

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410071220.X

[51] Int. Cl.

F01D 5/20 (2006.01)

F01D 11/08 (2006.01)

F01D 5/18 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 1 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 100362213C

[22] 申请日 2004.7.16

[21] 申请号 200410071220.X

[30] 优先权

[32] 2003.7.17 [33] US [31] 10/620365

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 D·D·斯诺克 P·G·克勒维兰

[56] 参考文献

US6241471A 2001.6.5

US5290144A 1994.3.1

US5083903A 1992.1.28

US6254345B1 2001.7.3

US2003007866A1 2003.1.9

US2001048878A1 2001.12.6

US6579066B1 2003.6.17

审查员 吴 斐

[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

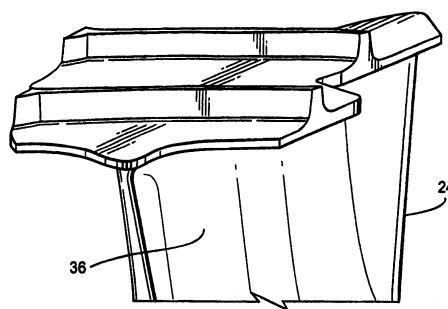
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 3 页

[54] 发明名称

涡轮叶片顶部覆环边缘轮廓

[57] 摘要

涡轮叶片(24)包括一个叶片翼面(36),它具有顶部覆环(40),其前缘和后缘(46,48)形成基本上根据分别在表 I 中所示的点 12~20 和 1~11 处的笛卡儿坐标的 x 和 y 值的前缘和后缘轮廓。x 和 y 值为用英寸表示的距离,当用光滑的连续圆弧连接相应的点 12~20 和 1~11 时,x 和 y 距离限定前缘和后缘的顶部覆环轮廓。95%跨度处的翼面轮廓由表 II 中的 x、y 和 z 笛卡儿坐标值限定,其沿着径向 Z 轴的 x、y 原点与表 I 的原点相同。顶部覆盖相对于翼面轮廓的前缘和后缘轮廓可使顶部覆环质量分布达到最优,这可延长叶片的蠕变寿命。通过使顶部覆环覆盖翼面喉部,可改善级的效率。



1. 一种包括具有顶部覆环(40)的叶片翼面(36)的涡轮叶片(24); 所述顶部覆环具有前缘和后缘(46, 48), 所述前缘(46)的轮廓按照在表 I 中所给出的点 12~20 处的笛卡儿坐标系中的 x 和 y 值, 其中 x 和 y 为以英寸表示的距离; 当用光滑的连续圆弧连接时, 这些 x 和 y 值限定了前缘的顶部覆环轮廓, 叶片翼面(36)具有在根据表 II 所给出的 x、y 和 z 坐标值的 95% 跨度处的轮廓, 其中, 表 II 的 x、y 和 z 坐标值为用英寸表示, 并且其沿着笛卡儿坐标系的 Z 轴的原点与表 I 的 x、y 坐标值的原点相同, 所述后缘轮廓(48)按照在表 I 中所给出的点 1~11 处的笛卡儿坐标系中的 x 和 y 值被限定, 其中 x 和 y 值为以英寸表示的距离; 当用光滑的连续圆弧连接时, 这些 x 和 y 值限定了后缘的顶部覆环轮廓。

