[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
F01D 5/14
B23P 15/00

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410102021.0

[43] 公开日 2005 年 6 月 22 日

[11] 公开号 CN 1629448A

[22] 申请日 2004.12.16
[21] 申请号 200410102021.0
[30] 优先权
[32] 2003.12.17 [33] US [31] 10/738288
[71] 申请人 联合工艺公司
地址 美国康涅狄格州
[72] 发明人 A·切罗利斯 W·A·克卢斯

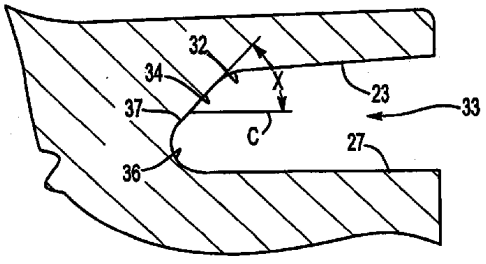
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 胡 强

权利要求书 4 页 说明书 4 页 附图 2 页

[54] 发明名称 具有后缘叶根缘板底切的涡轮叶片

[57] 摘要

一种涡轮叶片，其具有位于后缘处的其叶根缘板之下的底切。该底切具有可转移热应力集中以使之远离叶根缘板的复杂形状。优选的底切形状在其上、下范围处具有一对弯曲的圆角，以及中间的平直部分。中间的平直部分优选平行于叶根缘板的主应力场。



ISSN1008-4274

1. 一种涡轮叶片，包括:

叶根缘板以及从所述叶根缘板中向外延伸出来的翼型，所述翼型具有前缘和后缘；和

形成于所述叶根缘板的下侧面中的底切，其与所述翼型隔开，所述底切位于所述叶根缘板的与所述翼型的所述后缘相邻的端部上，所述底切将所述叶根缘板的所述下侧面与所述叶片的基部相连，所述底切具有包括三个不同部分的形状，第一部分邻接于所述叶根缘板的所述下侧面，第二部分将所述第一部分与所述基部附近的第三部分相连，所述第一和第三部分沿着曲线延伸，所述第二部分具有比所述第一和第三部分更小的曲率。

2. 根据权利要求 1 所述的叶片，其特征在于，所述第二部分基本上是平直的。

3. 根据权利要求 2 所述的叶片，其特征在于，所述第二部分平行于所述叶根缘板中的主应力场而延伸。

4. 根据权利要求 2 所述的叶片，其特征在于，在从所述底切的中心线处测量时，所述第二部分以 40°到 60°之间的角度而延伸。

5. 根据权利要求 1 所述的叶片，其特征在于，所述第三部分是具有可变半径的复合曲线。

6. 根据权利要求 5 所述的叶片，其特征在于，所述可变半径从与所述第二部分相连的点处的较大半径过渡到与所述基部相融合的点处的较小半径。

7. 根据权利要求 6 所述的叶片，其特征在于，所述第一部分具有比所述第三部分的所述可变半径更大的曲率半径。

8. 根据权利要求 7 所述的叶片，其特征在于，所述第一部分的所述曲率半径与所述第三部分在与所述第二部分相连的点处的所述曲率半径之比处于 1 到 1.25 之间。

9. 根据权利要求 7 所述的叶片，其特征在于，所述第一部分的所述曲率半径与所述第三部分在融入到所述基部中的点处的所述曲率半径之比处于 1.5 到 2.0 之间。

10. 一种涡轮叶片，包括:

叶根缘板以及从所述叶根缘板中向外延伸出来的翼型，所述翼型具有前缘和后缘；和

形成于所述叶根缘板的下侧面中的底切，其与所述翼型隔开，所述底切位于所述叶根缘板的与所述翼型的所述后缘相邻的端部上，所述底切将所述叶根缘板的所述下侧面与所述叶片的基部相连，所述底切具有包括三个不同部分的形状，第一部分邻接于所述叶根缘板的所述下侧面，第二部分将所述第一部分与所述基部附近的第三部分相连，所述第一和第三部分沿着曲线延伸，并且所述第一部分的曲率半径大于所述第二部分的曲率半径，所述第二部分是平直的，并且平行于所述叶根缘板中的主应力场而延伸。

11. 根据权利要求 10 所述的叶片，其特征在于，所述第三部分是具有可变半径的复合曲线。

12. 根据权利要求 11 所述的叶片，其特征在于，所述可变半径从与所述第二部分相连的点处的较大半径过渡到与所述基部相融合的点处的较小半径。

13. 根据权利要求 12 所述的叶片，其特征在于，所述第一部分的所述曲率半径与所述第三部分在与所述第二部分相连的点处的所述曲率半径之比处于 1 到 1.25 之间。

