

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

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



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610111136.5

[43] 公开日 2007 年 2 月 7 日

[11] 公开号 CN 1908380A

[22] 申请日 2006.8.3

[21] 申请号 200610111136.5

[30] 优先权

[32] 2005. 8. 3 [33] US [31] 11/197152

[71] 申请人 联合工艺公司

地址 美国康涅狄格州

[72] 发明人 B·P·迪布 J·W·戈兰

R·J·布彻尔

R·M·小萨尔兹洛

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 赵 辛

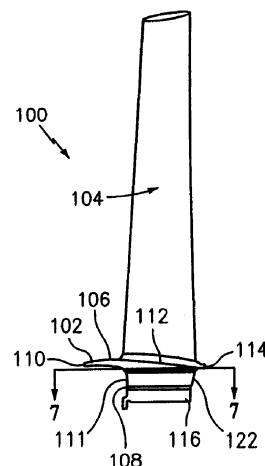
权利要求书 3 页 说明书 5 页 附图 5 页

[54] 发明名称

涡轮叶片

[57] 摘要

提供了一种用于气体涡轮发动机的涡轮叶片。涡轮叶片包括平台，从平台径向延伸出的翼面，以及包括带有较高应力侧和较低应力侧的非对称根颈部的连接部分。涡轮叶片可以进一步具有附加材料，以及用于分散翼面伸出于颈部的区域内应变的复合圆角。



1. 一种用于在吸入和压力侧之间提供具有平衡的应力集中的涡轮叶片的方法，包括步骤：
- 5 形成涡轮叶片，其具有平台，在平台下具有颈部的连接部分，以及从所述的平台处径向延伸出的翼面部分；和
- 调整朝向颈部低应力侧的力矩。
2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于：所述的调整步骤包括从所述的颈部较低应力侧移去材料。
- 10 3. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于：所述的调整步骤包括向所述的颈部较高应力侧添加材料。
4. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于：所述的调整步骤包括从所述的颈部较低应力侧移去材料和向所述的颈部较高应力侧添加材料，从而形成非对称的颈部。
- 15 5. 根据权利要求4所述的方法，其特征在于：所述的调整步骤包括从所述的颈部吸入侧移去材料和向所述的颈部压力侧添加材料。
6. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于：此方法进一步包括分散翼面伸出于颈部的区域中的应变。
- 20 7. 根据权利要求6所述的方法，其特征在于：所述的应变分散的步骤包括向连接部分的后根面添加附加材料，其中所述的后根面在第一端部有大致平坦的部分；所述的沉积步骤包括在与所述的第一端部分隔的某点开始添加所述的附加材料；所述的添加步骤包括添加所述的附加材料，这样所述的附加材料从与所述的第一端部分隔的某点
- 25 到所述的平台表面增加了厚度。
8. 根据权利要求6所述的方法，其特征在于：所述的应变分散的步骤包括在连接部分的较高应力侧根部尾缘形成复合圆角，这里所述的形成步骤包括：形成带有平坦部分的颈部边缘，连接到所述的平

坦部分上的拱形的过渡部分,以及在所述的过渡部分端部添加材料以形成所述的复合圆角,这里所述的形成步骤进一步包括从所述的颈部的较低应力侧移去材料以形成非对称的颈部。

9. 一种涡轮叶片包括:

5 平台;

从所述的平台径向延伸出的翼面; 和

包括具有较高应力侧和较低应力侧的非对称根颈的连接部分。

10. 根据权利要求 9 所述的涡轮叶片, 其特征在于: 所述的较高应力侧包括压力侧, 且所述的较低应力侧包括吸入侧。

10 11. 根据权利要求 9 所述的涡轮叶片, 其特征在于: 所述的非对称根颈朝向非对称根颈的较低应力侧, 相对于峰值应力区域重心调整限制性部分重心之上的体积力矩。

12. 根据权利要求 11 所述的涡轮叶片, 其特征在于: 通过向所述根颈的所述较高应力侧添加材料, 形成所述的非对称根颈。

15 13. 根据权利要求 11 所述的涡轮叶片, 其特征在于: 通过从所述根颈的较低应力侧去除材料, 形成所述的非对称根颈。

14. 根据权利要求 11 所述的涡轮叶片, 其特征在于: 通过从所述根颈的较低应力侧去除材料, 以及向所述根颈的较高应力侧添加材料, 形成所述的非对称根颈。

20 15. 根据权利要求 9 所述的涡轮叶片, 其特征在于: 所述的连接部分具有前向根面, 所述的根颈部分具有从所述的前向根面延伸出的带有平坦部分的边缘, 位于所述前向根面端部相邻位置的拱形过渡区域, 以及从所述的过渡区域端部延伸出的复合圆角。

