



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02142392. X

[43] 公开日 2003 年 4 月 9 日

[11] 公开号 CN 1408988 A

[22] 申请日 2002. 9. 27 [21] 申请号 02142392. X

[30] 优先权

[32] 2001. 9. 27 [33] US [31] 09/965349

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 L·E·李克 S·R·凯斯

R·E·小麦克雷 D·T·莱纳汉

D·A·弗雷 D·J·哈里斯

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

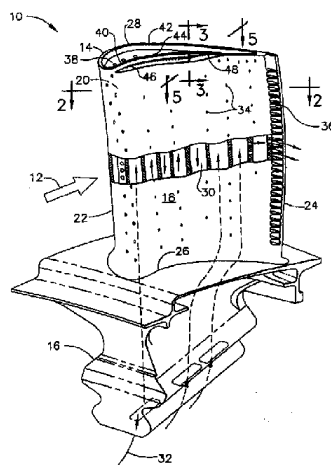
代理人 周备麟 黄力行

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称 带倾斜叶尖平台的叶片

[57] 摘要

一种包含自叶根(26)至叶尖(28)在前、后缘(22, 24)之间延伸的压力侧和负压侧(18, 20)的燃气轮机叶片(10)。压力侧包含一叶尖翼肋(40), 它凹入压力侧内界定一叶尖平台(46), 后者终止于一倾斜的斜台(48)。该斜台的方位可与燃烧气体流的流线一致, 以防止气体流阻滞和自其的传热增强。



1. 一种燃气轮机叶片(10)，包括：

5 一个具有沿前、后缘(22, 24)之间的弦延伸且沿叶根(26)和叶尖(28)之间的叶展延伸的相反的压力侧(18)和负压侧(20)的翼面(14)；

一个连接所述压力侧和负压侧的叶尖台面(38)，包含沿其延伸的第一和第二翼肋(40, 42)，在该两翼肋间界定一叶尖充气空间；

10 所述第一翼肋(40)凹入所述压力侧，在其内界定一叶尖平台(46)，所述叶尖平台在后缘(24)的前方终止于一斜台(48)，该斜台朝所述翼面顶部向外倾斜。

2. 权利要求1的叶片，其特征在于所述叶尖平台开始于所述前缘(22)附近，大部分基本上平行于所述叶尖台面(38)延伸到所述平台的斜台(48)，然后沿其减小深度。

15 3. 权利要求2的叶片，其特征在于所述第一翼肋(40)在所述平台的斜台(48)和所述后缘(24)之间与所述翼面压力侧(18)共同延伸，所述斜台(48)在深度和宽度两个方面上在所述顶部(28)与所述压力侧交汇。

20 4. 权利要求3的叶片，其特征在于所述翼面(14)还包含一排后缘排气孔(36)，它们在压力侧(18)上开有缺口，并终止于后缘，所述平台的斜台(48)在其前方与其间隔，使燃烧气体流沿它们之间的压力侧保持附着。

5. 权利要求4的叶片，其特征在于所述平台的斜台(48)倾斜于压力侧(18)，以便基本上与燃烧气体流的流线匹配。

25 6. 权利要求4的叶片，其特征在于所述平台的斜台(48)倾斜于所述叶尖平台(46)约12°。

7. 权利要求4的叶片，其特征在于所述平台的斜台(48)基本上是平的。

30 8. 权利要求4的叶片，其特征在于所述叶尖平台(46)基本上是平的，所述平台的斜台(48)基本上是平的，以一钝角与所述叶尖平台毗连。

9. 权利要求4的叶片，其特征在于所述叶尖平台(46)以一角隅与第一翼肋(40)毗连。

10. 一种具有一叶尖平台(46)的燃气轮机叶片(10), 该平台沿叶尖鸣声器翼肋(40)凹入压力侧(18), 所述平台在后缘(24)前方终止于一倾斜的斜台(48), 所述斜台交汇于所述压力侧。

11. 权利要求10的叶片, 其特征在于其内还包含一些内通道(30), 以引导冷却剂流经其间, 所述叶尖平台(46)包含一排排气孔(50), 与所述通道成流体连通, 以便沿所述平台和斜台排出所述冷却剂。

