[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F01D 5/18 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610128898.6

[43] 公开日 2007 年 5 月 16 日

[11] 公开号 CN 1963156A

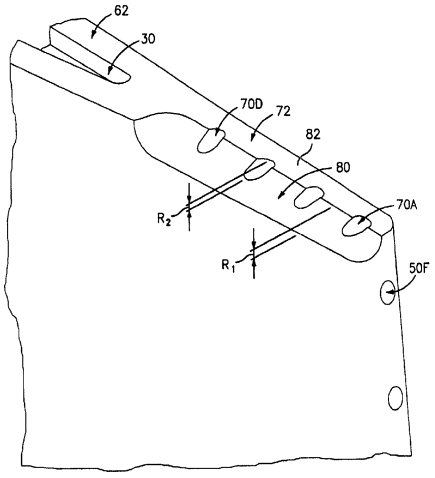
[22] 申请日 2004.1.30
[21] 申请号 200610128898.6
分案原申请号 200410002544.8
[30] 优先权
[32] 2003.1.31 [33] US [31] 10/355664
[71] 申请人 联合工艺公司
地址 美国康涅狄格州
[72] 发明人 W·A·克卢斯 S·J·芬克
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 谭祐祥
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

[54] 发明名称

涡轮叶片

[57] 摘要

本发明提出了一种叶片，它具有：一个平台；和一个翼面，该翼面具有：一个位于上述平台处的叶根，一个具有减压区的叶尖，前缘和后缘，和一条内部冷却通道网路，该网路包括：至少一个后缘内空穴，多个从上述后缘延伸至上述后缘内空穴的后缘小孔，和多个从上述叶尖延伸至上述后缘内空穴的叶尖小孔，所述减压区仅部分地穿越所述叶尖小孔的出口。



