



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112282857 A

(43) 申请公布日 2021. 01. 29

(21) 申请号 202011157135.0

(22) 申请日 2020.10.26

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72) 发明人 周文武 张栩 彭迪 刘应征
邵弘毅

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 陈源源

(51) Int. Cl.

F01D 5/18 (2006.01)

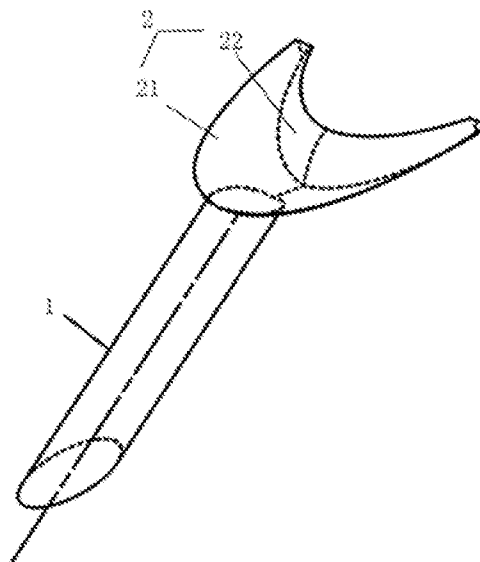
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种气膜冷却孔型结构

(57) 摘要

本发明涉及一种气膜冷却孔型结构,包括气膜孔和壁面,气膜孔的出口位于壁面的上游区域,气膜孔包括圆柱段和扩张段,圆柱段的一端为冷气进气口,圆柱段另一端连接扩张段,扩张段的顶面开口,即为气膜孔的出口,扩张段的底面为具有尖角端部的月牙形凹陷曲面,月牙形凹陷曲面的连通圆柱段。与现有技术相比,本发明一方面由于康达效应,冷气到达此处后会向两侧扩展开,增大冷气膜的横向铺展面积;另一方面是扩张型的出口能够有效降低冷气射流的动量,使冷气良好附着在壁面上,从而提高气膜冷却效率。



1. 一种气膜冷却孔型结构,包括气膜孔和壁面,气膜孔的出口位于壁面的上游区域,所述气膜孔包括圆柱段(1)和扩张段(2),圆柱段(1)的一端为冷气进气口,圆柱段(1)另一端连接扩张段(2),其特征在于,所述扩张段(2)的顶面开口,即为气膜孔的出口,扩张段(2)的底面为具有尖角端部的月牙形凹陷曲面,所述月牙形凹陷曲面连通圆柱段(1)。

2. 根据权利要求1所述的一种气膜冷却孔型结构,其特征在于,所述的月牙形凹陷曲面包括第一月牙形曲面(21)和第二月牙形曲面(22),第一月牙形曲面(21)的中间连通圆柱段(1),第二月牙形曲面(22)的凸边倾斜连接第一月牙形曲面(21)的凹边。