12. 权利要求11的叶片, 其特征在于还包括一个与压力侧(18)间隔且在所述后缘(24)和相反的前缘(22)之间延伸的负压侧(20), 所述叶尖平台(46)开始于前缘(22)后方的压力侧上, 并具有基本不变的深度直至斜台(48), 所述斜台深度逐渐减小, 而与压力侧(18)交汇。

13. 权利要求12的叶片, 其特征在于所述斜台(48)沿宽度方向还与压力侧(18)交汇。

14. 权利要求13的叶片, 其特征在于所述平台的斜台(48)倾斜于压力侧, 以便与能沿所述压力侧流动的燃烧气体流的流线基本匹配。

15. 权利要求13的叶片, 其特征在于所述平台的斜台(48)倾斜于叶尖平台(46)约 12° 。

16. 一种包括中止翼面(14)和整体楔形樨的燃气轮机叶片(10), 所述翼面具有有叶根(26)至叶尖(28)在前、后缘(22, 24)之间延伸的相反的压力侧和负压侧, 所述叶尖包含分别沿压力侧和负压侧延伸的第一和第二叶尖翼肋(40, 42), 第一叶尖翼肋在深度和宽度两方面凹入压力侧(18), 在其内界定一叶尖平台(46), 它向后缘(24)延伸, 终止于一倾斜的斜台(48)。

17. 权利要求16的叶片, 其特征在于平台的斜台(48)在深度和宽度两个方向上在顶部(28)与翼面压力侧交汇。

18. 权利要求17的叶片, 其特征在于平台的斜台(48)倾斜于压力侧, 以便与能沿所述压力侧流动的燃烧气体流的流线基本配合。

19. 权利要求18的叶片, 其特征在于所述平台的斜台(48)终止于后缘的前方, 所述压力侧(18)沿所述叶尖平台和斜台共同延伸。

20. 权利要求19的叶片, 其特征在于所述平台的斜台(48)倾斜于叶尖平台(46)约 12° 。

带倾斜叶尖平台的叶片

发明背景

5 本发明总的涉及燃气轮机，更具体地说涉及涡轮叶片中的冷却。

在燃气轮机中，空气在压气机中受压缩，然后在燃烧室中与燃料混合以产生热燃气，这些热燃气经几个涡轮级流向下游，而涡轮级从热燃气中吸取能量。在一个涡扇航空发动机实施例中，一高压涡轮对该气机提供动力，而一低压涡轮对一下游风扇提供动力。

10 第一级涡轮叶片自燃烧室接收热燃烧气体，并通常采用自压气机排出的空气进行冷却。由于叶片冷却的复杂性，涡轮叶片的冷却是非常深奥和多事的。

一般的涡轮叶片包括在前后缘之间沿轴向或弦延伸的一大致中凹的压力侧面和一相反的大致中凸的负压侧面，该叶片沿叶展自叶根至叶尖径向延伸。叶片的翼面部分是中空的，自一支撑楔形榫径向向外延伸，该楔形榫将叶片安装在一支撑转子盘内。

冷却空气经该楔形榫被引到各叶片，在翼面内构成各种内通道，以满足其冷却的需要，来减轻在翼面外表面周围受到的各种热负荷。

20 翼面的径向外端或叶尖是极难冷却的，因为沿着翼面的压力侧和负压侧以及在由周围的定子壳体或护罩形成的径向间隙或空隙内它暴露于灼热的燃烧气体中。由于涡轮叶片叶尖偶尔受到擦刮，翼面顶部通常由压力侧和负压侧的鸣声器（squealer）翼肋延伸部构成，而压力侧和负压侧在前缘和后缘处连结在一起，并在它们之间界定一敞口的顶部压力充气空间，该空间有一底面，密封翼面的这些内通道。