25 16. 根据权利要求 15 所述的涡轮叶片, 其特征在于: 所述的平台包括尾缘, 所述的复合圆角包括曲形表面, 它从所述的过渡区域的所述端延伸至所述的较高压力侧和所述的尾缘的交叉部分附近的点, 其中所述的复合圆角从所述复合圆角与所述平台表面以及突起边脊的交叉点处增加了高度。

17. 根据权利要求9所述的涡轮叶片，其特征在于：进一步包括用于分散翼面伸出于所述颈部区域内的应变的机构。

18. 根据权利要求17所述的涡轮叶片，其特征在于：所述的连接部分有后根面，所述的应变分散机构包括在后根面上形成的附加材料，这里所述的应变分散机构进一步包括在所述平台的较高压力侧端部的复合圆角，这里所述的后根面具有平坦部分，所述的附加材料包括从所述平坦部分边缘分隔开的前缘，这里所述的前缘是拱形的，这里所述的附加材料从所述的前缘到与平台表面相邻的某点之间增加了厚度。

19. 一种涡轮叶片包括：

平台；

从所述的平台径向延伸出的翼面；

包括颈部和较高压力侧的连接部分；和

用于分散翼面伸出于所述颈部的区域内的应变的机构。

20. 根据权利要求19所述的涡轮叶片，其特征在于：所述的连接部分包括后根面，所述的应变分散机构包括在所述后根面上的添加材料。

21. 根据权利要求20所述的涡轮叶片，其特征在于：所述的后根面具有始于第一端部的平坦部分，所述的附加材料从与所述第一端部相隔的前缘，延伸到所述的附加材料和所述的平台底侧相交的位置，这里所述的附加材料从所述的前缘到所述的位置增加了厚度。

22. 根据权利要求20所述的涡轮叶片，其特征在于：所述的应变分散机构进一步包括在所述的连接部分的较高应力侧尾缘的复合圆角；这里所述的复合圆角包括边脊；所述的复合圆角从所述复合圆角与所述的平台底侧相交的点到所述的边脊，增加了厚度，这里所述的连接部分有平坦部分，所述的应变分散机构进一步包括在所述平坦部分和所述复合圆角之间的曲形过渡区域。

涡轮叶片

5 技术领域

政府的利益声明:

本发明是在美国空军部授予的合同 No.F33657-D-2051-524 下完成的, 美国政府享有本发明的权利。该发明涉及一种用于气体涡轮发动机的改良设计的涡轮叶片。

10

背景技术

参考图 1, 一般用于气体涡轮发动机中的涡轮叶片 10 包括平台 12, 从平台一侧径向延伸的翼面 14, 从平台的另一侧或底侧延伸的连接或根部分 16。根部分 16 一般包括带有多个锯齿状突起的尾榫部分, 以及在平台底侧与尾榫部分之间的颈部分。如图 1 所示, 翼面 14 可以外伸于根部分 16 的底部(footprint)。袋状结构 18 也构造在涡轮叶片 10 上, 其一般是铸件结构。连接或根部分 16 的颈部分刚好起始于袋状结构 18 之下, 并形成限制性结构, 有效应力作用于这一区域, 该应力如果处理不当, 可能是破裂和其他潜在失败模式的缘由。平衡吸入侧和颈部压力侧之间的应力集中, 以及涡轮翼面 14 上的应力是非常需要的。

假设低压涡轮翼面在较低速度和温度的条件下, 根部分 16 的根轴向长度一般短于翼面的弦轴(chord axial)部件。大多数低压涡轮翼面也具有较短的连接根颈长度。伸出翼面和短颈长度形成负载路径, 在大多数情况下其将应力集中在根部。图 2 中例示说明了这一点。在某些情况下, 这些应力是无法接受的, 并且是潜在的断裂根源。此问题的传统解决方法是增加根轴向长度和宽度并加大锯齿状突起的尺寸。这一传统的解决方法需要新的圆盘设计并增加重量。