3. 根据权利要求1所述的一种气膜冷却孔型结构,其特征在于,所述月牙形凹陷曲面的两个尖角端部设有圆弧倒角面(23)。

4. 根据权利要求3所述的一种气膜冷却孔型结构,其特征在于,所述圆弧倒角面(23)的圆心位于壁面上。

5. 根据权利要求3所述的一种气膜冷却孔型结构,其特征在于,所述圆弧倒角面(23)的圆角半径为圆柱段(1)直径的0.2~1倍。

6. 根据权利要求1所述的一种气膜冷却孔型结构,其特征在于,所述月牙形凹陷曲面的两个尖角端部之间的距离为圆柱段(1)直径的2~6倍。

7. 根据权利要求1所述的一种气膜冷却孔型结构,其特征在于,所述月牙形凹陷曲面的凸边和两个尖角端部连线的最大距离为圆柱段(1)直径的2~6倍。

8. 根据权利要求1所述的一种气膜冷却孔型结构,其特征在于,所述月牙形凹陷曲面的凹陷深度为圆柱段(1)直径的0.5~2倍。

9. 根据权利要求1所述的一种气膜冷却孔型结构,其特征在于,所述月牙形凹陷曲面的凸边和凹边为抛物线。

10. 根据权利要求1所述的一种气膜冷却孔型结构,其特征在于,所述的圆柱段(1)的长度为其直径的2~10倍。

一种气膜冷却孔型结构

技术领域

[0001] 本发明涉及涡轮叶片气膜冷却技术领域,尤其是涉及一种气膜冷却孔型结构。

背景技术

[0002] 为了进一步提高燃气轮机、航空发动机的工作效率,有效的方法是不断提高涡轮进口的温度。现代燃气轮机、航空发动机的涡轮进口温度已经远远高于涡轮叶片材料的耐受温度,因此必须采用各种冷却措施以降低涡轮叶片自身的温度。气膜冷却作为目前涡轮叶片冷却的主要方式之一,其基本原理是从压气机抽取一部分高压的冷气,输运到涡轮叶片的内部通道,然后从叶片上的气膜冷却孔喷出,在壁面形成一层冷气薄膜,进而保护叶片不被高温气体烧蚀。气膜冷却效率是评价气膜冷却性能的重要指标,气膜冷却效率越高,相同的冷却情况下所需要的冷气量越少,一方面可以降低冷气消耗,另一方面可以降低冷气与主流掺混,减少涡轮气动与热效率损失。

[0003] 目前,真实的燃气轮机、航空发动机的气膜冷却仍然广泛采用圆柱孔,然而由于圆柱孔所形成的冷气膜覆盖区域较窄,展向的覆盖性能以及气膜均匀性较差,因此圆柱形孔的气膜冷却效率会受到极大的限制,尤其是在高吹风比时,气膜与壁面分离,冷却效率急剧下降。如公开号为CN109139127A的中国发明申请,公开了一种涡轮导叶的预旋式气膜冷却结构,采用了扩张通道和月牙形出口提高了冷却效率,但是该结构存在以下问题:其月牙形出口的底边为一条直线,实际应该上是半圆形。在实际使用中,其扩张通道的中间通流面积最大,而两侧通流面积逐渐减小,因此冷气膜在展向上并没有得到充分的铺展,导致气膜冷却效率并未得到很好提升。

发明内容

[0004] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种气膜冷却孔型结构,以增大气膜的展向铺展面积,提高气膜冷却效率。

[0005] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0006] 一种气膜冷却孔型结构,包括气膜孔和壁面,气膜孔的出口位于壁面的上游区域,所述气膜孔包括圆柱段和扩张段,圆柱段的一端为冷气进气口,圆柱段另一端连接扩张段,所述扩张段的顶面开口,即为气膜孔的出口,扩张段的底面为具有尖角端部的月牙形凹陷曲面,所述月牙形凹陷曲面连通圆柱段。

[0007] 进一步地,所述的月牙形凹陷曲面包括第一月牙形曲面和第二月牙形曲面,第一月牙形曲面的中间连通圆柱段,第二月牙形曲面的凸边倾斜连接第一月牙形曲面的凹边。

[0008] 进一步地,所述月牙形凹陷曲面的两个尖角端部设有圆弧倒角面。

[0009] 进一步地,所述圆弧倒角面的圆心位于壁面上。

[0010] 进一步地,所述圆弧倒角面的圆角半径为圆柱段直径的0.2~1倍。

[0011] 进一步地,所述月牙形凹陷曲面的两个尖角端部之间的距离为圆柱段直径的2~6倍。

[0012] 进一步地,所述月牙形凹陷曲面的凸边和两个尖角端部连线的最大距离为圆柱段直径的2~6倍。

[0013] 进一步地,所述月牙形凹陷曲面的凹陷深度为圆柱段直径的0.5~2倍。

[0014] 进一步地,所述月牙形凹陷曲面的凸边和凹边为抛物线。

[0015] 进一步地,所述的圆柱段的长度为其直径的2~10倍。

[0016] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0017] 1、本发明采用具有尖角端部的月牙形凹陷曲面扩张出口,一方面由于康达效应,冷气到达此处后会向两侧扩展开,增大冷气膜的横向铺展面积;另一方面是扩张型的出口能够有效降低冷气射流的动量,使冷气良好附着在壁面上,从而提高气膜冷却效率。本发明所提出的新型气膜冷却孔能够方便地由电火花加工制造而成,另外,由于其入口段基于圆柱形气膜冷却孔,本发明亦可对现有的圆柱形冷却孔进行升级优化,提高原有设计的冷却能力。

