧壁连接在一前边缘(48)和一尾边缘(50)处以使在其中限定一腔体,其中该第一和第二侧壁在一转子叶片根部(52)和一转子叶片尖顶板(54)之间径向延伸,所述转子叶片尖顶板(54)从前边缘延伸向尾边缘并且终止于一个边缘(94)处,所述边缘(94)离开所述尾边缘有一个距离(88);

形成一从该转子叶片尖顶板沿着该第一侧壁径向向外延伸的第一尖顶壁(74),因此该第一尖顶壁的至少一部分相对于该转子叶片第一侧壁至少部分凹入以限定一从该翼面尾边缘朝翼面前边缘延伸且终止于所述边缘(94)处的尖顶台面(90);以及

形成一从该转子叶片尖顶板沿着第二侧壁径向向外延伸的第二尖顶壁(72),因此该第二尖顶壁与该第一尖顶壁连接在该转子叶片前边缘(48)处且与所述第一尖顶壁(74)聚合于所述边缘(94)处,所述第一和第二尖顶壁(74,72)与所述转子叶片尖顶板(54)限定一个上部敞口的尖顶腔(80),其中所述上部敞口的尖顶腔(80)通过所述边缘(94)来与所述尖顶台面(90)分隔开。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述形成第一尖顶壁(74)的步骤还包括形成从凹入的翼面第一侧壁(46)延伸的第一尖顶壁。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述形成第一尖顶壁(74)的步骤还包括形成多个从该尖顶台面(90)延伸到该翼面腔体的薄膜冷却开孔(100)。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述形成翼面(42)的步骤还包括形成多个沿尾边缘(50)以便在该尖顶台面(90)和叶片根部(52)之间径向延伸的冷却孔(62)。

5. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述形成从转子叶片尖顶板(54)沿着该第一侧壁径向向外延伸的第一尖顶壁(74)的步骤还包括形成该第一尖顶壁使得所限定的尖顶台面(90)基本与该

尖顶板共平面。

6. 一种用于一燃气涡轮发动机(10)的翼面(42), 所述翼面包括:

一前边缘(48);

一尾边缘(50);

一尖顶板(54);

一延伸在翼面根部(52)和所述尖顶板之间的径向跨度上的第一侧壁(46);

一在所述前边缘和所述尾边缘处与所述第一侧壁连接以便在其中限定一腔体的第二侧壁(44), 所述第二侧壁延伸在所述翼面根部和尖顶板之间的径向跨度上;

一从所述尖顶板沿着所述第一侧壁径向向外延伸的第一尖顶壁(74); 以及

一从所述尖顶板沿着所述第二侧壁径向向外延伸的第二尖顶壁(72), 所述第一尖顶壁在所述前边缘处连接到所述第二尖顶壁上且与所述第一尖顶壁(74)聚合于一个边缘(94)处, 所述边缘(94)离开所述尾边缘(50)有一个距离(88), 所述第一和第二尖顶壁(74, 72)与所述尖顶板(54)限定一个上部敞口的尖顶腔(80), 其中, 所述第一和第二尖顶壁(74, 72)聚合且所述第一尖顶壁(74)相对于所述第一侧壁至少部分凹入以限定一从所述翼面尾边缘朝所述翼面前边缘延伸的尖顶台面(90), 所述尖顶台面包括至少一通过其中延伸至所述腔体的开孔(100), 和所述上部敞口的尖顶腔(80)通过所述边缘(94)来与所述尖顶台面(90)分隔开。