14. 根据权利要求 12 所述的叶片，其特征在于，所述第一部分的所述曲率半径与所述第三部分在融入到所述基部中的点处的所述曲率半径之比处于 1.5 到 2.0 之间。

15. 根据权利要求 10 所述的叶片，其特征在于，在从所述底切的中心线处测量时，所述第二部分以 40°到 60°之间的角度而延伸。

16. 一种燃气涡轮发动机，包括:

风扇；

压缩机；

燃烧部分；和

涡轮，所述涡轮包括可驱动所述压缩机和所述风扇的转子，所述转子包括叶片，所述叶片包括叶根缘板和从所述叶根缘板中向外延伸出来的翼型，所述翼型具有前缘和后缘，还包括形成于所述叶根缘板的下侧面中的底切，其与所述翼型隔开，所述底切位于所述叶根缘板的与所述翼型的所述后缘相邻的端部上，所述底切将所述叶根缘板的所述下侧面与所述叶片的基部相连，所述底切具有包括三个不同部分的形状，第一部分邻接于所述叶根缘板的所述下侧面，第二部分将所述第一部分与所述基部附近的第三部分相连，所述第一和第三部分沿着曲线延伸，所述第二部分具有比所述第一或所述第三部分更小的曲率。

17. 根据权利要求 16 所述的燃气涡轮发动机，其特征在于，所述第二部分基本上是平直的。

18. 根据权利要求 17 所述的燃气涡轮发动机，其特征在于，所述第二部分平行于所述叶根缘板中的主应力场而延伸。

19. 根据权利要求 18 所述的燃气涡轮发动机，其特征在于，所述第三部分是具有可变半径的复合曲线。

20. 根据权利要求 19 所述的燃气涡轮发动机，其特征在于，所述可变半径从与所述第二部分相连的点处的较大半径过渡到与所述基部相融合的点处的较小半径。

21. 根据权利要求 20 所述的叶片，其特征在于，所述第一部分的所述曲率半径与所述第三部分在与所述第二部分相连的点处的所述曲率半径之比处于 1 到 1.25 之间。

22. 根据权利要求 20 所述的叶片，其特征在于，所述第一部分的所述曲率半径与所述第三部分在融入到所述基部中的点处的所述曲率半径之比处于 1.5 到 2.0 之间。

23. 根据权利要求 17 所述的叶片，其特征在于，在从所述底切的中心线处测量时，所述第二部分以 40°到 60°之间的角度而延伸。

24. 一种用于整修涡轮叶片的方法，包括:

(1) 获得待整修的涡轮叶片，所述涡轮叶片具有叶根缘板和从所述叶根缘板中向外延伸出来的翼型，所述翼型具有前缘和后缘；和

(2) 在所述叶根缘板的下侧面中形成底切，其与所述翼型隔开，所述底切形成于所述叶根缘板的与所述翼型的所述后缘相邻的端部上，所述底切形成为将所述叶根缘板的所述下侧面与所述叶片的基部相连，所述底切形成为具有包括三个不同部分的形状，第一部分形成为邻接于所述叶根缘板的所述下侧面，第二部分形成为将所述第一部分与形成在所述基部附近的第三部分相连，所述第一和第三部分被切成沿着曲线延伸，并且所述第二部分形成为具有比所述第一和第三部分更小的曲率。

25. 根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，所述第二部分被切成为基本上平直的。

26. 根据权利要求 25 所述的方法，其特征在于，所述第二部分被切成与所述叶根缘板中的主应力场基本上平行。

27. 根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，在进行步骤(2)的成形之前，所述叶片中就存在有底切。

具有后缘叶根缘板底切的涡轮叶片

技术领域

本发明涉及一种位于涡轮叶片后缘的叶根缘板之下的底切(undercut)，其中该底切具有设计用于转移应力集中以使之远离叶根缘板的形状。

背景技术

涡轮叶片通常包括有叶根缘板，以及从叶根缘板中向外延伸出来的翼型。当翼型和叶根缘板与热燃气接触时，它们会承受到热应力。热应力带来了叶根缘板的设计难点。

一种降低叶根缘板处的应力的方法是在叶根缘板的后缘处形成底切。现有技术的底切通常位于单一半径部分上。虽然该已知底切的确可以减小应力集中，然而这种单一半径部分在融入到叶根缘板中的该半径部分的附近留下了高应力的区域。

