



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101694432 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 17

(21) 申请号 200910236412. 4

(22) 申请日 2009. 10. 21

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 吴臣武 肖京华 张坤 罗耕星 陈光南

(74) 专利代理机构 北京中创阳光知识产权代理有限公司 11003

代理人 尹振启

(56) 对比文件

CN 1699994 A, 2005. 11. 23,
JP 特开 2004-125575 A, 2004. 04. 22,
CN 1818612 A, 2006. 08. 16,
CN 101105436 A, 2008. 01. 16,
CN 201184862 Y, 2009. 01. 21,
杨晓光等. 热障涂层氧化和热疲劳寿命实验研究.《航空动力学报》. 2003, 第 18 卷 (第 2 期),

审查员 杨庆林

(51) Int. Cl.

G01N 1/28 (2006. 01)

G01N 1/44 (2006. 01)

G01N 3/60 (2006. 01)

G01B 5/30 (2006. 01)

G01K 7/02 (2006. 01)

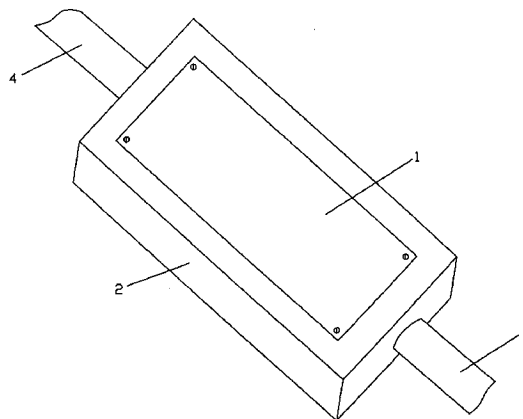
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

评价热障涂层体系可靠性的方法和装置

(57) 摘要

本发明公开了一种评价热障涂层体系可靠性的方法和装置,该装置包括平板试样、试验槽、可控热源,平板试样一面上具有多条带筋冷却槽道,其相对面上设置有热障涂层,平板试样具有冷却槽道的一面密封、固定在试验槽上,其冷却槽道容置在试验槽中,沿冷却槽道方向的试验槽两端设置有进、出液管,可控热源对平板试样的热障涂层表面加热,并通过热电偶测温系统和高温应变片测试系统检测平板试样的温度和应变。本发明的评价热障涂层体系的装置和方法,把热障涂层和基体结构作为一个体系,通过考虑结构效应对热障涂层及界面变形、应力的影响来综合评价热障涂层体系的可靠性。



1. 一种评价热障涂层体系的装置,其特征在于,包括平板试样、试验槽、可控热源,平板试样一面上具有多条带筋冷却槽道,另一面上设置有热障涂层,平板试样具有冷却槽道的一面密封、固定在试验槽上,其冷却槽道容置在试验槽中,冷却槽道与试验槽底面紧贴或二者之间留有间隙,沿冷却槽道方向的试验槽两端设置有进液管和出液管,进液管向试验槽中注入冷却液时,冷却液经冷却槽道方向从出液管流出;可控热源对平板试样的热障涂层表面加热,并通过热电偶测温系统和高温应变片测试系统检测平板试样的温度和应变。

2. 如权利要求 1 所述的评价热障涂层体系的装置,其特征在于,所述平板试样的大小与所述试验槽的大小相配,所述冷却槽道贯穿所述平板试样。

3. 如权利要求 1 所述的评价热障涂层体系的装置,其特征在于,所述试验槽上设置有多个所述进液管和出液管,所述进液管和出液管对应所述平板试样上的每一冷却槽道。

4. 如权利要求 1 所述的评价热障涂层体系的装置,其特征在于,所述冷却槽道的长度小于所述试验槽的长度。

5. 如权利要求 1 所述的评价热障涂层体系的装置,其特征在于,所述试验槽上设置有一条进液管和一条出液管。

6. 如权利要求 1 所述的评价热障涂层体系的装置,其特征在于,所述平板试样具有冷却槽道的面与所述试验槽之间设置密封垫。

7. 一种采用如权利要求 1-6 任一项所述的装置评价热障涂层体系的方法,具体为:1) 制备平板试样:在平板试样的一面上加工多条带筋通道,在没有带筋通道的平面侧喷涂热障涂层;2) 将平板试样冷却槽道容置安装在试验槽中,冷却槽道与试验槽底面紧贴或二者之间留有间隙;以可控热源加热平板试样的热障涂层表面,同时以水泵控制冷却液流量和压力,通过进液管向试验槽中注入冷却液,冷却液经冷却槽道方向从出液管流出,如此对平板试样冷却槽道侧进行冷却,通过热电偶测温系统和高温应变片测试系统测试平板试样的温度和应变,并根据热电偶测温系统测得的温度对可控热源和水泵反馈控制,调整对平板试样的加热、冷却条件。

