

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

F01D 5/18

B22C 9/24



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510074133.4

[43] 公开日 2005 年 12 月 21 日

[11] 公开号 CN 1710255A

[22] 申请日 2005.4.16

[21] 申请号 200510074133.4

[30] 优先权

[32] 2004. 6. 17 [33] US [31] 10/871163

[71] 申请人 联合工艺公司

地址 美国康涅狄格州

[72] 发明人 S·D·德雷珀

W·S·克瓦斯纳克

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

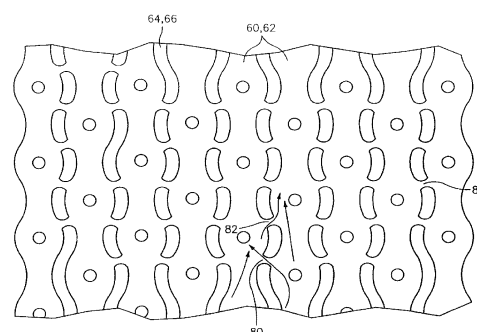
代理人 黄力行

权利要求书 4 页 说明书 5 页 附图 3 页

[54] 发明名称 可钻孔的超级叶片

[57] 摘要

本发明提供了一种涡轮发动机部件,例如一种叶片或轮叶。该涡轮发动机部件具有一压力侧和一负压侧。压力侧和负压侧各自具有一外壁和一内壁。第一组流体通道设置在位于外壁和内壁之间的压力侧上。第二组流体通道设置在位于外壁和内壁之间的负压侧上。第一组和第二组中的每个流体通道都具有波纹形构造。该涡轮发动机部件还可具有一个或多个用以冷却该部件的后缘部分的波纹形后缘冷却通道。



ISSN 1008-4274

- 1、一种涡轮发动机部件，包括：
 - 一压力侧和一负压侧；
 - 5 所述压力侧和负压侧各自具有一外壁和一内壁；
 - 第一组设置在所述外壁和内壁之间的压力侧上的流体通道；
 - 第二组设置在所述外壁和内壁之间的负压侧上的流体通道；且
 - 所述第一组和第二组中的每组流体通道都设置有波纹形构造。
- 2、根据权利要求 1 的涡轮发动机部件，还包括至少一个在各个所述流体
- 10 通道和外壁之间延伸的冷却薄膜通道。
- 3、根据权利要求 1 的涡轮发动机部件，还包括多个在各个所述流体通道和外壁之间延伸的冷却薄膜通道。
- 4、根据权利要求 1 的涡轮发动机部件，还包括一个在相邻的所述流体通道之间延伸的非线性肋条。
- 15 5、根据权利要求 4 的涡轮发动机部件，其中在相邻的所述非线性肋条之间基本上最宽的间隔处钻孔形成所述至少一个冷却薄膜通道。
- 6、根据权利要求 4 的涡轮发动机部件，其中所述非线性肋条按规定尺寸制作，以保持拉力并提供抵抗热机械疲劳的耐受性，其中所述至少一个流体通道具有一处于 0.055 英寸至 0.065 英寸范围内的最小宽度。
- 20 7、根据权利要求 1 的涡轮发动机部件，还包括用以防止在所述流体通道内形成回流区的装置。
- 8、根据权利要求 7 的涡轮发动机部件，还包括一分开相邻流体通道的非线性肋条，且所述回流区防止装置包括所述非线性肋条，该肋条具有一用以允许来自于第一流体通道的冷却流体流入一相邻的流体通道的第一断口。
- 25 9、根据权利要求 8 的涡轮发动机部件，还包括所述非线性肋条，该肋条具有一与所述第一断口间隔分布的第二断口，其用以使来自于所述相邻流体通道的冷却流体流入所述第一流体通道。
- 10、根据权利要求 1 的涡轮发动机部件，还包括：
 - 一后缘部分；
 - 30 至少一个位于所述后缘部分内的波纹形冷却通道；

所述至少一个波纹形冷却通道具有一个用以接收冷却流体的入口；和一个用以排放所述冷却流体的出口喷嘴。

11、根据权利要求 10 的涡轮发动机部件，还包括多个位于所述后缘部分中的波纹形冷却通道。

5 12、根据权利要求 10 的涡轮发动机部件，其中每个所述波纹形冷却通道具有一对间隔分布的侧壁，且所述侧壁以这样一个间距间隔分布，该间距可使冷却流体充满冷却通道并沿一非线性路径流动。