1. 一种叶片，它具有：

一个平台；和

一个翼面，该翼面具有：

一个位于上述平台处的叶根；

一个具有减压区的叶尖；

前缘和后缘；和

一条内部冷却通道网路，该网路包括：

至少一个后缘内空穴；

多个从上述后缘延伸至上述后缘内空穴的后缘小孔；和

多个从上述叶尖延伸至上述后缘内空穴的叶尖小孔，所述减压区仅部分地穿越所述叶尖小孔的出口。

2. 根据权利要求 1 所述的叶片，其特征在于，所述减压区沿着压力侧设置。

3. 根据权利要求 1 所述的叶片，其特征在于，所述减压区是凹形的。

4. 一种涡轮叶片，它具有：

一个平台；和

一个翼面，该翼面具有：

一个位于上述平台处的叶根；

一个具有凸缘的叶尖；

前缘和后缘；和

一条内部冷却通道网路，该网路具有：

一个后缘内空穴；和

多个从后缘内空穴延伸到所述凸缘的叶尖小孔；以及用于防止上述叶尖小孔因接触而堵塞的结构。

5. 根据权利要求 4 的涡轮叶片，其特征在于，所述多个叶尖小孔从上述的后缘内空穴向外分叉到上述后缘和叶尖。

6. 一种制造叶片的方法，包含如下步骤：

铸出一种涡轮叶片毛胚，该毛胚具有

一个平台；和

一个翼面，

该翼面沿着从上述平台处的叶根附近至叶片末端的长度延伸；

具有将压力侧和负压侧分隔开的前缘和后缘；和

具有一条包括至少一个后缘内空穴的冷却通道网路；

在翼面上加工出从后缘延伸至上述后缘内空穴的第一组小孔；

在翼面上加工出从叶尖延伸至上述后缘内空穴的第二组小孔；和

沿着所述叶尖的压力侧形成一个浅槽，该浅槽仅部分地穿过上述第二组小孔的出口。

7. 根据权利要求 6 的方法，其特征在于，第一组小孔和第二组小孔加工成在端部连续地呈扇形展开排列的小孔。

8. 根据权利要求 6 的方法，其特征在于，所述浅槽是凹形浅槽。

9. 根据权利要求 6 的方法，其特征在于，上述的加工第二组小孔的步骤包括连续渐进地改变钻头取向，以便钻出从后缘内空穴分叉的所述第二组小孔。

10. 根据权利要求 6 的方法，其特征在于，上述的加工第一组小孔和加工第二组小孔的步骤包括激光钻孔。

涡轮叶片

本申请是申请号为 200410002544.8、申请日为 2004 年 1 月 20 日、名称为涡轮叶片的专利申请的分案申请。

技术领域

本发明涉及涡轮机，尤其涉及冷却的涡轮叶片。

背景技术

热的控制是涡轮叶片设计和制造技术中的一个重要考虑。涡轮叶片通常做成具有内部冷却通道网路，普通的冷却通道网路接收经叶片平台的冷却空气，该冷却空气经回旋状流道流过翼面，至少有一部分冷却空气经翼面上的孔而离开叶片。这些孔包括例如沿翼面的压力侧和负压侧表面分布的“气膜孔”和位于前缘和后缘上这些表面接合处的小孔。另外在叶尖上也可设置小孔。在普通的制造技术中，涡轮叶片的主要部分通过铸造和机加工工艺制成。在铸造过程中，采用一种牺牲型芯来形成冷却通道网路的主要部分。上述型芯通过其在铸件尖部突出的部分正确地支承在叶片尖部，当型芯脱除后便留下相应的孔洞。因此，通常制出带有一种叶尖部空腔的叶片铸件，并在上述尖部空腔内置入一种板盖以便至少部分地阻塞由型芯留下的孔洞。这就可按需要调节流过叶尖的气流量和分布，以达到理想的性能。美国专利 No.3533712、3885886、3982851、4010531、4073599、和 5564902 公开过上述结构的实例。在多种这类叶片中，上述的板件置于上述铸件尖部空腔内部低于叶尖顶表面之处而形成叶片尖部空穴或者说叶尖充气区。

发明内容

本发明提出了一种具有一个平台和一个翼面的叶片，该翼面具有：一个位于上述平台处的叶根，一个具有减压区的叶尖，前缘和后缘，和一条内部冷却通道网路，该网路包括：至少一个后缘内空穴，多个从上述后缘延伸至上述后缘内空穴的后缘小孔，和多个从上述叶尖延伸至上述后缘内空穴的叶尖小孔，所述减压区仅部分地穿越所述

叶尖小孔的出口。

本发明还提出了一种制造叶片的方法，包含如下步骤：铸出一种涡轮叶片毛胚，该毛胚具有一个平台，和一个翼面，该翼面沿着从上述平台处的叶根附近至叶片末端的长度延伸；该翼面具有将压力侧和负压侧分隔开的前缘和后缘，和具有一条包括至少一个后缘内空穴的冷却通道网路；在翼面上加工出从后缘延伸至上述后缘内空穴的第一组小孔；在翼面上加工出从叶尖延伸至上述后缘内空穴的第二组小孔；和沿着所述叶尖的压力侧形成一个浅槽，该浅槽仅部分地穿过上述第二组小孔的出口。

本发明的一个方面是提供一种叶片，该叶片具有一个平台和一个带有一个位于上述平台处的叶根和一个叶尖的翼面，该翼面具有前缘和后缘以及一条包括至少一个后缘内空穴的内部冷却通道网路。有多个后缘小孔从叶片后缘延伸至后缘内空穴处，还有多个叶尖小孔从叶尖延伸至后缘内空穴处，每个叶尖小孔可具有圆柱形表面，其长度至少比小孔直径大 5 倍。

在各种设计方案中，上述的叶尖小孔和叶片末端的一组后缘小孔可以从上述后缘内空穴向外分叉。叶尖小孔的横截面可以是圆形的，直径可为 0.3～2.0mm。上述叶尖小孔的数目可以是 2～6，每个叶尖小孔可穿过叶片铸件。该叶片可具有一个本体和一个叶尖盖板，并可具有一个与内部冷却通道网路连通的叶尖充气区，该充气区可由铸件的沿翼面之压力侧和负压侧延伸的壁部及下沉于该壁部的边缘的盖板之外侧表面所界定。上述的叶片壁沿上述充气区的跨越压力侧和负压侧的后部是不间断的。叶尖可具有一个沿压力侧设置的减压区，该减压区可部分地穿越叶尖小孔的出口。

在下面的附图和说明中示出了本发明的一个或多个实施例的细节。从下面的说明和附图，人们将明白本发明的其他特征、目的和优点。

附图说明

图 1 是按照本发明的原理的涡轮叶片的透视图；

图 2 是图 1 的涡轮叶片的叶尖后缘部分的局部剖视图；

图 3 是图 1 的涡轮叶片的负压侧的叶尖后缘部分的局部视图。

在各附图中相同的标号和名称表示相同的部件。

具体实施方式

图 1 示出一种涡轮叶片 20，它具有一个沿着从内侧平台 26 处附近的叶部 24 至叶片末端叶尖 28 的长度延伸的翼面 22。可将多个上述的涡轮叶片 20 以它们各自的内侧平台 26 彼此并排地装配在一起形成一个界定气流通路内侧部分的环圈。在一个示例性实施例中，叶片 20 的主要部分由合金制成（例如制成一种铸件），这种铸件制成带有一个可在低于叶尖平面之处固定安装一个独立的盖板 58 的叶尖隔室而形成一个叶尖充气区 30。

