



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103487345 B

(45)授权公告日 2017.05.03

(21)申请号 201310475477.0

(22)申请日 2013.10.12

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103487345 A

(43)申请公布日 2014.01.01

(73)专利权人 中国科学院上海硅酸盐研究所
地址 200050 上海市长宁区定西路1295号

(72)发明人 钟兴华 赵华玉 陶顺衍 周霞明
杨凯 刘晨光 王亮 丁传贤

(74)专利代理机构 上海瀚桥专利代理事务所
(普通合伙) 31261

代理人 曹芳玲 姚佳雯

(51)Int.Cl.
G01N 3/60(2006.01)

(56)对比文件

CN 2531247 Y,2003.01.15,
CN 101644650 A,2010.02.10,
JP 2003315253 A,2003.11.06,
CN 201340372 Y,2009.11.04,
CN 101762452 A,2010.06.30,
CN 103091238 A,2013.05.08,
CN 103134828 A,2013.06.05,
CN 1818612 A,2006.08.16,

审查员 曾武

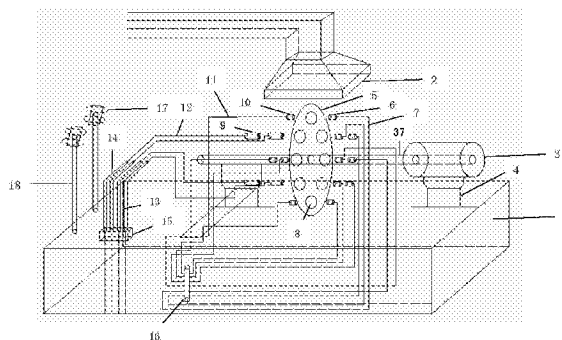
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

用于动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置

(57)摘要

本发明涉及用于动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置,包括:用于安装多个试样的可转动的试样安装单元;用于对所述试样的涂层面进行加热的加热单元,所述加热单元具备至少一个具有呈同心圆环状布置的多个焰芯的火焰喷嘴;用于对所述试样进行冷却的冷却单元;以及控制单元,所述控制单元配置为控制所述试样安装单元的转动,以使所述多个试样交替地进行加热和冷却。采用本发明的高温焰流装置可以具有较小径向温度梯度的均恒温场焰流,并且能够使多个试样并行进行抗热冲击性能动态循环测试。



1. 一种用于动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置,其特征在于,包括:
用于安装多个试样的可转动的试样安装单元;

用于对所述试样的涂层面进行加热的加热单元,所述加热单元具备至少一个具有呈同心圆环状布置的多个三角形焰芯的火焰喷嘴;

用于对所述试样进行冷却的冷却单元,所述冷却单元包括压缩空气供给部,与所述压缩空气供给部相连的多个压缩空气喷嘴,所述多个压缩空气喷嘴包括设置为用于对所述试样的涂层面进行冷却且与所述火焰喷嘴的数量相对应的正面喷嘴和设置为用于对所有试样的基材背面持续进行冷却的背面喷嘴;以及

控制单元,所述控制单元配置为通过所述火焰喷嘴对所述多个试样中的至少一部分试样的涂层面进行喷焰加热后,控制所述试样安装单元的转动,使所述正面喷嘴对加热后的该至少一部分试样的涂层面进行冷却,且在冷却的同时通过所述火焰喷嘴对未加热的其他试样的涂层面进行喷焰加热,以使所述多个试样的涂层面交替地进行加热和冷却。

2. 根据权利要求1所述的高温焰流装置,其特征在于,所述火焰喷嘴的孔径为30 mm~50 mm。

3. 根据权利要求1所述的高温焰流装置,其特征在于,所述加热单元包括用于供给燃气的燃气供给部,连接所述燃气供给部与所述火焰喷嘴的燃气通道,以及用于对所述火焰喷嘴的出口处的燃气进行点火的自动点火机构。

4. 根据权利要求1所述的高温焰流装置,其特征在于,所述试样安装单元包括用于安装试样的安装盘,所述安装盘通过传动机构与驱动源相连,以由所述驱动源驱动所述安装盘转动。

5. 根据权利要求4所述的高温焰流装置,其特征在于,在所述安装盘内设有使冷却液流通的通道。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的高温焰流装置,其特征在于,各压缩空气喷嘴具有呈同心圆环状布置的多个喷嘴芯。

用于动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置

技术领域

[0001] 本发明涉及热障涂层性能测试,具体地,涉及一种用于动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置。