13、根据权利要求 12 的涡轮发动机部件，其中每个所述侧壁都具有多个间隔分布的高峰和多个间隔分布的凹谷。

10 14、根据权利要求 13 的涡轮发动机部件，其中每个所述通道都具有一个在所述高峰处的第一横截面积，和一个在所述通道的其它位置处的第二横截面积，其中所述第二横截面积大于所述第一横截面积。

15、根据权利要求 10 的涡轮发动机部件，其中每个所述冷却通道都沿径向方向延伸。

15 16、一种涡轮发动机部件，包括：

一后缘部分；

至少一个位于所述后缘部分内的波纹形冷却通道；

所述至少一个波纹形冷却通道具有一个用以接收冷却流体的入口；和一个用以排放所述冷却流体的出口喷嘴。

20 17、根据权利要求 16 的涡轮发动机部件，还包括多个位于所述后缘部分中的波纹形冷却通道。

18、根据权利要求 16 的涡轮发动机部件，其中每个所述波纹形冷却通道具有一对间隔分布的侧壁，且所述侧壁以这样一个间距间隔分布，该间距可使冷却流体充满冷却通道并沿一非线性路径流动。

25 19、根据权利要求 18 的涡轮发动机部件，其中每个所述侧壁都具有多个间隔分布的高峰和多个间隔分布的凹谷。

20、根据权利要求 19 的涡轮发动机部件，其中每个所述通道都具有一个在所述高峰处的第一横截面积，和一个在所述通道的其它位置处的第二横截面积，其中所述第二横截面积大于所述第一横截面积。

30 21、根据权利要求 16 的涡轮发动机部件，其中每个所述冷却通道都沿径

向方向延伸。

22、一种用于制造涡轮发动机部件的方法，该方法包括以下步骤：

铸造一具有一压力侧和一负压侧的涡轮发动机部件，压力侧和负压侧各自具有一外壁和一内壁；和

5 所述铸造步骤还包括在压力侧上的外壁和内壁之间形成第一组波纹形流体通道，和在负压侧上的外壁和内壁之间形成第二组波纹形流体通道。

23、根据权利要求 22 的方法，其中所述形成步骤包括以这样的方式形成所述波纹形通道，使得每个所述通道具有多个最大宽度的区域，且还包括在每个所述最大宽度区域内钻孔形成至少一个薄膜冷却孔。

10 24、根据权利要求 23 的方法，其中所述钻孔步骤包括激光钻孔形成每个所述薄膜冷却孔，且其中所述波纹形通道形成步骤包括以这样的方式形成各个通道，即，使得每个所述最大宽度区域具有一处于 0.085 英寸至 0.125 英寸范围内的宽度。

25、根据权利要求 23 的方法，其中所述波纹形通道形成步骤包括形成每
15 个通道，以使其具有一处于 0.055 至 0.065 英寸范围内的最小宽度区域。

26、根据权利要求 23 的方法，其中所述波纹形通道形成步骤包括在所述通道之间形成多个波纹形肋条。

27、根据权利要求 22 的方法，其中所述铸造步骤还包括在后缘部分内形成至少一个具有波纹形构造的后缘流体通道。

20 28、根据权利要求 27 的方法，其中所述铸造步骤还包括在所述后缘部分内形成多个具有所述波纹形构造的径向延伸的后缘流体通道。

29、根据权利要求 27 的方法，其中所述后缘流体通道形成步骤包括形成至少一个波纹形后缘通道，该通道具有第一侧壁和第二侧壁，其中第一和第二侧壁上都具有多个间隔分布的高峰和凹谷。

25 30、根据权利要求 29 的方法，其中所述后缘流体通道形成步骤包括以这样的方式隔开所述第一侧壁和第二侧壁，使得冷却流体充满所述后缘流体通道，并沿一非线性路径流动。

31、根据权利要求 30 的方法，其中所述隔开步骤包括将所述第一侧壁从所述第二侧壁中这样隔开，使得所述后缘流体通道具有一个在所述高峰处的第一横截面积，和一个在所述通道的其它位置处的第二横截面积，其中所述第二
30

横截面积大于所述第一横截面积。

32、根据权利要求 27 的方法，其中所述铸造步骤还包括铸造一用以向所述至少一个后缘流体通道提供冷却流体的流体通道，和形成至少一个与所述至少一个后缘流体通道连通的出口喷嘴。

