



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111927563 A

(43) 申请公布日 2020.11.13

(21) 申请号 202010756521.5

(22) 申请日 2020.07.31

(71) 申请人 中国航发贵阳发动机设计研究所
地址 550081 贵州省贵阳市云潭北路602号
中国航发贵阳发动机设计研究所

(72) 发明人 李义平 林亚 朱培模 王开明
石伟 杨锐 杨升 栗尼娜 林培

(74) 专利代理机构 中国航空专利中心 11008
代理人 杜永保

(51) Int. Cl.
F01D 5/18 (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)

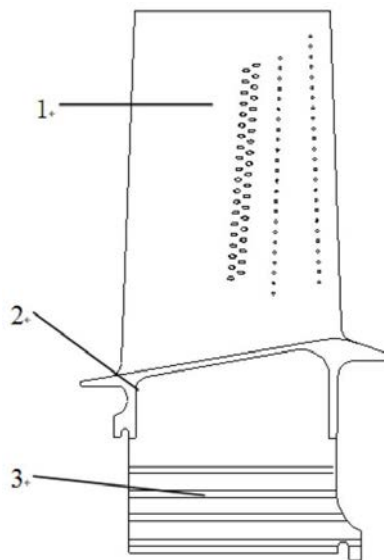
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种适用于高温环境的涡轮叶片

(57) 摘要

本发明公开了一种适用于高温环境的涡轮叶片,包括叶身、缘板、榫头,叶身在缘板上方,榫头固定连接在缘板下方,叶身内部设置均与榫头底部进气口连通的前腔室、中腔室、后腔室,前腔室、中腔室、后腔室通过间隔墙隔开且三个腔室均连通,前腔室在叶身前端,前腔室通过设置在叶身前缘以及叶盆上的气膜孔与外部连通,中腔室也通过叶盆上的若干气膜孔与外部连通,后腔室通过叶身的尾缘劈缝与外部连通,前腔室、中腔室的叶盆侧以及叶背侧均有若干肋条,后腔室内设置有弯折的反向间隔墙,反向间隔墙将后腔室分割为前后两个子腔室,前子腔室内部设置有若干肋条,后子腔室内部设置有扰流柱,反向间隔墙上设置有若干通气孔,连通前后两个子腔室。



1. 一种适用于高温环境的涡轮叶片,其特征在于:所述的涡轮叶片包括叶身(1)、缘板(2)、榫头(3),所述的叶身(1)设置在缘板(2)上方,所述的榫头(3)固定连接在缘板(2)下方,所述的叶身(1)内部设置有均与榫头(3)底部进气口连通的前腔室(9)、中腔室(10)、后腔室(11),前腔室(9)、中腔室(10)、后腔室(11)通过间隔墙(7)隔开且三个腔室均连通,所述的前腔室(9)设置在叶身(1)前端,所述的前腔室(9)通过设置在叶身(1)前缘以及叶盆侧的若干气膜孔(4)与外部连通,所述的中腔室(10)也通过设置在叶身(1)叶盆侧的若干气膜孔(4)与外部连通,所述的后腔室(11)通过叶身(1)的尾缘劈缝(5)与外部连通,所述的前腔室(9)、中腔室(10)在叶身(1)叶盆侧以及叶背侧均设置有若干肋条(6),所述的后腔室(11)内设置有弯折的反向间隔墙(12),所述的反向间隔墙(12)将后腔室(11)分割为前后两个子腔室,所述的前子腔室内设置有若干肋条(6),所述的后子腔室内设置有扰流柱(8),所述的反向间隔墙(12)上设置有若干通气孔,连通前后两个子腔室。

2. 根据权利要求1所述的一种适用于高温环境的涡轮叶片,其特征在于:所述的涡轮叶片是由DD32合金铸造而成的单晶涡轮叶片。

3. 根据权利要求1所述的一种适用于高温环境的涡轮叶片,其特征在于:所述的肋条(6)是顶部为弧形的突起结构。

4. 根据权利要求1所述的一种适用于高温环境的涡轮叶片,其特征在于:所述的前腔室(9)通过设置在叶身(1)前缘的三列气膜孔(4)以及叶盆侧的一列气膜孔(4)与外部连通,所述的中腔室(10)通过设置在叶身(1)叶盆侧的两列气膜孔(4)与外部连通。