翼面 22 从前缘 40 延伸至后缘 42，该前缘和后缘分隔叶片的压力侧表面 44 和负压侧表面 46。为了冷却叶片，该叶片内部具有与平台 26 内的孔口（未示出）相连接的冷却通道网路。示例性的冷却通道网路包括一系列大致沿翼面长度方向延伸的内部空穴。最前沿的空穴规定为大致平行于前缘 40 延伸的前缘内空穴。最后沿的空穴 48（图 2）规定为大致平行于后缘 42 延伸的后缘内空穴 48。上述的空穴可在它们的一端或两端和/或沿其长度上的一些部位上互相连接起来。冷却通道网路还包括许多从内部伸向压力侧 44 和负压侧 46 的小孔，用于进一步冷却叶片，保护其表面免受外部高温的损害。上述的小孔包括一排从后缘内空穴 48 延伸至靠近后缘的部位的后缘小孔 90。

在示例性实施例中，叶片 20 的主要部分通过铸造方法和机加工制成。铸件用一种可脱除的型芯来形成其冷却通道网路，典型的铸造方法做出的铸件具有上面所述的可固定装入盖板 58 的铸造叶尖隔室 30（图 2），该隔室 30 具有一个带有形成叶尖隔室底座的外侧面的腹板 60，上述外侧面位于具有由叶片铸件之压力侧和负压侧向上延伸形成的壁式结构之凸缘 62 的下方。上述腹板 60 做出有多个孔，这些孔是由可脱除的型芯的安装在外模型上用于支承的部分形成的，并与上述通道网路相连通，这些孔可认为是不希望有的通道，因为它造成叶片中冷却空气的损失。因此，最好用盖板 58 完全地或部分地将这些孔中的一些或全部堵塞住。上述盖板可以安置在铸造隔室的适当位置上并将其焊接在铸件上而安装起来。在工作中，上述凸缘 62（要经受下面所述的开浅槽）大致处于紧靠着邻近于发动机护罩的内表面

之处（例如相隔 10mm 左右）。

图 2 示出典型的后缘小孔 50，它们是轴线标号为 500 的圆柱形孔，均从后缘 42 延伸至后缘内空穴 48 的后端 68。一组小孔 50 大致彼此平行排列，其间距较为均匀，第二组小孔（位于叶片末端处的 50A，50B，50C，50D，50E 和 50F）是不平行排列的，而是从后缘内空穴 48 呈扇形向外展开排列的。在所示实施例中，后缘小孔 50A～50F 是包括叶尖小孔 70A，70B，70C 和 70D 在内的在端部连续地呈扇形展开排列的一系列小孔中的一部分，上述叶尖小孔的进入端（入口）沿后缘内空穴 48 的后端 68 分布，出口端（出口）则沿叶尖分布。典型小孔的截面为圆形，直径为 D，典型小孔 50A～50F 和 70A～70D 的入口沿后缘内空穴的后端 68 分布，它们的间距 S_1 基本均匀。该间距 S_1 最好稍小于其余小孔 50 之间的典型间距（例如邻近一组小孔 50 的间距 S_2）。上述的小孔逐渐向外呈扇形展开排列，故它们的轴线 500 与沿后缘内空穴后端 68 的内侧方向之间的夹角θ逐渐减小，其θ值从最后一个非扇开展开排列的小孔 50 的刚超过 90°逐渐减小到最后的小孔 70D 的 45°左右。上述的小孔呈扇形展开排列和间距减小比仅仅连续平行排列的小孔更有利于加强叶片后缘尖部的冷却。在典型实施例中，叶尖小孔 70A～70D 的出口沿隔室 30 的凸缘 62 后面的后部 72 分布。在典型实施例中，凸缘后部 72 具有一个位于压力侧的浅槽 80，该浅槽 80 至少部分地穿过小孔 70A～70D 的出口，它用于使叶尖的一个部位凹入到低于后缘部分 72 的负压侧的不开浅槽的部位 82。在涡轮工作中，上述的不开浅槽部位 82 平行于且紧密地靠近相邻的发动机护罩内表面，由浅槽 80 形成的凹处导引气流沿浅槽 80 的表面从小孔 70A～70D 的出口向后流出而冷却叶尖的邻近于后缘的压力侧。