发明内容

本发明的涡轮叶片可更好地平衡涡轮叶片根颈较低和较高应力侧之间的应力集中。

根据此发明，涡轮叶片广泛地包括平台、从平台径向延伸出的翼面以及连接部分（其包括具有较高和较低应力侧的非对称根颈）。5

进一步地，根据本发明，这里提供的涡轮叶片广泛地包括平台，从平台径向延伸出的翼面，连接部分（包括带有后根面和根部较高应力侧的颈部），以及用于分散翼面伸出颈部区域中应变的机构。

此发明也涉及一种方法，用于提供具有在吸入和压力侧之间平衡应力集中的涡轮叶片。该方法广泛地包括形成涡轮叶片的步骤（该叶片具有平台，平台下面带有颈部的连接部分，从平台径向延伸出的翼面部分）以及向颈部较低应力侧调整力矩。10

该发明涡轮叶片的其他细节，以及其他方面和另外附带的优点在以下的详细描述和附图（其中，相同的参考标号描述相同的元件）15 中阐述。

附图说明

图 1 是现有技术的涡轮叶片的底视图；

图 2 阐明了现有技术的涡轮叶片的负载路径，其在涡轮叶片的底部集中应力；20

图 3 是根据该发明的涡轮叶片的侧视图；

图 4 是图 3 所示涡轮叶片连接部分的放大图；

图 5 是根据该发明的涡轮叶片的底视图；

图 6 是图 1 所示现有技术的涡轮叶片的限制性部分的截面图；

图 7 是图 3 中沿着线 7-7 所示涡轮叶片的限制性部分的截面图；25

图 8 是限制性部分的截面图，其阐明了根据该发明提供非对称根颈的技术；

图 9 是该发明的涡轮叶片透视图，其阐明了根据该发明用于分

散根颈应变的机械部件;

图 10 阐明了作用于现有技术的涡轮叶片的应力; 以及

图 11 阐明了作用于该发明的涡轮叶片的应力。

5 具体实施方式

参见附图, 图 3 到图 5 阐明了根据该发明的涡轮叶片 100。涡轮叶片 100 有平台 102、从平台 102 的第一侧 106 径向延伸出的叶片 104、和从平台 102 第二侧 110 延伸出的连接或根部分 108。袋状结构 112 形成于平台 102 的侧面。正好在袋状结构 112 的下面, 颈部分 114 形成根部分 108 的一部分。根部分 108 也包括尾榫部分 116, 其用于连接涡轮叶片 100 到如旋转式圆盘的旋转件(图中没有显示)。根部分 108 包括前根面 111 和后根面 122。

在图 5 中能够最好看出, 翼面 104 伸出于根部分 108 的底部 118。现参考图 5 和图 9, 为了避免应力集中在涡轮叶片 100 的根部分 108 上, 伸出翼面 104 引起的应力和应变分散在了增加的区域上。该增加区域的一部分由沿着后根面 122 的附加材料 120 所形成。附加材料 120 可以是铸件材料或沉积材料, 也可以是形成涡轮叶片 100 相同或与之兼容的材料。

如图 9 所见, 后根面 122 具有平面部分 125, 其从边缘或表面 127 延伸。附加材料 120 的前缘 129 始于表面 127 相间隔的一点。前缘 129 优选地拱形分隔, 并从后根面 122 的第一侧 133 延伸至后根面 122 第二侧或相对侧 135。附加材料 120 从前缘 129 到其与平台 102 第二侧 110 的交点处增加了厚度。这导致后跟面 122 与平台 102 的接触处具有弯曲的非线性形状 137, 如图 8 所示。

另外, 如果需要的话, 用于分散应力和应变的增加区域可以包括开始于点 139 的复合圆角 124, 该点大约在距前根面 111 到平台 102 的尾缘 128 距离的 88% 处。复合圆角 124 优选地位于平台 102 的较高应力侧 126。一般地, 较高应力侧 126 是平台的压力侧。复合圆角

124 可以由与形成涡轮叶片 100 相同的材料形成的铸件结构, 或者可以是与形成涡轮叶片 100 相同材料或与之兼容的不同材料形成的沉积材料形成。若需要, 复合圆角 124 可以机加工出。

根颈部分 114 优选地包括了平坦的或大致平坦的部分 202, 其从前根面 111 延伸大约至前根面 111 到尾缘 128 距离的中点处。上缘 200 有一拱形过渡区域 206, 该区域从点 204 延伸至复合圆角 124 的起始点 208。从图 5 和图 9 可见, 复合圆角 124 可以从点 139 弧形地延伸至平台的较高应力侧 126 和尾缘 128 的交点或其附近。复合圆角 124 是三维的, 并且它从平台 102 的第二边 110 的平面上升到突起边脊 210, 在此与附加材料 120 相交。