2. 如权利要求 1 所述的涡轮叶片, 其特征为, 在顶部覆环的整个厚度上, 该前缘轮廓是一致的。

3. 如权利要求 1 所述的涡轮叶片, 其特征为, 该前缘轮廓在与沿着前缘轮廓的任何位置垂直的方向, 处于 $\pm 0.080$ 英寸内的包络面中。

4. 如权利要求 1 所述的涡轮叶片, 其特征为, 表 I 中所给出的 x 和 y 值可作为同一数值的函数改变比例, 以形成比例放大或缩小的前缘轮廓。

5. 如权利要求 1 所述的涡轮叶片, 其特征为, 在顶部覆环的整个厚度上, 后缘轮廓是一致的。

6. 如权利要求 1 所述的涡轮叶片, 其特征为, 后缘轮廓在与沿着后缘轮廓的任何位置垂直的方向上, 处于 $\pm 0.080$ 英寸内的包络面中。

7. 如权利要求 1 所述的涡轮叶片, 其特征为, 表 I 中所给出的 x 和 y 值可作为同一数值的函数改变比例, 以形成比例放大或缩小的后缘轮廓。

## 涡轮叶片顶部覆环边缘轮廓

### 技术领域

本发明涉及具有翼面和由翼面所带的顶部覆环的涡轮叶片；特别是涉及由涡轮叶片的翼面所带的顶部覆环的前缘和后缘的轮廓。

### 背景技术

通常，涡轮叶片包括一个翼面，一个平台，一个柄和楔形榫。燕尾固定在涡轮叶轮的互补的槽中。经常，该翼面包括一个整体形成的顶部覆环。在工作过程中，包括翼面和顶部覆环的叶片围绕着发动机的中心线转动，而翼面和顶部覆环则位于热气体通道中。因为顶部覆环安装在翼面的顶部，因此在顶部覆环和翼面顶部之间的顶部覆环圆角区域中产生相当大的应力。特别是，因为顶部覆环质量相对于翼面不平衡，因此，在翼面与顶部覆环的相交处，在翼面的压力侧和负压侧之间产生相当大的圆角应力差别。这个质量不平衡对叶片的蠕变寿命有不利影响。即：现有叶片中的顶部覆环质量分布造成顶部覆环的负载很大和蠕变寿命降低。另外，一些现有顶部覆环不能覆盖翼面喉部，结果由于在顶部覆环上的流体泄漏，对级的效率有不利影响。美国专利 No. 6893216 公开了上述涡轮叶片。

### 发明内容

根据本发明的优选实施例。提供了一种叶片顶部覆环，它的前缘和后缘轮廓可以优化顶部覆环质量分布，使顶部覆环圆角应力平衡，从而使蠕变寿命最长，并可保证覆盖翼面喉部，以改善级的效率。具体地说，顶部覆环的前缘（即大致面对涡轮热气体通道轴向上游的前缘）具有基本上根据在表 I 所给出的点 12~20 处的笛卡儿坐标系的  $x$  和  $y$  坐标值的预定轮廓。其中  $x$  和  $y$  为以英寸表示的离原点的距离。当点 12~20 用光滑的连续圆弧连接时，该点限定前缘的顶部覆环轮廓。同样，顶部覆环的后缘具有基本根据在表 I 所给出的点 1~11 处的笛卡儿坐标系的  $x$  和  $y$  值的预定轮廓。其中， $x$  和  $y$  为用英寸表示的离原点的距离。当点 1~11 用光滑的连续圆弧连接时，这些点限定后缘的顶部覆环轮廓。

另外，前缘和后缘轮廓与 95% 跨度处的翼面轮廓匹配，可延长顶部

覆环的蠕变寿命和改善级效率。具体地是,叶片翼面具有 95%跨度处(即在顶部覆环和翼面顶部的相交处的圆角区域沿径向向内)的翼面轮廓。95%跨度处的这个翼面轮廓截面可根据表 II 中所给出的  $x, y$  坐标值限定。其中,表 II 的  $x$  和  $y$  坐标值用英寸表示,并且其原点与表 I  $x$  和  $y$  坐标值的原点相同。这样,由前缘和后缘轮廓限定的顶部覆环的质量分布,相对于该翼面截面顶部处在 95%跨度。

在使用中,翼面截面和顶部覆环受热,由于应力和温度作用,顶部覆环的前缘和后缘轮廓会改变。这样,为了制造的目的,由  $x$  和  $y$  坐标给出顶部覆环的冷态或室温轮廓。因为制造的顶部覆环可能与表 I 给出的名义的顶部覆环轮廓不同,因此在离与沿着名义轮廓的任何表面位置垂直的方向上的前缘和后缘中每一个边的名义轮廓 $\pm 0.080$  英寸的距离,包括涂层的距离,限定了顶部覆环的前缘和后缘轮廓的包络面。顶部覆环可以耐受这种变化不会损伤机械和空气动力力学功能。

为了应用到类似的涡轮设计中,顶部覆环及其所附带的翼面截面的几何形状可按比例放大或缩小。因此,表 I 给出的前缘和后缘的名义顶部覆环轮廓的以英寸表示的  $x$  和  $y$  坐标,可为相同数值的函数。即: $x$  和  $y$  坐标值可以乘以或除以相同的数值,以形成顶部覆环的比例放大或缩小的模型,同时保持轮廓形状。通过将表 II 的  $x, y$  和  $z$  坐标值乘以一个常数,可以使翼面的比例放大或缩小。