背景技术

[0002] 提高航空发动机、尤其指航空燃气涡轮发动机的热效率的重要途径之一是提高该涡轮发动机的涡轮入口燃气温度。随着航空发动机向更高推重比的方向发展,其涡轮入口燃气温度也随之不断攀升,即使在采用高效气膜冷却技术的前提下,高压涡轮导向叶片的工作温度也超过了目前高温性能最优异的单晶高温合金叶片的可靠服役温度。因此,在叶片的表面采用隔热防护涂层(即热障涂层)已成为解决这一问题的有效措施之一。

[0003] 热障涂层能够显著减少高温燃气向高温合金叶片基体传递的热量,降低叶片表面温度,并利于延长叶片服役寿命。热障涂层技术已成为航空发动机的核心技术之一。美国、欧盟和我国的航空发动机推进计划中均将热障涂层技术列为与高温结构材料、高效叶片冷却技术并重的高性能航空发动机高压涡轮叶片技术的三大关键技术之一。随着高推重比航空发动机研制进程的快速推进,对具有耐高温、隔热和抗热冲击等优异性能的热障涂层材料的需求愈加迫切。

[0004] 其中,抗热冲击性能是衡量热障涂层使役性能的一项重要性能指标,直接关系到其可靠性和服役寿命。研制的热障涂层材料能否满足实际服役要求,需先期通过反复的地面台架试车考核来验证。然而,研制的材料直接进行台架试车考核,未免成本高、周期长、风险大。因此,为获得热障涂层材料使役性能的初步评价结果,亟待开展台架试车考核前的模拟实际工况条件下的热障涂层材料使役行为研究。

[0005] 对于热障涂层的抗热冲击性能测试,在高温电炉静态试验过程中,涂层和高温合金基材处于同一温场环境,与热障涂层的实际服役工况条件差异较大,采用常规的氧/乙炔焰虽然可以对材料进行高低温循环冲击测试,但焰流(火焰射流)径向温度梯度较大,不能满足较大均恒温场范围的测试要求,将不可避免地造成试样局部过热,导致对涂层失效的误判,因而不能真实反映涂层的抗热冲击性能。因此,亟需在能够满足较大均恒温场范围测试要求的装置上开展模拟实际工况条件下的热障涂层的抗热冲击性能测试。

[0006] 目前,可进行材料抗热冲击性能动态测试的设备多为自制,并无统一的规格和标准,不同设备的功能参数差别亦较大,且该类测试装置用途具有特殊性,许多性能参数不予公开。目前可查到的资料显示,国内几家科研院所搭建了以氧/煤气或氧/乙炔焰流为热源的测试装置,煤气、乙炔燃气焰流的热焓值均较低,加热能力不强;而且,这几家单位采用的是焰流喷嘴均为孔径小于30 mm的单孔火焰喷嘴,火焰射流的束斑较小,且焰流径向温度梯度较大,所以焰流的有效测试区域直径小于30 mm。

发明内容

[0007] 针对上述存在的问题和不足,本发明所要解决的技术问题在于提供一种用于动态

循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置,可以具有较小径向温度梯度的均恒温场焰流,并且能够使多个试样并行进行抗热冲击性能动态循环测试。

[0008] 为了解决上述技术问题,本发明的用于动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置,包括:用于安装多个试样的可转动的试样安装单元;用于对所述试样的涂层面进行加热的加热单元,所述加热单元具备至少一个具有呈同心圆环状布置的多个焰芯的火焰喷嘴;用于对所述试样进行冷却的冷却单元;以及控制单元,所述控制单元配置为控制所述试样安装单元的转动,以使所述多个试样交替地进行加热和冷却。

[0009] 根据本发明,通过使火焰喷嘴形成为具有呈同心圆环状布置的多个焰芯,可以使产生的焰流呈层流状态,以获得径向温度梯度小、温场较为均恒的火焰射流,从而可有效地对热障涂层抗热冲击性能进行动态循环测试。又,通过设置安装多个试样的可转动的试样安装单元,并通过控制单元控制该试样安装单元的转动,从而可以使所述多个试样交替地进行加热和冷却。由此,能够有效地使多个试样并行地自动进行抗热冲击性能动态循环测试。

[0010] 具体地,本发明通过控制单元使加热单元的火焰喷嘴对多个试样中的至少一部分试样的涂层面进行喷焰加热后,通过转动试样安装单元,使冷却单元对加热后的该至少一部分试样的涂层面进行冷却,且在冷却的同时对多个试样中的剩余的试样的涂层面进行喷焰加热。从而,本发明可以有利于在进行模拟航空发动机涡轮叶片热障涂层材料服役工况条件下的涂层材料试样抗热冲击性能的自动循环测试。