作为增加附加材料 120 和复合圆角 124 的结果, 负载可以通过较大的面积而更多地在压力侧和吸入侧(suction side)锯齿状突起 212 和 214 之间分散。此外, 根颈部 114 是轴向呈锥形, 增加了朝向根部 108 后方的根厚度。这样有助于减少颈部 114 中心的硬度。

涡轮叶片 100 具有最长的应力寿命。颈部 114 最上方的限制部分 130 正好在平台 102 的下方。伸出翼面 104 产生的应力集中, 在限制性区域 130 的较高应力侧 134 (一般是压力侧) 和较低应力侧 132 (一般是吸入侧) 之间应该得到平衡。

根据此发明, 相对于峰值应力区域的重心 142 调整限制部分重心 140 之上的体积力矩, 可以重新分布应力负载, 且无需调整限制部分 130 上涡轮叶片 100 部分的体积。这是通过调整区域重心 142 实现的, 其可影响限制区域上方涡轮叶片部分的体积产生的力矩。增加较低应力侧的力矩会极大的减小较高或峰值应力侧的应力。

通过从限制区域 130 的较低应力侧 144 (吸入侧) 中去除材料, 或在高应力侧 146 (压力侧) 增加材料, 可以在峰值应力侧完成所需减少的应力。这在图 8 中示出, 并且造成颈部 114 不对称。从图 6 和图 7 中可以看到位于限制区域上的体积重心 140 和区域重心 142 的变化, 可以看出图 7 中体积重心 140 和区域重心 142 之间的距离

D2, 大于图 6 中体积重心 140 和区域重心 142 之间的距离 D1。这表明增加了对较低应力侧 144 的力矩。

在该发明的一个实施例中, 一个或多个良好的应力区域里可以从 144 面移去大约 0.005 英寸的材料。此外, 附加材料可以导致较高
5 应力或压力侧 146 增长 0.020 英寸。附加材料可以包括与涡轮叶片 100 材料相同或匹配的材料, 也可以采用复合圆角 124 以及从平坦或大致平坦的部分 202 到复合圆角 124 的过渡区域 206 的形式。如前所述, 在涡轮 100 形成以后, 附加材料可以是铸件材料或沉积材料。

在实现该发明时, 从较低应力侧或吸入侧 144 去除的材料, 应
10 该与翼面部分 104 上总的 $P(\text{力})/A(\text{区域})$ 应力平衡。此外, 弯曲力矩以这种方式更多优选地移向一面, 以减小另一面的峰值应力。

如图 8 所示, 上述的调整产生了颈部 114 的非对称特性。发明中非对称的颈部 114 对于带有扩孔角的叶片有特殊的作用。

图 10 表明了对现有技术涡轮叶片压力侧的应力, 尤其是在压力
15 端铸件袋 300 处的应力。图 11 说明了由该发明导致的减小的应力。从图 11 可以看出, 在压力侧铸件袋 300 处的应力减小了 42%, 在压力侧机加工圆角 302 处的应力减小了 31%。

图 1
(现有技术)