在一个优选实施例中,提供了一种包括具有顶部覆环的叶片翼面的涡轮叶片;所述顶部覆环具有前缘和后缘,所述前缘的轮廓基本上按照在表 I 中所给出的在点 12~20 处的笛卡儿坐标系的  $x$  和  $y$  值,其中  $x$  和  $y$  为以英寸表示的距离;当用光滑的连续圆弧连接时,这些  $x$  和  $y$  距离限定了前缘的顶部覆环轮廓。

在根据本发明的另一个优选实施例中,提供了一种包括具有顶部覆环的叶片翼面的涡轮叶片;所述顶部覆环具有前缘和后缘,所述后缘的轮廓基本上按照在表 I 中所给出的在点 1~11 处的笛卡儿坐标系的  $x$  和  $y$  值,其中  $x$  和  $y$  为以英寸表示的距离;当用光滑的连续圆弧连接时,这些  $x$  和  $y$  距离限定了后缘的顶部覆环轮廓。

在根据本发明的再一个优选实施例中,提供了一种包括具有顶部覆环的叶片翼面的涡轮叶片;所述顶部覆环具有前缘和后缘,所述前缘和后缘的轮廓基本上按照在表 I 中所给出的在点 12~20 和 1~11 处

的笛卡儿坐标系的  $x$  和  $y$  值, 其中  $x$  和  $y$  为以英寸表示的距离; 当用光滑的连续圆弧连接时, 这些  $x$  和  $y$  值限定了相应前缘和后缘的顶部覆环轮廓。

### 附图说明

图 1 为一个涡轮截面的示意图, 其第三级涡轮叶片顶部覆环带有根据本发明的一个优选实施例的预定的前缘和后缘轮廓;

图 2 为从径向向内看的覆环的末端的放大图, 它表示表 I 所示的点的位置; 和

图 3 和图 4 为从叶片的翼面截面的端部上的顶部覆环的相对侧所取的放大的透视图。

### 具体实施方式

图 1 表示包括多个涡轮级的气体涡轮 12 的热气体通道 10。图中表示了三个级。例如, 第一级包括多个在圆周上彼此隔开的喷嘴 14 和叶片 16。喷嘴在圆周上互相隔开, 并围绕着转子轴线固定。第一级的叶片 16 安装在没有示出的涡轮转子叶轮上。涡轮 12 的第二级包括多个在圆周上彼此隔开的喷嘴 18, 和多个在圆周上隔开的、安装在转子上的叶片 20。第三级包括多个在圆周上彼此隔开的喷嘴 22, 和安装在转子上的叶片 24。喷嘴和叶片位于涡轮 12 的热气体通道 10 中, 热气体通过热气体通道 10 的流动方向由箭头 26 表示。

第三级的每一个叶片 24 都带有一个平台 30、一个柄 32 和没有示出的一个楔形榫。该楔形榫用于与在该转子的转子叶轮形成部上的也是没有示出的互补形状的匹配燕尾槽连接。每一个第三级的叶片 24 还包括一个翼面 36 (图 2)。在沿着从平台至翼面顶部的翼面的任何一个横截面上的翼面轮廓如图 2 中的虚线所示。

每一个第三级的叶片 24 还带有一个顶部覆环 40 (图 2)。最好, 该顶部覆环 40 与叶片整体作出, 并且每一个顶部覆环在相邻叶片的相邻顶部覆环的相对末端接合, 以形成一个基本上为圆环形的圆环, 或与在第三级叶片的位置上的热气体通道外接的覆环。如图 2 所示, 第三级叶片 24 的顶部覆环 40 包括沿着其径向外表面的二个轴向隔开的密封 42 和 44。该密封 42 和 44 形成二个在轴向隔开的, 围绕着顶部覆环的连续的密封圈, 以便与固定在涡轮壳体上的覆环 46 (图 1) 密封。又如图 2 所示, 顶部覆环 40 分别包括作成一定形状的前缘 46 和后缘

48。即：在热气体通道中，边缘 46 和 48 位于顶部覆环 40 的轴向互相相对面对的侧面上。图 2 中还表示了许多点 1~20。应当注意，相对于沿着热气体通道 10 的热气体流动方向，点 12~20 沿着前缘 46 布置，而点 1~11 沿着顶部覆环 40 的后缘 48 布置。