[0011] 又,在本发明中也可以是,所述火焰喷嘴的孔径为30 mm~50 mm。

[0012] 根据本发明,采用直径30 mm~50 mm的大孔径火焰喷嘴,可以使该火焰喷嘴所产生的焰流的束斑较大,有利于对热障涂层的抗热冲击性能进行更有效的动态循环测试。

[0013] 又,在本发明中也可以是,所述加热单元包括用于供给燃气的燃气供给部,连接所述燃气供给部与所述火焰喷嘴的燃气通道,以及用于对所述火焰喷嘴的出口处的燃气进行点火的点火机构。

[0014] 根据本发明,由燃气供给部供给的燃气经燃气通道到达至火焰喷嘴,并通过点火机构对火焰喷嘴的出口处的燃气进行点火,以从该火焰喷嘴的出口处产生焰流,从而可对试样的涂层面进行喷焰加热。

[0015] 优选地,该燃气供给部可包括丙烷气源和氧气气源,其各自经过过滤、流量调节和/或压力调节等进行混合,进而通过燃气通道供给至各火焰喷嘴。采用丙烷,可具有远高于煤气、天然气和乙炔等的热焓值,焰流加热能力强。

[0016] 又,在本发明中也可以是,所述试样安装单元包括用于安装试样的安装盘,所述安装盘通过传动机构与驱动源相连,以由所述驱动源驱动所述安装盘转动。

[0017] 根据本发明,通过驱动源驱动安装盘转动,从而可以有效地实现上述多个试样的涂层面的交替加热及冷却。

[0018] 又,在本发明中也可以是,在所述安装盘内设有使冷却液流通的通道。

[0019] 根据本发明,通过在安装盘内设置使冷却液流通的通道,可以在测试过程中降低安装盘的温度,防止其过热,又可使其在测试过程中保持可靠的强度。

[0020] 又,在本发明中也可以是,所述冷却单元包括压缩空气供给部,与所述压缩空气供给部相连的多个压缩空气喷嘴,各压缩空气喷嘴具有呈同心圆环状布置的多个喷嘴芯。

[0021] 根据本发明,通过使该压缩空气喷嘴形成为具有呈同心圆环状布置的多个喷嘴芯,可以使吹到试样上的冷却气较为集中和均匀,避免单孔喷嘴吹扫造成的气体扩散问题,从而确保较好的冷却效果。

[0022] 又,在本发明中也可以是,所述多个压缩空气喷嘴包括设置为用于对所述试样的涂层面进行冷却的喷嘴以及设置为用于对所述试样的基材背面进行冷却的喷嘴。

[0023] 根据本发明,通过设置为用于对试样的涂层面进行冷却的喷嘴并结合试样安装单元的转动,可有效地实现对多个试样的涂层面的交替冷却,即对加热后的至少一部分试样的涂层面进行冷却。另外,通过设置为用于对所述试样的基材背面进行冷却的喷嘴可对所有试样的基材背面一直持续进行压缩空气冷却。由此,可更好地模拟与航空发动机涡轮叶片热障涂层较为相似的服役工况。

[0024] 又,在本发明中也可以是,还包括用于采集所述试样安装单元的转动循环次数和所述试样的温度的数据采集单元。

[0025] 根据本发明,通过该数据采集单元可对试样安装单元的转动循环次数和试样的温度进行自动实时监测、采集和存储。

[0026] 优选地,该数据采集单元可包括用于采集试样的涂层面的温度的红外高温计组件,以及用于采集试样的基材背面的温度的热电偶组件。从而可有效地实现对试样的温度(包括涂层面的温度及基材背面的温度)的自动实时监测、采集和存储。另外,该数据采集单元可包括用于采集试样安装单元的转动循环次数的计数器组件。从而可有效地实现对试样安装单元的转动循环次数的自动实时监测、采集和存储。

[0027] 又,在本发明中也可以是,还包括用于监测所述加热单元的燃气泄漏的气体泄漏监测单元。

[0028] 根据本发明,通过设置该气体泄漏监测单元,可以在加热单元的燃气泄漏时及时报警,从而保障测试装置的安全运行和操作人员的人身安全。

[0029] 又,在本发明中也可以是,还包括用于监测进行测试的工作室的温湿度的温湿度监测单元。

[0030] 根据本发明,通过设置该温湿度监测单元,可以对进行测试的工作室的温湿度实时监测,从而保障测试装置的安全运行和操作人员的人身安全。

[0031] 根据下述具体实施方式并参考附图,本发明的上述及其他目的、特征和优点将更加清晰。

附图说明

[0032] 图1是本发明的动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置的一实施形态的结构示意图;