25 US 5,261,787 公开了沿涡轮叶片的压力侧采用叶尖平台，这对叶尖冷却是一种重大的改进。叶尖平台径在其间形成的一些孔被供给冷却空气，阻止燃烧气体沿着叶尖的压力侧流动。使包含压力侧叶尖翼肋的叶尖的冷却得到了改善。

30 涡轮叶片通常的叶型为月牙形，其中，叶片宽度自前缘向后缘增加，而后渐收缩到其窄后缘。叶片所需的空气动力学性能控制压力侧和负压侧的空气动力学叶型，因而通常导致叶片较薄的后缘区。

由于上述叶尖平台凹入涡轮叶片的压力侧，该叶片在靠近在其内

可构成平台的后缘处需具有足够的厚度。

然而，在具有较薄的后缘区的涡轮叶片中，没有足够的厚度在其内可构成叶尖平台，也没有足够的厚度使叶片具有为延长使用寿命所需的强度。在这种结构中，叶尖平台可在不到后缘之前终止，而伸入叶片内空间允许的部位。用这样方式终止叶尖平台会形成一个叶尖平台5和压力侧交汇的垂直面，使叶尖平台的边界具有以一后角相交的水平

和垂直线。由于在运转期间燃烧气体流可能被该平台后角所脱开或阻滞，而这种燃气流的脱开能增加燃烧气体的传热，因此，随着燃烧气体重新附着于在该终止的叶尖平台下游的压力侧上时，叶尖的局部加热可能导致叶尖的迅速氧化，这有害地影响叶片的有效寿命。

因此，希望提供一种具有改进的叶尖冷却的涡轮叶片，其中叶尖平台不终止于叶片后缘上游。

发明概述

15 燃气轮机叶片包括在前、后缘和在叶根与叶尖之间展开的压力侧和负压侧。压力侧包括一条凹入其内界定一终止于一斜台上的叶尖平台的叶尖翼肋。该斜台可与燃烧气体方向一致，以防止气流被阻滞而增加气体的传热。

附图简述

20 在连同附图一起所作的下列详细说明中，通过优选的和示例性的实施例，更清楚地说明了本发明及其它的目的和优点，其中：

图 1 为燃气轮机第一级转子叶片的等角投影图，它采用本发明示例性实施例的叶尖冷却方式；

25 图 2 为大致沿 2-2 线所取的通过图 1 所示叶片翼面一部分的径向剖面图；

图 3 为沿 3-3 线所取的通过图 1 所示翼面的垂直剖视图；

图 4 为图 1 中所示的翼面顶部区的放大的等角投影图；

图 5 为大致沿 5-5 线所取的通过图 1 中所示的翼面顶部的后缘区的放大的顶视图。

30 发明详述

图 1 所示的是示例性的燃气轮机第一级涡轮转子叶片 10，在运转期间，热燃烧气体 12 被引导流过该叶片。该叶片包括一中空翼面 14，

与通常在一公用铸件上构成的一安装楔形榫 16 连成整体。该翼面用来自燃烧气体获取能量。于是，该楔形榫来将叶片固定于在运转期转动的一转子盘（未示）的圆周上。

如图 1 和 2 所示，该翼面具有一个月牙形空气动力学叶型，它包含两相反的压力侧面和负压侧面 18, 20，它们在相反的前、后缘 22、24 之间轴向或沿弦长方向延伸。该两翼面侧面还沿纵向叶展方向自整体叶片座上的叶根 26 径向延伸到径向外叶尖 28。

该中孔翼面可具有任何普通的内部结构，通常包含多个内通道 30，它们具有一些在楔形榫 16 上的适合的入口，通过这些入口，自燃气轮机压气机（未示）接收冷却空气 32，作为运转时冷却该叶片的冷却剂。

如图 2 所示，在该翼面中有 9 个径向延伸的内流道 30，供择优地冷却叶片各部分之用。翼面前缘处的最前面两个通道提供前缘的专用冲击冷却。在后缘 24 前方的两个通道提供翼面薄后缘区的专用冷却。5 个中间通道布置成 5 通 S 形回路，以冷却翼面中部。