[0018] 2、本发明的扩张段为凹陷式结构,可以仅在基体中设置圆柱孔,而在热障涂层上设置月牙形凹陷曲面的扩张段,并且在月牙两端的尖点处设计圆角,使得本发明从加工制造的角度而言具有更好的实际应用价值。

[0019] 3、通过数值模拟结果表明,在吹风比1.2的情况下,与传统的圆柱形气膜孔相比,本发明的气膜冷却效率有明显的提高,在气膜孔的下游10倍孔径处,展向平均气膜冷却效率提高了81%,在气膜孔下游20倍孔径处,展向平均气膜冷却效率提高了70%。

附图说明

[0020] 图1为本发明的结构示意图。

[0021] 图2为本发明的仰视示意图。

[0022] 图3为本发明的主视示意图。

[0023] 附图标记:

[0024] 1、圆柱段,2、扩张段,21、第一月牙形曲面,22、第二月牙形曲面,23、圆弧倒角面。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0026] 如图1~3所示,本实施例提供了一种气膜冷却孔型结构。该结构包括气膜孔和壁面,气膜孔的出口位于壁面的上游区域。气膜孔包括圆柱段1和扩张段2,圆柱段1的一端为冷气进气口,圆柱段1另一端连接扩张段2。扩张段2的顶面开口,即为气膜孔在壁面上的出口;扩张段2的底面为具有尖角端部的月牙形凹陷曲面,月牙形凹陷曲面连通圆柱段1。

[0027] 圆柱段1的圆柱直径 d_c 为0.3~2mm,长度 l_c 为其直径的2~10倍,倾斜角 α 为30~90°。

[0028] 扩张段2的月牙形凹陷曲面由第一月牙形曲面21、第二月牙形曲面22和两个圆弧倒角面23所构成。第二月牙形曲面22的凸边连接第一月牙形曲面21的凹边,由此月牙形凹陷曲面可由三条弧线a、b和c组成。这三条弧线的弧线可以是椭圆线或抛物线。弧线a和c位

于涡轮叶片的壁面上,弧线b凹陷于顶面之下,其深度h为圆柱段1直径 d_c 的0.5~2倍。月牙形凹陷曲面的两个尖角端部之间的距离为圆柱段1直径 d_c 的2~6倍。月牙形凹陷曲面的凸边和两个尖角端部连线的最大距离为圆柱段1直径 d_c 的2~6倍。第一月牙形曲面21的中间连通圆柱段1。圆弧倒角面23设置在月牙形凹陷曲面的两个尖角端部。圆弧倒角面23的圆心位于壁面上,圆弧倒角面23的圆角半径为圆柱段1直径 d_c 的0.2~1倍。

[0029] 具体地说,本实施例应用于某燃气轮机的叶轮中。圆柱段1的圆柱直径 d_c 为1mm,长度 l_c 为5mm,倾斜角 α 为 30° 。扩张段2的月牙形凹陷曲面由两个月牙形曲面中弧线c的横向宽度 w_1 为4mm,纵向长度 l_1 为2mm;弧线b的横向宽度 w_2 为4.5mm,纵向长度 l_2 为2.5mm;弧线a的横向宽度 w_3 为5mm,纵向长度 l_3 为4.5mm。弧线b凹陷于气膜孔的顶面之下,其深度h为0.8mm。两个圆弧倒角面23与弧线b相切,圆角半径为0.3mm。

[0030] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解,本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本发明的构思作出诸多修改和变化。因此,凡本技术领域中技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