8. 如权利要求 7 所述的评价热障涂层体系的方法,其特征在于,所述可控热源的加热方式为激光器加热,通过控制激光器输出功率来控制热障涂层表面输入的热流密度。

评价热障涂层体系可靠性的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及热障涂层体系可靠性测试的方法和装置。

背景技术

[0002] 燃烧室是航空发动机核心部件之一。燃料与获得减速增压的来流空气进入燃烧室后混合和燃烧,要求能最有效地把燃料中的化学能释放出来,转化为高温燃气的热能,以提高气流的作功能力。一般来说,燃气温度越高,单位质量工质作功的能力就越大。为了提高发动机的推力和效率,必然要提高燃烧室的燃气温度。目前,有的燃烧室温度已达 2500K 左右,现有的结构材料还不能承受如此高的温度;并且随着发动机寿命要求的大幅增加,燃烧室的工作环境越来越恶劣,给现有的耐热材料和传统的冷却技术提出了挑战,这就要求对燃烧室进行更为可靠的热防护。因此,燃烧室热防护技术成为航空发动机的关键技术之一。结合了主动冷却和热障涂层的双重热防护设计思想,可望在很大程度上降低结构热破坏的风险。同样的问题在燃气涡轮发动机叶片上也非常突出,在目前涡轮叶片主要采用镍基合金的情况下,普遍采用内部强化对流和外表面涂覆热障涂层相结合的复合热防护方法。

[0003] 然而,包含冷却槽道的精细结构将导致明显的应力、变形集中,且热障涂层厚度方向存在很高的温度梯度,这将对热障涂层的相关技术提出很高的要求。针对不同的发动机类型,材料研究者设计了相应的热障涂层材料,以图不断提高热障涂层的性能和服役寿命。如何在实验室评价热障涂层体系的可靠性,一直是该领域的难题。

[0004] 申请人检索到一篇专利 200610024973.4 公开了一种针对热障涂层抗热障性能的测试装置,然而该装置并不考虑涂层-基体作为一个整体所带来的结构效应,包括结构特性对涂层变形、应力以及界面变形失配、应力集中的影响等,并且,该方法采用对试样先加热后冷却的方法,人为的将加热和冷却过程分开,难以真实模拟热障涂层体系的服役工况,从而难以准确获得热障涂层破坏的热载荷水平。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的问题,本发明的目的在于提供一种通过考虑结构效应对热障涂层及界面变形、应力的影响综合评价热障涂层体系可靠性的方法和装置。

[0006] 为实现上述目的,本发明的评价热障涂层体系的装置,包括平板试样、试验槽、可控热源,平板试样一面上具有多条带筋冷却槽道,其相对面上设置有热障涂层,平板试样具有冷却槽道的一面密封、固定在试验槽上,其冷却槽道容置在试验槽中,沿冷却槽道方向的试验槽两端设置有进、出液管,可控热源对平板试样的热障涂层表面加热,并通过热电偶测温系统和高温应变片测试系统检测平板试样的温度和应变。

[0007] 进一步,所述平板试样的大小与所述试验槽的大小相配,所述冷却槽道贯穿所述平板试样。

[0008] 进一步,所述试样槽上设置有多个所述进、出液管,所述进、出液管对应所述平板试样上的每一冷却槽道。

[0009] 进一步,所述冷却槽道的长度小于所述试验槽的长度。

[0010] 进一步,所述试验槽上设置有一组所述进、出液管。

[0011] 进一步,所述平板试样具有冷却槽道的面与所述试验槽之间设置密封垫。

[0012] 本发明的评价热障涂层体系的方法,具体为:1) 制备平板试样:在平板试样的一面上加工多条带筋通道,在没有带筋通道的平面侧喷涂热障涂层;2) 将平板试样安装在试验槽上,以可控热源加热平板试样的热障涂层表面,同时以水泵控制冷却液流量和压力,对平板试样冷却槽道侧进行冷却,通过热电偶测温系统和高温应变片测试系统测试平板试样的温度和应变,并根据热电偶测温系统测得的温度对可控热源和水泵反馈控制,调整对平板试样的加热、冷却条件。