5 33、一种用于制造涡轮发动机部件的方法，该方法包括以下步骤：

铸造一涡轮发动机部件，该部件具有一翼面部分，该翼面部分具有一前缘和一后缘；和

在所述翼面部分的后缘部分中形成至少一个具有波纹形构造的后缘流体通道。

10 34、根据权利要求 33 的方法，其中所述铸造步骤还包括在所述后缘部分内形成多个具有所述波纹形构造的径向延伸的后缘流体通道。

35、根据权利要求 33 的方法，其中所述后缘流体通道形成步骤包括形成至少一个波纹形后缘通道，该通道具有第一侧壁和第二侧壁，其中第一和第二侧壁上都具有多个间隔分布的高峰和凹谷。

15 36、根据权利要求 33 的方法，其中所述后缘流体通道形成步骤包括以这样的方式隔开所述第一侧壁和第二侧壁，使得冷却流体充满所述后缘流体通道，并沿一非线性路径流动。

37、根据权利要求 36 的方法，其中所述隔开步骤包括将所述第一侧壁从所述第二侧壁中以这样的方式隔开，使得所述后缘流体通道具有一个在所述高峰处的第一横截面积，和一个在所述通道的其它位置处的第二横截面积，其中
20 所述第二横截面积大于所述第一横截面积。

38、根据权利要求 33 的方法，其中所述铸造步骤还包括铸造一用以向所述至少一个后缘流体通道提供冷却流体的流体通道，和形成至少一个与所述至少一个后缘流体通道连通的出口喷嘴。

25

可钻孔的超级叶片

5 政府官方权益

作为 N00019-01-C-01 和 F33615-95-C-2503 号合同的结果，美国政府可享有本发明中的权利。

技术领域

10 本发明涉及一种用于燃气轮机中的部件的改进设计和一种用于生产这种部件的方法。

背景技术

在叶片冷却原理的研究中已投入了大量努力。其中很多努力主要集中在开发用于铸造部件的制造方法和确保抵抗热机械失效（TMF）的耐受性方面。已研究出的对于 TMF 问题的解决方法，由于在铸造中的固有耐受度，造成了一
15 种非常难以钻孔的部件。

发明内容

因此，本发明的一个目的是提供一种涡轮发动机部件，该部件具有冷却通道和在该冷却通道内的钻孔形成的冷却薄膜孔。

本发明的另一目的是提供一种制造涡轮发动机部件的方法，该部件具有冷
20 却通道和钻孔形成的冷却薄膜孔。

本发明的又一目的是提供一种具有改进的后缘冷却的涡轮发动机部件。

上述目的通过本发明的涡轮发动机部件和其制造方法来实现。

根据本发明，一种涡轮发动机部件具有一压力侧和一负压侧。压力侧和负压侧各自具有一外壁和一内壁。第一组流体通道设置在位于外壁和内壁之间的
25 压力侧上。第二组流体通道设置在位于外壁和内壁之间的负压侧上。第一组和第二组中的每组流体通道都设置有波纹形构造。

而且，根据本发明，一种制造涡轮发动机部件的方法包括铸造涡轮发动机部件的步骤，该部件具有一压力侧和一负压侧，压力侧和负压侧各自都具有
30 一外壁和一内壁，第一组位于压力侧上的外壁和内壁之间的波纹形流体通道，和第二组位于负压侧上的外壁和内壁之间的波纹形流体通道。

根据本发明的另一方面，一种涡轮发动机部件设置为具有至少一个后缘出口喷嘴，和至少一个波纹形流体通道，该通道具有一个用以接收冷却流体的入口且与所述至少一个出口喷嘴连通。每个波纹形流体通道优选地沿径向延伸。

本发明的可钻孔超级叶片的其它一些特征和形成这些特征的方法，以及一些与之相随的目的和优点都将在下面的详细说明和附图中得以描述，其中相同的附图标记表示相同的元件。

附图说明

图 1 是具有多个冷却通道的涡轮发动机部件的中部翼展截面图；

图 2 图解说明了由本发明解决的在冷却孔钻孔中的问题；

10 图 3 是涡轮发动机部件的一部分的截面图，其示出了根据本发明的冷却通道；

图 4 图解说明了一个具有多个钻孔形成的冷却薄膜孔的冷却通道；

图 5 图解说明了涡轮发动机部件的一部分的另一个实施例的截面图；

图 6 是涡轮发动机部件的后缘部分的示意图；

15 图 7 是涡轮发动机部件后缘部分的局部放大图。

具体实施方式

现在参见附图，图 1 图解说明了一涡轮发动机部件 10，例如一涡轮叶片或轮叶。该涡轮发动机部件包括一翼面部分 12，该翼面部分具有一压力侧 14 和一负压侧 16，压力侧和负压侧都从前缘 18 延伸通向后缘 20。

