

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F01D 5/20 (2006.01)

F01D 5/14 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410057501.X

[45] 授权公告日 2009 年 7 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 100507217C

[22] 申请日 2004.8.12

[21] 申请号 200410057501.X

[30] 优先权

[32] 2003.8.12 [33] US [31] 10/638302

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 S·E·汤伯格

[56] 参考文献

WO02/25065A1 2002.3.28

JP8-303204A 1996.11.19

审查员 韩 宇

[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

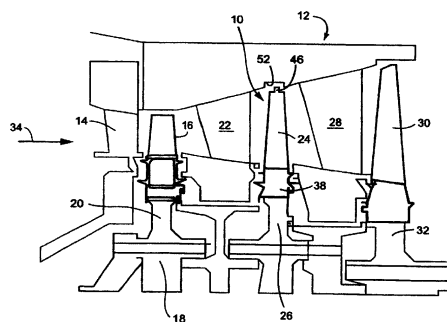
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 6 页

[54] 发明名称

涡轮叶片上对中设置的切齿

[57] 摘要

一种涡轮叶片具有：一个带有末梢覆板的翼面；一个柄部；一个引入式燕尾榫头；一个从末梢覆板沿径向向外凸起并在末梢覆板之两端之间沿翼面的围绕涡轮轴线转动的方向连续延伸的末梢覆板密封件；一个位于末梢覆板密封件上用于扩大位于相对的固定覆板上的凹槽的切齿，该切齿具有一个根据 X、Y 和 Z 轴来确定的中心点，其中，X 轴沿排气流方向沿轴向延伸，Y 轴沿涡轮叶片转动方向延伸，Z 轴则通过 X 与 Y 轴的交叉点沿径向延伸，其中，上述的中心点位于沿 Y 轴上距 X=0 位置约 1/2 英寸处，其中，上述 Z 轴位于距沿上述引入式燕尾榫头延伸的密封销的外侧 0.517 英寸处。



1. 一种涡轮叶片(24)，它具有：

一个带有末梢覆板(44)的翼面(42)；一个柄部(38)和一个引入式燕尾榫头(40)；

一个从上述末梢覆板(44)沿径向向外凸起并在上述末梢覆板(44)的端缘之间沿上述翼面的转动方向围绕涡轮轴线连续延伸的末梢覆板密封件(46)；

一个安装在上述末梢覆板密封件(46)上用于扩大处于相对的固定覆板上的凹槽(52)的切齿(54)，该切齿(54)具有一个根据 X、Y 和 Z 轴定位的中心点(63)，其中，X 轴沿排气流方向沿轴向延伸；Y 轴沿涡轮叶片转动方向延伸，Z 轴则经 X 与 Y 轴线交叉点沿径向延伸，其中，上述的中心点(63)位于沿 Y 轴距 $X=0$ 的位置 0.588 英寸处，其中，上述的 Z 轴当沿 Y 轴线测量时位于距沿上述引入式燕尾榫头延伸的密封销(72)的外侧缘 0.517 英寸处。

2. 根据权利要求 1 的涡轮叶片，其特征在于，上述的 Z 轴当沿上述 X 轴线测量时位于距上述涡轮叶片的引入式燕尾榫头上的前柄脚(68)的前侧缘(66) 1.866 英寸处。

3. 根据权利要求 1 的涡轮叶片，其特征在于，适合于在其上安装涡轮叶片的 Z 轴=0 的位置被确定在距转子转动的纵向轴线 24.1 英寸的距离处，其中，上述末梢覆板密封件(46)的径向最外端缘位于距 Z 轴=0 的位置 11.275 英寸处。

涡轮叶片上对中设置的切齿

技术领域

本发明涉及具有翼面末梢覆板的涡轮叶片，尤其涉及具有末梢密封件的 2 级涡轮叶片的覆板，上述末梢覆板密封件在末梢覆板的相对两端之间延伸，一切齿沿所述末梢密封件设置，沿该叶片转动方向大致定中在该末梢覆板的两相对端之间。

背景技术

涡轮叶片的翼面通常带有末梢覆板，该末梢覆板可防止叶片由于振动应力造成的高周疲劳破坏。从叶片的最外表面通常沿径向向外凸起并在末梢覆板两相对之间沿涡轮转子转动方向在圆周上延伸的末梢覆板密封件，该密封件通常伸入在与转动的末梢覆板相对的固定覆板上形成的凹槽内，在一些结构中，固定的覆板具有导流通道。业已发现，最好沿末梢覆板密封件形成一条漏泄通路。而不是使末梢覆板与上述固定覆板紧密配合，才可以消除叶片的不稳定性。通常在末梢覆板密封件的前侧面做出一个切齿，以便在固定覆板的导流通道内切出一条宽度大于末梢覆板密封件宽度的凹槽，这就可在凹槽内的末梢覆板密封件的两相对侧面上的高、低压区之间形成漏泄流动。虽然这样做会由于密封能力的变差而造成沿翼面的压力降的不希望有的减小，但是，降低的效率可由叶片稳定性的增加而得到补偿。

