



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104913981 B

(45)授权公告日 2017.07.14

(21)申请号 201510237451.1

(22)申请日 2015.05.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104913981 A

(43)申请公布日 2015.09.16

(73)专利权人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街2699号

(72)发明人 赵宏伟 刘阳 张世忠 刘彦超

李柠 时月 金明骏 马志超

范尊强 徐丽霞

(74)专利代理机构 吉林长春新纪元专利代理有限公司 22100

代理人 王怡敏

(51)Int.Cl.

G01N 3/18(2006.01)

(56)对比文件

CN 204718898 U, 2015.10.21,

CN 103512803 A, 2014.01.15,

CN 103528887 A, 2014.01.22,

CN 204255775 U, 2015.04.08,

CN 104359769 A, 2015.02.18,

US 2011/0126635 A1, 2011.06.02,

JP 特开2008-58017 A, 2008.03.13,

审查员 曾武

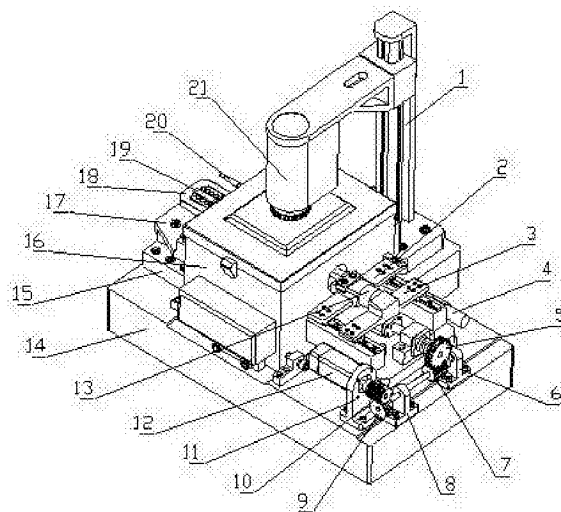
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

高温原位拉伸-疲劳测试系统及其测试方法

(57)摘要

本发明涉及一种高温原位拉伸-疲劳测试系统及其测试方法,属于科学仪器与材料测试技术领域。测试系统包括拉伸加载与检测单元、疲劳加载与检测单元、原位观测单元、高温加载与检测单元等。其中拉伸加载与检测单元由电机提供动力,通过蜗轮蜗杆、滚珠丝杠减速实现准静态加载;通过压电陶瓷驱使柔性铰链实现试件拉伸轴向上的中低频往复运动,实现疲劳加载;通过光学显微镜对测试过程进行动态监测,实现原位观测。本测试系统原理可靠,具有重要的科学意义和良好的应用价值,可以精确的测试和分析高温环境下试件材料的力学性能和材料微观组织结构与变形损伤机制的相关性规律。



1. 一种高温原位拉伸-疲劳测试系统,其特征在于:包括拉伸加载与检测单元、疲劳加载与检测单元、原位观测单元、高温加载与检测单元,整体水平布置,其中拉伸加载与检测单元、疲劳加载与检测单元分别安装在高温炉的两侧,且拉伸加载与疲劳加载的方向在同一个轴线上,拉伸加载与检测单元、疲劳加载与检测单元安装在基座(14)上,原位观测单元置于高温加载与检测单元的上方,并通过支架(1)安装在基座(14)上;

所述的拉伸加载与检测单元由伺服电机(12)提供动力,通过蜗轮Ⅱ(9)、蜗杆Ⅱ(10)、蜗轮Ⅰ(5)、蜗杆Ⅰ(7)、丝杠(28)、螺母(27)对试件施加拉伸载荷;所述的伺服电机(12)通过电机座(11)安装到基座(14)上,蜗杆Ⅱ(10)安装到电机的输出轴上;所述的蜗轮Ⅱ(9)、蜗杆Ⅰ(7)安装在轴(31)上,轴通过轴承Ⅰ(30)、轴承座Ⅰ(6)和轴承Ⅱ(32)、轴承座Ⅱ(8)安装到基座(14)上;所述的蜗轮Ⅰ(5)安装到丝杠(28)上,丝杠(28)通过丝杠座(42)安装在底板Ⅰ(29)上;所述的螺母(27)安装在螺母座(3)上,螺母座(3)通过滑块Ⅰb(24)、滑块Ⅰc(34)分别安装到导轨Ⅰa(25)和导轨Ⅰb(33)上,导轨Ⅰa(25)和导轨Ⅰb(33)安装到底板Ⅰ(29)上;拉力传感器(13)两端分别与螺母座(3)和夹具体Ⅰ(2)相连,夹具体Ⅰ(2)通过滑块Ⅰa(23)、滑块Ⅰd(35)分别安装到导轨Ⅰa(25)和导轨Ⅰb(33)上;位移传感器Ⅰ(4)采用分离式LVDT,传感器的主体部分安装在底板Ⅰ(29)上,传感器的铁心通过螺纹安装在顶板Ⅰ(22)上,顶板Ⅰ(22)安装在夹具体Ⅰ(2)上,所述的底板Ⅰ(29)通过支撑块Ⅰ(26)固定在基座(14)上。