该翼面包含好几个径向排列的薄膜冷却孔 34，它们按照提供有效冷却的需要穿过翼面的压力侧和负压侧。而且，该翼面包含一排后缘排气孔 36，用以从最后两内通道沿后缘轴向向外排出冷却空气。在图 1 和 2 中所示实施例中的后缘排气孔 36 呈槽的结构形式并终止于后缘本身，这些槽仅配置在翼面的压力侧 18 上或在其上开一个缺口。这样，翼面的后缘区可以比较薄，同时仅经其压力侧形成排气孔 36，以使叶片保持长寿命所需的足够强度。

如图 3 和 4 所示，一大致平的叶尖台面 38 连接翼面压力侧和负压侧，并封闭其内的数条内通道。该叶尖台面包含第一和第二分别沿压力侧和负压侧延伸并在翼面前、后缘处延被连结的叶尖鸣声器翼肋 40, 42。该压力侧与负压侧翼肋 40, 42 周围叶尖，并在其间界定一敞口的叶尖充气空间。

该负压侧第二翼肋 42 一个整体的自前缘延伸至后缘的翼面负压侧壁的共同延伸的延伸部。该压力侧第一翼肋 40 构成翼面压力侧壁的延伸部，并小量共同延伸或与翼面压力侧齐平。

更具体地说，图 4 中所示的第一翼肋 40 自翼面顶部 28 径向向内或向下凹入翼面的压力侧，以在其内界定一个面向外的叶尖平台 46，

成L形角隅的典型结构形式。如图3和4所示,第一翼肋40以深度D自翼面顶部向内凹入并以宽度W自压力侧向内凹入,在其内界定叶尖平台。

按照本发明,图4中所示的叶尖平台46终止于一斜台48,该斜台朝后缘轴向向后延伸,并朝翼面顶部径向向上延伸。

图4中所示的两鸣声器翼肋40,42具有相同的高出叶尖台面的高度,以形成与周围定子壳体(未示)基本一致的径向间隙或气隙。叶尖平台46最好接近翼面前缘22,并最好稍微在前缘后面,以满足在运转期间当燃烧气体12流过其间时增强叶尖冷却的需要。叶尖平台大部分以大致不变的深度D基本上平行于叶尖台面38和自其上伸展的翼肋而延伸,直至其与平台的斜台48的交汇处。平台的斜台部分然后的深度D减小,使斜台与在该处连结翼面顶部的翼面压力侧径向交汇。

如图4所示,第一翼肋40与翼面压力侧18在前缘22附近和在其与后缘24的连结处沿侧向共同延伸或齐平。斜台48设置在后缘24的前方,在那里由于翼面后缘区的侧向厚度较薄而有容许的空间。因此第一翼肋40在平台的斜台48的后缘之间与压力侧18沿轴共同延伸,为压力侧表面提供符合空气动力学的连续性。

因此,平台的斜台48通过以深度D和宽度W在翼面压力侧面内的交汇终止于翼面压力侧面内,并在后缘的径向最外部分或是在后缘前方的翼面顶部28实际上消失。

图5表示在后缘处的翼面顶部的放大部分,包含叶尖平台46的最后部分和其终止斜台48。在该示例性实施例中,翼面后缘区被做得尽量薄,而构成翼面压力侧和负压侧的壁必须具有最小的厚度以延伸寿命。于是,内通道30的大小具有根据采用普通铸造方法形成这些通道的技能所能达到的最小尺寸。

在铸造工艺中,长的陶瓷指形物被用来界定各流道,某些指形物用埋在其内的细杆来加强。这些杆延伸到翼面的顶部充气空间,该充气空间由用这些杆支承的附加的陶瓷体界定。

因此,要求图5中所示的平台46在翼面后缘24的前方终止,因为为制造该平台 and 适当大小的内通道没有足够的空间,并且要求在后缘区内的顶部充气空间的宽度做得尽量的小。

图4表示叶尖平台46的前端沿轴向仅与压力侧交汇,以保持其不

变的深度 D，直到它终止于其前端。因此，在叶尖平台的前端形成一垂直面。

5 与此相类似，叶尖平台 46 的后端沿轴向仅可与压力侧交汇，但在叶尖平台的后端这会导致一类似的垂直面。这垂直面实际上会形成一 L 形角隅，在该处平台终止于翼面的压力侧。这种角隅对于燃烧气体流的主流方向是不希望的，在图 4 中表示其中的有代表性的一些角隅，它们是沿径向向外倾斜的。