[0033] 图2是根据本发明的高温焰流装置的一实施形态的焰流产生和气冷结构的平面示意图;

[0034] 图3是根据本发明的高温焰流装置的一实施形态的火焰射流喷嘴的截面示意图;

[0035] 图4是根据本发明的高温焰流装置的一实施形态的压缩空气喷嘴的截面示意图。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图和具体的实施形态对本发明作进一步详细的说明。

[0037] 本发明的动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置适用于在航空发动机领域中,对作为衡量热障涂层使役性能的一项重要性能指标的抗热冲击性能进行测试。图1是本发明的动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置的一实施形态的结构示意图。而图3是根据本发明的高温焰流装置的一实施形态的火焰射流喷嘴(以下称为火焰喷嘴)的截面示意图。

[0038] 本发明的用于动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置,包括用于安装多个试样的可转动的试样安装单元;用于对试样的涂层面进行加热的加热单元;用于对试样进行冷却的冷却单元;以及对上述各单元的运行进行控制的控制单元,该控制单元配置为控制试样安装单元的转动以使多个试样交替地进行加热和冷却。其中,采用本发明的高温焰流装置进行测试的试样例如可以是以高温合金圆片为基材,而基材正面采用热喷涂或气相沉积工艺制备的陶瓷热障涂层。

[0039] 更具体地,在本发明中,通过控制单元使加热单元的火焰喷嘴对多个试样中的至少一部分试样的涂层面进行喷焰加热后,通过转动试样安装单元,使冷却单元对加热后的该至少一部分试样的涂层面进行冷却,且在冷却的同时对多个试样中的剩余的试样的涂层面进行喷焰加热。由此,能够有效地使多个试样并行进行抗热冲击性能的动态循环测试。从而,本发明可以有利于在进行模拟航空发动机涡轮叶片热障涂层材料服役工况条件下的涂层材料试样抗热冲击性能的自动循环测试。

[0040] 在本发明中,上述加热单元具备至少一个具有呈同心圆环状布置(具体参照图3)的多个焰芯38的火焰喷嘴9。在图1所示的实施例中,例如设置为四个火焰喷嘴9。通过使火焰喷嘴9形成为具有呈同心圆环状布置的多个焰芯38,可以使该火焰喷嘴9产生的焰流呈层流状态,以获得径向温度梯度小、温场较为均恒的火焰射流,从而可有效地对热障涂层抗热冲击性能进行动态循环测试。优选地,该火焰喷嘴9可以是铜质的。

[0041] 此外,该火焰喷嘴的孔径可以为30 mm~50 mm。采用30 mm~50 mm的大孔径的火焰喷嘴9,可以使该火焰喷嘴9所产生的焰流的束斑较大。有利于对热障涂层抗热冲击性能进行动态循环测试。例如,如图3所示,在本实施例中,该火焰喷嘴9的孔径为50 mm。在该孔径的设定下,且结合上述火焰喷嘴9的焰芯结构,根据温度测量结果显示,在直径50 mm的焰流束斑范围内,焰流径向温度梯度($\Delta T/\Delta L$) <50 °C/cm,可实现直径50 mm试样的有效测试。

[0042] 另外,上述试样安装单元可以包括用于安装多个试样的安装盘,安装盘通过传动机构与驱动源相连,以由该驱动源驱动安装盘转动。从而可有效地实现上述多个试样的涂层面的交替加热及冷却。在图1所示的实施形态中,该安装盘是配置为八工位机械转动机构的可转动的安装盘5,其可同时安装八个试样。可通过例如夹具等将八个试样分别夹持在该安装盘5的八个试样夹持工位8上,从而能够进行八个试样并行动态循环测试。

[0043] 且,优选地,该安装盘5可以由不锈钢制成,从而其强度高且耐腐蚀性强。在一实施例中,该安装盘5的直径为900 mm,圆盘厚30 mm,八工位夹持试样的位置是在安装盘5的圆周的八等分角度上(45°)。该安装盘5通过传动轴37与作为驱动源的例如直流伺服电机3相连。由该直流伺服电机3通过传动轴37驱动安装盘5转动。支撑直流伺服电机3和传动轴37的支架4均固定于操作台1上。