2. 根据权利要求1所述的高温原位拉伸-疲劳测试系统,其特征在于:所述的疲劳加载与检测单元包括柔性铰链(18)、压电陶瓷(19)、夹具体Ⅱ(41)以及位移传感器Ⅱ(20),所述压电陶瓷(19)安装在柔性铰链(18)内,柔性铰链(18)固定端通过螺钉固定在底板Ⅱ(17)上,柔性铰链(18)的活动端与夹具体Ⅱ(41)相连,夹具体Ⅱ(41)通过滑块Ⅱa(37)、滑块Ⅱ(45)分别安装在导轨Ⅱa(38)和导轨Ⅱb(44)上,导轨Ⅱa(38)和导轨Ⅱb(44)安装在底板Ⅱ(17)上;所述位移传感器Ⅱ(20)安装在底板Ⅱ(17)上,用来测量疲劳测试时夹具体Ⅱ(41)的位移量;所述底板Ⅱ(17)通过支撑块Ⅱ(15)固定在基座(14)上。

3. 根据权利要求1所述的高温原位拉伸-疲劳测试系统,其特征在于:所述的原位观测单元包括光学显微镜(21)及支架(1),所述光学显微镜(21)的工作距离足够大,从高温炉上方的视窗(46)覆盖试件的待观测表面,光学显微镜(21)的位置通过支架(1)调整。

4. 根据权利要求1所述的高温原位拉伸-疲劳测试系统,其特征在于:所述的高温加载与检测单元包括高温炉(16),所述高温炉(16)的加热元件是硅钼棒,通过对硅钼棒供电使其发热,高温的硅钼棒通过辐射使炉腔内的温度迅速升高,高温炉内腔的温度可高达1700℃,通过水冷高温炉外表面的温度可维持在室温,高温炉内腔中安装了热电偶,用来监测高温炉内腔的实际温度;所述高温炉(16)配有控制柜,用来控制高温炉内腔的温度。

5. 根据权利要求1所述的高温原位拉伸-疲劳测试系统,其特征在于:所述的夹具体Ⅰ(2)通过螺钉与压板Ⅰ(36)连接,并通过旋紧螺钉对试件进行夹紧;所述夹具体Ⅰ(2)上加工有凹槽,用来对试件进行定位;所述夹具体Ⅰ(2)、压板Ⅰ(36)上均加工有滚花,以保证夹持的可靠性。

6. 根据权利要求2所述的高温原位拉伸-疲劳测试系统,其特征在于:所述的夹具体Ⅱ(41)通过螺钉与压板Ⅱ(40)连接,并通过旋紧螺钉对试件进行夹紧;所述的夹具体Ⅱ(41)上加工有凹槽,用来对试件进行定位;所述夹具体Ⅱ(41)、压板Ⅱ(40)上均加工有滚花,以保证夹持的可靠性。

7. 一种高温原位拉伸-疲劳测试方法,其特征在于:通过调节温度,实现在500℃至1700℃可调节温度的热场下,对材料进行单轴拉伸-疲劳力学性能测试,且基于光学显微镜实现了对载荷作用下材料发生的微观变形损伤的全程动态监测,具体步骤如下:

- a. 进行测试前,将拉伸加载与检测单元复位,调整至便于试件的安装和夹紧的位置;
- b. 微调原位观测单元,使试件的观测表面在显示器界面内的成像最清晰;
- c. 将拉力传感器、位移传感器的示数清零,准备试验过程中对观测点进行跟随观测,并准备进行材料力学性能测试;
- d. 以上调整完成后,对高温炉通电,使炉内温度达到预定值并保持稳定;
- e. 进行实验测试,包括拉伸载荷、疲劳载荷的施加及相应载荷值、变形量的测量;
- f. 通过光学系统、CCD图像传感器采集图像信息,并通过相应的接口电路,将图像信息传入计算机;
- g. 通过计算机内相应的处理软件对图像信息进行处理,计算出由于载荷的施加使试件变形引起的试件观测点空间位置的变化;
- h. 根据软件处理结果,由计算机对驱动模块输入相应指令,使原位观测单元跟随观测点位置的变化进行调整;
- i. 通过以上调整完成闭环控制,使通过光学系统、CCD图像传感器能够采集到完整、清晰的图像信息,从而达到对观测点跟随观测的目的。

高温原位拉伸-疲劳测试系统及其测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及科学仪器与材料测试技术领域,特别涉及一种高温原位拉伸-疲劳测试系统及其测试方法。用于精确的检测高温环境下试件的力学性能和其微观组织结构与变形损伤机制的相关性规律。

背景技术

[0002] 原位测试技术的应用对材料学的发展起到了推动作用,材料测试过程中,通过光学显微镜等仪器对载荷作用下材料发生的微观变形损伤进行全程动态监测,能够更深入地揭示各类材料及其制品的微观力学行为、损伤机理及其材料性能与所加载荷间的相关性规律。

[0003] 众所周知,材料的力学性能通常会随着其所在的温度场和应力场的复合作用发生改变。特别是,随着航空航天、微电子等高技术产业的迅猛发展,工业界对材料的性能又提出了新的要求,因此,探究材料在温度场、机械场等多场耦合条件下的力学性能演化机制显得尤为重要。可控温度的拉伸疲劳测试可实现在不同温度、不同拉伸载荷、不同疲劳载荷下的材料微观力学性能的精准测试,对解析高温条件、复合载荷模式作用下材料的力学性能及其变性损伤机制有着不可忽视的现实意义。

[0004] 目前,已有的高温拉伸装置无法进行高温环境下的拉伸-疲劳复合载荷测试,且不能对载荷作用下材料发生的微观变形损伤的全程动态监测,因此,开发高温原位拉伸-疲劳测试系统,对研究不同温度场下材料在拉伸-疲劳复合载荷下的力学性能及材料的变形损伤机制具有重要意义。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种高温原位拉伸-疲劳测试系统及其测试方法,解决了现有技术存在的上述问题。本发明通过调节温度,实现在高温500℃-1700℃范围内进行单轴拉伸或单轴拉伸-疲劳测试,并结合光学显微镜对材料力学性能测试过程进行实时观察,如对材料的裂纹萌生、裂纹扩展和材料的失效破坏过程进行原位监测,实现原位测试。此外,通过力学和变形信号检测单元对测试过程中试件承受的拉伸力、试件的拉伸变形等信号的采集,可以拟合被测材料在相应载荷作用下的应力应变历程,进而对材料在高温环境、拉伸-疲劳载荷作用下的微观力学行为、变形损伤机制进行深入研究。可变温度场的施加通过高温炉实现,由硅钼棒提供高温环境并通过控制系统实现对温度的调节。可集成在真空腔内实现真空条件或特殊气体环境中的高温下材料微观力学性能的拉伸-疲劳测试。

[0006] 本发明的上述目的通过以下技术方案实现:

[0007] 高温原位拉伸-疲劳测试系统,包括拉伸加载与检测单元、疲劳加载与检测单元、原位观测单元、高温加载与检测单元,整体水平布置,其中拉伸加载与检测单元、疲劳加载与检测单元分别安装在高温炉的两侧,且拉伸加载与疲劳加载的方向在同一个轴线上,拉伸加载与检测单元、疲劳加载与检测单元安装在基座14上,原位观测单元置于高温加载与