20 涡轮发动机部件 10 以这样的方式铸造成型，使得翼面部分 12 的压力侧 14 具有一外壁 22 和一内壁 24。同样，涡轮发动机部件 10 以这样的方式铸造成型，使得翼面部分 12 的负压侧 16 具有一外壁 26 和一内壁 28。多根肋条 30、32、34、36、38、40、42 和 44 限定出多个内部冷却通道 46、48、50、52、54、56 和 58。

25 而且，涡轮发动机部件 10 还具有第一组位于壁 22 和 24 之间的冷却通道 60，和第二组位于壁 26 和 28 之间的冷却通道 62。冷却通道 60 中相邻的通道被非线性的肋条 64 分开，冷却通道 62 中相邻的通道被非线性肋条 66 分开。肋条 64 构成壁 22 和 24 之间的热传导路径，而肋条 66 则构成了壁 26 和 28 之间的热传导路径。通道 60 和 62 的每一组都按规定尺寸制作，以减小并潜在地
30 消除 TMF 问题。

冷却通道 60 和 62 的每一个都具有至少一排（优选为多于一排）在通道中钻成的冷却薄膜孔 70。在过去，如图 2 所示，在钻取这样一些不接触相邻的冷却通道且长度又不很长的冷却孔时，一直都存在问题。

现在参见图 3 和 4，其示出了一种针对钻冷却薄膜孔 70 的问题的解决方法。如图中所示，每根肋条 64 和 66 都设置为波纹形构造。作为这种构造的结果，形成了一较宽的区域 76 和一较窄的区域 78，在该宽区域内可钻冷却薄膜孔 70，该窄区域则有利于提高其疲劳能力。作为这种构造的结果，通道 60 和 62 具有波纹形构造和径向变化的厚度。在本发明的一个优选实施例中，通道 60 和 62 中的每一个在将要进行钻薄膜冷却孔 70 的宽区域 76 内具有一处于 0.085 英寸至 0.125 英寸范围内的厚度。而且，在一个优选实施例中，通道 60 和 62 中的窄区域 78 具有一处于 0.055 至 0.065 英寸范围内的厚度。而且，在一个优选实施例中，每组肋条 64 和 66 都具有一处于 0.025 至 0.035 英寸范围内的厚度。

已发现这种结构具有许多优点。例如，肋条 64 和 66 可以按规定尺寸制作，以保持拉力并提供良好 TMF 寿命。此外，可保持每个通道 60 和 62 满足型芯浇铸的最小通道宽度。

图 4 图解说明了，在使用本发明的波纹形构造时，冷却薄膜孔 70 是怎样能在不接触相邻通道 60、62 的情况下钻孔形成的。

还发现，根据本发明钻孔形成的冷却孔 70 可在没有超钻和不产生底流的情况下被钻成。而且，关于热金属疲劳，根据本发明形成的部件具有 150% 的填隙式寿命百分比。

具有翼面部分 12、压力侧 14、负压侧 16、外壁 22 和 26 及内壁 24 和 28、以及其它一些如上列举的包括波纹形冷却通道 60 和 62 等元件的涡轮发动机部件 10，可以用任何现有技术中已知的合适的铸造技术来制成。而且，涡轮发动机部件 10 还可用任何现有技术中已知的合适的材料，例如镍基超耐热合金、钴基超耐热合金和钛基超耐热合金制成。当部件 10 已经铸造成型之后，便可进行一排或多排冷却孔 70 的钻孔，以与各组冷却通道 60 和 62 连通。任何现有技术中已知的例如激光钻孔的钻孔技术都可用来钻冷却孔 70。冷却孔 70 具有一长度，该长度由被制造的特定的涡轮发动机部件确定。而且，冷却孔 70 相对于涡轮发动机部件外表面的角度是被制造的特定部件的函数。