10 燃烧气体流的现代三维计算流量分析预示了图 4 所示的流线的倾斜角。当通过上述 L 形叶尖平台的后部垂直面时，这种倾斜流线会使流线局部阻滞，其重新附着却好在叶尖平台的后方。燃烧气体流的被阻滞增加了其传热，并使刚好在叶尖平台后方的翼面顶部的局部加热增强。

15 然而，按照本发明，叶尖平台终止于该倾斜的斜台 48，以消除在叶尖平台与翼面压力侧交汇处上述不希望有的垂直面和叶尖平台的相应的 L 形角隅。

20 出于上述制造方面的原因，图 4 中所示的平台的斜台 48 最好在后缘 24 的前方终止，而压力侧 18 沿叶尖平台和斜台共同延伸。平台的斜台 48 相对于基本上直的叶尖平台 48 以小的锐角 A 倾斜，以便在发动机运转中以所希望的设计点与燃烧气体流流线的角度方位或倾斜度基本上匹配。

25 因此，平台的倾斜的斜台 48 在翼面后缘的前方与翼面后缘隔开，以便对叶尖平台和斜台紧后方的光滑翼面压力侧 18 提供不中断的连续性，使燃烧气体 12 沿斜台和后缘之间的压力侧并沿压力侧第一叶尖翼肋 40 的后方部分保持附着。燃烧气流的流线通常会平行于相应的倾斜平台斜台 48 流动，使燃烧气体流的分离最少或被防止，该燃烧气体随后沿压力侧重新附着。

当燃烧气流过平台的斜台紧后方时能保持附着于压力侧，而不会受到其有害的影响。

30 图 4 所示的叶尖平台 46 最好基本上是平的，并离翼面顶部有大致不变的深度。此外，平台的斜台 48 最好基本上是平的或直的，并以一倾斜钝角与叶尖平台连接。