检测单元的上方,并通过支架1安装在基座14上。

[0008] 所述的拉伸加载与检测单元由伺服电机12提供动力,通过蜗轮Ⅱ9、蜗杆Ⅱ10、蜗轮I5、蜗杆I7、丝杠28、螺母27对试件施加拉伸载荷;所述的伺服电机12通过电机座11安装到基座14上,蜗杆Ⅱ10安装到电机的输出轴上;所述的蜗轮Ⅱ9、蜗杆I7安装在轴31上,轴通过轴承I30、轴承座I6和轴承Ⅱ32、轴承座Ⅱ8安装到基座14上;所述的蜗轮I5安装到丝杠28上,丝杠28通过丝杠座42安装在底板I29上;所述的螺母27安装在螺母座3上,螺母座3通过滑块Ib24、滑块Ic34分别安装到导轨Ia25和导轨Ib33上,导轨Ia25和导轨Ib33安装到底板I29上;拉力传感器13两端分别与螺母座3和夹具体2相连,夹具体2通过滑块Ia23、滑块Id35分别安装到导轨Ia25和导轨Ib33上;位移传感器I4采用分离式LVDT,传感器的主体部分安装在底板I29上,传感器的铁心通过螺纹安装在顶板I22上,顶板I22安装在夹具体2上,所述的底板I29通过支撑块I26固定在基座14上。

[0009] 所述的疲劳加载与检测单元包括柔性铰链18、压电陶瓷19、夹具体Ⅱ41以及位移传感器Ⅱ20,所述压电陶瓷19安装在柔性铰链18内,柔性铰链18固定端通过螺钉固定在底板Ⅱ17上,柔性铰链18的活动端与夹具体Ⅱ41相连,夹具体Ⅱ41通过滑块Ⅱa37、滑块Ⅱ45分别安装在导轨Ⅱa38和导轨Ⅱb44上,导轨Ⅱa38和导轨Ⅱb44安装在底板Ⅱ17上;所述位移传感器Ⅱ20安装在底板Ⅱ17上,用来测量疲劳测试时夹具体Ⅱ41的位移量;所述底板Ⅱ17通过支撑块Ⅱ15固定在基座14上。

[0010] 所述的原位观测单元包括光学显微镜21及支架1,所述光学显微镜21的工作距离足够大,从高温炉上方的视窗46覆盖试件的待观测表面,光学显微镜21的位置通过支架1调整。

[0011] 所述的原位观测单元根据观测目的不同,可以选择光学显微镜来监测试件在高温环境下裂纹的萌生、扩展、至断裂过程;可以选择拉曼光谱仪对试件表面进行微区检测,进行耐高温材料的相结构研究、晶粒及晶界变化、裂纹萌生等;可以选择X射线衍射仪对试件进行物相分析、确定晶粒度和应力分布、研究材料的特殊性质与其原子排布、晶相变化间的关系等;或者选择选用红外热像仪检查材料缺陷等;部分观测设备可以配合使用,如光学显微镜和拉曼光谱仪等。通过视窗46可以对高温炉内的测试情况进行查看,利用光学显微镜可以观察对不同温度下试件表面的情况;也可以根据拉曼光谱仪、X射线衍射仪、红外热像仪等需要通过视窗向高温炉内发射相应的激光、X射线等需要,在高温炉上加工合适的视窗。

[0012] 所述的高温加载与检测单元包括高温炉16及其控制系统,所述高温炉16的加热元件是硅钼棒,通过对硅钼棒供电使其发热,高温的硅钼棒通过辐射使炉腔内的温度迅速升高,高温炉内腔的温度可高达1700℃,通过水冷高温炉外表面的温度可维持在室温,高温炉内腔中安装了热电偶,用来监测高温炉内腔的实际温度;所述高温炉16配有相应的控制柜,用来控制高温炉内腔的温度。

[0013] 所述的高温加载与检测单元根据要求不同可以选择不同的加热方式,如根据所需要的温度和高温炉的型式不同,高温炉内的加热元件可以选择电阻丝、硅碳棒、硅钼棒,或者使用红外线卤素灯配合球形反射器制造更集中的高热流区。

[0014] 所述的夹具体I2通过螺钉与压板I36连接,并通过旋紧螺钉对试件进行夹紧;所述夹具体I2上加工有凹槽,用来对试件进行定位;所述夹具体I2、压板I36上均加工有滚花,以

保证夹持的可靠性。

[0015] 所述的夹具体 II 41 通过螺钉与压板 II 40 连接,并通过旋紧螺钉对试件进行夹紧;所述的夹具体 II 41 上加工有凹槽,用来对试件进行定位;所述夹具体 II 41、压板 II 40 上均加工有滚花,以保证夹持的可靠性。