[0013] 进一步,所述可控热源的加热方式为激光器加热,通过控制激光器输出功率来控制热障涂层表面输入的热流密度。

[0014] 本发明的评价热障涂层体系的装置和方法,把热障涂层和基体结构作为一个体系,通过考虑结构效应对热障涂层及界面变形、应力的影响来综合评价热障涂层体系的可靠性。该方法同时测试试样的温度和应变,通过简易的理论分析即可得到热障涂层体系的热-结构行为,客观评价热障涂层体系的可靠性。

附图说明

[0015] 图1为本发明的评价热障涂层体系的系统结构示意图;

[0016] 图2为本发明的一种评价热障涂层体系的系统结构剖视图;

[0017] 图3为本发明的另一种评价热障涂层体系的系统剖视图;

[0018] 图4为本发明的平板试样的结构示意图;

[0019] 图5为本发明的评价热障涂层体系的系统框架图。

具体实施方式

[0020] 如图1和2所示,本发明的评价热障涂层体系的系统,包括平板试样1、试验槽2和可控热源,试验槽2两端设置有向其槽中进液和出液的进、出液管3、4,平板试样1固定放置在试验槽2上,试验槽2上的贮液槽21中通过进液管3注入冷却液,平板试样1固定在贮液槽21上方,两者之间通过密封垫5密封。

[0021] 如图2-4所示,平板试样1的一面具有多条带筋冷却槽道11,另一面设置热障涂层12,平板试样1冷却槽道11浸入贮液槽21中的冷却液中,其中冷却槽道11与贮液槽21底面之间留有间隙,如此可以保证进液管3向贮液槽21中注入冷却液时,冷却液可以经冷却槽道11方向从出液管4流出,如此对平板试样1冷却。如图3所示,平板试样1'的冷却槽道11也可以紧贴试验槽2'的贮液槽21'底面设置,为了保证平板试样1'的所述冷却槽道中均会流有冷却液,可以在试验槽2'上对应每条冷却槽道设置与每条冷却槽道相对应的多条进、出液管。试验时,将可控热源施加在平板试样的热障涂层12侧,同时向贮液槽中注入冷却液,使平板试样的加热、冷却同时进行。

[0022] 本发明的评价热障涂层体系的方法,具体为:1) 制备平板试样:在平板试样的一面上加工多条带筋通道,在没有带筋通道的平面侧喷涂热障涂层;2) 将平板试样安装在试验槽上,以可控热源加热平板试样的热障涂层表面,同时以水泵控制冷却液流量和压力,对

平板试样冷却槽道侧进行冷却,通过热电偶测温系统和高温应变片测试系统测试平板试样的温度和应变,并根据热电偶测温系统测得的温度对可控热源和水泵反馈控制,调整对平板试样的加热、冷却条件。

[0023] 该方法采用热电偶测温系统和高温应变片测试系统检测试样典型区域的温度和应变,结合理论和数值分析获得试样温度分布模式和应力分布规律,可综合评价热障涂层体系的可靠性,测试系统的布置方案如图 5 所示。

[0024] 现有的方法不计及结构效应对测试对象的影响,实际上,当考察热障涂层的温度水平和变形、应力时,结构效应的影响是不可忽视的,有时候甚至是主导性的。因为,从基本的热传导理论和连续介质力学理论就可以知道,当热边界条件和力边界条件一致时,结构特性的差异将显著影响温度分布及其水平,也将显著影响热障涂层的变形模式及其变形水平,当然也同时显著影响了热障涂层及界面应力水平及其应力集中状态。因此,只有综合考虑了结构效应,才有可能真实反映热障涂层的热-力学状态,才有可能客观评价热障涂层体系的可靠性。

[0025] 本发明的方法把热障涂层和基体结构作为一个体系,通过考虑结构效应对热障涂层及界面变形、应力的影响来综合评价热障涂层体系的可靠性。该方法同时测试试样的温度和应变,通过简易的理论分析即可得到热障涂层体系的热-结构行为。