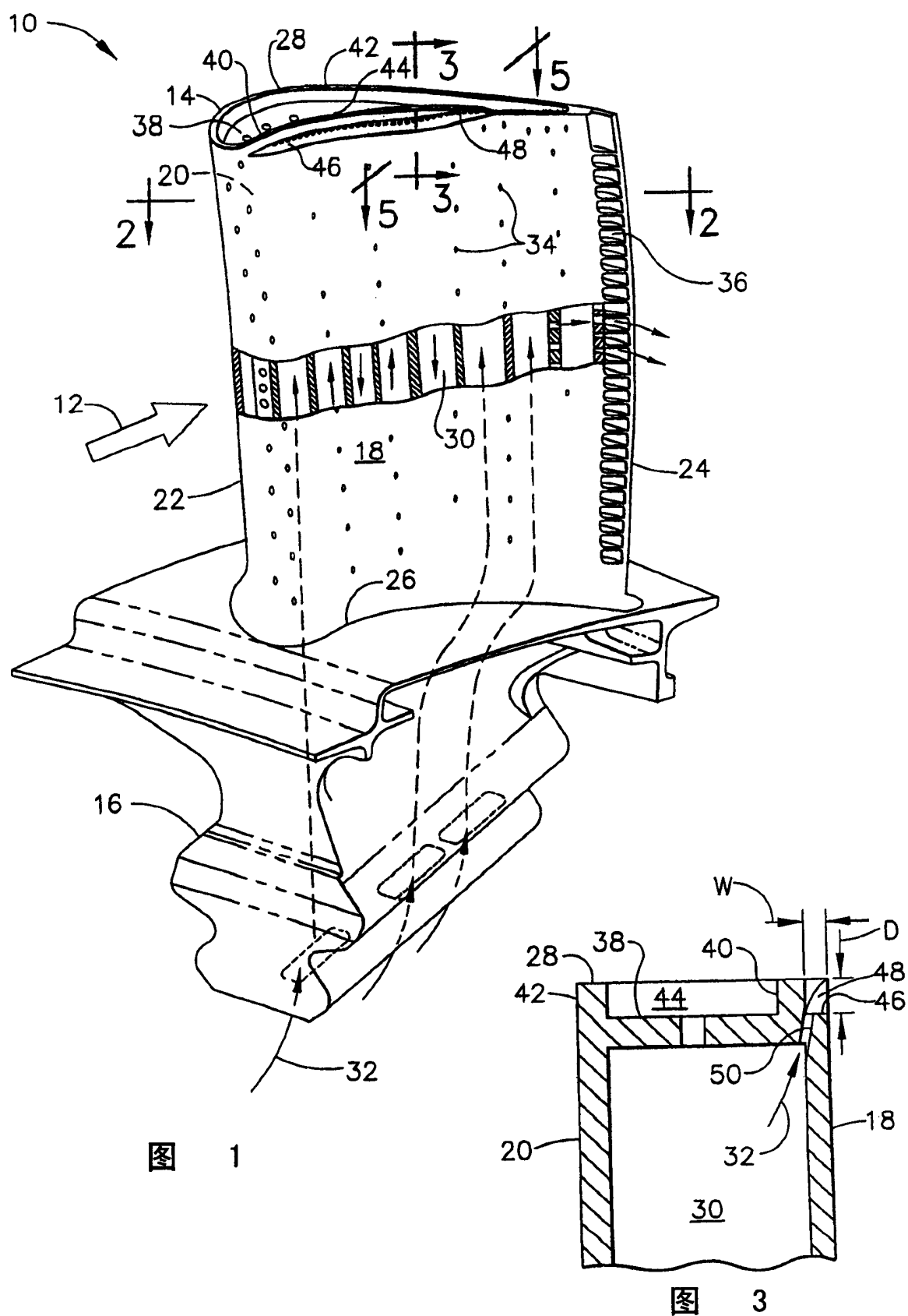
平台的斜台最好作成坡形或以与叶尖平台、顶部台面 38 和第一叶

尖翼肋 40 的各义水平方向成约 12° 的倾角 A 向翼面顶部和后缘径向向外倾斜。

如图 3 所示, 叶尖平台 46 最好以一直角角隅与第一翼肋 40 连接。此外, 一排平台排气孔 50 向内穿过顶部台面 38, 与内流道 30 成流体
5 连通, 以便自那里排出冷却剂 32。如图 4 所示, 该排平台孔 50 按照排出冷却剂的需要沿叶尖平台和斜台的长度延伸。

叶尖平台中的冷却剂流对压力侧鸣声器翼肋 40 提供薄膜冷却, 并提供了一个阻挡热燃烧气体加热效应的隔热屏障。叶尖平台享有在上述专利中所公开的原始叶尖平台的所有益处, 并由于在平台的后端形
10 成倾斜的平台斜台 48 而享有其它的益处。

本文在说明了被认为是本发明优选的和示例性的实施例的同时, 根据本文的说明, 本发明的其它变型对于业内人士会变得显而易见。因此, 需要确保在所附权利要求书中这些变型均落在本发明的真正精神和范围内。