[0016] 随着温度的变化,材料的弹塑性变形能力均发生一定变化,根据本发明的测试系统可以研究不同材料在不同温度下力学性能的变化规律,如应力对温度的敏感性、应变率是否有明显的温度软化效应等。本发明可以集成在真空箱内,实现真空环境或特殊气体环境下的高温原位拉伸-疲劳测试,可以选择性避免试件的氧化等问题。

[0017] 本发明的另一目的在于提供一种高温原位拉伸-疲劳测试方法,通过调节温度,实现在 500℃ 至 1700℃ 可调节温度的热场下,对材料进行单轴拉伸-疲劳力学性能测试,且基于光学显微镜实现了对载荷作用下材料发生的微观变形损伤的全程动态监测,具体步骤如下:

[0018] a. 进行测试前,需要将拉伸加载与检测单元复位,调整至合适位置以便试件的安装和夹紧;

[0019] b. 微调原位观测单元,使试件的观测表面在显示器界面内的成像最清晰;

[0020] c. 将拉力传感器、位移传感器的示数清零,准备试验过程中对观测点进行跟随观测,并准备进行材料力学性能测试;

[0021] d. 以上调整完成后,对高温炉通电,使炉内温度达到理想值并保持稳定;

[0022] e. 进行实验测试,包括拉伸载荷、疲劳载荷的施加及相应载荷值、变形量的测量等;

[0023] f. 通过光学系统、CCD 图像传感器采集图像信息,并通过相应的接口电路,将图像信息传入计算机;

[0024] g. 通过计算机内相应的处理软件对图像信息进行处理,计算出由于载荷的施加使试件变形引起的试件观测点空间位置的变化;

[0025] h. 根据软件处理结果,由计算机对驱动模块输入相应指令,使原位观测单元跟随观测点位置的变化进行调整;

[0026] i. 通过以上调整完成闭环控制,使通过光学系统、CCD 图像传感器能够采集到完整、清晰的图像信息,从而达到对观测点跟随观测的目的。

[0027] 本发明的有益效果在于:该测试系统原理可靠,结构简单、紧凑,能够对高温环境下的材料及其制品在拉伸-疲劳加载模式作用下的微观力学性能及变性损伤机制做出精确检测。该测试系统可以借助于部分光学显微镜,对测试过程进行实时观察,实现原位观测。综上所述,本发明不但具有良好的科研应用价值,而且对原位测试技术及装置的发展、材料微观力学性能研究的进步有着重要意义。

附图说明

[0028] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,本发明的示意性实例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。

[0029] 图1为本发明的整体结构示意图;

[0030] 图2为本发明的控制原理框图;

- [0031] 图3为本发明的拉伸加载与检测单元结构示意图；
- [0032] 图4为本发明的疲劳加载与检测单元结构示意图；
- [0033] 图5为本发明的测试系统的部分结构示意图；
- [0034] 图6为本发明的测试系统原理图；
- [0035] 图7为测试前试件与显微镜的相对位置的原位观测原理图；
- [0036] 图8为测试后试件与显微镜的相对位置的原位观测原理图。
- [0037] 图中：1、支架；2、夹具体I；3、螺母座；4、位移传感器I；5、蜗轮I；6、轴承座I；7、蜗杆I；8、轴承座II；9、蜗轮II；10、蜗杆II；11、电机座；12、伺服电机；13、拉力传感器；14、基座；15、支撑块II；16、高温炉；17、底板II；18、柔性铰链；19、压电陶瓷；20、位移传感器II；21、光学显微镜；22、顶板I；23、滑块Ia；24、滑块Ib；25、导轨Ia；26、支撑块I；27、螺母；28、丝杠；29、底板I；30、轴承I；31、轴；32轴承II；33、导轨Ib；34、滑块Ic；35、滑块Id；36、压块I；37、滑块IIa；38、导轨IIa；39、顶板II；40、压板II；41、夹具体II；42、丝杠座；43、挡块III；44、导轨IIb；45、滑块IIb；46、视窗；47、挡块I；48、挡块II。