[0044] 此外,该试样安装单元还可以进一步包括失电制动器、失电离合器、及导塑电位计等构件(图示省略)。优选地配设有减速器的直流伺服电机3通过传动轴37与安装盘5连接,经安装在传动轴37上的导塑电位计的实时精确测量,使安装盘5实现精确的转动角度。且安装在传动轴37上的失电制动器是一个可控脱接机构,上电时阻尼为零,不阻碍安装盘5转动,失电时阻尼很大,严重阻碍安装盘5转动,失电制动器与失电离合器协调工作,可实现安装盘5的释放、启动、制动、锁定等功能。

[0045] 另外,还可以在安装盘5内设有使冷却液流通的通道(图示省略)。通过在安装盘5内设置使冷却液流通的通道,可以在测试过程中降低安装盘5的温度,防止其过热,又可使其在测试过程中保持可靠的强度。

[0046] 又,在本发明中,上述加热单元可以包括用于供给燃气的燃气供给部15,连接燃气供给部15与火焰喷嘴9的燃气通道12,以及用于对火焰喷嘴9的出口处的燃气进行点火的点火机构(图示省略)。由燃气供给部15供给的燃气经燃气通道12到达至火焰喷嘴9,并通过点火机构对火焰喷嘴9的出口处的燃气进行点火,以从该火焰喷嘴9的出口处产生焰流,从而可对试样的涂层面进行喷焰加热。

[0047] 更具体地,该点火机构可以为自动点火机构,包括自动点火器和紫外、红外信号传感器。其中,气体点火采用脉冲高压点火方式,紫外、红外信号传感器实时监测火焰状态,并将信号反馈给自动点火器,因此可实现火焰意外熄火后立即自动重新点火的功能。

[0048] 优选地,如图2示出了本发明的高温焰流装置的一实施形态的焰流产生和气冷结构的平面示意图,本发明的燃气供给部15可包括丙烷气源19和氧气气源25,其各自经过过滤、流量调节和/或压力调节等进行混合,进而通过上述燃气通道12供给至各火焰喷嘴9。采用丙烷,可具有远高于煤气、天然气和乙炔等气体的热焓值,焰流加热能力强。

[0049] 如图1和图2所示,丙烷气源19和氧气气源25,经各自气路的减压阀,过滤器20、26,电磁阀21、27,气体质量流量控制器22、28,气体压力传感器23、29,气包24、30后,均分为四路,每一路丙烷均与对应的一路氧气经气体混合器14混合后,分别供给至各火焰喷嘴9,并在火焰喷嘴9的出口处点火产生火焰射流。从而,在本实施形态中,共有从四个火焰喷嘴9喷射出的四路焰流,即夹持试样的安装盘5正面对着四路焰流。此外,在上述燃气供给部15与火焰喷嘴9之间的燃气通道12内还可设置有回火防止器13。

[0050] 又,还参照图1和图2,在本发明中,上述冷却单元采用气冷结构,其包括压缩空气供给部16,与该压缩空气供给部16相连的多个压缩空气喷嘴6、10,各压缩空气喷嘴6、10分别具有呈同心圆环状布置的多个喷嘴芯39。通过使该压缩空气喷嘴6、10形成为具有呈同心圆环状布置的多个喷嘴芯39,可以使吹到试样上的冷却气较为集中和均匀,避免单孔喷嘴吹扫造成的气体扩散问题,从而确保较好的冷却效果。

[0051] 具体地,该冷却单元的多个压缩空气喷嘴包括设置为用于对试样的涂层面进行冷却的喷嘴10以及设置为用于对试样的基材背面进行冷却的喷嘴6。在图1所示的实施形态中,用于对试样的涂层面进行冷却的喷嘴10设置为四个,与火焰喷嘴9的数量相对应,从而可以相应地对经过加热后的试样的涂层面进行冷却,有效地实现对多个试样的涂层面的交替冷却。而用于对试样的基材背面进行冷却的喷嘴6设置为八个,分别对应于安装盘5的八个工位8,从而可对所有试样的基材背面一直持续进行压缩空气冷却。根据该结构,可更好地模拟与航空发动机涡轮叶片热障涂层较为相似的服役工况。

[0052] 更具体地,参照图1和图2,该压缩空气供给部16可包括空气压缩机和存储压缩后的空气的压缩空气储罐31。该压缩空气储罐31内的压缩空气经减压阀、过滤器32、电磁阀33、气体质量流量控制器34、气体压力传感器35、气包36后,均分为12路气体管道,分别连接至多个压缩空气喷嘴6、10。其中对着安装盘5背面的八路气体用于冷却试样的高温合金基材背面,其余对着安装盘5正面的四路气体用于冷却试样的涂层面。