为了分别限定前缘 46 和后缘 48 的形状，（即由这些边形成的轮廓）提供了在窖的一个唯一的点集或点的轨迹。具体地是，在  $x, y$  和  $z$  轴的笛卡儿坐标系中， $x$  和  $y$  值在下面的表 I 中给出，并限定在各个位置上的前缘和后缘的轮廓。 $z$  轴与离发动机中心线的半径（即涡轮叶轮的回转轴线）一致。在表 I 中给出了用英寸表示的  $x$  和  $y$  坐标的值。当该值可以转换时，也可以使用其他尺寸单位。通过限定相对于  $x, y$  轴原点的，在选择的位置上的  $x$  和  $y$  坐标值，可以限定点 1~20 的位置。通过利用分别沿着前缘 46 和后缘 48 中每一条边的光滑的连续圆弧将  $x$  和  $y$  值连接起来时，可以限定每一个边的轮廓。

这些值代表在圆周的，非工作的或非热态（即冷态）下的前缘和后缘轮廓。更具体地说，顶部覆环具有前缘 46，该前缘轮廓基本上是根据表 I 所示的点 12~20 处的  $x$  和  $y$  的笛卡儿坐标值限定的，其中  $x$  和  $y$  为用英寸表示的离原点的距离。当用光滑的连续圆弧连接点 12~20 时，点 12~20 形成前缘的顶部覆环的轮廓。同样，该顶部覆环的后缘 48 的轮廓基本上根据表 I 中所示的点 1~11 处的  $x$  和  $y$  的笛卡儿坐标值限定，其中  $x$  和  $y$  为离开同一个原点，用英寸表示的距离。当用光滑的连续圆弧连接点 1~11 时，点 1~11 形成后缘的顶部覆环的轮廓。通过在具有一个原点的  $x, y$  坐标系中，限定前缘和后缘的轮廓，可以形成沿着前缘和后缘的顶部覆环的形状。

表 I

| 顶部覆环凹口点 |        |        |
|---------|--------|--------|
| 点号      | X      | Y      |
| 1       | 1.255  | 0.953  |
| 2       | 1.255  | 0.823  |
| 3       | 0.971  | 0.321  |
| 4       | 1.029  | -0.270 |
| 5       | 1.255  | -0.821 |
| 6       | 1.535  | -1.347 |
| 7       | 1.726  | -1.831 |
| 8       | 1.707  | -1.961 |
| 9       | 1.616  | -2.018 |
| 10      | 1.425  | -2.089 |
| 11      | 1.317  | -2.145 |
| 12      | -0.806 | -0.454 |
| 13      | -0.815 | -0.117 |
| 14      | -0.859 | 0.411  |
| 15      | -1.053 | 0.893  |
| 16      | -1.218 | 1.133  |
| 17      | -1.143 | 1.349  |
| 18      | -0.867 | 1.796  |
| 19      | -0.806 | 2.320  |
| 20      | -0.646 | 2.378  |

\*这个点集与整个顶部覆环的厚度是符合的。

为了使顶部覆环的质量分布与顶部覆环和翼面之间的圆角相关联,和最大限度地减小应力和延长蠕变寿命,可在95%跨度(即正好在顶部覆环和叶片24的翼面36的顶部相交处的圆角区域沿径向向内)处,相对于翼面36的轮廓限定顶部覆环的前缘和后缘的轮廓。(在100%跨度处的翼面是假想的,并位于圆角区域内)。翼面轮廓同样由在限定顶部覆环边缘的相同的 $x, y$ 和 $z$ 笛卡儿坐标系中的 $x$ 和 $y$ 的坐标值限定。翼面的 $x, y$ 坐标系的原点(表II),和限定顶部覆环的前缘和后缘轮廓的 $x, y$ 坐标系的原点(表I),沿着径向的 $Z$ 轴,互相隔开一个5%跨度的距离。限定95%跨度处的翼面36的 $x, y$ 和 $Z$ 坐标值的表II在下面给出。这样,通过限定 $x, y$ 和 $Z$ 坐标值,可以限定如图2所示的95%跨度处的翼面截面轮廓。通过用光滑的连续圆弧连接 $x$ 和 $y$ 值,可以在空间,相对于顶部覆环限定95%跨度处的翼面轮廓。通过使用顶部覆环点的 $x, y$ 坐标系的公共的 $Z$ 轴原点和限定95%跨度处的翼面轮廓的点,可以限定相对于95%跨度处的翼面位置的顶部覆环的前缘和后缘的轮廓。顶部覆环点和翼面点的 $x, y$ 值是在周围非工作或非热态(冷