发明内容

在本发明的一个公开实施例中，形成了一种用于涡轮叶片的叶根缘板的底切，其具有可转移热应力以使之远离底切与叶根缘板的分界处的形状。在一个更优选的实施例中，底切的形状包括上圆角和下圆角，以及曲率比上圆角或下圆角更小的中间部分。在一个最优选的实施例中，该中间部分是基本上平直的，并与这两个圆角相连。该平直部分优选形成为平行于叶根缘板中的最大应力位置处的主应力场。这就将大量的应力转移到了下圆角处。应力从底切融入叶根缘板的区域中转移出来降低了应力腐蚀、裂化和热机械疲劳的可能性。

附图说明

从下述说明和附图中可以最好地理解本发明的这些及其它的特征，下面是附图的简短介绍。

图 1 显示了一种燃气涡轮发动机。

图 2 显示了涡轮叶片。

图 3 显示了现有技术的底切。

图 4 显示了本发明的底切。

具体实施方式

如图 1 所示，燃气涡轮发动机 10、例如用于发电或驱动的燃气涡轮机围绕着发动机的中心线或轴向中心轴线 12 周向地设置。发动机 10 包括风扇 14、压缩机 16、燃烧部分 18 和涡轮 11。如在本领域中众所周知的那样，在压缩机 16 中被压缩的空气与燃料混合，燃料在燃烧部分 18 中燃烧并膨胀到涡轮 11 中。在压缩机中被压缩的空气和膨胀到涡轮 11 中的燃料混合物均可称为热燃气流。涡轮 11 包括转子 13 和 15，其可响应于膨胀而旋转，驱动压缩机 16 和风扇 14。涡轮 11 包括交错行列的旋转叶片 20 和静态翼型或叶片 19。图 1 只是用于说明性目的的示意性视图，并不将本发明限制在用于发电和飞机的燃气涡轮中使用。

如图 2 所示，涡轮叶片 20 具有从前缘 22 延伸到后缘 24 的翼型部分 21。叶根缘板 26 支撑了翼型 21。图中显示了底切 33 位于后缘 24 处的叶根缘板 26 的下方。在图 3 中显示了现有技术的底切 29，其具有与叶根缘板 26 的下表面 23 和叶片 20 基部的上表面 27 相连的单一半径部分 25。现有技术底切的目的是为了降低叶根缘板中的热应力集中。然而，单一半径部分 25 与叶根缘板 26 的下表面 23 相融合的区域仍保持为高热应力区域，并可能是这种现有技术叶片中的最大热应力区域。因此，虽然底切 29 的确提供了可降低叶根缘板

处的热应力的优点，然而仍然存在着应力腐蚀裂化和热机械疲劳的可能性。

图 4 显示了本发明的底切 33。这里，与表面 23 和 27 相连的底切包括三个主要区域。弯曲的第一圆角 32 形成为具有第一半径。基本上平坦或平直的第二部分 34 形成为可将第一圆角 32 与第二复合圆角 36 相连。复合圆角 36 始于点 37，并融入到表面 27 中。复合圆角优选沿着过渡半径而延伸。虽然表面 34 优选是完全平直的，但是偏离平直的某些小偏差也属于本发明的范围内。从广泛的意义上说，可以说表面 34 具有比圆角 32 或 36 更小的曲率，并设置在这两个圆角之间。

在一个最优选的实施例中，圆角 32 的半径大于复合圆角 36 的最大半径。

平直表面 34 相对于底切 33 的中心线 C 形成了角 X。角 X 优选定义为平行于叶根缘板的主应力场。在一个实施例中，该角度为 47°。在上述这一实施例中，圆角 32 的半径为 0.115，而圆角 36 的半径从端部 37 的 0.1 变化到表面 27 附近处的 0.065。

圆角 32 的曲率半径与圆角 36 在端部 37 处的曲率半径之比优选处于 1 到 1.5 之间。圆角 32 的曲率半径与圆角 36 的靠近其相对端或底端处的曲率半径之比优选为 1.5 到 2。

角 X 和主应力场将根据几个特征而变化，其中包括切入到叶根缘板中的底切槽的深度。由于底切变深，因此角 X 将变小。另一方面，浅槽将导致更陡峭的角度。可以预期的是，角度的范围将处于 40° 到 60°之间。在轴向叶根缘板的总长与底切的深度之间可以限定一个比值。该比值的恰当范围将在 7 到 12 左右，一个示例性底切的叶根缘板长度与底切深度之比为 8.8。