5. 根据权利要求4所述的一种适用于高温环境的涡轮叶片,其特征在于:所述的叶身(1)前缘的三列气膜孔(4)沿叶身(1)中轴线分为上下两组,上组的气膜孔(4)出口方向与发动机轴线呈 -45° 夹角,下组的气膜孔(4)出口方向与发动机轴线呈 $+45^{\circ}$ 夹角。

6. 根据权利要求1所述的一种适用于高温环境的涡轮叶片,其特征在于:所述的前腔室(9)与中腔室(10)之间的间隔墙(9)的端部为弯曲的弧形结构,保证前腔室(9)端部的冷气绕流至后腔室(10)。

7. 根据权利要求1所述的一种适用于高温环境的涡轮叶片,其特征在于:所述的前腔室(9)在叶身(1)叶盆侧以及叶背侧分别设置有7个肋条(6),叶盆侧以及叶背侧的7个肋条(6)位置一一对应。

8. 根据权利要求1所述的一种适用于高温环境的涡轮叶片,其特征在于:所述的中腔室(10)在叶身(1)叶盆侧以及叶背侧分别设置有9个肋条(6),叶盆侧以及叶背侧的9个肋条(6)位置一一对应。

9. 根据权利要求1所述的一种适用于高温环境的涡轮叶片,其特征在于:所述的扰流柱(8)为39个,所述的39个扰流柱(8)分为前、中、后三排,交错排布在后子腔室内,前排以及中排的扰流柱(8)的直径相同,且大于后排的扰流柱(8)直径。

一种适用于高温环境的涡轮叶片

技术领域

[0001] 本发明属于叶轮机械技术和传热技术领域,涉及一种适用于高温环境的涡轮叶片。

背景技术

[0002] 涡轮作为航空燃气涡轮风扇发动机关键的核心部件之一,其功能是将发动机的热能和动能转换为机械能,涡轮转子叶片是涡轮部件中能量转换的一种核心零件,其工作环境非常苛刻。现代燃气涡轮发动机推力的提高,很大程度上依赖于涡轮前总温的提高,涡轮前总温提高对涡轮特别是涡轮转子叶片提出了更高的要求。目前,在国内、外已知的航空发动机和燃气轮机的应用中,采用耐温能力强的单晶材料、设计复杂的冷却结构是一条经验证有效的发展路径。

[0003] 某型发动机的涡轮叶片长期工作温度为1800K左右、转速为15000r/min以上,叶片承受着巨大的离心力、热应力和气动弯矩载荷。涡轮转子叶片选用了国内先进的单晶材料DD32 铸造,材料的熔化温度在1670K左右,为实现叶片的正常使用需求,因此,必须对涡轮叶片的进行合理设计,适用于高温环境。

发明内容

[0004] 发明目的:提出一种适用于高温环境的涡轮叶片,以解决高压涡轮转子叶片的高温环境使用问题。

[0005] 技术方案:

[0006] 一种适用于高温环境的涡轮叶片,所述的涡轮叶片包括叶身(1)、缘板(2)、榫头(3),所述的叶身(1)设置在缘板(2)上方,所述的榫头(3)固定连接在缘板(2)下方,所述的叶身(1)内部设置有均与榫头(3)底部进气口连通的前腔室(9)、中腔室(10)、后腔室(11),前腔室(9)、中腔室(10)、后腔室(11)通过间隔墙(7)隔开且三个腔室均连通,所述的前腔室(9)设置在叶身(1)前端,所述的前腔室(9)通过设置在叶身(1)前缘以及叶盆侧的若干气膜孔(4)与外部连通,所述的中腔室(10)也通过设置在叶身(1)叶盆侧的若干气膜孔(4)与外部连通,所述的后腔室(11)通过叶身(1)的尾缘劈缝(5)与外部连通,所述的前腔室(9)、中腔室(10)在叶身(1)叶盆侧以及叶背侧均设置有若干肋条(6),所述的后腔室(11)内设置有弯折的反向间隔墙(12),所述的反向间隔墙(12)将后腔室(11)分割为前后两个子腔室,所述的前子腔室内部设置有若干肋条(6),所述的后子腔室内部设置有扰流柱(8),所述的反向间隔墙(12)上设置有若干通气孔,连通前后两个子腔室。