态)下的值。表 II 中给出的 Z 值为用英寸表示的优选的涡轮的值, 并给出 95%跨度处的翼面截面和发动机中心线(即回转轴线)之间的距离。离中心线的 Z 轴通过翼面和顶部覆环的 x, y 坐标系的原点。

表 II

| X (95%) | Y (95%) | Z (95%) |
|---------|---------|---------|
| -1.1558 | 0.9794  | 44.153  |
| -1.0663 | 0.962   | 44.153  |
| -0.9704 | 0.9667  | 44.153  |
| -0.8746 | 0.9629  | 44.153  |
| -0.7797 | 0.9491  | 44.153  |
| -0.6865 | 0.926   | 44.153  |
| -0.596  | 0.8944  | 44.153  |
| -0.5085 | 0.855   | 44.153  |
| -0.4242 | 0.8091  | 44.153  |
| -0.3432 | 0.7577  | 44.153  |
| -0.2653 | 0.7017  | 44.153  |
| -0.1901 | 0.642   | 44.153  |
| -0.1174 | 0.5794  | 44.153  |
| -0.047  | 0.5142  | 44.153  |
| 0.0213  | 0.4468  | 44.153  |
| 0.0877  | 0.3775  | 44.153  |
| 0.1524  | 0.3066  | 44.153  |
| 0.2154  | 0.2343  | 44.153  |
| 0.2772  | 0.1608  | 44.153  |
| 0.3377  | 0.0863  | 44.153  |
| 0.397   | 0.0108  | 44.153  |
| 0.4553  | -0.0654 | 44.153  |
| 0.5126  | -0.1424 | 44.153  |
| 0.569   | -0.22   | 44.153  |
| 0.6247  | -0.2982 | 44.153  |
| 0.6796  | -0.3769 | 44.153  |

| X (95%) | Y (95%) | Z (95%) |
|---------|---------|---------|
| 0.7338  | -0.4561 | 44.153  |
| 0.7873  | -0.5358 | 44.153  |
| 0.8402  | -0.6158 | 44.153  |
| 0.8926  | -0.6963 | 44.153  |
| 0.9443  | -0.7771 | 44.153  |
| 0.9956  | -0.8582 | 44.153  |
| 1.0464  | -0.9396 | 44.153  |
| 1.0968  | -1.0213 | 44.153  |
| 1.1468  | -1.1032 | 44.153  |
| 1.1964  | -1.1854 | 44.153  |
| 1.2457  | -1.2677 | 44.153  |
| 1.2947  | -1.3503 | 44.153  |
| 1.3434  | -1.4329 | 44.153  |
| 1.3919  | -1.5158 | 44.153  |
| 1.4402  | -1.5987 | 44.153  |
| 1.4883  | -1.6817 | 44.153  |
| 1.5361  | -1.765  | 44.153  |
| 1.5834  | -1.8485 | 44.153  |
| 1.6582  | -1.8464 | 44.153  |
| 1.6264  | -1.7588 | 44.153  |
| 1.5815  | -1.674  | 44.153  |
| 1.5365  | -1.5893 | 44.153  |
| 1.4914  | -1.5046 | 44.153  |
| 1.4462  | -1.4199 | 44.153  |
| 1.4009  | -1.3353 | 44.153  |
| 1.3556  | -1.2507 | 44.153  |
| 1.3101  | -1.1662 | 44.153  |
| 1.2645  | -1.0817 | 44.153  |
| 1.2187  | -0.9974 | 44.153  |
| 1.1728  | -0.9131 | 44.153  |
| 1.1267  | -0.8289 | 44.153  |
| 1.0805  | -0.7448 | 44.153  |
| 1.034   | -0.6608 | 44.153  |
| 0.9874  | -0.577  | 44.153  |
| 0.9404  | -0.4933 | 44.153  |
| 0.8931  | -0.4098 | 44.153  |
| 0.8454  | -0.3265 | 44.153  |
| 0.7972  | -0.2435 | 44.153  |
| 0.7484  | -0.1609 | 44.153  |
| 0.699   | -0.0786 | 44.153  |
| 0.649   | 0.0033  | 44.153  |
| 0.5983  | 0.0848  | 44.153  |
| 0.5467  | 0.1657  | 44.153  |
| 0.4943  | 0.2462  | 44.153  |