7. 如权利要求6所述的翼面(42), 其特征在于, 所述第一尖顶壁(74)和所述第二尖顶壁(72)的高度基本相等。

8. 如权利要求6所述的翼面(42), 其特征在于, 所述尖顶台面(90)的至少一开孔(100)包括多个薄膜冷却开孔。

9. 如权利要求6所述的翼面(42), 其特征在于, 所述尾边缘(50)包括多个尾边缘冷却孔(62)。

10. 如权利要求6所述的翼面(42), 其特征在于, 所述翼面第一侧壁(46)是基本凹入的, 所述翼面第二侧壁(44)是基本凸出的。

11. 如权利要求6所述的翼面(42), 其特征在于, 所述尖顶台面

(90)与所述尖顶板(54)基本共平面。

12. 如权利要求6的所述翼面(42), 其特征在于, 所述第一侧壁(46)包括多个薄膜冷却开孔(60)。

13. 一种燃气涡轮发动机(10)包括多个转子叶片(40), 每个所述转子叶片包括一翼面(42), 翼面包括一前边缘(48), 一尾边缘(50), 一第一侧壁(46), 一第二侧壁(44), 一第一尖顶壁(74)和一第二尖顶壁(72), 所述第一和第二侧壁轴向连接在所述前和尾边缘处以便在所述翼面内限定一腔体, 所述第一和第二侧壁从一叶片根部(52)径向延伸到一尖顶板(54), 所述第一尖顶壁从所述尖顶板沿所述第一侧壁径向向外延伸, 所述第二尖顶壁从所述尖顶板沿所述第二侧壁径向向外延伸, 所述第一尖顶壁与该第二尖顶壁连接在该转子叶片前边缘(48)处且与所述第二尖顶壁(72)聚合在离开所述尾边缘的一个距离(88)的边缘(94)处且所述第一尖顶壁(74)相对于所述转子叶片第一侧壁至少部分凹入以限定一个上部敞口的尖顶腔(80)和一从所述翼面尾边缘朝所述翼面前边缘延伸的尖顶台面(90), 所述尖顶台面包括至少一通过其中延伸至所述翼面腔体的开孔(100), 和所述上部敞口的尖顶腔(80)通过所述边缘(94)来与所述尖顶台面(90)分隔开。

14. 如权利要求13所述的燃气涡轮发动机(10), 其特征在于, 所述翼面第一侧壁(46)是基本凹入的, 所述翼面第二侧壁(44)是基本凸出的。

15. 如权利要求14所述的燃气涡轮发动机(10), 其特征在于, 所述翼面第一尖顶壁(74)和所述翼面第二尖顶壁(72)的高度基本相等。

16. 如权利要求14所述的燃气涡轮发动机(10), 其特征在于, 所述翼面第一尖顶壁(74)从所述尖顶板(54)延伸一第一距离(76), 所述翼面第二尖顶壁(72)从所述尖顶板延伸一第二距离(72)。

17. 如权利要求14所述的燃气涡轮发动机(10), 其特征在于, 所述尖顶板(54)包括多个薄膜冷却开孔(100)。

18. 如权利要求14所述的燃气涡轮发动机(10), 其特征在于, 所述翼面尾边缘(50)包括多个在叶片根部(52)和尖顶板(54)之间沿翼面尾边缘(50)径向延伸的尾边缘冷却孔(62)。

19. 如权利要求 14 所述的燃气涡轮发动机(10)，其特征在于，所述翼面尖顶台面(90)与尖顶板(54)基本共平面。

20. 如权利要求 14 所述的燃气涡轮发动机(10)，其特征在于，所述翼面第一侧壁(46)包括多个薄膜冷却开孔(60)。

用于降低涡轮叶片尖顶区域的温度的方法和装置

技术领域

本申请总体涉及燃气涡轮发动机转子叶片并更具体地涉及用于降低转子叶片尖顶温度的方法和装置。

背景技术

燃气涡轮发动机转子叶片一般包括具有前和尾边缘，压力侧和负压侧的翼面。该压力和负压侧连接在该前和尾边缘处，并在该翼面根部和尖顶之间径向延伸以便在其中限定冷却腔。为了有助于减少在该翼面尖顶和静止定子构件之间的燃气泄漏，该翼面包括从该翼面尖顶径向朝外延伸的尖顶区域。

该翼面尖顶区域包括从该翼面前边缘延伸到尾边缘的第一尖顶壁，和同样从该翼面前边缘延伸以便在该翼面尾边缘处与该第一尖顶壁连接的第二尖顶壁。该尖顶区域可防止转子叶片摩擦到该定子构件时对于该翼面的损坏。