具体实施方式

[0038] 下面结合附图进一步说明本发明的详细内容及其具体实施方式。

[0039] 参见图1至图8所示，本发明的高温原位拉伸-疲劳测试系统，包括拉伸加载与检测单元、疲劳加载与检测单元、原位观测单元、高温加载与检测单元等，装置水平布置，其中拉伸加载与检测单元、疲劳加载与检测单元分别安装在高温炉的两侧，且拉伸加载与疲劳加载的方向在同一个轴线上。该测试方法实现了在500℃至1700℃可调节温度的热场下，对材料进行单轴拉伸-疲劳力学性能测试，且基于光学显微镜实现了对载荷作用下材料发生的微观变形损伤的全程动态监测。

[0040] 参见图1及图3所示，本发明所述的拉伸加载与检测单元由伺服电机12提供动力，通过蜗轮II9蜗杆、II10、蜗轮I5、蜗杆I7、丝杠28、螺母27对试件施加拉伸载荷；所述的伺服电机12通过电机座11安装到基座14上，蜗杆II10安装到电机的输出轴上；所述的蜗轮II9、蜗杆I7安装在轴31上，轴通过轴承I30、轴承座I6和轴承II32、轴承座II8安装到基座14上；所述的蜗轮I5安装到丝杠28上，丝杠28通过丝杠座42安装在底板I29上；所述的螺母27安装在螺母座3上，螺母座3通过滑块Ib24、滑块Ic34分别安装到导轨Ia25和导轨Ib33上，导轨Ia25和导轨Ib33安装到底板I29上；拉力传感器13两端分别与螺母座3和夹具体I2相连，夹具体I2通过滑块Ia23、滑块Id35分别安装到导轨Ia25和导轨Ib33上；位移传感器I4采用分离式LVDT，传感器的主体部分安装在底板I29上，传感器的铁心通过螺纹安装在顶板I22上，顶板I22安装在夹具体I2上，所述的底板I29通过支撑块I26固定在基座14上。

[0041] 参见图4所示，本发明所述的疲劳加载与检测单元包括柔性铰链18压电陶瓷19、夹具体II41以及位移传感器II20等；所述的压电陶瓷19安装在柔性铰链18内，柔性铰链18固定端通过螺钉固定在底板II17上，柔性铰链18的活动端与夹具体II41相连，夹具体II41通过滑块IIa37、滑块IIb45分别安装在导轨IIa38和导轨IIb44上，导轨IIa38和导轨IIb44安装在底板II17上；所述的位移传感器II20用来测量疲劳测试时夹具体II41的位移量，位移传感器II20的固定端安装在底板II17上，活动端与顶板II39相连，顶板II39安装在夹具体II41上；所述的底板II17通过支撑块II15固定在基座14上。

[0042] 所述的原位观测单元包括光学显微镜21及支架1;所述的光学显微镜21的工作距离足够大,可以从高温炉上方的视窗46覆盖试件的待观测表面,光学显微镜21的位置可以通过支架1调整。

[0043] 所述的高温加载与检测单元由高温炉16及其控制系统组成;所述的高温炉16的加热元件是硅钼棒,通过对硅钼棒供电使其发热,高温的硅钼棒通过辐射使炉腔内的温度迅速升高,高温炉内腔的温度可高达1700℃,高温炉由内至外分别包括保温层和水冷层,通过水冷高温炉外表面的温度可维持在室温,高温炉内腔中安装了热电偶,用来监测高温炉内腔的实际温度;所述的高温炉16配有相应的控制柜,用来控制高温炉内腔的温度。

[0044] 所述的夹具体I2和夹具体II 41通过螺钉分别与压板I36和压板II 40连接,并通过旋紧螺钉对试件进行夹紧;所述的夹具体I2和夹具体II 41上都加工有凹槽,用来对试件进行定位;所述的夹具体I2、压板I36和夹具体II 41、压板II 40上都加工有滚花,以保证夹持的可靠性。

[0045] 所述的高温炉16通过四周的挡块,如挡块I47、挡块II 48、挡块III 43进行定位和调整。

[0046] 本发明的高温原位拉伸-疲劳测试方法,通过调节温度,实现在500℃至1700℃可调节温度的热场下,对材料进行单轴拉伸-疲劳力学性能测试,且基于光学显微镜实现了对载荷作用下材料发生的微观变形损伤的全程动态监测,具体步骤如下:

[0047] a. 进行测试前,需要将拉伸加载与检测单元复位,调整至合适位置以便试件的安装和夹紧;