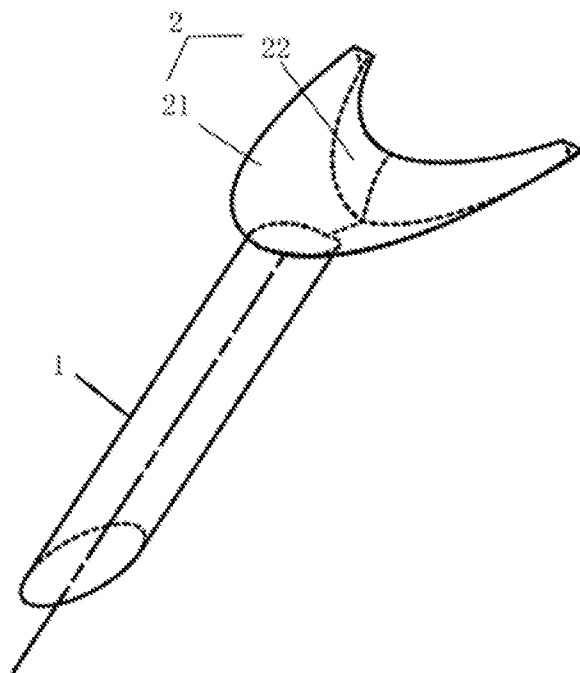


图1

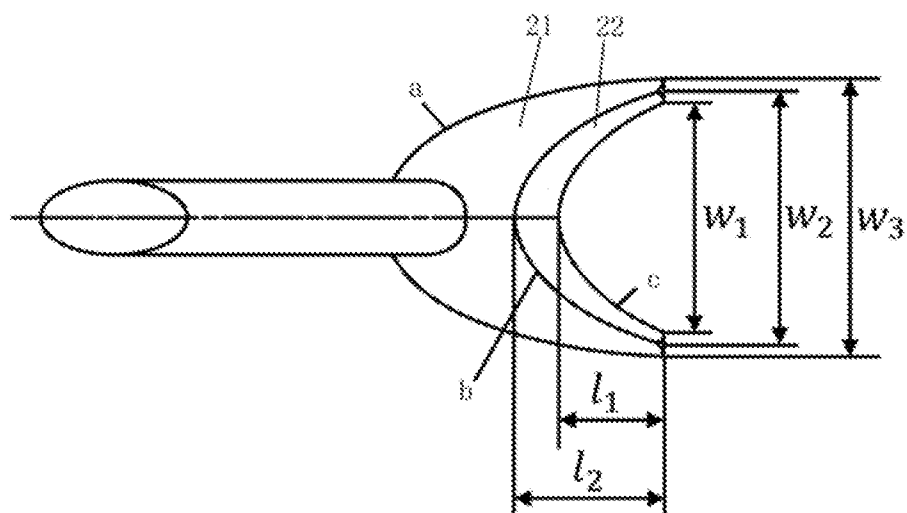


图2

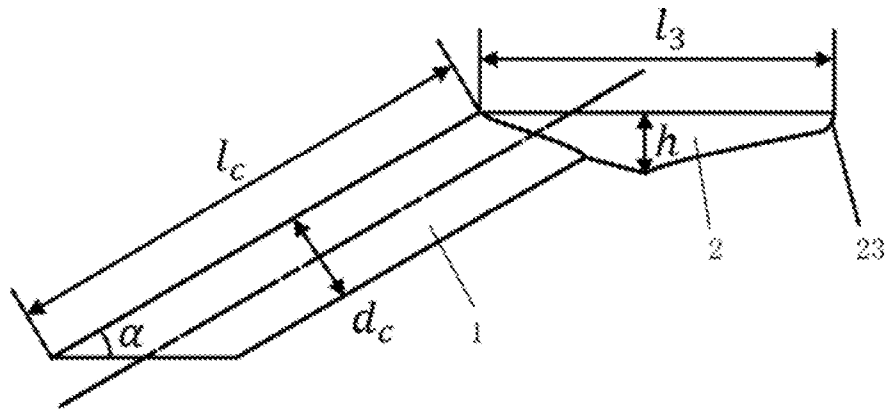


图3