现在参见图 5, 在某些情形下, 必须消除会产生回流区的部位。图 5 图解说明了两个相邻的冷却通道 60 和 62。如图中所示, 相邻通道 60、62 之间的肋条 64、66 设置有一系列断口 80 和 82。这些断口 80 和 82 可使来自于一条通道 60、62 中的冷却流体进入到相邻的一条通道 60、62 中。通过使冷却流体流经断口 80 的方式, 可避免在较宽区域 76 处形成潜在的回流区。通过设置断口 82, 可使来自于通道 60、62 的流体流入相邻的通道 60、62 中。由于相邻通道 60、62 内的冷却流体的轴向流, 通过断口 82 进入的冷却流体会压迫公共肋条 64、66。这就加强了由通道 60、62 产生的冷却效果。

而且, 正如从图 5 中能看到的一样, 相邻冷却通道 60、62 的较宽区域 76 是相互错开的。结果是, 钻入相邻通道 60、62 中的冷却薄膜孔 70 也是相互错开的。

通过使用本发明的波纹形冷却通道系统, 对涡轮发动机部件的冷却能更有效。本发明的波纹形通道系统可用于涡轮发动机部件 10 的多个部分中。

由于后缘部分必须很薄且具有很高的热负荷, 因此涡轮发动机部件的后缘部分是很难冷却的。负压侧薄膜会形成冲击损失, 且会产生气体损失。需要高对流冷却。在后缘处存在的供压和排压之间的大压力差使高对流冷却成为可能。对流冷却需要最大化冷却通道的传热系数 h 和传热面积 (hA)。

目前, 运用了一系列冲击腔和连接输送机构来产生大的传热面积 hA 。由于边界层在连接供给中重新开始, 所以需要用冲击腔来获得传热增强。一后缘槽在压力侧后缘处排放气流。连接供给和后缘槽中的“ h ”大大高于冲击腔内的“ h ”。这是因为连接供给中的横截面积很小。冲击腔比连接供给厚, 因此需要叶片后缘更厚, 进而在气体损失中需要一驱动器。

图 6 和 7 图解说明了根据本发明另一方面的后缘冷却系统 100。该后缘冷却系统 100 可与通道 60 和 62 组合使用。或者, 可制作一涡轮发动机部件, 该部件具有后缘冷却系统 100, 但不具有通道 60 和 62。

如图 6 和 7 所示, 后缘 20 具有一用以从流体源 (未示出) 接收冷却流体的通道 104。通道 104 与一个或多个流体通道 106 的入口 102 连通, 这些流体通道 106 终止于后缘 20 的压力侧 14 上的一个或多个出口槽或喷嘴 108。每个流体通道 106 都具有波纹形构造。通过将流体通道 106 沿径向方向制成波纹形状, 冷却流体在后缘 20 内流动的距离就增加了, 对流面积也增加了, 且由于