| X (95%) | Y (95%) | Z (95%) |
|---------|---------|---------|
| 0.4409  | 0.3259  | 44.153  |
| 0.3862  | 0.4047  | 44.153  |
| 0.33    | 0.4825  | 44.153  |
| 0.2719  | 0.5589  | 44.153  |
| 0.2119  | 0.6338  | 44.153  |
| 0.1497  | 0.7069  | 44.153  |
| 0.0848  | 0.7776  | 44.153  |
| 0.0168  | 0.8453  | 44.153  |
| -0.0548 | 0.9092  | 44.153  |
| -0.1302 | 0.9685  | 44.153  |
| -0.2096 | 1.0224  | 44.153  |
| -0.2929 | 1.07    | 44.153  |
| -0.3799 | 1.1105  | 44.153  |
| -0.4701 | 1.143   | 44.153  |
| -0.5631 | 1.1668  | 44.153  |
| -0.658  | 1.1808  | 44.153  |
| -0.7538 | 1.1837  | 44.153  |
| -0.8493 | 1.1743  | 44.153  |
| -0.9422 | 1.1508  | 44.153  |
| -1.0297 | 1.1117  | 44.153  |
| -1.1083 | 1.0569  | 44.153  |

通常典型的制造公差和涂层在顶部覆环和翼面的实际轮廓中都必需考虑。因此，在表 I 中给出的顶部覆环轮廓的值为名义的顶部覆环的值。因此，在上面的表 I 中给出的 x, y 值中要添加±通常的制造公差（即包括涂层厚度±值）。因此，在与沿着前缘和后缘的任何表面位置垂直的方向上的±0.080 英寸的距离，限定沿着这个特定的顶部覆环设计的相应的前缘和后缘的顶部覆环边缘轮廓的包络面（即：在名义的冷态或室温下，实际的边缘轮廓上的测量点和以上在相同温度下在表 I 中给出的这些边缘轮廓的理想位置之间的变化范围）。该顶部覆环设计可以承受这个变化范围，而不会损伤机械和空气动力学功能；并被基本上根据表 I 所给出点 12~20 和 1~11 的笛卡儿坐标值的轮廓包围。

表 I 所给出的顶部覆环的几何尺寸可按比例放大或缩小，以便在其他类似的涡轮设计中使用。相应地，表 I 所给出的坐标值的比例也可以放大或缩小，使得顶部覆环的前缘和后缘的轮廓保持不变。表 I 的坐标的比例改变的形式可用表 I 的 x 和 y 坐标值乘以或除以相同的数值来表示。同样，表 II 给出的 95%跨度处的翼面的 x, y 和 z 值可通

过使  $x, y$  和  $z$  与一个常数相乘而按比例放大或缩小。

虽然结合目前认为是最实际和优选的实施例说明了本发明，但应理解，本发明不是仅局限于此。相反，它涵盖在所附权利要求书的精神和范围内的各种改变和等同的变化。

零件清单

|       |            |
|-------|------------|
| 热气体通道 | 10         |
| 气体涡轮  | 12         |
| 喷嘴    | 14, 18, 22 |
| 叶片    | 16, 20, 24 |
| 箭头    | 26         |
| 平台    | 30         |
| 柄     | 32         |
| 翼面    | 36         |
| 顶部覆环  | 40         |
| 密封    | 42, 44     |
| 前缘和后缘 | 46, 48     |