[0053] 此外,本发明的用于动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置还可以包括用于采集上述试样安装单元的转动循环次数和试样的温度的数据采集单元。通过该数据采集单元可对试样安装单元的转动循环次数和试样的温度进行自动实时监测、采集和存储。

[0054] 优选地,该数据采集单元包括用于采集试样的涂层面的温度的红外高温计组件,以及用于采集试样的基材背面的温度的热电偶组件。从而可有效地实现对试样的温度(包括涂层面的温度及基材背面的温度)的自动实时监测、采集和存储。另外,该数据采集单元包括用于采集试样安装单元的转动循环次数的计数器组件。从而可有效地实现对试样安装单元的转动循环次数的自动实时监测、采集和存储。

[0055] 如图1所示,测试过程中试样的涂层面温度由双色红外高温计组件17采集,四支红外高温计分别采集测试过程中四个处于火焰加热状态的试样的涂层面温度,支撑红外高温计的支杆18固定于操作台1上。

[0056] 又,本发明的用于动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置还可以包括用于监测上述加热单元的燃气泄漏的气体泄漏监测单元。通过设置该气体泄漏监测单元,可以在加热单元的燃气泄漏时及时报警,从而保障操作人员的人身安全和测试装置的安全运行。

[0057] 具体地,在本实施形态中,虽然未图示,但是上述该气体泄漏监测单元包括丙烷泄漏探测器组件和氧气泄漏探测器组件。如果丙烷泄漏量达到设定的下限值,将触发与之联动的声光报警;同样,如果氧气泄漏量使氧气含量达到设定的上限值,亦将触发与之联动的声光报警。

[0058] 又,本发明的热障涂层抗热冲击性能的测试,通常在工作室内进行。因此,本发明的用于动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置还可以包括用于监测进行测试的工作室的温湿度的温湿度监测单元。通过设置该温湿度监测单元,可以对进行测试的工作室的温湿度实时监测,从而保障测试装置的安全运行和操作人员的人身安全。

[0059] 具体地,在本实施形态中,虽然未图示,但是上述温湿度监测单元包括温湿度探测器组件。当工作室内的温湿度达到设定的上限值,将触发与之联动的声光报警。

[0060] 本发明可通过控制单元(图示省略)控制上述各部件的运行,该控制单元包括但不限于供电系统控制模块、气体流量控制模块、自动点火控制模块、八工位机械转动机构控制模块、气体泄漏和工作室温湿度监测控制模块和控制界面等,各个控制模块可一体集成于控制单元,且该控制单元与上述各部件之间的通讯接口例如可采用RS422标准串行异步通讯接口。

[0061] 此外,还如图1所示,本实施形态的高温焰流装置所处的工作室上方还可以安装有抽风罩2,在测试过程中,抽风实时开启,及时抽出废气,确保安全。

[0062] 采用本实施形态的用于动态循环测试热障涂层抗热冲击性能的高温焰流装置,可

进行以下测试：

[0063] 该高温焰流装置的焰流对试样的加热温度可通过调控丙烷和氧气的流量(比)来实现,测试试验表明,该高温焰流装置对陶瓷热障涂层试样表面的持续加热温度可达1800℃,完全能够满足目前对高温热障涂层的测试温度要求。测试过程的开始、运行、暂停和停止功能,均可实现自动运行,测试开始前,预先设定好气体(丙烷、氧气和压缩空气)流量、每个循环的加热和冷却时间、循环次数等参数后,只需接触摸屏上的“开始”,测试即自动开始运行。

[0064] 丙烷、氧气分别经各自气路的减压阀,过滤器20、26,电磁阀21、27,气体质量流量控制器22、28,气体压力传感器23、29,气包24、30后均分为四路,每一路丙烷均与对应的一路氧气经气体混合器14混合,在火焰喷嘴9出口处点火产生火焰射流,共有四路焰流,即夹持试样的安装盘5正面对着四路焰流。测试开始前将试样夹持在安装盘5的工位8的位置上。本实施形态中的高温焰流装置可进行八个热障涂层试样的并行循环测试,四路焰流一一对应地加热其中四个试样的涂层面一定时间后,夹持试样的安装盘5顺时针旋转45°,四路焰流再一一对应地加热另四个试样的涂层面相同时间,同时,前四个试样在这段时间内涂层面进行压缩空气冷却,之后,圆盘逆时针旋转45°,如此交替反复。