但是，已经发现，由于上述切齿并不位于与叶片重心相同的径向线上，这种不对称的结构会增大末梢覆板下方内圆角处（也就是翼面与末梢覆板之间的区域）的应力，尤其在高温下更是如此。这种在高温下增大的应力会导致高的蠕变速率，并且最终引起末梢覆板由于开裂或撕裂而破坏。显然，单个末梢覆板的破坏必然导致涡轮脱机工作。因此，末梢覆板由于末梢覆板与翼面转角处的应力增大而破坏需要耗费工时且高成本的修理，除了进行修理所必须的劳动和更换零件外，还包括要使涡轮脱离主机。

发明内容

按照本发明的典型实施例，上述的末梢覆板上的切齿大致位于末梢覆板的中央，但与规定叶片的翼面部分的形状所用的 X、Y 和 Z 轴

有关。翼面部分由标题为《一种涡轮叶片的翼面轮廓》的共同拥有的共同未决专利申请 No.(atty. dkt 839-1460)进一步限定。

更具体地说，涡轮叶片翼面轮廓由独特的点的轨迹来限定，以达到所需的效率和负载要求，从而提高涡轮的性能。上述独特的点的轨迹确定了名义翼面轮廓，并由 X、Y 和 Z 直角坐标来标记。正如上述未决专利申请中所述。正值的 X、Y 和 Z 的方向分别是向着涡轮排气口的轴向、沿转子轮盘转动的切向和向叶片冠部的径向向外方向延伸的。

Z 轴的位置用柄部上的某个表面作为基准部位相对于 X 和 Y 轴来确定。在该示例性实施例中，Z 轴位于距前柄脚的前侧面沿 X 轴的 1.866 英寸处，并当垂直于柄部的方向测量时位于距沿上述引入式燕尾榫头延伸的密封销的外侧 0.517 英寸处。Z 轴沿径向向外延伸，并穿过末梢覆板，业已确定，该切齿的中心应当位于 $X = 0$ 位置上沿 Y 轴的 0.588 英寸处。

通过设置如上所述的切齿，使末梢覆板内圆角处的应力大大减小。切齿的位置大致与末梢覆板的重心成一直线，但这不一定是一个要求。上述的减小应力可延长内圆角处的蠕变寿命，该处常常是限制寿命的零件部位。

因此，在一方面，本发明涉及一种涡轮叶片，该叶片具有：一个带有末梢覆板、柄部和引入式燕尾榫头的翼面；一个从末梢覆板沿径向向外凸起并在末梢覆板两相对端之间沿叶片的围绕涡轮轴转动的方向连续延伸的末梢覆板密封件；一个设置在末梢覆板密封件上用于扩大相对的固定覆板上的凹槽的切齿，该切齿具有一个根据 X、Y 和 Z 轴来确定的中心点，其中 X 轴沿排气流方向轴向延伸，Y 轴沿涡轮叶片转动的方向延伸，Z 轴则通过 X 轴与 Y 轴的交叉点沿径向延伸，其中，上述中心点位于从 $X = 0$ 位置沿 Y 轴 0.588 英寸处，其中当沿 Y 轴线测量时 Z 轴位于距沿引入式燕尾榫头延伸的密封销的外侧 0.517 英寸处。

在另一方面，本发明涉及一种涡轮叶片，它具有：一个带有末梢覆板的翼面；一个柄部；一个引入式燕尾榫头；一个从末梢覆板沿径向向外凸起的末梢覆板密封件，一个设置在末梢覆板上用于在径向相对的固定覆板内切出凹槽的切齿，该切齿具有根据 X、Y 和 Z 轴来确

定的中心点；其中 X 轴沿排气流的方向轴向延伸；Y 轴沿涡轮叶片转动的方向延伸；Z 轴则穿过 X 轴与 Y 轴的交叉点沿径向延伸，其中，上述中心点位于 Y 轴上约 1/2 英寸处。其中，当沿上述 X 轴测量时 Z 轴位于距涡轮叶片引入式燕尾榫头的前柄脚的前侧面 1.866 英寸处。