在运行期间，冲击该旋转的转子叶片的燃烧气体将热量传递到叶片翼面和尖顶区域中。随时间推移，在高温中连续的运作可导致翼面尖顶区域热疲劳。为了有助于降低该翼面尖顶区域的工作温度，至少有些公知的转子叶片包括位于该尖顶壁内的缝槽以允许处于较低温度下的燃烧气体流过该尖顶区域。

为了有助于使该转子叶片尖顶的热疲劳最小化，至少有些公知的转子叶片采用了多个尖顶开口，其能使冷却空气从冷却腔中排出以冷却该转子叶片尖顶。在该转子组装以后，该转子叶片一般作为一个组件磨削到转子的特定直径。在该组件磨削期间以及发动机运行期间，该尖顶开口可能变得磨擦而闭合，于是使得可从冷却腔排出以便冷却该转子叶片尖顶的冷却空气量下降。这种转子叶片尖顶开口已磨擦而闭合的转子运行可使得该转子叶片尖顶的工作温度的提高，这会导致在该尾边缘尖顶区域中热蠕变、塑性变形以及氧化物生成量的增加。随时间推移，带有已磨擦而闭合的转子叶片尖顶开口的连续运行可降低该转子组件的有效使用寿命。

发明内容

在本发明的一个方面中，设置一种用于形成燃气涡轮发动机的转子叶片以有助于降低转子叶片尖顶的工作温度的方法。该方法包括：形成一种翼面，其包括在前边缘和尾边缘处连接以便在其间限定腔体的第一侧壁和第二侧壁，其中该第一和第二侧壁沿径向延伸在转子叶片根部和转子叶片尖顶之间，并形成从该转子叶片尖顶板沿第一侧壁延伸的第一尖顶壁，依此该第一尖顶壁的至少一部分相对该转子叶片第一侧壁至少部分地凹入以限定从该翼面尾边缘朝该翼面前边缘延伸的尖顶台面。该方法还包括：形成从该转子叶片尖顶板沿第二侧壁延伸的第二尖顶壁，因此该第二尖顶壁与第一尖顶壁在转子叶片尾边缘处连接。

在另一方面中，设置用于燃气涡轮发动机的翼面。该翼面包括：前边缘，尾边缘，尖顶板，第一侧壁，第二侧壁，第一尖顶壁和第二尖顶壁。该第一尖顶壁在翼面根部和该尖顶板之间的径向跨度上延伸。该第二侧壁在该前边缘和尾边缘处与第一侧壁相连接以在其中限定腔体。该第二侧壁在该翼面根部和该尖顶板之间的径向跨度上延伸。该第一尖顶壁从该尖顶板沿第一侧壁径向向外延伸。该第二尖顶壁从该尖顶板沿第二侧壁径向延伸。该第一尖顶壁在前边缘处与第二尖顶壁连接。该第一尖顶壁相对该第一侧壁至少部分凹入以限定从该翼面尾边缘朝前边缘延伸的尖顶台面。该尖顶台面包括至少一通过其中延伸到腔中的开孔。

在本发明的又一方面中，设置包括多个转子叶片的燃气涡轮发动机。每个转子叶片包括翼面，其包括：前边缘，尾边缘，第一侧壁，第二侧壁，第一尖顶壁和第二尖顶壁。该翼面第一和第二侧壁轴向连接在该前和尾边缘处以在翼面中限定腔体。该第一和第二侧壁从叶片根部径向延伸到该尖顶板。该第一尖顶壁从该尖顶板沿第一侧壁径向向外延伸。该第二尖顶壁从该尖顶板沿第二侧壁径向向外延伸。该第一尖顶壁相对该转子叶片第一侧壁至少部分凹入以限定从该翼面尾边缘朝该翼面前边缘延伸的尖顶台面。该尖顶台面包括至少一通过其中延伸到该翼面腔的开孔。