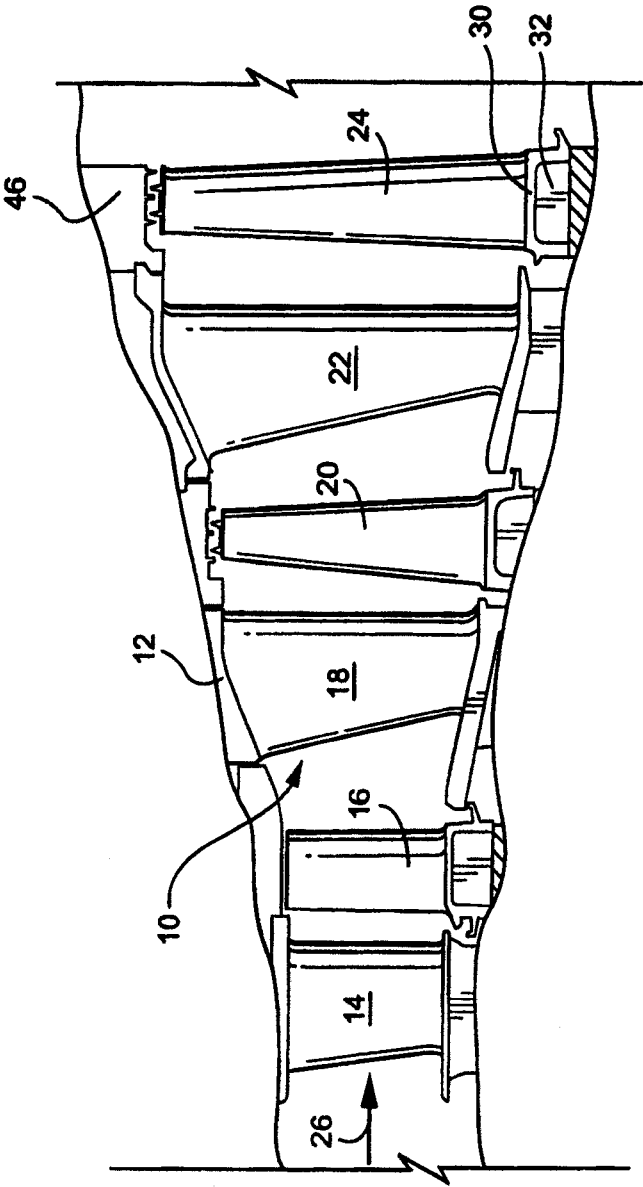


图 1

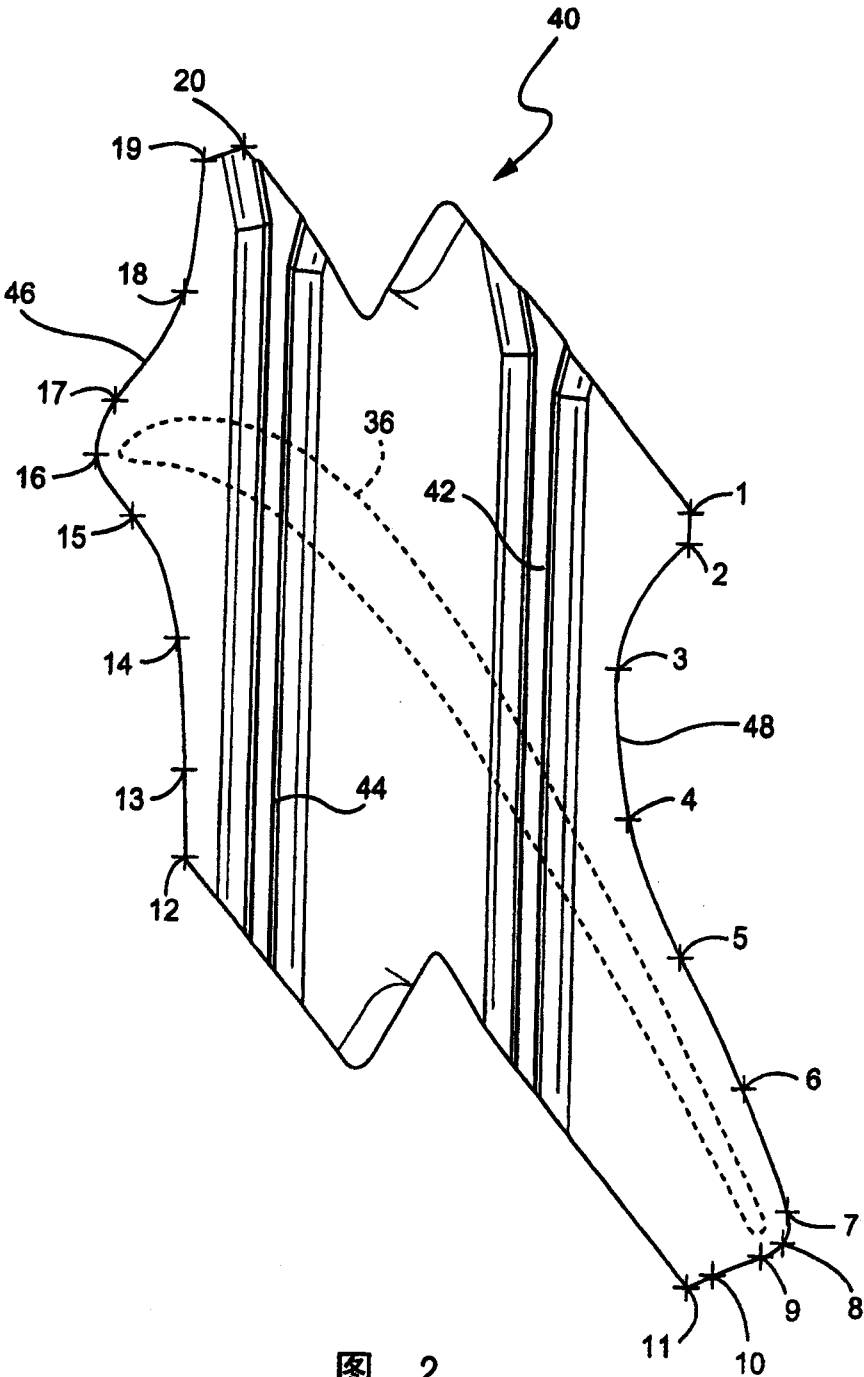


图 2