[0007] 进一步,涡轮叶片是由DD32合金铸造而成的单晶涡轮叶片。

[0008] 进一步,肋条(6)是顶部为弧形的突起结构。

[0009] 进一步,前腔室(9)通过设置在叶身(1)前缘的三列气膜孔(4)以及叶盆侧的一列气膜孔(4)与外部连通,所述的中腔室(10)通过设置在叶身(1)叶盆侧的两列气膜孔(4)与外部连通。

[0010] 进一步,叶身(1)前缘的三列气膜孔(4)沿叶身(1)中轴线分为上下两组,上组的气膜孔(4)出口方向与发动机轴线呈 -45° 夹角,下组的气膜孔(4)出口方向与发动机轴线呈 $+45^{\circ}$ 夹角。

[0011] 进一步,前腔室(9)与中腔室(10)之间的间隔墙(9)的端部为弯曲的弧形结构,保证前腔室(9)端部的冷气绕流至后腔室(10)。

[0012] 进一步,前腔室(9)在叶身(1)叶盆侧以及叶背侧分别设置有7个肋条(6),叶盆侧以及叶背侧的7个肋条(6)位置一一对应。

[0013] 进一步,中腔室(10)在叶身(1)叶盆侧以及叶背侧分别设置有9个肋条(6),叶盆侧以及叶背侧的9个肋条(6)位置一一对应。

[0014] 进一步,扰流柱(8)为39个,所述的39个扰流柱(8)分为前、中、后三排,交错排布在后子腔室内部,前排以及中排的扰流柱(8)的直径相同,且大于后排的扰流柱(8)直径。

[0015] 有益技术效果:本发明综合采用扰流柱+肋条的对流冷却和气膜孔的气膜冷却的设计,对涡轮转子叶片进行冷却,平均冷却效果达0.45以上,降低并控制叶片的表面温度分布,实现涡轮转子叶片的可靠使用。结构与DD32材料适应,满足某型发动机对高压涡轮转子叶片的冷却要求,效果显著。

附图说明

[0016] 图1为涡轮转子叶片示意图;

[0017] 图2为叶身结构示意图;

[0018] 图3为内腔剖面示意图;

[0019] 图4为前缘气膜孔出口方向示意图;

[0020] 其中:1-叶身,2-缘板,3-榫头,4-气膜孔,5-尾缘劈缝,6-肋条,7-间隔墙,8-扰流柱,9-前腔室,10-中腔室,11-后腔室,12-反向间隔墙。

具体实施方式

[0021] 下面对照附图,通过对实施例的描述,对本发明的具体实施方式如所涉及的各构件的形状、构造、各部分之间的相互位置及连接关系、各部分的作用及工作原理、制造工艺及操作使用方法等,作进一步详细的说明,以帮助本领域的技术人员对本发明的构思、技术方案有更完整、准确和深入的理解,

[0022] 如图1所示,一种适用于高温环境的涡轮叶片,所述的涡轮叶片包括叶身1、缘板2、榫头3,所述的叶身1设置在缘板2上方,所述的榫头3固定连接在缘板2下方,如图2所示,所述的叶身1内部设置有均与榫头3底部进气口连通的前腔室9、中腔室10、后腔室11,前腔室9、中腔室10、后腔室11通过间隔墙7隔开且三个腔室均连通,所述的前腔室9设置在叶身1前端,所述的前腔室9通过设置在叶身1前缘以及叶盆侧的若干气膜孔4与外部连通,所述的中腔室10也通过设置在叶身1叶盆侧的若干气膜孔4与外部连通,所述的后腔室11通过叶身1的尾缘劈缝5与外部连通,如图3所示,所述的前腔室9、中腔室10在叶身1叶盆侧以及叶背侧均设置有若干肋条6,所述的后腔室11内设置有弯折的反向间隔墙12,所述的反向间隔墙12将后腔室11分割为前后两个子腔室,所述的前子腔室内部设置有若干肋条6,所述的后子腔室内部设置有扰流柱8,所述的反向间隔墙12上设置有若干通气孔,连通前后两个子腔