在又一方面，本发明涉及一种涡轮叶片，它具有：一个带有末梢覆板的翼面；一个柄部；一个引入式燕尾榫头；一个从末梢覆板沿径向向外凸起并在末梢覆板两相对端之间沿翼面绕涡轮轴线转动的方向连续延伸的末梢覆板密封件；一个设置在末梢覆板上用于扩大在相对的固定覆板上的凹槽的切齿，该切齿具有一个根据 X、Y 和 Z 轴来确定的中心点，其中 X 轴沿排气流方向沿轴向延伸，Y 轴沿涡轮叶片转动的方向延伸，Z 轴则穿过 X 轴与 Y 轴的交叉点沿径向延伸，其中，上述中心点位于 Y 轴上 0.588 英寸处，其中，当沿上述 X 轴线测量时 Z 轴位于距涡轮叶片引入式燕尾榫头的前柄脚的前侧面 1.866 英寸处，并且当沿垂直于柄部的方向测量时距沿上述引入式燕尾榫头延伸的密封销的外侧 0.517 英寸处。

在又一方面，本发明涉及燃气涡轮转子的第二级涡轮轮盘，该轮盘安装有多个涡轮叶片，每个涡轮叶片具有：一个带有末梢覆板的翼面；一个柄部；一个引入式燕尾榫头；一个从末梢覆板沿径向向外凸起并在末梢覆板两相对端之间沿翼面的围绕转子转动的纵向轴线转动的方向连续延伸的末梢覆板密封件；一个设置在末梢覆板密封件上用于扩大相对的固定覆板上的凹槽的切齿，该切齿具有一个根据 X、Y 和 Z 轴来确定的中心点，其中的 X 轴沿排气流方向沿轴向延伸，Y 轴沿涡轮叶片转动的方向延伸，而 Z 轴则穿过 X 轴与 Y 轴的交叉点沿径向延伸，其中，上述中心点位于从 $X = 0$ 的位置沿 Y 轴约 1/2 英寸处，其中，当沿垂直于柄部的方向测量时 Z 轴位于距沿上述引入式燕尾榫头延伸的密封销的外侧 0.517 英寸处。

在又一方面，本发明涉及燃气涡轮转子的第二级涡轮轮盘，该轮盘装有多多个涡轮叶片，每个涡轮叶片具有：一个带有末梢覆板的翼面；一个柄部；一个引入式燕尾榫头；一个从末梢覆板沿径向向外凸起并在末梢覆板两端之间沿翼面的围绕转子转动的纵轴线转动的方向连续延伸的末梢覆板密封件；一个设置在末梢覆板密封件上用于扩大相对的固定覆板上的凹槽的切齿，该切齿具有一个根据 X、Y 和 Z 轴来确

定的中心点；其中 X 轴沿排气流方向沿轴向延伸，Y 轴沿涡轮叶片转动的方向延伸，而 Z 轴则穿过 X 轴与 Y 轴的交叉点沿径向延伸，其中，上述中心点位于从 X = 0 位置沿 Y 轴约 1/2 英寸处，其中，当沿垂直于柄部的方向测量时 Z 轴位于距沿上述引入式燕尾榫头延伸的密封销的外侧 0.517 英寸处。

下面结合附图详细说明本发明。

附图说明

图 1 简单示出通过多级燃气涡轮的热燃气通道，并示出按照本发明的优选实施例的第二级涡轮叶片；

图 2 是按本发明示例性实施例的第二级涡轮叶片的透视图；

图 3 是类似于图 2 所示的涡轮叶片但沿逆时针方向旋转 90°的叶片透视图；

图 4 是图 1 所示涡轮叶片的侧视图；

图 5 是图 1 所示涡轮叶片的局部放大的前视图；

图 6 是图 1 和 2 所示涡轮叶片的上视平面图；

图 7 是大致沿图 6 的 7-7 线切取的通过切齿的剖视图；

图 8 是大致沿图 5 的 8-8 线切取的简单平面图，示出柄部相对于 X、Y 和 Z 轴线的转动。

具体实施方式

下面参看附图尤其是图 1，图中示出 3 级燃气涡轮 12 的热燃气通道（总的以标号 10 表示）。第一级涡轮具有多个沿圆周隔开安装的导向叶片 14 和涡轮叶片 16。导向叶片 14 沿圆周互相隔开并围绕转子的中心纵轴线固定安装。第一级涡轮叶片 16 通过转子轮盘 20 安装在涡轮转子 18 上。第二级涡轮 12 具有多个沿圆周隔开安装的导向叶片 22 和多个沿圆周隔开的涡轮叶片 24。该涡轮叶片 24 也通过转子轮盘 26 安装在涡轮转子 18 上。第三级涡轮具有多个沿圆周隔开安装的导向叶片 28 和多个通过轮盘 32 隔开安装在转子 18 上的涡轮叶片 30。显然，上述的导向叶片和涡轮叶片都直接处于涡轮的热燃气通道 10 内。图中，以箭头 34 表示通过该热燃气通道 10 的热燃气的流动方向。