在一个示例性叶片制造方法中，小孔 50，50A～50F 和 70A～70D 可通过钻孔法（例如激光打孔法）加工出来。这项工作在叶片铸出之后或用其他方法制造出之后进行，也可以在最初的铸后加工工序后进行。至少上述的呈扇形展开排列的小孔可通过使单刃（single-bit）钻头（或在激光打孔的情况下是单光束钻头）连续而渐进地不断改变钻头取向的方法钻出来。小孔钻出之后，作为精加工的一部分对凸缘 62 磨削出浅槽 80，由该浅槽 80 形成的凹部可防止叶尖小孔堵塞。在

没有这种凹部的情况下，凸缘后部 72 与发动机护罩之间的偶然接触可能磨出的材料会进入叶尖小孔而将它们堵塞。通过至少使小孔出口的在压力侧的部分凹进到低于不开浅槽的部位 82，就可防止上述的小孔堵塞现象。典型的浅槽 80 是凹形的，其在压力侧的相对于不开浅槽部位 82 的深度为 R_1，在压力侧的叶尖小孔 70A～70D 的出口与浅槽 80 交叉处的深度为 R_2。在典型实施例中，上述深度 R_1，R_2 从后缘向前缘逐渐稍稍增加。典型的深度 R_1 约 0.5～3.0 倍于小孔直径，而典型的深度 R_2 约 0.25～2.0 倍于小孔直径。

在示例性实施例中，叶尖小孔最好为 2～6 个，而呈扇形展开排列的后缘小孔最好为 2～10 个。根据一些因素（包括尺寸）不同，小孔数目也可能更多些，在较为狭义的实施例中，叶尖小孔为 3～5 个，呈扇形展开排列的后缘小孔为 4～8 个。典型的小孔直径为 0.3～2.0mm。示例性的小孔长度为 10～30 倍于小孔直径（较为狭义的实施例中为 15～25 倍于小孔直径）。在示例性实施例中，呈扇形展开排列的小孔的上述夹角θ从非扇形展形排列的小孔 50 起从 60°逐渐减小至 30°。