本发明利用其复合型底切形状而将最大热应力区域从上圆角 32 处移开，并将其转移到点 37 的附近。由于这里是叶片 20 的较冷区域，因此应力腐蚀、裂化或热机械疲劳的可能性降低。

本发明的底切也可用来对具有其它类型底切的翼型、甚至是无底切的翼型进行整修。底切优选加工在叶片中，并具有如图 4 所示的形状。可以使用计算机控制的铣床。当以这种方式进行加工时，底切将平直地出入图 4 的图幅平面，这与典型的底切不同。在新叶片中形成的底切将在叶片的整个深度上（即进入图 4 的图幅平面中）具有小一些的曲率。然而为了简化加工，在切削底切时忽略这一曲率也是可以的。

整修翼型的方法可与剪切现有叶片以修补现有裂缝的现有方法相结合。也就是说，当整修已使用过的叶片时，可与用于修补任何现有裂缝的工艺一起在叶片中切出本发明的底切。在题为“用于修理涡轮叶片根部后缘中的裂缝的方法”的美国专利 6490791 中大致介绍了这种方法。

虽然已经公开了本发明的一个优选实施例，然而本领域的普通技术人员应当理解，在本发明的范围内可进行一些修改。出于此原因，应当研究所附的权利要求来确定本发明的真实范围和内容。