本发明具体涉及第二级涡轮的涡轮叶片 24。参看图 2 和 3，每个涡轮叶片 24 具有一个座、一个柄部 38 和一个用于与转子轮盘 26 上的形状互补而相匹配的燕尾槽（未示出）相连接的大致地或者说接近于

轴向引入的燕尾榫头 40，但是，该轴向引入式燕尾榫头 40 也可具有本发明的翼面形式。从图中还可看出，每个涡轮叶片 24 还具有一个翼面或者说翼面部分 42，该翼面部分具有一个位于其径向外端的末梢覆板 44，该末梢覆板 44 做成带有一个长形的沿径向凸起并在末梢覆板的相对两端之间沿圆周方向即叶片转动方向延伸的末梢覆板密封件 46。可以看出，相邻的末梢覆板并不互相连接，而是按它们的定位端轮廓 50 互相压靠（见图 6）。图中以箭头 46 表示作为涡轮叶片的一部分的翼面部分 46 的转动方向（也见图 6）。

转动的涡轮叶片 24 上的末梢覆板密封件 46 用于在相邻的固定覆板上形成的固定凹槽 52 内实施密封（图 1）。上述固定覆板通常具有一种位于做成具有末梢覆板密封件 46 的过道的凹槽 52 内的导流结构（未示出）。因此，末梢覆板密封件 46 在工作时可在叶片的翼面部分的相对两侧面形成压力差。

再参看图 2 和 3，上述的末梢覆板密封件 46 和末梢覆板 44 的轮廓做成大致与现有技术的相类似。但是，按照本发明的典型实施例，沿末梢覆板密封件大致在末梢覆板相对两端之中部，最好是大致在末梢覆板的沿圆周方向和轴向方向的中央设置一个切齿 54，如图所示，该切齿 54 沿径向盖住翼面 42 的中心部分。

更具体地说，切齿 54 由两个沿圆周方向（即沿转动方向）偏斜的部分 62、64 构成的中心点 63 根据 X 和 Y 轴来确定。图 2 和 3 示出 X 轴代表废燃气向涡轮排出口流动的方向，该 X 轴大致平行于转动轴线。Y 轴代表涡轮叶片 24 的转动方向，当然也代表转子轮盘 26 的转动方向。垂直于 X-Y 平面的径向 Z 轴的位置取决于柄部 38 上预定的参考面。具体地参看图 4 和 5，Z 轴位于距前柄脚 68 的前侧面 66 沿 X 轴线方向 1.866 英寸处，并且当沿垂直于柄部的方向测量时距沿上述引入式燕尾榫头延伸的密封销 72 的外侧 0.517 英寸。注意，对于直径为 0.224 英寸的密封销而言，相应的密封销 72、73 的外侧之间的距离为 1.153 英寸。应当注意，叶片的柄部部分围绕 Z 轴线顺时针转动 15.5°。因此，参看图 8 可更明显看出示于图 4 的限定 Z 轴位置的尺寸关系，上述图 8 示出测量用的真实参考取向。因此，Z 轴位置也形成坐标 $X=0$ ， $Y=0$ ，而 Z 轴上的 $Z=0$ 的点（图 4）位于距叶片装在轮盘上时的转子中心线 24.1 英寸处。

再转回参看图 6, 切齿部分 64 的上游侧面 60 (相对于转动方向) 位于沿 Y 轴线上即沿翼面转动方向自 Z-X 平面测量的 0.550 ± 0.25 英寸处。

切齿各部分 62、64 在其径向在外尖部的宽度加上或减去容许的机加工公差 ± 0.160 英寸约为 0.25 英寸。切齿部分 62 的上游缘也沿叶片转动方向, 沿 Y 轴大致位于 0.376 ± 0.160 英寸处。因此, 截齿本身的中心点 63 位于 $X=0$ 位置上沿 Y 轴线 0.588 英寸处。

图 7 示出末梢覆板 44 的一些附加细节及其与 Z 轴线的关系。在典型的实施例中, 末梢覆板密封件 46 的径向最外顶端位于距 $Y=0, X=0$ 坐标的 11.275 英寸处。在涡轮叶片的前侧面上, 末梢覆板密封件 46 的前侧面位于距 Y-Z 平面 0.88 英寸处, 而末梢覆板密封件 46 的径向顶部的宽度为 0.175 英寸, 末梢覆板密封件 46 的两侧面皆沿径向向外方向呈向内的 5.3° 的锥度。

通过设定如上所述的切齿 54 的中心点 63, 可减小末梢覆板下方的内圆角 (图 7 中标号 76, 78 所示) 处的应力, 并延长零件寿命。用于确定切齿的最佳位置的分析基于第二级涡轮叶片、末梢覆板的几何形状和末梢覆板内冷却孔的位置。因此, 切齿的精确位置将随其他的叶片-末梢覆板的形状而变化。