[0065] 试样的涂层面经过一次焰流加热和压缩空气冷却,为一次热冲击循环(相当于安装盘5转动45°)。测试过程中,八个试样的高温合金基材背面一直持续进行压缩空气冷却。在气冷机构设计上,安装盘5的正面和背面分别对着四路和八路压缩空气气路。以上叙述的试样循环测试过程,是模拟与航空发动机涡轮叶片热障涂层较为相似的服役工况。

[0066] 测试过程中,试样的涂层面温度和高温合金基材背面温度分别由红外高温计组件17和热电偶组件测量、采集和存储,而循环测试次数(即安装盘5转动循环次数)可由控制单元的计数器组件进行计数、采集和存储。

[0067] 试样经过一定循环次数的测试后,涂层面开始发生开裂、剥落,至剥落面积达到涂层总面积约5%时,判定涂层试样失效,测试停止。在相同的测试温度、冷却条件、循环时间间隔等测试条件下,试样从测试开始至判定失效期间经历的循环次数越多,表明试样的循环热冲击寿命越长,即涂层试样的抗热冲击性能越好。

[0068] 在不脱离本发明的基本特征的宗旨下,本发明可体现为多种形式,因此本发明中的实施形态是用于说明而非限制,由于本发明的范围由权利要求限定而非由说明书限定,而且落在权利要求界定的范围,或其界定的范围的等价范围内的所有变化都应理解为包括在权利要求书中。