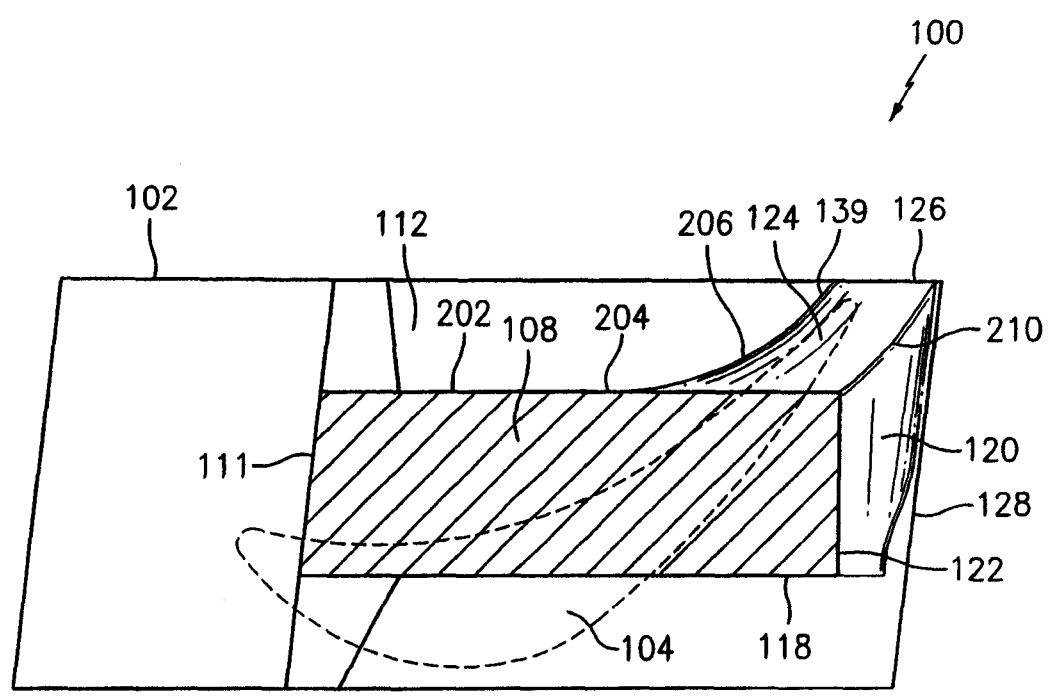
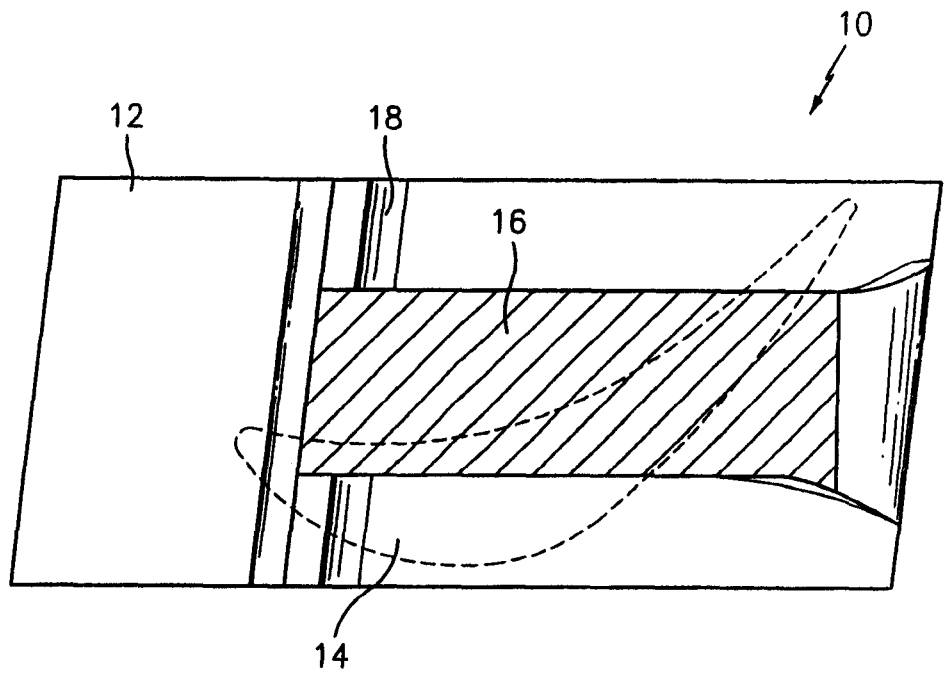


图 5

图 2
(现有技术)