室。

[0023] 所述的涡轮叶片是一种由DD32合金铸造而成的单晶涡轮叶片,利用DD32合金具有铸造性能优异,热处理工艺性好和抑制再结晶倾向性好的特性,可以设计出具有复杂冷却结构的空心铸造涡轮叶片。利用DD32合金具有铸造性能优异,热处理工艺性好和抑制再结晶倾向性好,适宜制备具有复杂型腔的涡轮转子叶片的特点,对叶片的内腔开展详细设计,叶片内腔的结构见图2。利用间隔墙7将叶片内腔分为前、中、后三个腔室,其中前腔室9布置了7对肋条6和4排气膜孔4、中腔室10布置了9对肋条6和2排气膜孔4、后腔室11 交错排列出3排共39个扰流柱9。冷却气从叶片榫头3底部进入,在叶片内腔形成对流冷却后,一部分从叶身1气膜孔4排出形成气膜冷却,一部分从叶身1尾缘劈缝5排出。扰流柱 8、肋条6、气膜孔4的分布控制并降低叶片的表面温度。经计算和试验测量,涡轮叶片的平均冷却效果达0.45以上。

[0024] 如图3所示,所述的肋条6是顶部为弧形的突起结构,高度为0.4mm,该结构增大了内腔表面的换热面积,加强了冷却气对流冷却的效果。

[0025] 所述的前腔室9通过设置在叶身1前缘的三列气膜孔4以及叶盆侧的一列气膜孔4与外部连通,孔径要求0.3mm,所述的中腔室10通过设置在叶身1叶盆侧的两列气膜孔4与外部连通,孔径要求0.45mm。工作时,冷却气从叶身1前腔室9流出叶片,并在叶身1前缘和叶盆表面形成冷却气膜,气膜隔离了该区域的高温燃气与叶片直接接触,以降低该区域叶片的温度。

[0026] 如图4所示,所述的叶身1前缘的三列气膜孔4沿叶身中轴线分为上下两组,上组的气膜孔4出口方向与发动机轴线呈 -45° 夹角,下组的气膜孔4出口方向与发动机轴线呈 $+45^{\circ}$ 夹角。带角度倾斜的气膜孔4的设计确保了进口燃气不直接作用在孔上而冲击进入叶片内腔,确保冷却气可以顺利从叶片前腔室9流出叶片形成保护气膜,同时对角 45° 的出口气流,加强了对叶身中部高温区的保护。

[0027] 所述的前腔室9与中腔室10之间的间隔墙7的端部为向后弯曲的弧形结构,间隔墙7 顶端与叶片顶部的内壁面留有1.5mm的距离,保证前腔室9端部的冷气越过中腔室10,直接绕流至后腔室11,并不对中腔室10的冷气形成冲击而阻碍中腔室10气流的流动。

[0028] 所述的前腔室9在叶身1叶盆侧以及叶背侧分别设置有7个肋条6,叶盆侧以及叶背侧的7个肋条6位置一一对应,这样在肋条6处形成缩颈特征,对气流加速,加强表面换热效果,同时缩颈也保证了气流沿规划的路径流动,形成对叶身1前腔室9的内部冷却。

[0029] 所述的中腔室10在叶身1叶盆侧以及叶背侧分别设置有9个肋条6,叶盆侧以及叶背侧的9个肋条6位置一一对应。肋条6的功能与前腔室9的一致,在肋条6处形成缩颈特征,对气流加速,加强表面换热效果,同时缩颈也保证了气流沿规划的路径流动,形成对叶身1中腔室10的内部冷却。