在一个实施例中，转子叶片翼面的尖顶板包括多个薄膜冷却开孔。

附图说明

图 1 是燃气涡轮发动机的示意图，以及

图 2 是可应用在图 1 所示的燃气涡轮发动机的转子叶片的透视

图, 以及

图 3 是图 2 所示的转子叶片的一部分的放大局部透视图。

零件编号表

10. 燃气涡轮发动机, 12. 风扇组件, 14. 高压压气机, 16. 燃烧室, 18. 高压涡轮, 20. 低压涡轮, 22. 增压器, 24-风扇叶片, 26. 转子轮盘, 28. 进气侧, 30. 排气侧, 40. 转子叶片, 42. 中空翼面, 43. 整体式尾榫部, 44. 第一侧壁, 46. 第二侧壁, 48. 前边缘, 50. 尾边缘, 52. 叶片根部, 54. 尖顶板, 60. 薄膜冷却孔, 62. 尾边缘孔, 70. 尖顶区域, 72. 第一尖顶壁, 74. 第二尖顶壁, 75. 外边缘, 76. 高度, 80. 上部敞口尖顶腔, 82. 外边缘, 84. 高度, 88. 距离, 90. 尖顶台面, 94. 前边缘, 96. 距离, 100. 尖顶孔, 110. 区域。

具体实施方式

图 1 所示的燃气涡轮发动机 10 包括风扇组件 12, 高压压气机 14, 和燃烧室 16。发动机 10 还包括高压涡轮 18, 低压涡轮 20, 以及增压器 22。风扇组件 12 包括一系列从转子轮盘 26 径向向外延伸的风扇叶片 24。发动机 10 具有进气侧 28 和排气侧 30。在具体实施例中, 发动机 10 是 CT7 发动机, 其可从 General Electric Aircraft Engines, Cincinnati, Ohio. 购到。

在运行时, 空气流过风扇组件 12 而后已压缩的空气提供到高压压气机 14。这种高度压缩的空气就输送到燃烧室 16。来自燃烧室 16 的气流 (图 1 中未示出) 则驱动涡轮 18 和 20, 而涡轮 20 驱动风扇组件 12。

图 2 表示可应用于燃气涡轮发动机 10 (图 1 所示) 的转子叶片 40 的透视图。图 3 是转子叶片 40 的一部分的放大部分透视图。在具体实施例中, 多个转子叶片 40 构成燃气涡轮发动机 10 的高压涡轮转子叶片级 (未示出)。每个转子叶片 40 包括中空翼面 42 和用于以公和方式将翼面 42 安装到转子轮盘 (未示出) 上的整体式榫部 43。

翼面 42 包括第一侧壁 44 和第二侧壁 46。第一侧壁 44 呈凸状并限定翼面 42 的负压侧面, 而第二侧壁 46 呈凹状并限定翼面 42 的压力侧面。侧壁 44 和 46 相连在翼面 42 的前边缘 48 和轴向间距的尾边缘 50 处。该尾边缘 50 位于前边缘 48 的下游。

第一和第二侧壁 44 和 46 分别纵向或径向向外延伸以便从定位在

榫部 43 邻近的叶片根部 52 横跨到限定内部冷却腔（未示出）的径向外边界的尖顶板 52。该冷却腔限定在侧壁 44 和 46 之间翼面 42 中。翼面 42 的内部冷却在本领域中是已知的。在具体实施例中，该冷却腔包括一通过压气机引流的空气来冷却的蛇形通道。在该示范性的实施例中，侧壁 46 包括多个延伸通过其中以有助于该冷却腔和翼面尾边缘 50 的附加冷却的薄膜冷却孔 60。

翼面 42 还包括多个尾边缘开孔 62。更具体地，开孔 62 径向延伸在尖顶板 52 和叶片根部 52 之间以从冷却腔排出冷却流体从而有助于冷却翼面尾边缘 50。