上面已经说明了本发明的一个或多个实施例，然而，应当明白，在不违背本发明的精神和范围的情况下还可以进行各种各样的改型。

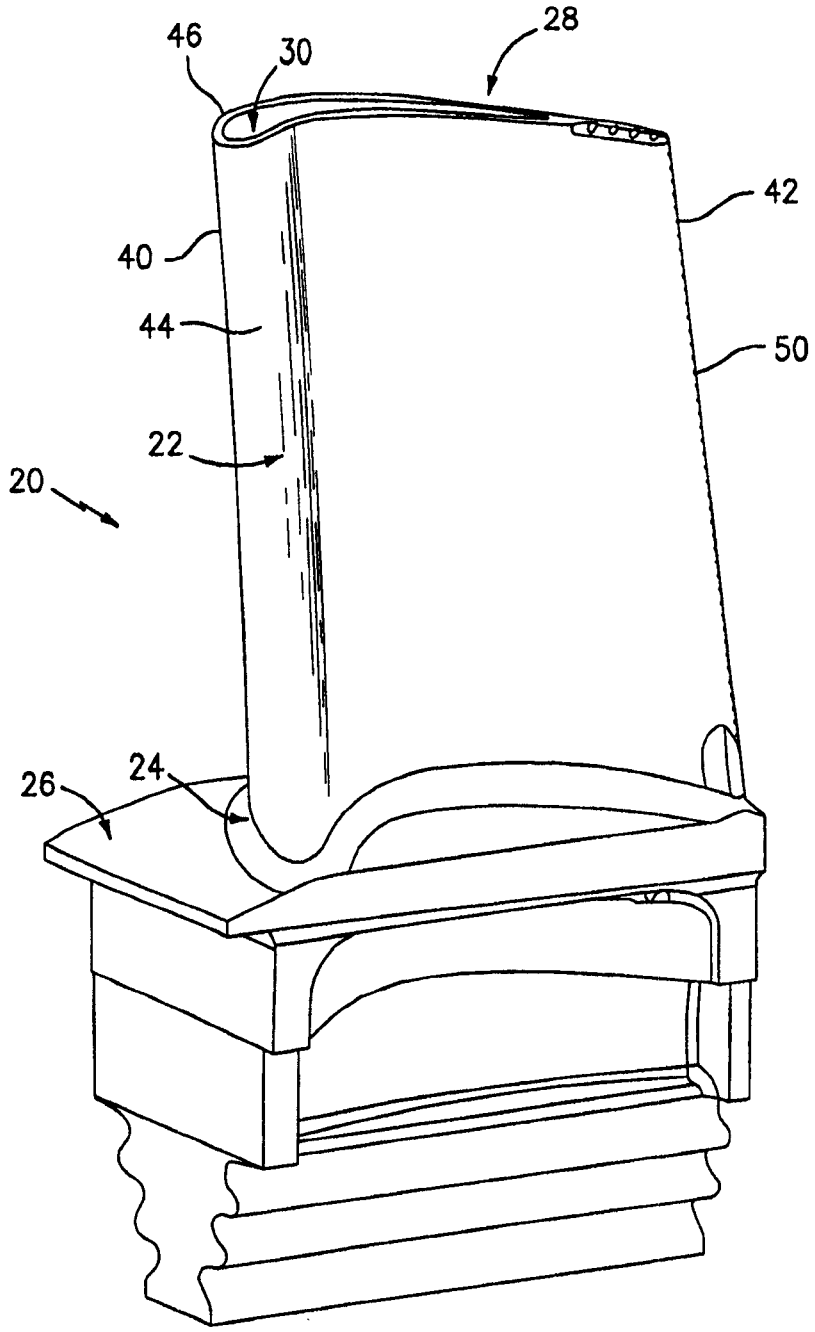


图 1

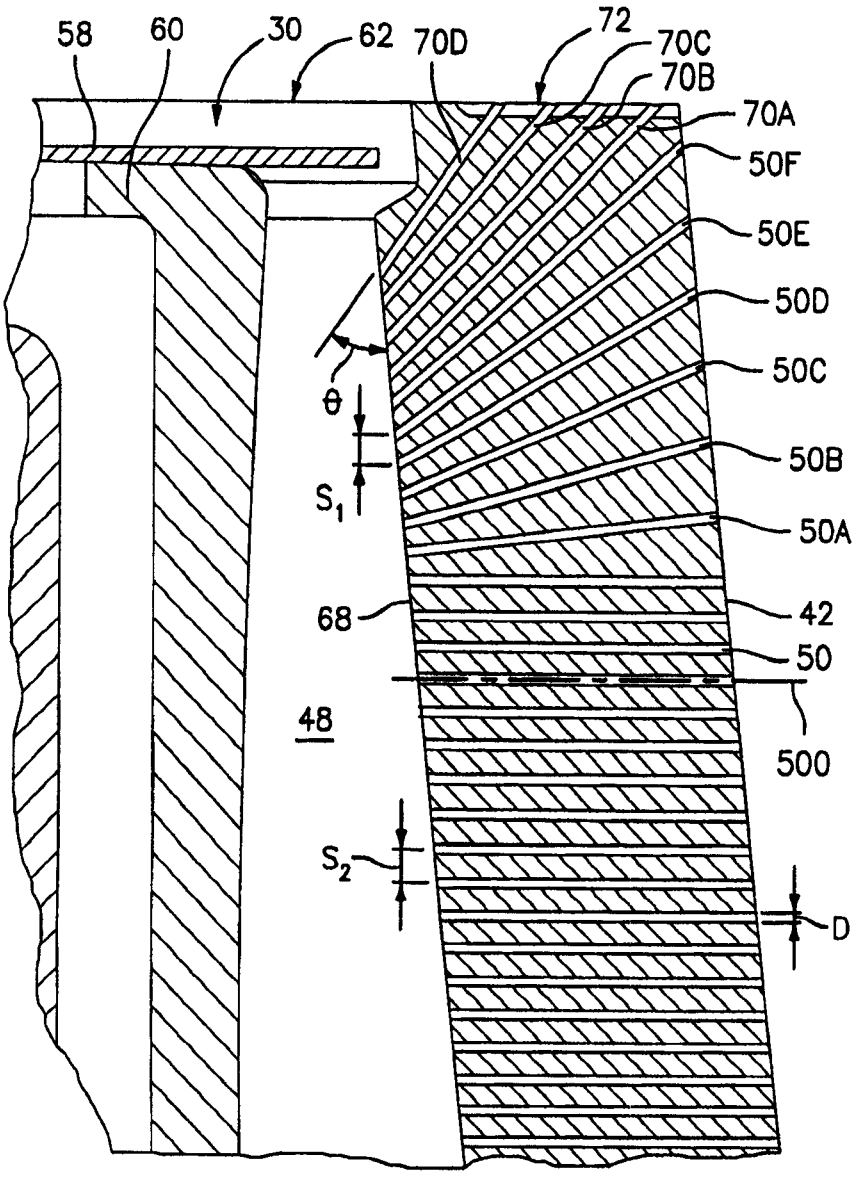