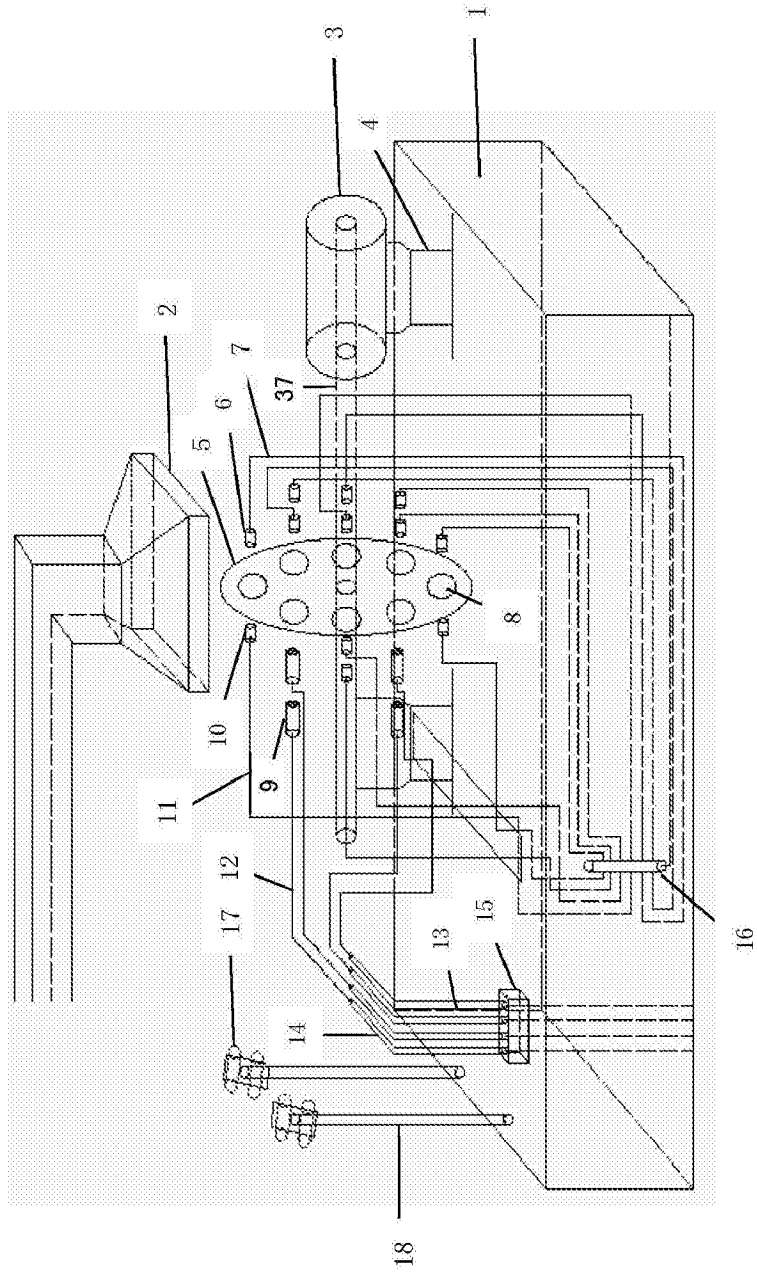


图1

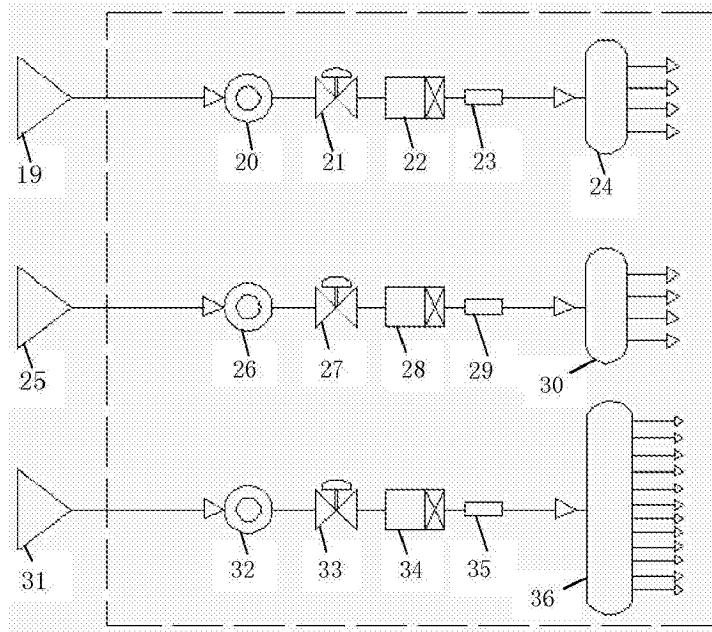


图2

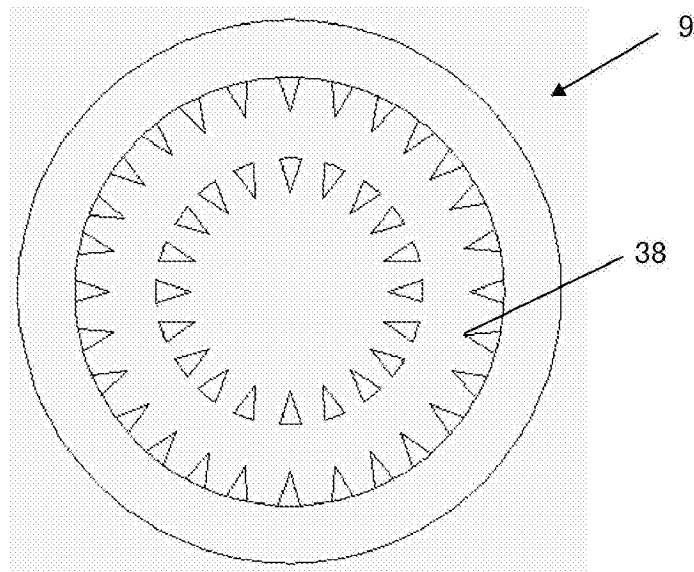


图3

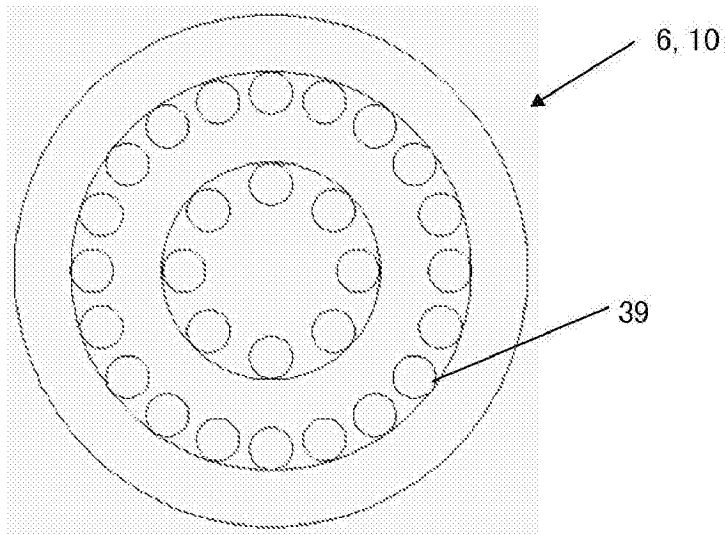


图4