翼面 42 的尖顶区域 70 有时公知为振鸣器尖顶，并包括与翼面 42 形成整体的第一尖顶壁 72 和第二尖顶壁 74。第一尖顶壁 72 从翼面前边缘 48 沿着翼面第一侧壁 44 延伸到翼面尾边缘 50。更具体地，第一尖顶壁 72 从尖顶板 54 到外边缘 75 延伸高度 76。在该示范性的实施例中，第一尖顶壁高度 76 沿着第一尖顶壁 72 基本不变。在可选择的实施例中，高度 76 沿着第一尖顶壁 72 不是基本不变的。

第二尖顶壁 74 从翼面前边缘 48 沿着第二侧壁 46 朝着翼面尾边缘 50 延伸。更具体地，第二尖顶壁 74 在翼面前边缘 48 处连接到第一尖顶壁 72 上并向后朝着尾边缘 50 延伸。因为第二尖顶壁 74 在横向上与第一尖顶壁 72 相间隔，故可用尖顶壁 72 和 74 以及尖顶板 54 限定上部敞口的尖顶腔 80。第二尖顶壁 74 也从尖顶板 54 到外边缘 82 径向朝外延伸高度 84。在该示范性的实施例中，第二尖顶壁高度 84 近似等于第一尖顶壁高度 76。作为选择，第二尖顶壁高度 84 不等于第一尖顶壁高度 76。

第二尖顶壁 74 至少部分地从翼面第二侧壁 46 凹入。更具体地，第二尖顶壁 74 从翼面第二侧壁 46 中凹入以便在离开翼面尾边缘 50 的距离 88 处与第一尖顶壁 72 相连，以便形成尖顶台面 90。更具体地，尖顶台面 90 从离开翼面尾边缘 50 的距离 88 的前边缘 94 向后延伸到与第一尖顶壁 72 邻接的尾边缘 50。在该示范性的实施例中，距离 96 近似地等于第一尖顶台面高度 76，因此尖顶台面 90 与尖顶板 54 基本为共平面。在可选择的实施例中，尖顶台面 90 基本不与尖顶板 54 共平面。

在该示范性的实施例中，尖顶台面 90 包括多个在尖顶台面 90 上

轴向间置的尖顶开孔 100。开孔 100 延伸贯穿该尖顶台面 90 以从冷却腔中排出冷却流体来冷却翼面尾边缘 50。更具体地，开孔 100 用于朝向第一尖顶壁排出冷却流体以有助于降低在第一尖顶壁的邻近尾边缘 50 的区域 110 中的工作温度。在具体实施例中，开孔 100 通过尖顶台面 90 倾斜延伸而不垂直延伸以有助于将冷却流体排放在第一尖顶壁区域 110 中。

在运行期间，振鸣器尖顶壁 72 和 74 定位在极靠近于传统静止定子壳（未示出）并且在其间限定极小间隙（未示出），其有助于减少燃烧气体通过其中的泄漏。尖顶壁 72 和 74 从翼面 42 径向向外延伸。因此，如果在转子叶片 40 和定子套筒之间发生摩擦，只有尖顶壁 72 和 74 与套筒接触而翼面 42 保持完好。另外，如果发生了摩擦，由于尖顶台面冷却开孔 100 离开第一尖顶壁外边缘 75 的距离 96，故尖顶台面距离 96 有助于减少对尖顶台面 90 的磨擦并减少开孔 100 无意的封堵。

因为燃烧气体在叶片尖顶区域的前边缘 48 采取抛物线流动通过涡轮流道，故在涡轮叶片尖顶区域 70 附近的燃烧气体的温度比靠近涡轮叶片 40 的叶片节线（未示出）的气体温度低。当燃烧气体从叶片尖顶区域前边缘 48 朝叶片尾边缘 50 流动时，靠近该节线的较热气体由于叶片转动径向朝转子叶片尖顶区域 70 和第一尖顶壁区域 110 移动。

尖顶台面 90 在翼面压力侧 46 中形成不连续结构，这导致该较热的燃烧气体离开翼面第二侧壁 46，于是有助于减少其中的热传递。另外，尖顶台面开孔 100 能使冷却空气从内部冷却腔排出以便对尾边缘 50 和第一尖顶壁区域 110 提供附加的薄膜和对流冷却。再有，侧壁薄膜冷却开孔 60 从该冷却腔中排出附加的薄膜和对流冷却空气以有助于对该冷却腔和翼面尾边缘 50 的附加冷却。公称为双排冷却方案的薄膜冷却和对流冷却的组合有助于降低尾边缘 50 和第一尖顶壁区域 110 的工作温度。