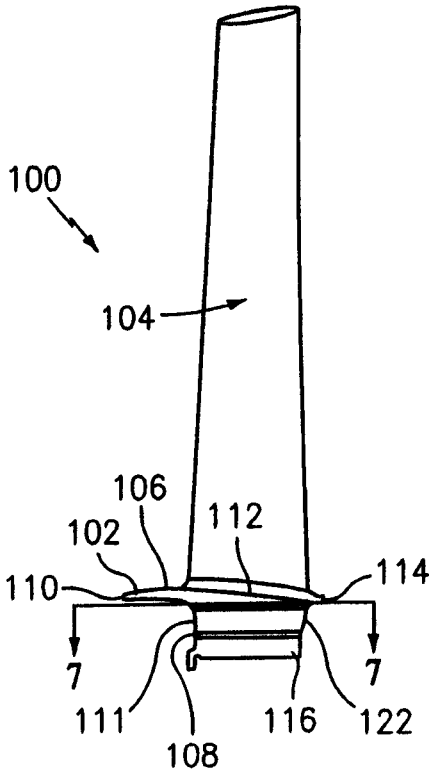
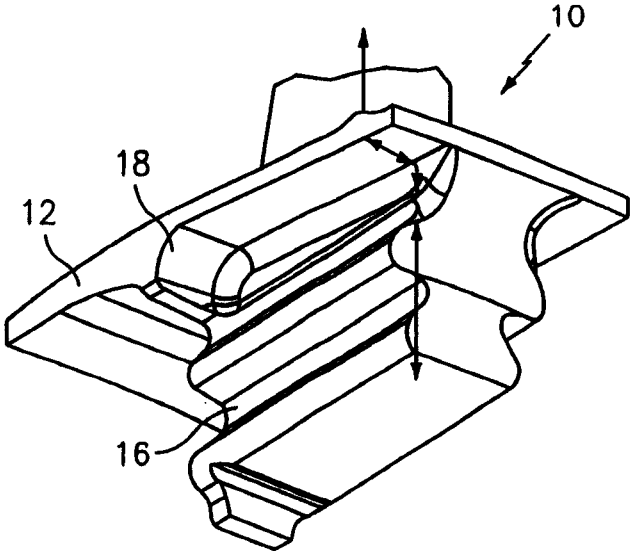


图 3

图 4

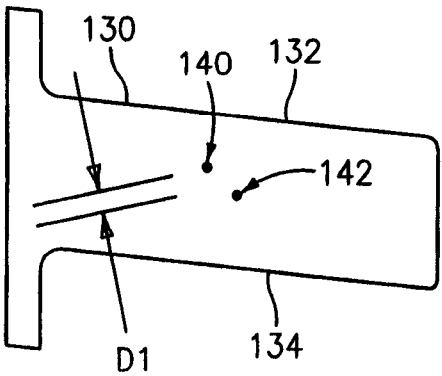
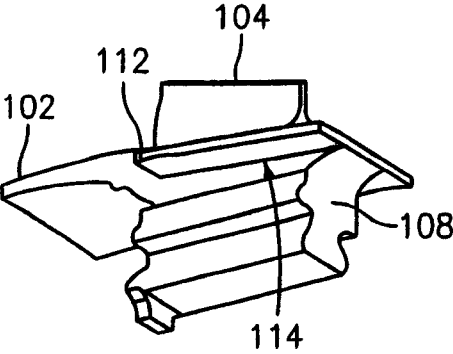


图 6

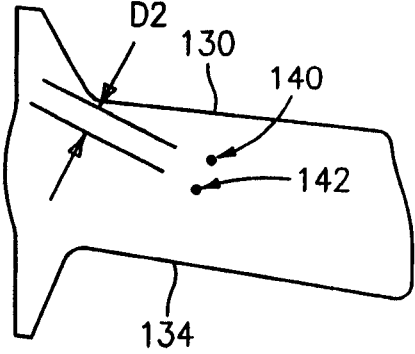


图 7

图 8

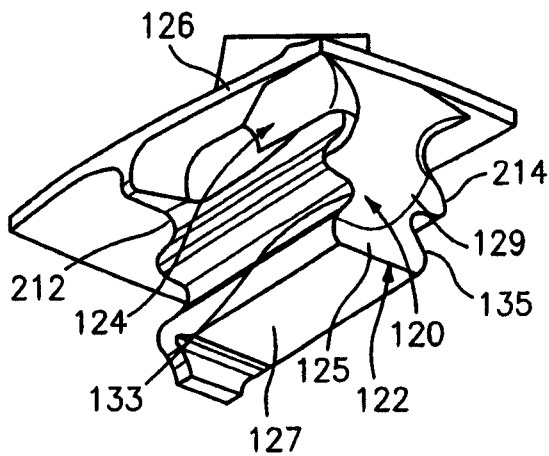
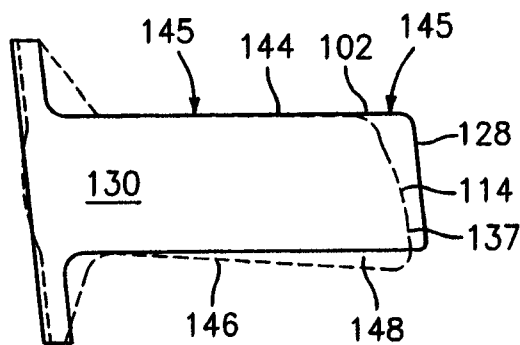


图 9