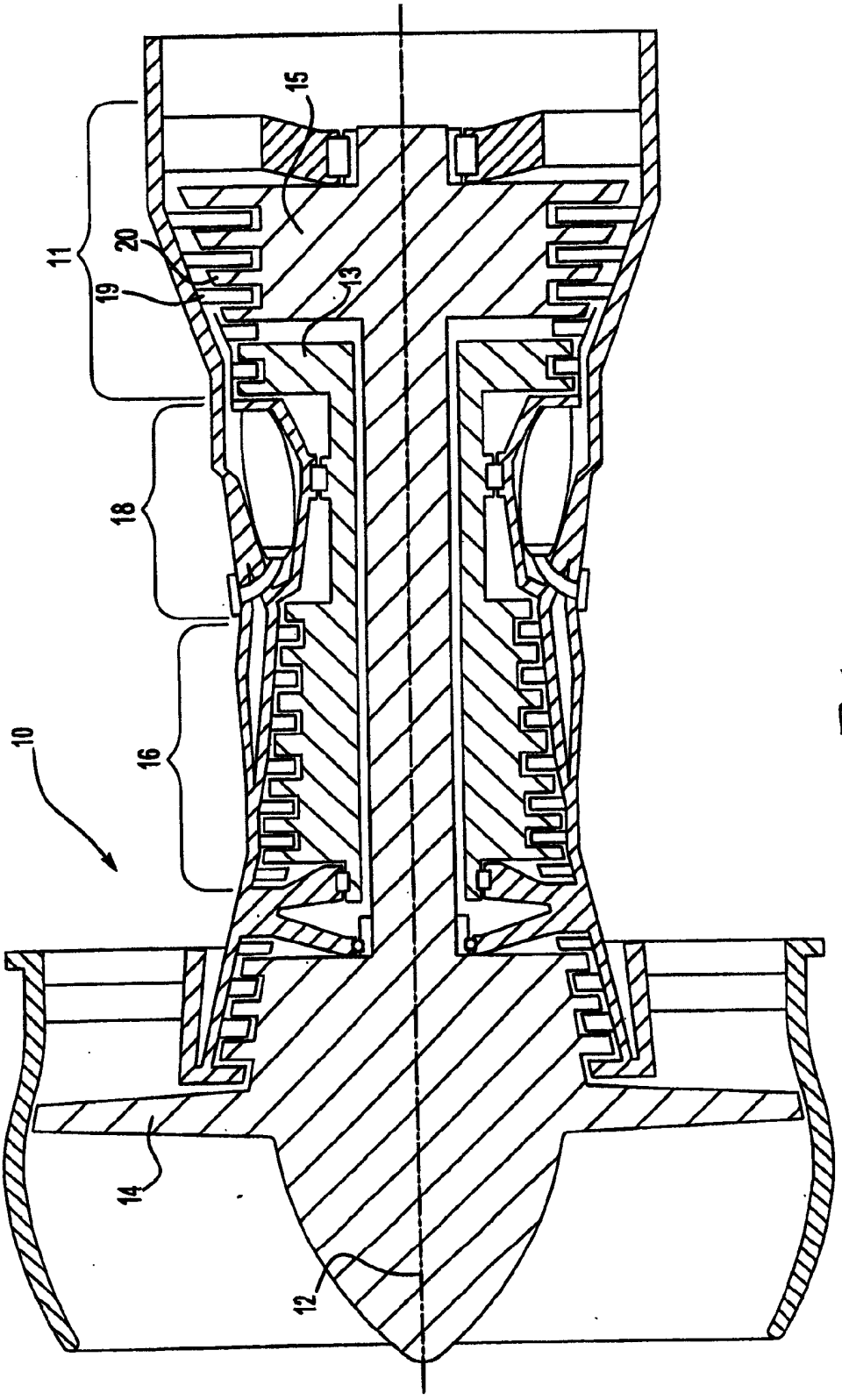


图 1

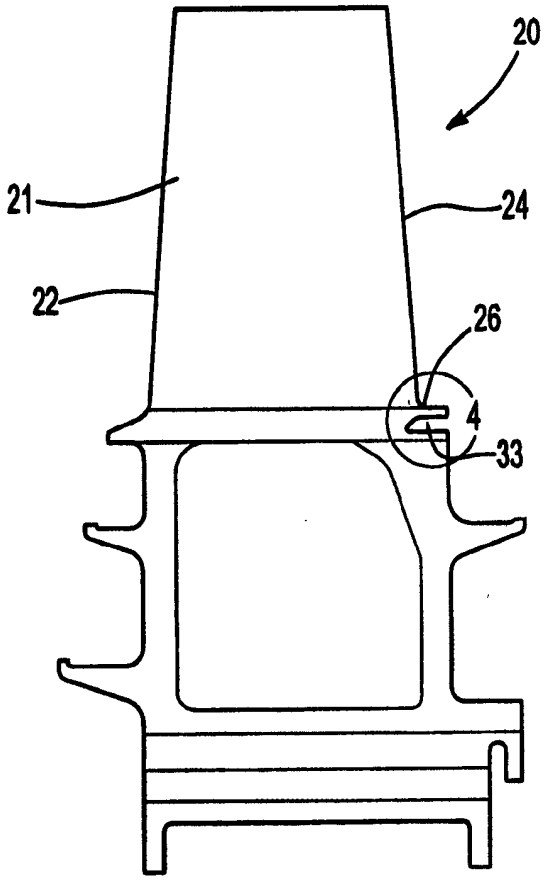


图 2

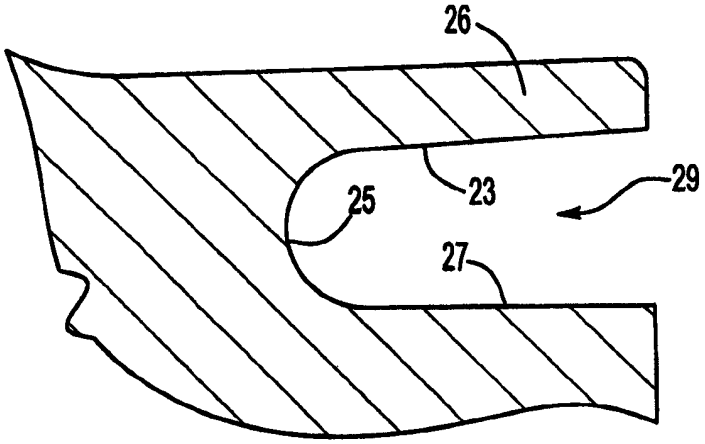


图 3

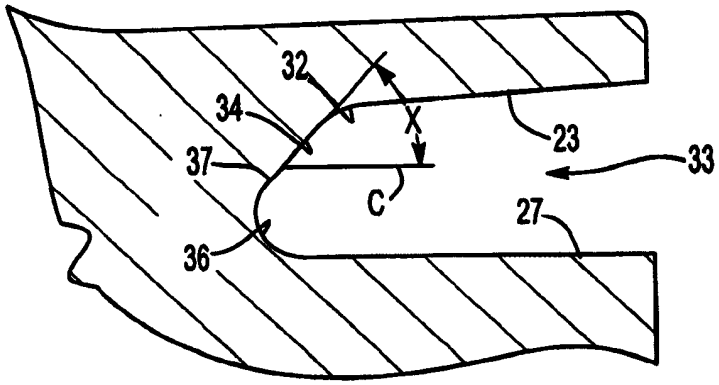


图 4