上述的转子叶片是节省成本和高度可靠的。该转子叶片包括从该翼面尾边缘朝该翼面前边缘延伸的尖顶台面。该尖顶台面中断了通过该翼面的燃烧气体流以有助于形成保护该尖顶台面的冷却层。结果，在转子叶片中的较低的工作温度有助于以节省成本和可靠的方式延长该转子叶片的有效使用寿命。

虽然以各种具体实施例的方式描述了本发明，但本领域中普通技术人员应认识到，本发明可进行改型而不脱离本发明的构思和保护范围。

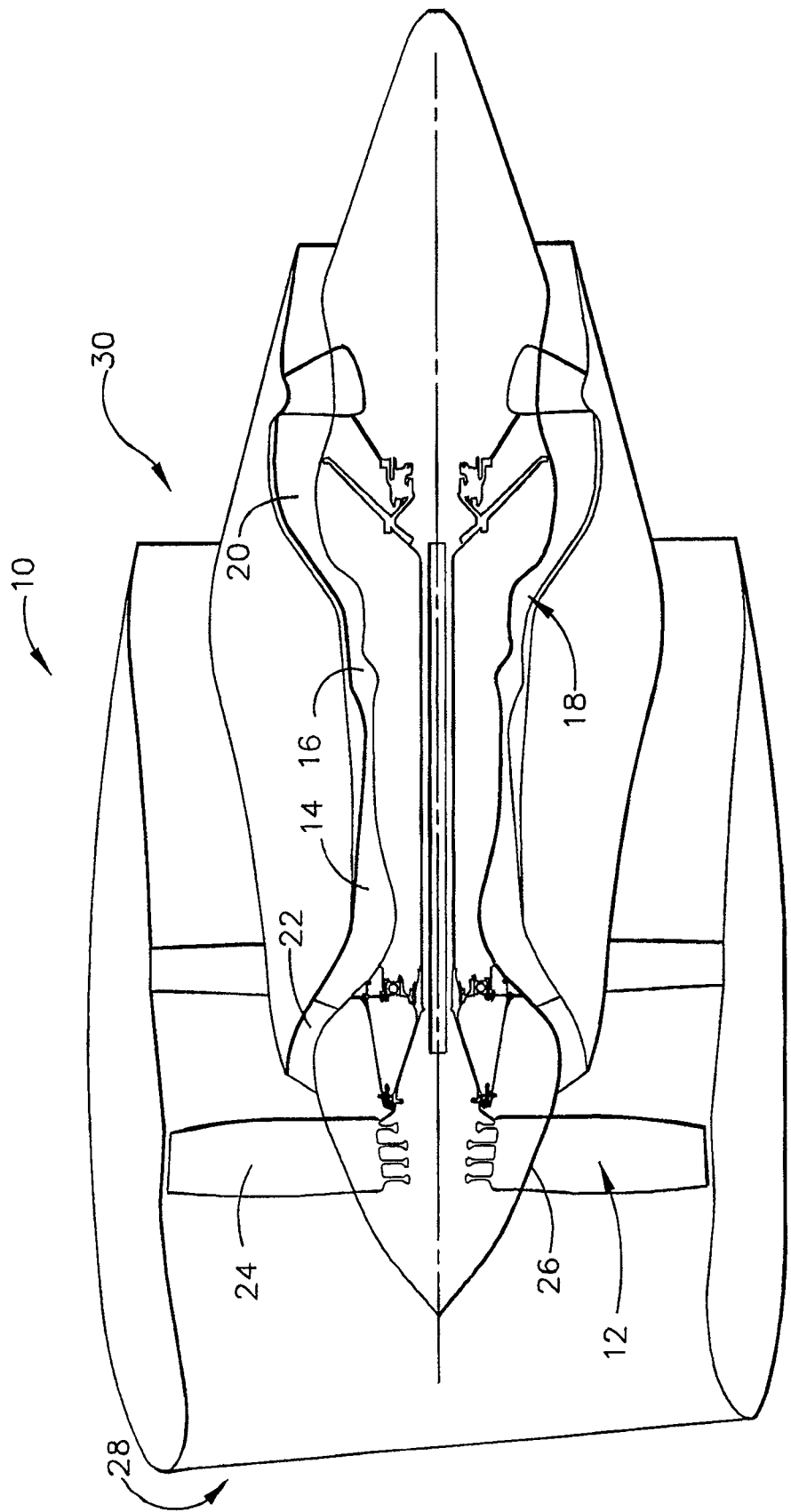