[0026] 需要指出的是根据本发明的具体实施方式所做出的任何变形,均不脱离本发明的精神及权利要求所记载的范围。

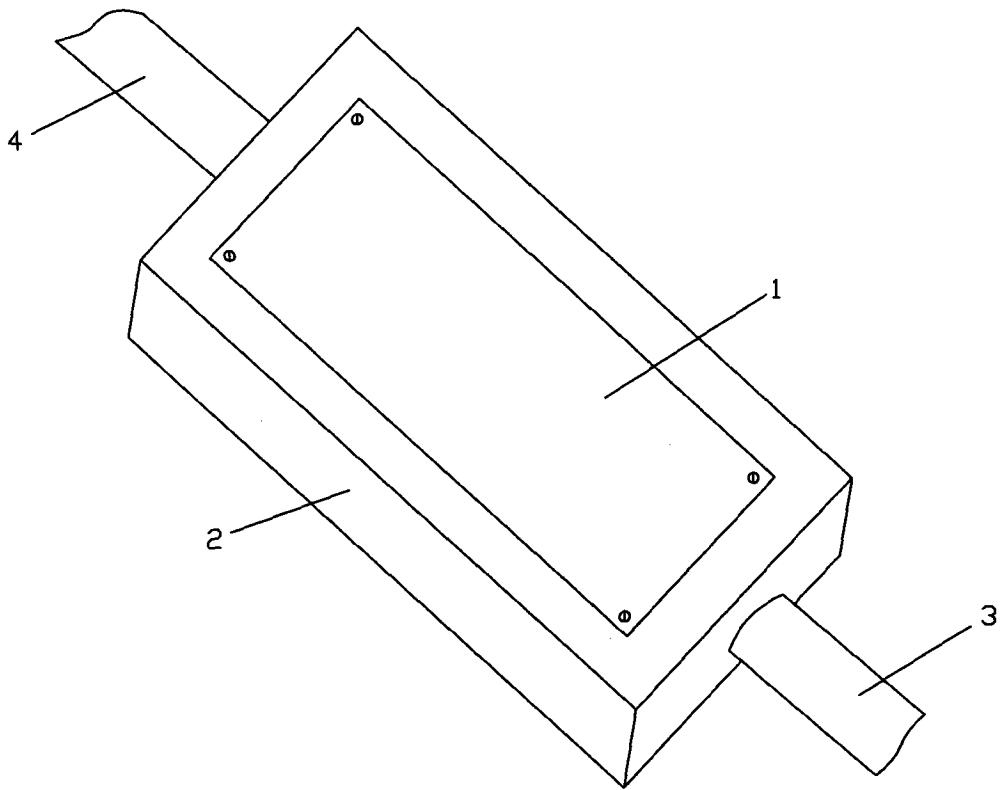


图 1

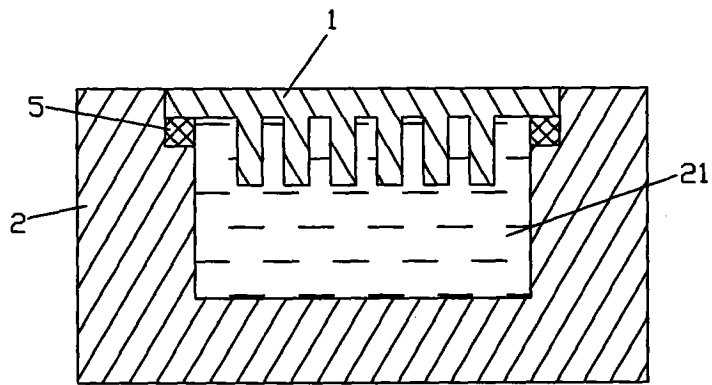