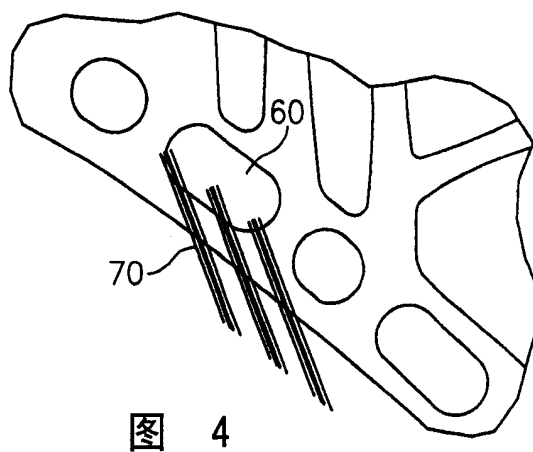
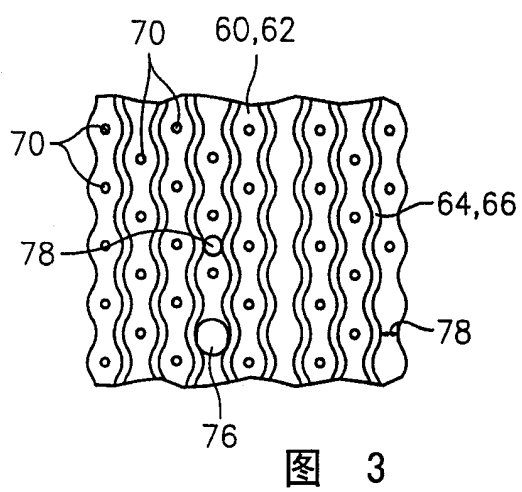
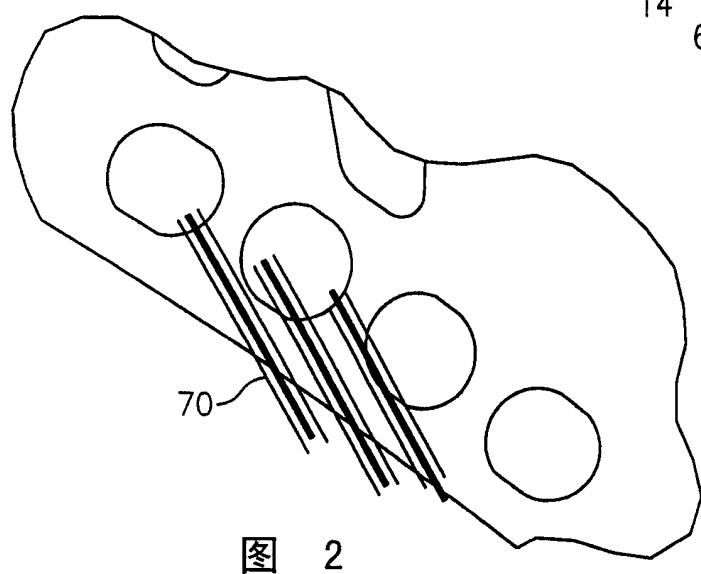
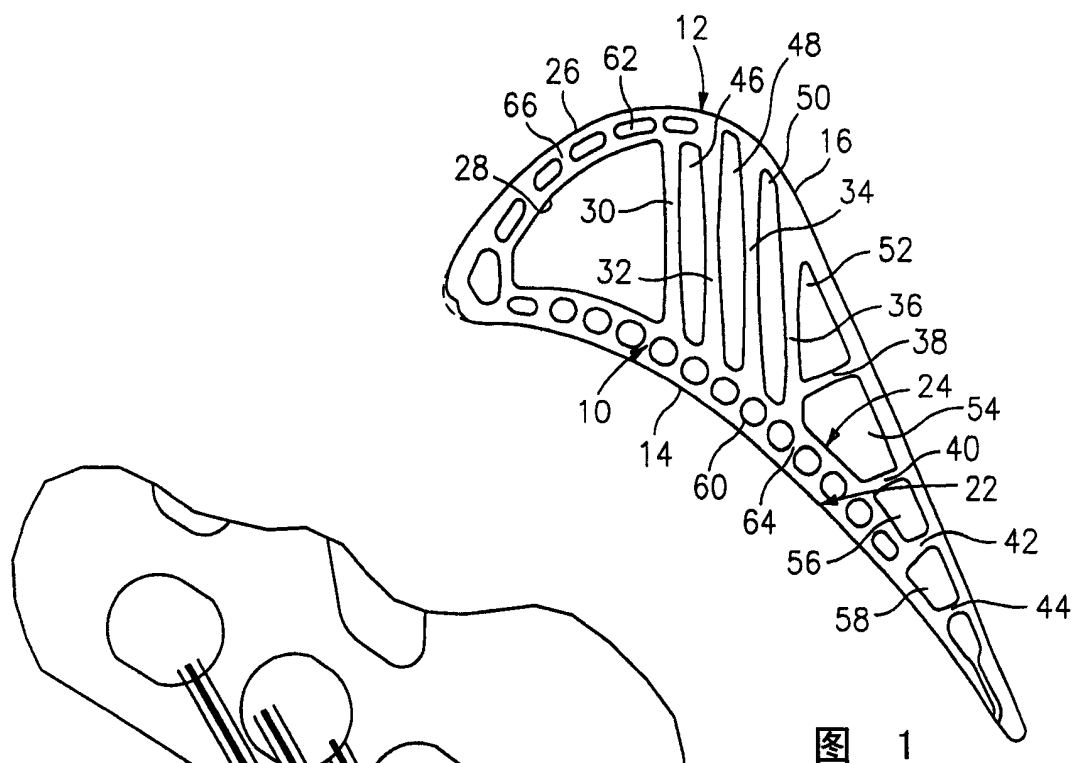
周期边界层重新开始，所以传热系数也提高了。这样便加强了后缘 20 的传热。从通道 106 中的波纹处产生的周期边界层的重新开始免除了对冲击腔的需要。