图 1

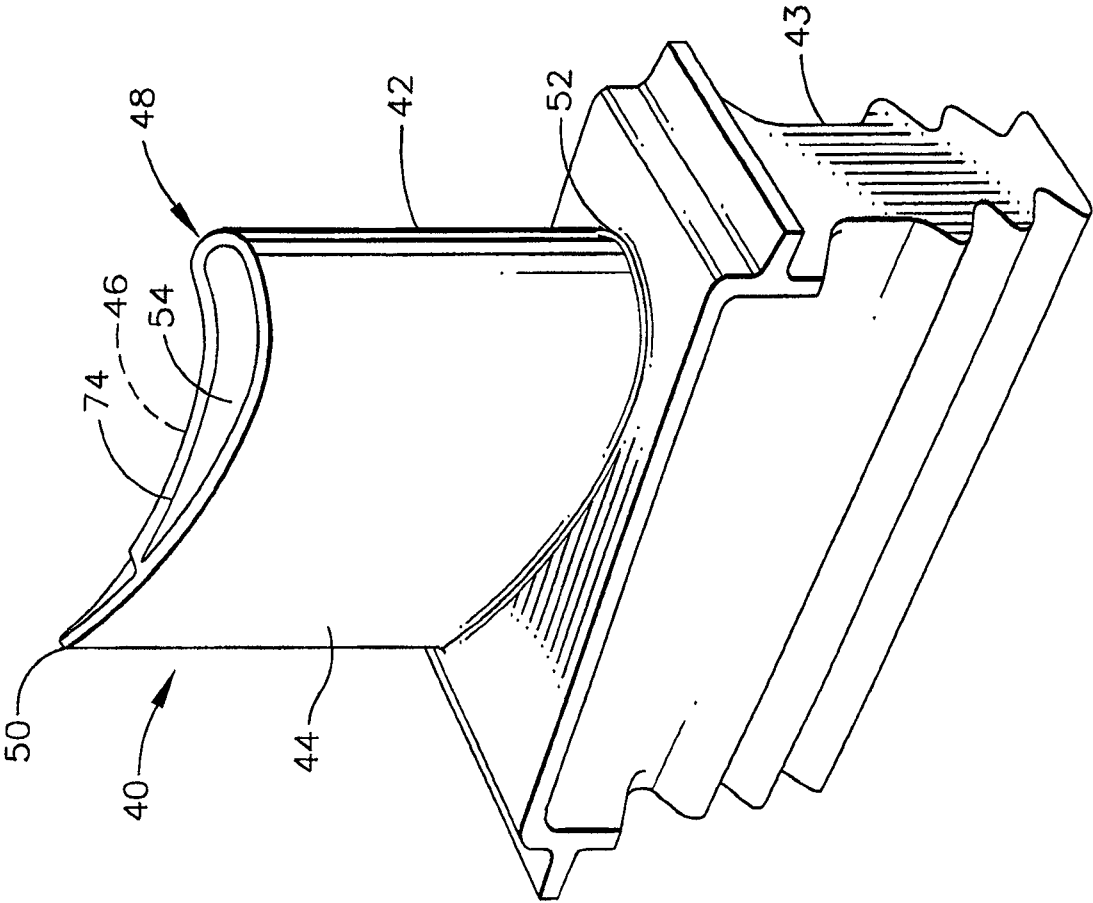
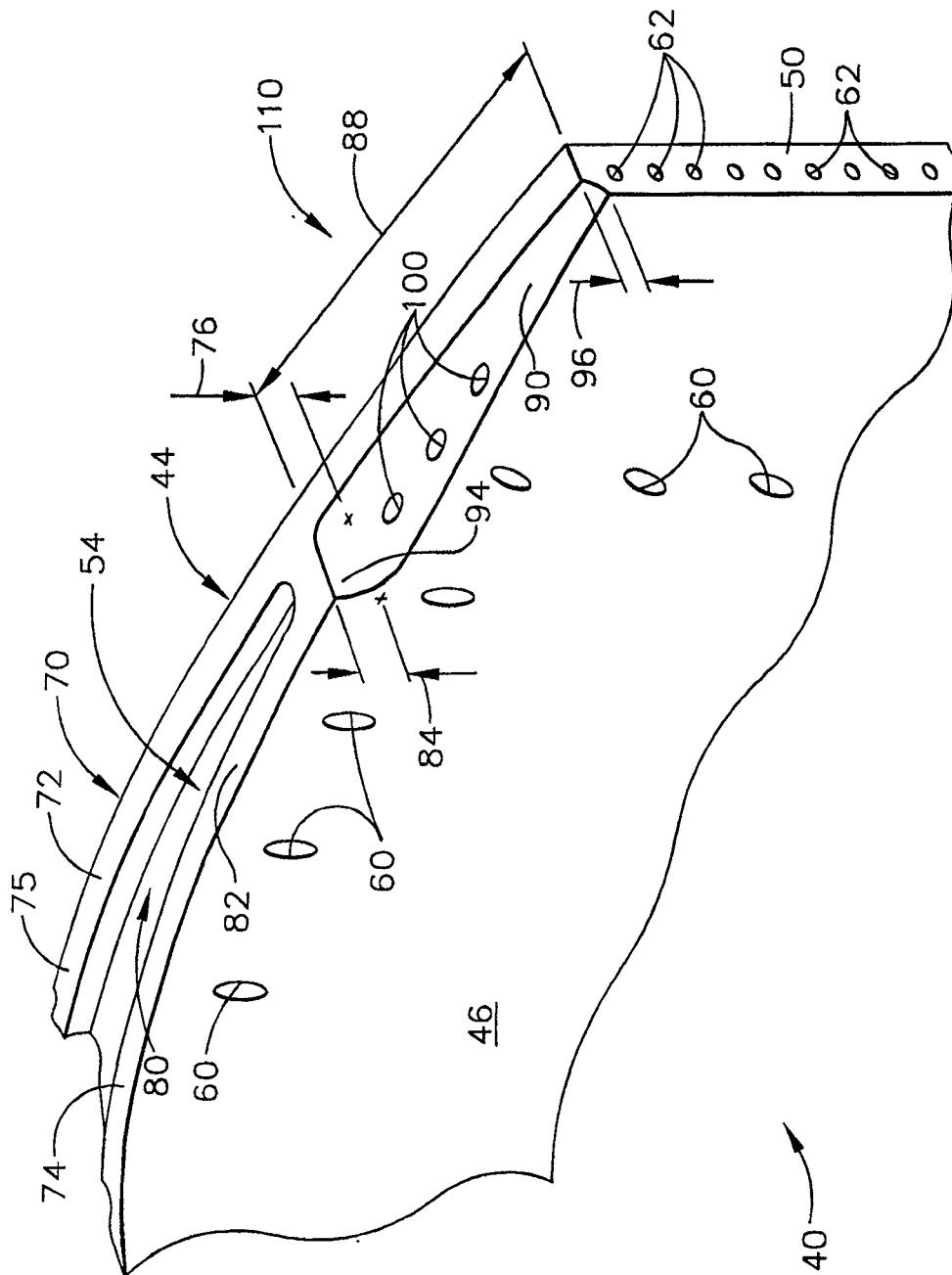


图 2



3
[X]