虽然上面结合目前认为是最实用的和优选的实施例说明了本发明, 但是应当明白, 本发明不限于所述的实施例, 而是正好相反, 要包括各种符合所附权利要求的精神和范围的改型和等同的结构方案。

零部件一览表

10	热燃气通道	42	翼面或翼面部分
12	三级燃气涡轮	44	末梢覆板
14	沿圆周隔开的导向叶片	46	末梢覆板密封件
16	涡轮叶片	48	叶片转动方向
18	涡轮转子	50	末梢覆板端部轮廓
20	转子轮盘	52	固定的凹槽
22	沿圆周隔开的导向叶片	54	切齿
24	沿圆周隔开的涡轮叶片	56,58	相对的端部
26	转子轮盘	60	切齿部分的上游侧面
28	沿圆周隔开的导向叶片	62,64	切齿部分
30	涡轮叶片	63	中心点
32	轮盘	66	前侧面
34	气流方向	68	前柄脚
36	座	72,73	密封销
38	柄部	76,78	内圆角
40	轴向引入式燕尾榫头		

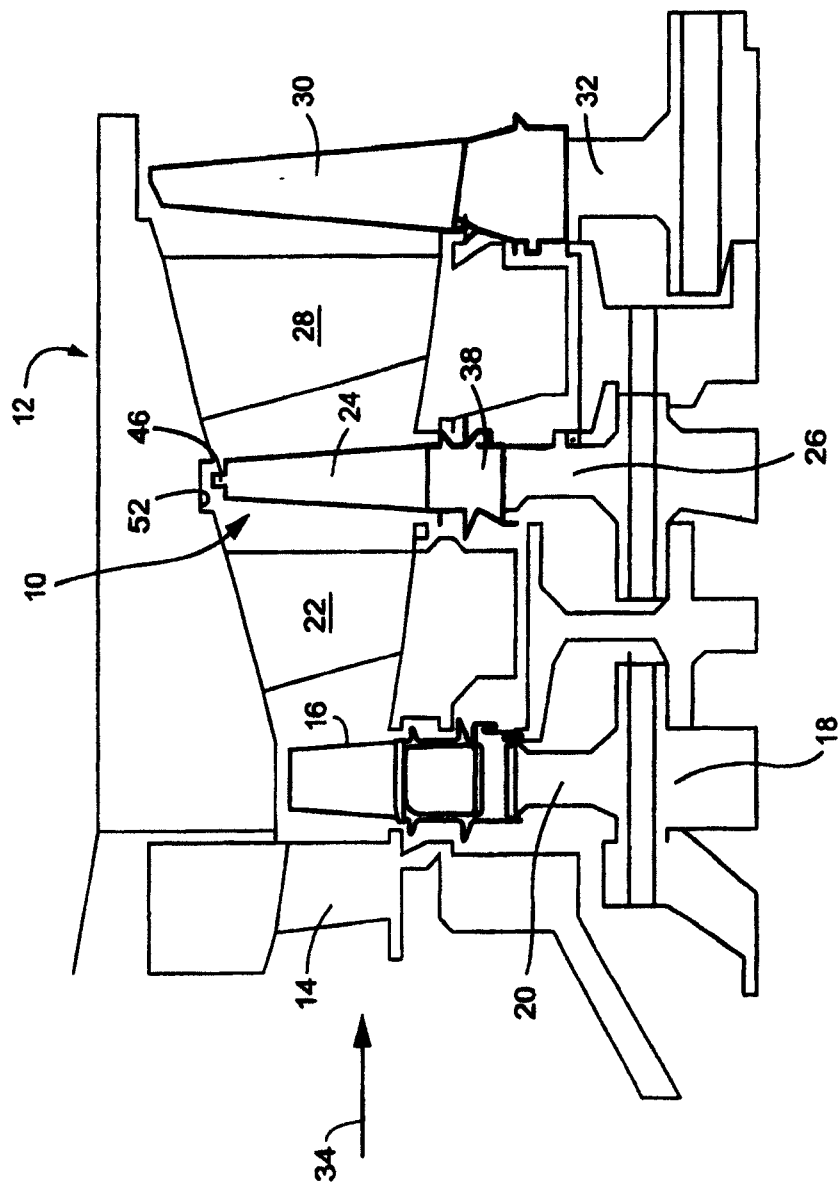


图 1

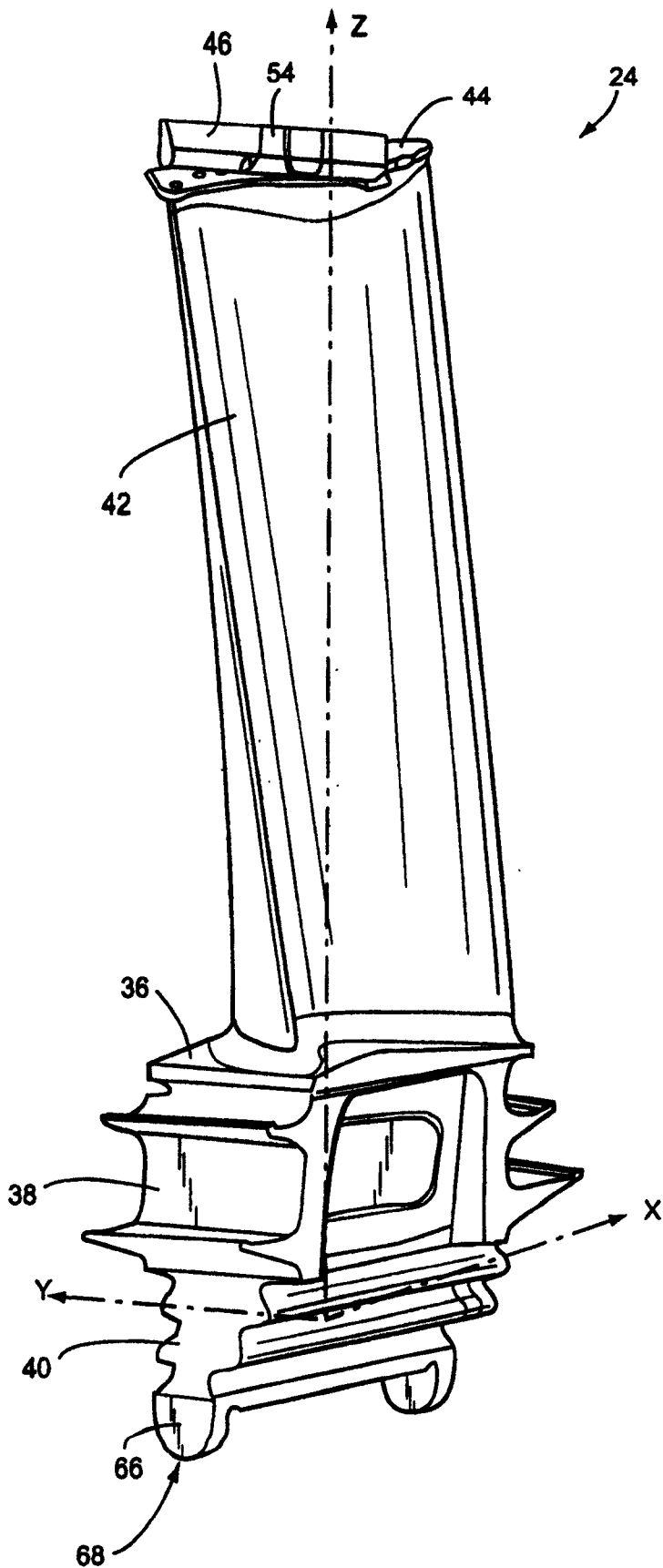


图 2