正如可以从图 6 和 7 中看到的一样，每个侧壁 110 和 112 都具有周期性地间隔分布的高峰 116 和 118，和周期性地间隔分布的凹谷 130 和 132。高峰 116 和 118 以及凹谷 130 和 132 可以按所需的距离间隔分布。位于高峰 116 和 118 与凹谷 130 和 132 之间的每个通道 106 的弯曲应该是这样的，即，使得周期边界层重新开始。例如，各个通道 106 的弯曲可以是正弦曲线或基本上正弦曲线。

为获得预期的冷却效果，使冷却流体充满各个通道 106 并沿非线性路径流动是很重要的。因此，侧壁 100 和 112 不能间隔分开太远的距离。如果它们分隔得太远，冷却流体将以直线路径从流体通道 106 的入口 102 流到出口槽 108。为避免这一点，高峰 116 和 118 之间的横截面积不能大于等于凹谷 130 和 132 处的横截面积，且应小于任何沿流体通道 106 的其它部分截取的横截面积。例如，在 120 和 122 部分，横截面积就大于高峰 116 和 118 之间的横截面积。

通道 104、通道 106 和出口喷嘴 108 都可用任何现有技术中已知的合适的技术制成。例如，通道 104 和通道 106 可通过铸造形成，出口槽或喷嘴 108 则可用钻孔技术形成。或者，上述每个特征都可用铸造技术形成。

可见，根据本发明提供了可钻孔的超级叶片，该叶片完全能满足之前所述的目的、方法和优点。尽管本发明是在一些特殊的实施例的上下文中进行描述的，但是其它一些替换、改进和变化对于那些已读过前面的描述的本领域技术人员来讲是显而易见的。因此，本发明旨在包括那些落入所附权利要求的较宽范围内的替换、改进和变化。