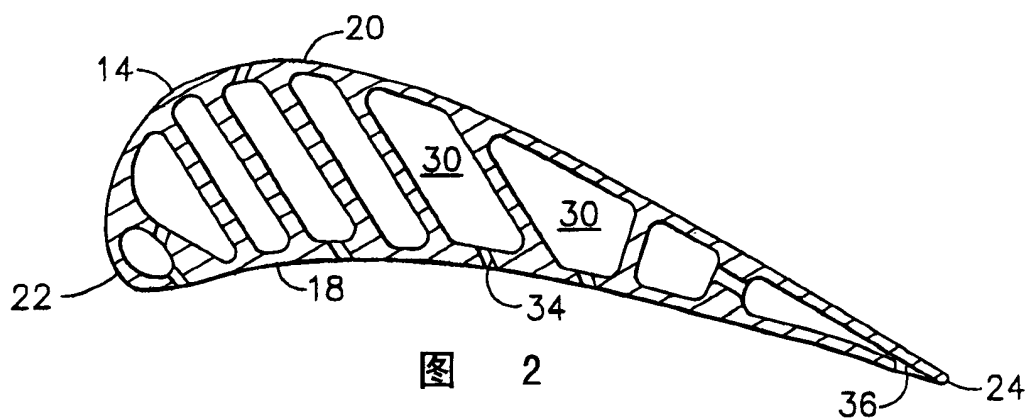


图 2

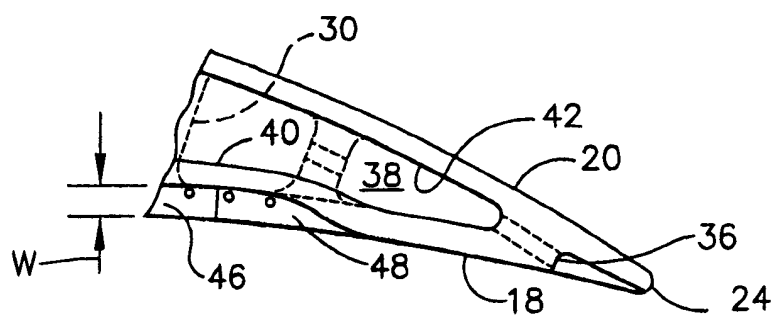


图 5

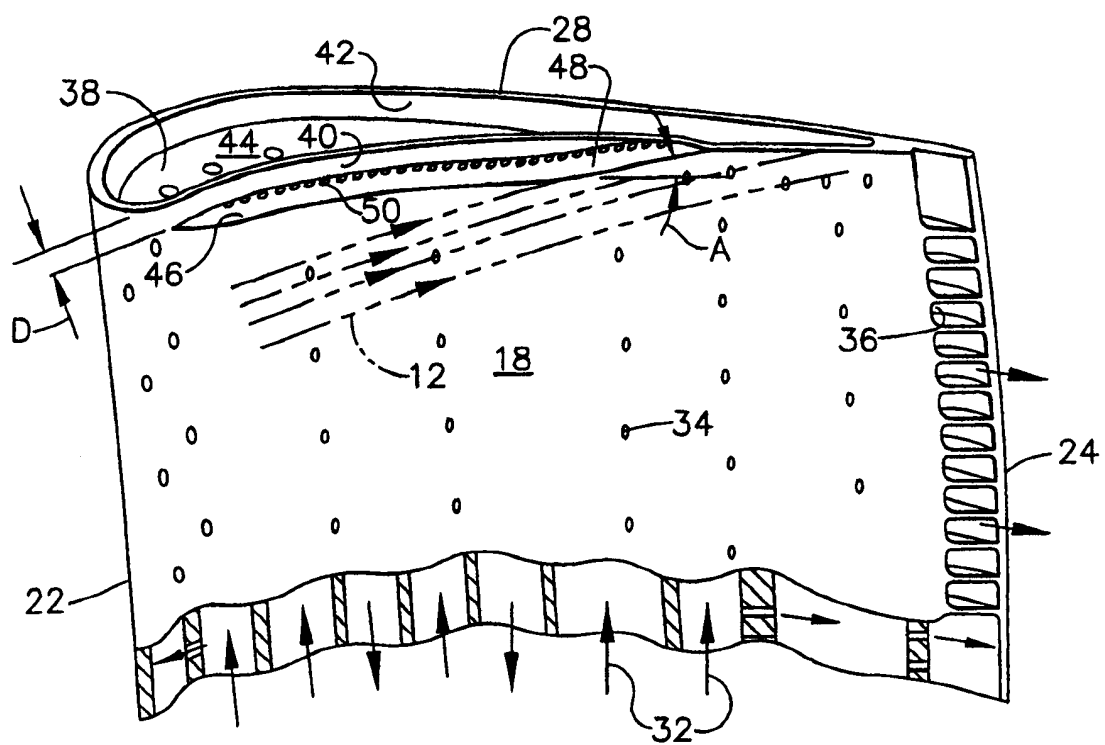


图 4