58
60
30
62
70D
72
70C
70B
70A
50F
50E
50D
50C
50B
50A
42
50
500
θ
S1
68
48
S2
D

图 2

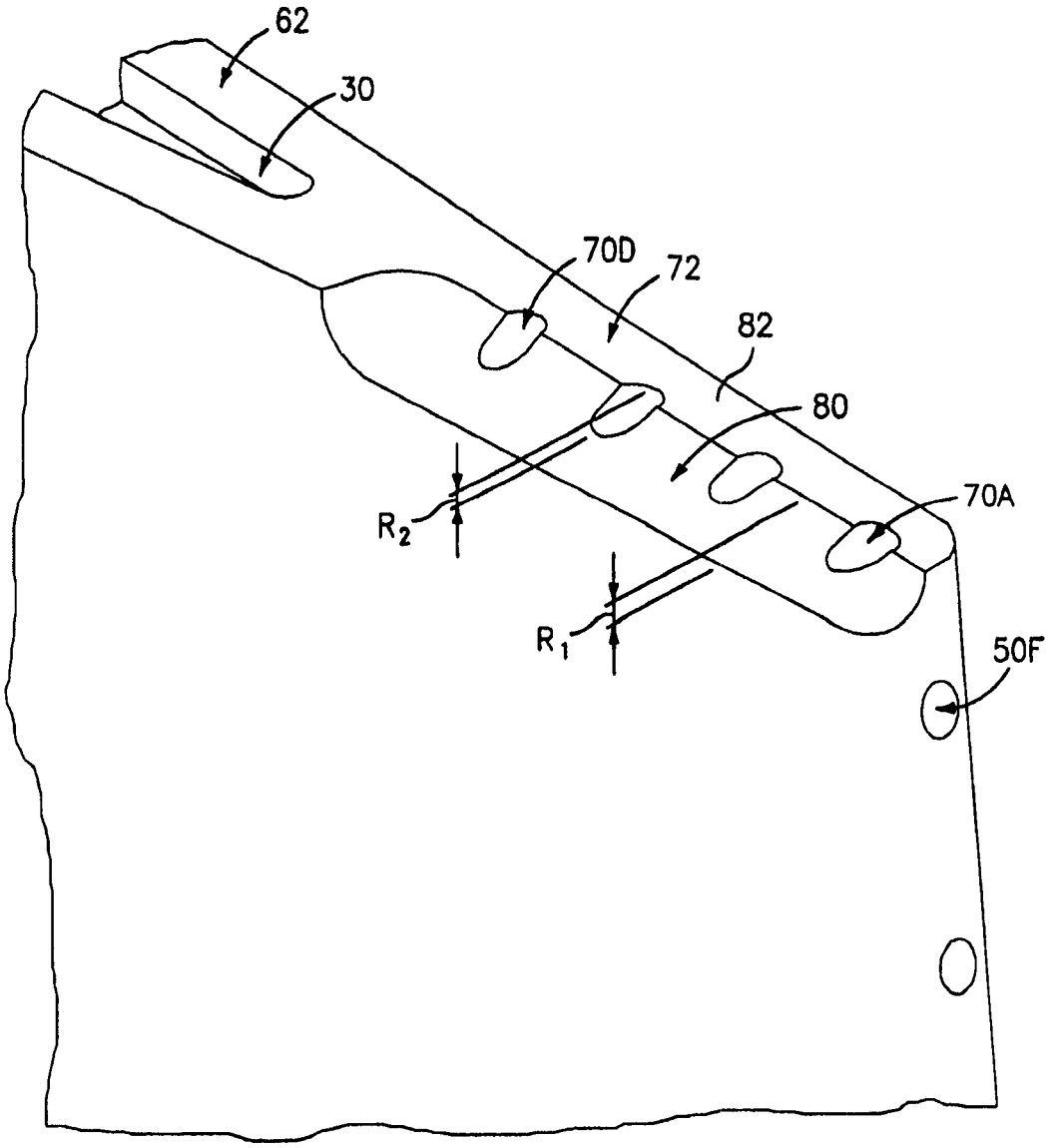


图 3