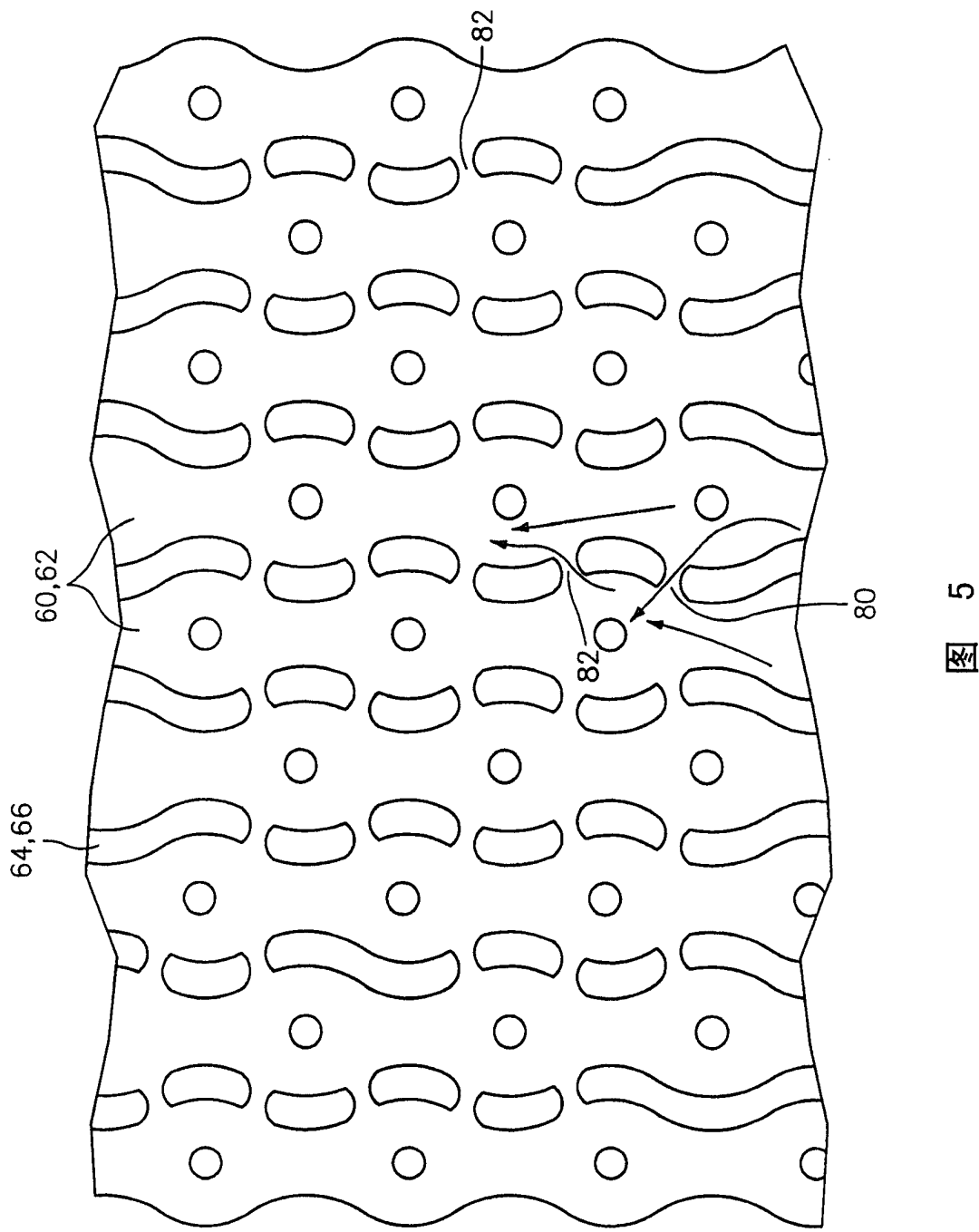


图 5

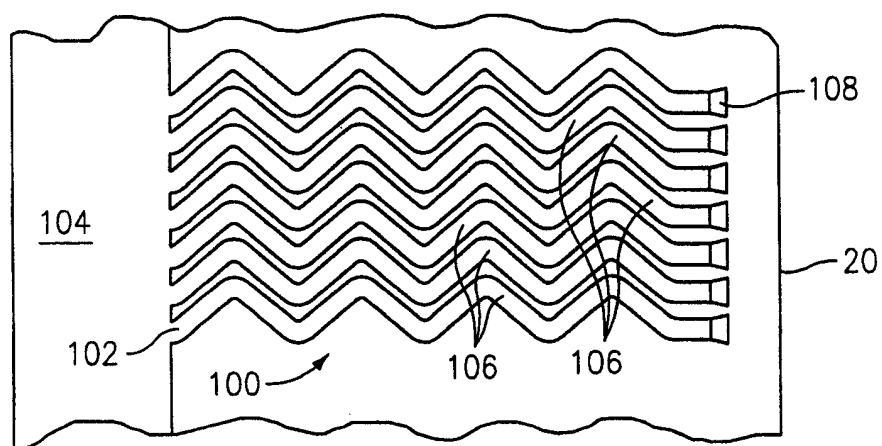


图 6

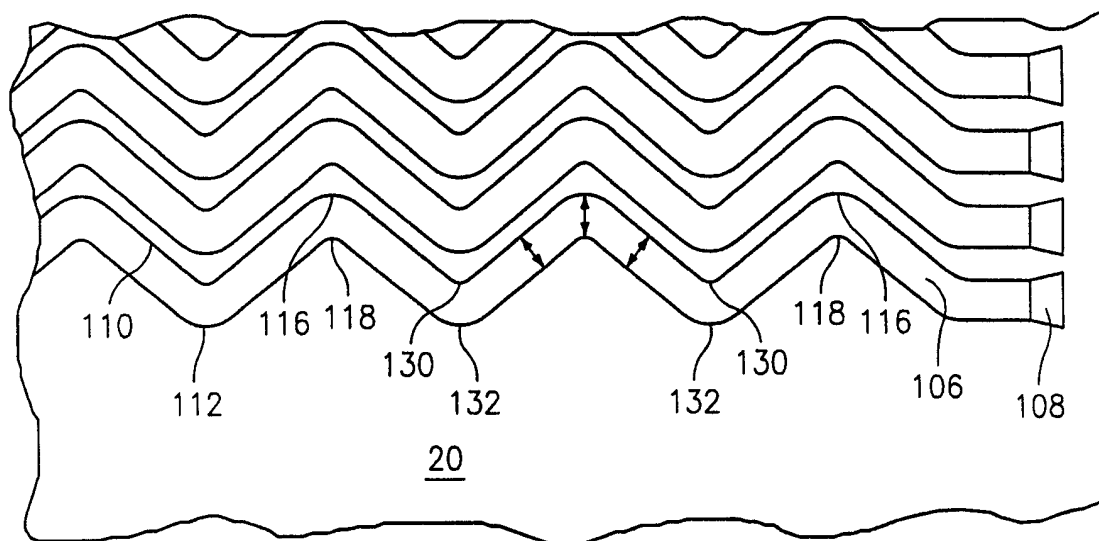


图 7