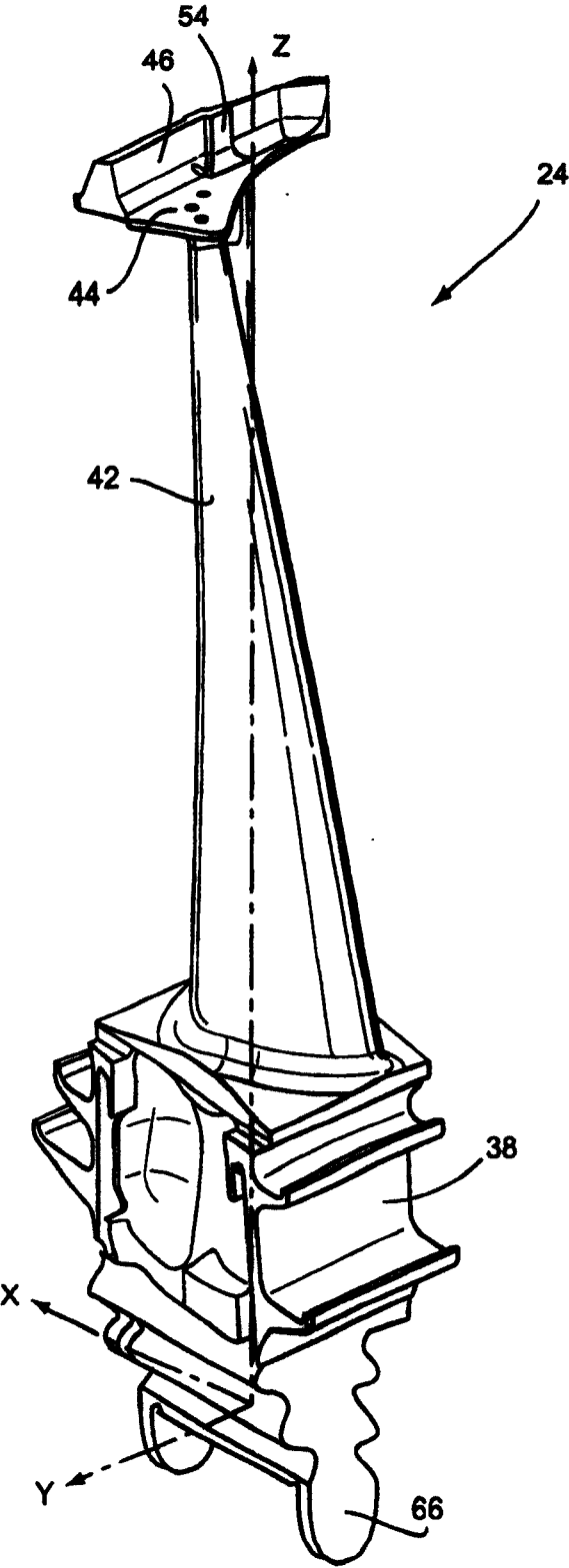


图 3

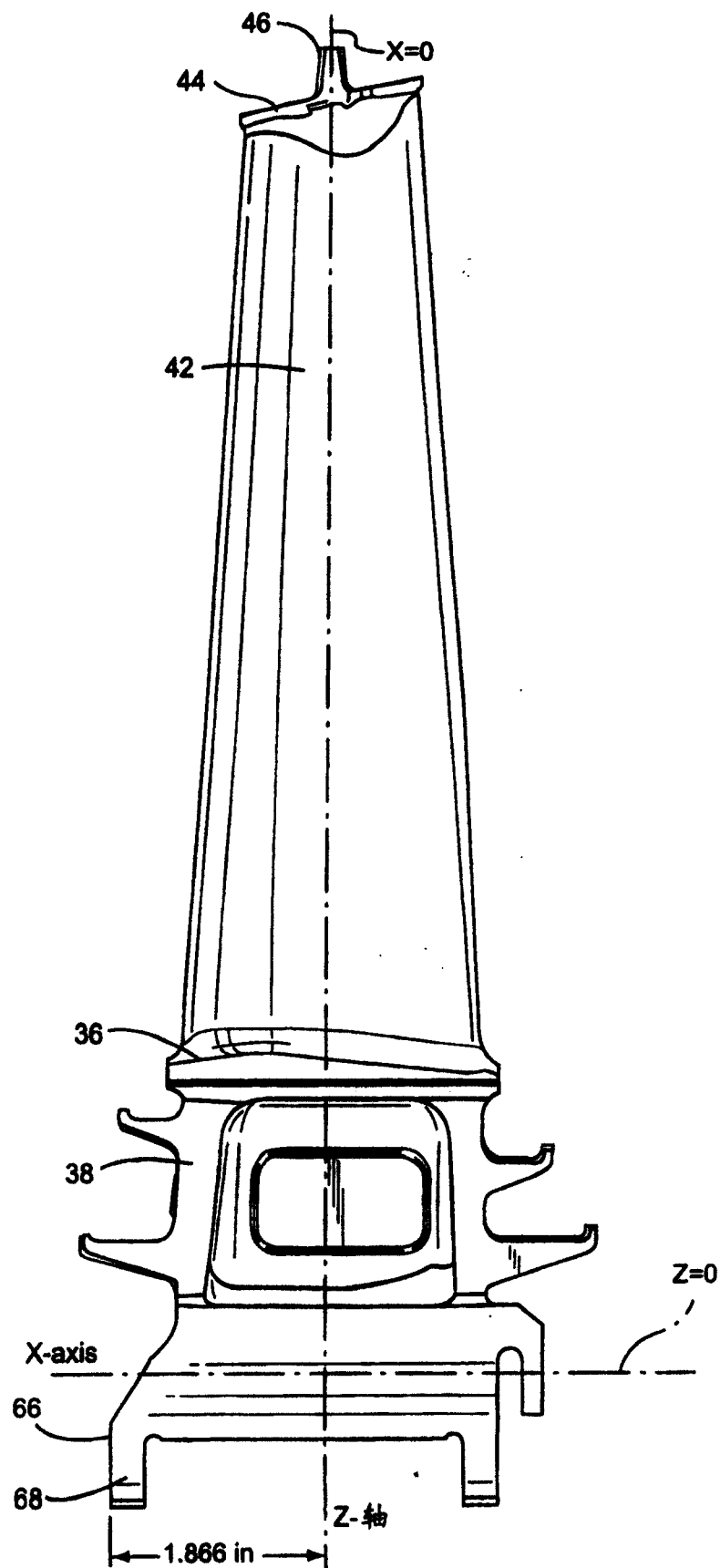


图 4

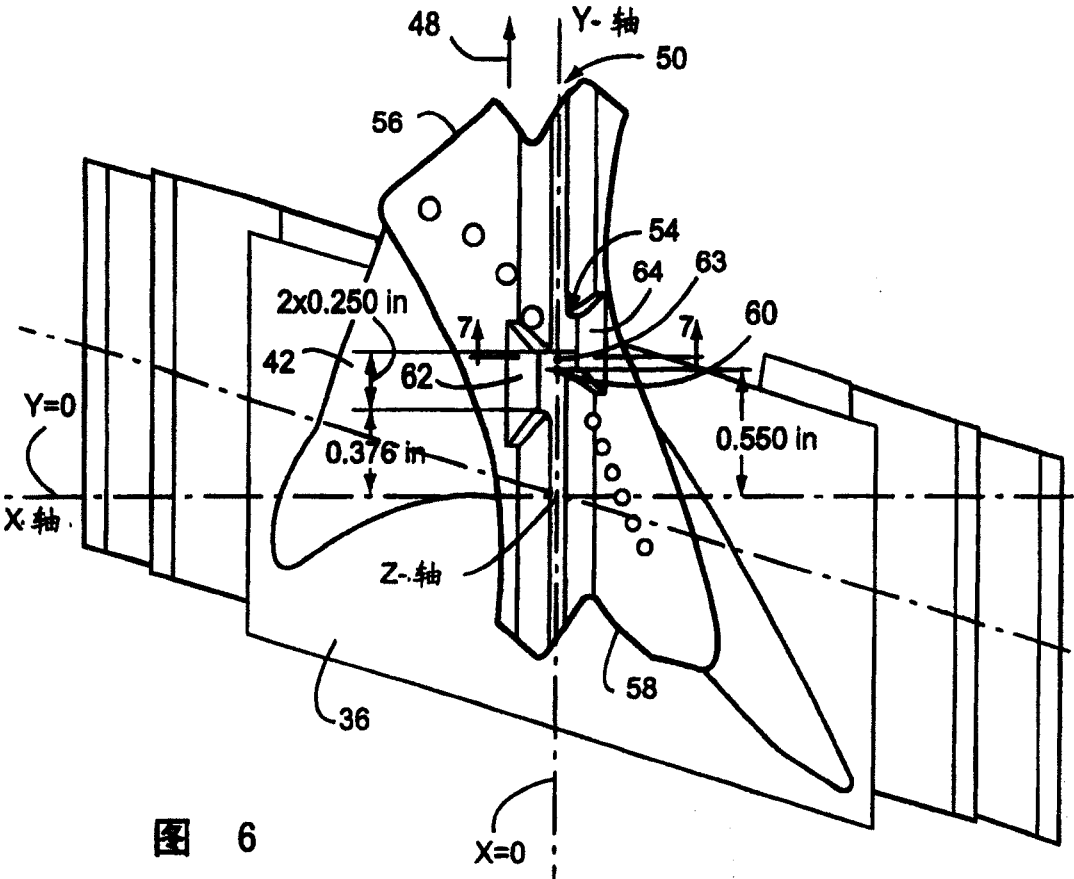


图 6

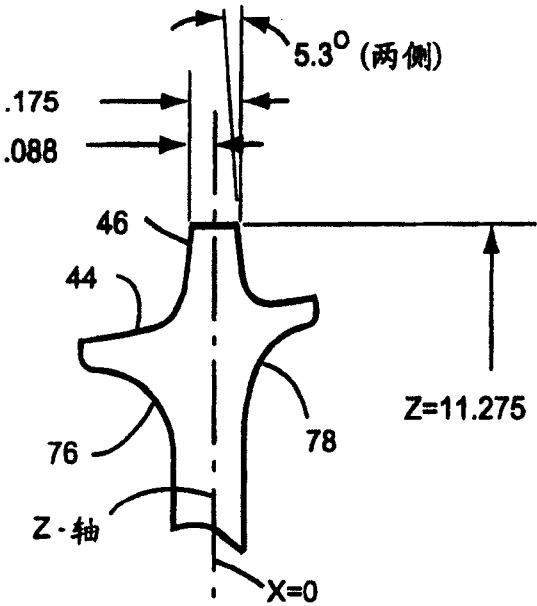


图 7