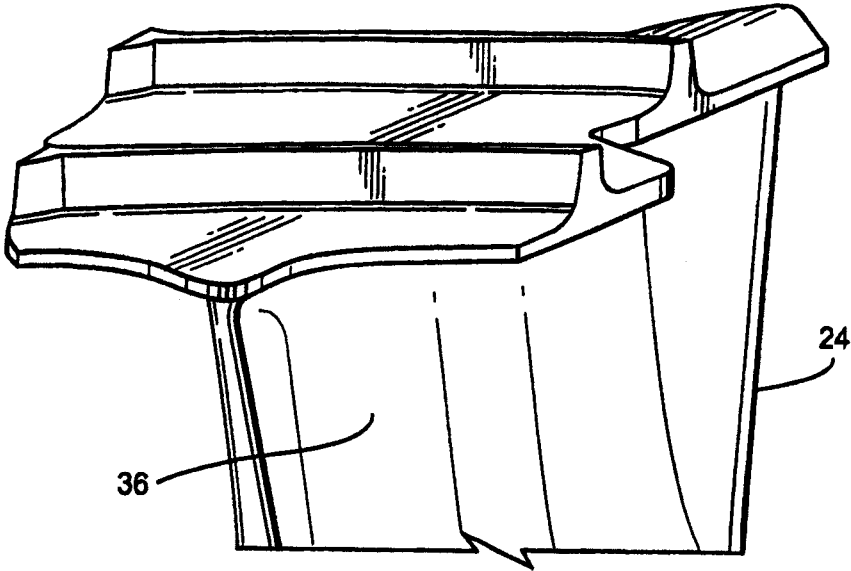


图 3

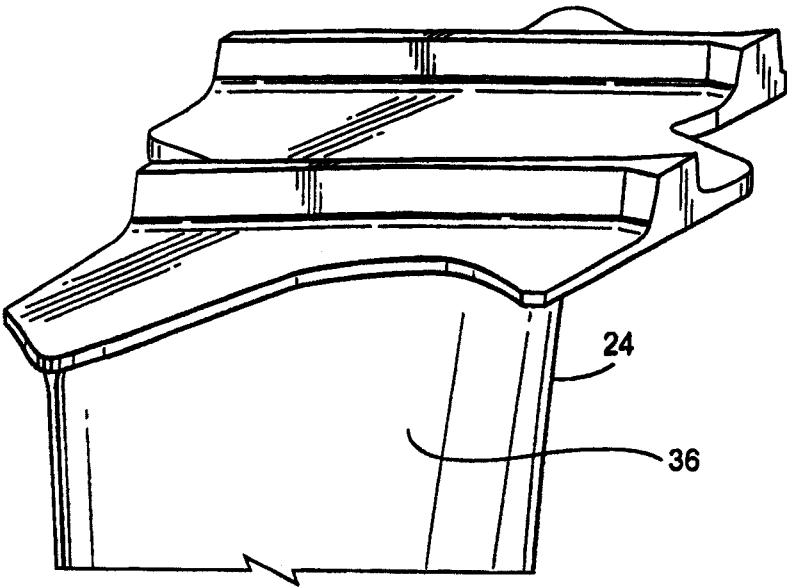


图 4