[0030] 所述的扰流柱8为39个,所述的39个扰流柱分为前、中、后三排,交错排布在后子腔室内部,前排的扰流柱8、中排的扰流柱8的直径相同,且大于后排的扰流柱8的直径,交错排列的绕流柱8加强了对气流的扰动,加大了表面的换热面积,从而提高了冷气的对流换热效果。

[0031] 工作时,冷却气从叶片榫头3底部的开口进入叶身1内的前、中、后腔室,前、中腔的气流分成两股,一股经气膜孔4流出叶身表面形成冷却气膜,一股气流通过间隔墙7的导向

作用流到后腔室11,经后腔室11中反向间隔墙12的导流和分配,最终气流会同后腔室 11的气流经尾缘劈缝5排出叶片,气流在叶身1内腔全区域流动,肋条6、扰流柱8、气膜孔4的组合使用,实现叶片在高温环境里的可靠工作,经评估,叶片的冷却效果达到0.45 以上,叶片具备在1800K左右的环境下长期工作。

[0032] 上面结合附图对本发明进行了示例性描述,显然本发明具体实现并不受上述方式的限制,只要采用了本发明的方法构思和技术方案进行的各种非实质性的改进,或未经改进将本发明的构思和技术方案直接应用于其它场合的,均在本发明的保护范围之内。

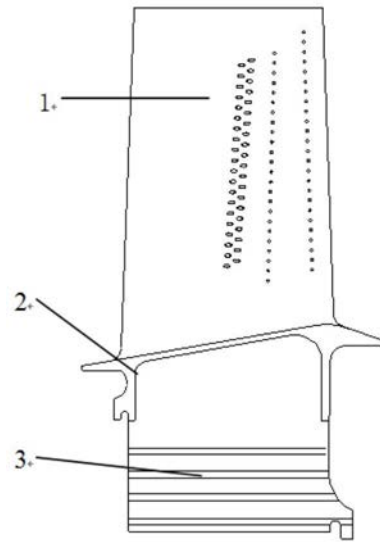


图1

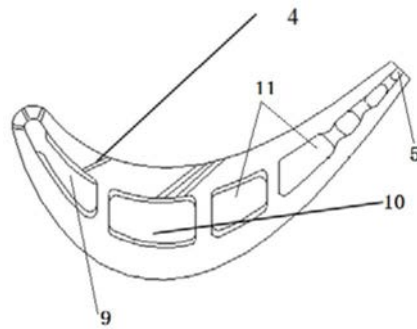


图2

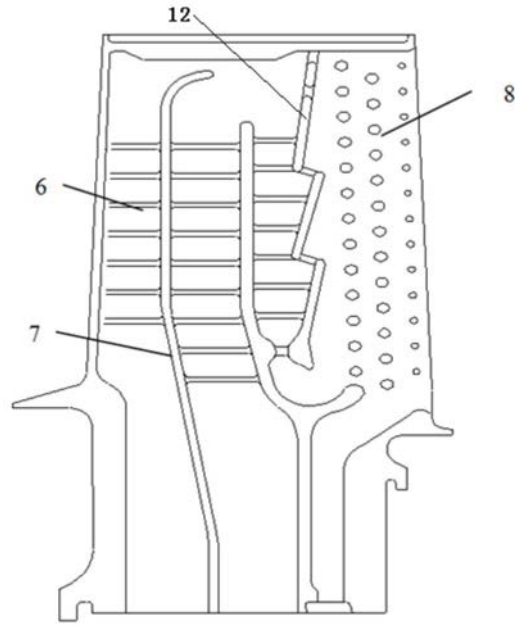


图3

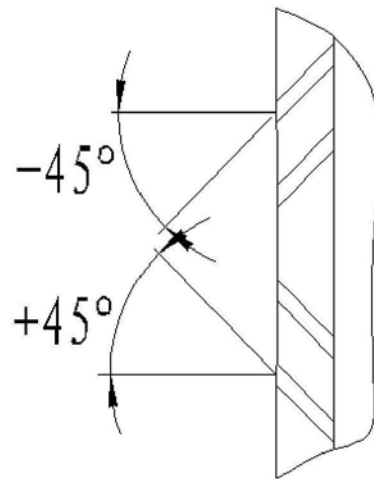


图4