图 2

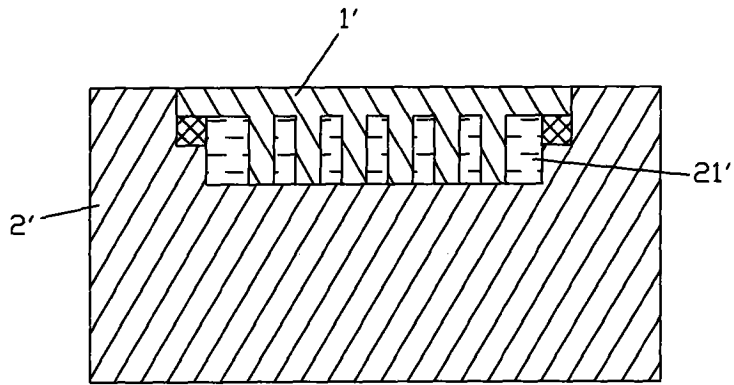


图 3

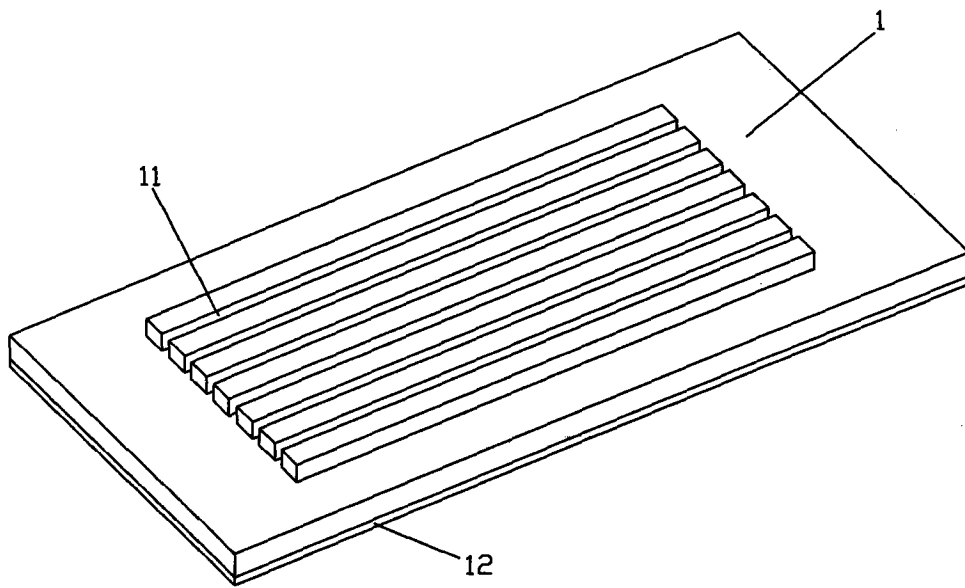


图 4

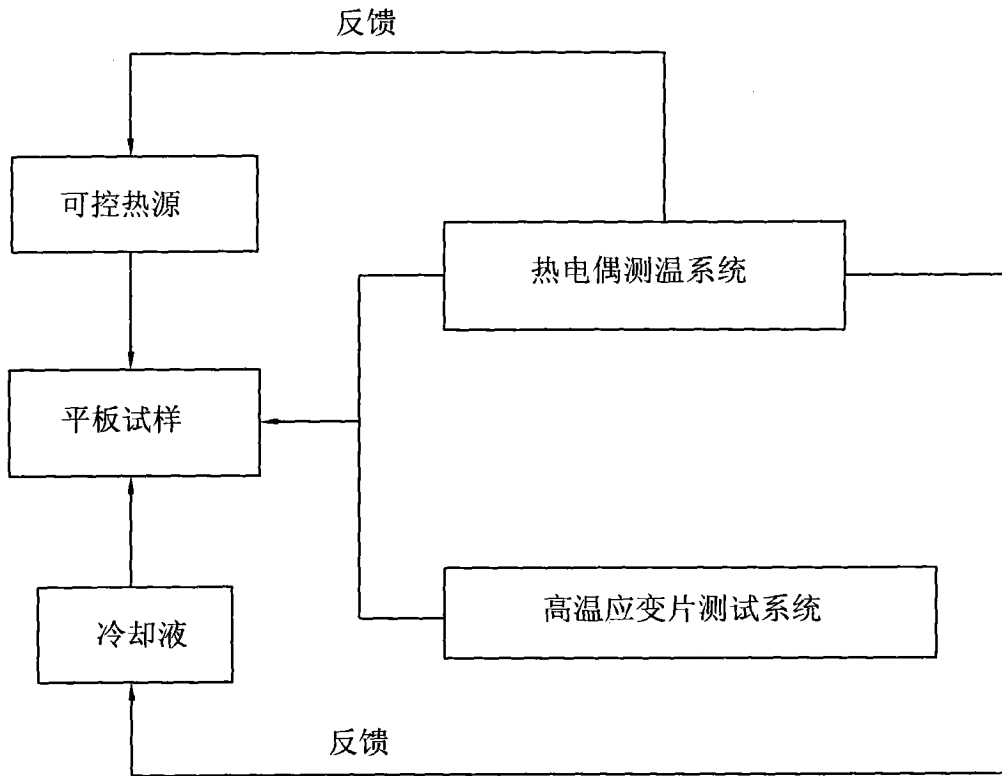


图 5