[0048] b. 微调原位观测单元,使试件的观测表面在显示器界面内的成像最清晰;

[0049] c. 将拉力传感器、位移传感器的示数清零,准备试验过程中对观测点进行跟随观测,并准备进行材料力学性能测试;

[0050] d. 以上调整完成后,对高温炉通电,使炉内温度达到理想值并保持稳定;

[0051] e. 进行实验测试,包括拉伸载荷、疲劳载荷的施加及相应载荷值、变形量的测量等;

[0052] f. 通过光学系统、CCD图像传感器采集图像信息,并通过相应的接口电路,将图像信息传入计算机;

[0053] g. 通过计算机内相应的处理软件对图像信息进行处理,计算出由于载荷的施加使试件变形引起的试件观测点空间位置的变化;

[0054] h. 根据软件处理结果,由计算机对驱动模块输入相应指令,使原位观测单元跟随观测点位置的变化进行调整;

[0055] i. 通过以上调整完成闭环控制,使通过光学系统、CCD图像传感器能够采集到完整、清晰的图像信息,从而达到对观测点跟随观测的目的。

[0056] 参见图1至图5,发明的测试系统安装前,需要对测试系统中使用的拉力传感器13、位移传感器I4、位移传感器II 20进行标定与校正,再对测试系统进行安装、调试。安装试件前,需要调整夹具体I2的位置,以便将试件穿过高温炉;加热之前,需要将高温炉16两侧的圆孔用隔热的孔塞堵住,但是要保证孔塞不与试件接触,以免产生额外的摩擦力。

[0057] 根据实验目的需要,选择合适的测量方法,即单轴拉伸测试或拉伸-疲劳复合载荷测试,其中涉及的疲劳测试主要指低周疲劳测试,并在试件被拉伸的基础上进行,即试件预

有一定变形或一定载荷条件下进行中低频拉伸测试。因此以所发明的测试系统所进行的测试研究主要分析的是材料弹性模量 E 、屈服强度 σ_s 、强度极限 σ_b 、断后延伸率 A 、断面收缩率 Z 等力学性能参数。其中，

$$[0058] \quad \text{弹性模量 } E = \frac{\sigma}{\varepsilon},$$

$$[0059] \quad \text{屈服强度 } \sigma_s = \frac{F_{el}L}{S_0},$$

$$[0060] \quad \text{强度极限 } \sigma_b = \frac{F_b}{S_0},$$

$$[0061] \quad \text{断后延伸率 } A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%,$$

$$[0062] \quad \text{断面收缩率 } Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\% ;$$

[0063] 其中， σ ：材料的应力， ε ：材料的应变， F_{el} ：下屈服点对应的材料载荷， F_b ：材料的最大载荷， S_0 ：材料原始截面积， S_u ：材料断后截面积， L_0 ：材料原始标距， L_u ：材料断后标距。

[0064] 材料的力学性能主要体现在材料在载荷作用下的变形和破坏性能等。材料的弹性模量、断裂极限、疲劳强度等参数是材料力学性能测试中最主要的测试对象，通过拉伸测试能够测量材料的弹性模量、屈服强度、强度极限、断后伸长率和断面收缩率，从而衡量材料在承受拉伸载荷时的力学性能。通过载荷-位移曲线研究材料在双向拉伸载荷作用下的屈服、破坏过程。而循环加载力所产生的交变应力会对材料局部产生永久性损伤，并诱发裂纹的萌生、扩展、失稳。通过拉伸-疲劳测试可以测量疲劳载荷对材料力学性能的影响。然而不同材料对温度表现出不同的响应，如应力对温度的敏感性的不同、应变率的温度软化效应的差异等。不同温度下材料的力学性能甚至有较大差异，即相同材料在不同温度下测量的弹性模量、屈服强度、强度极限、断后伸长率和断面收缩率等不同。

[0065] 如在温度为 T_1 时，某些材料的力学性能参数随温度变化如下：

$$[0066] \quad \frac{E_1}{E} = a_0 \times 10^{-12} T_1^4 + a_1 \times 10^{-9} T_1^3 + a_2 \times 10^{-7} T_1^2 + a_3 \times 10^{-5} T_1 + 1,$$

$$[0067] \quad \sigma_{s1} = \sigma_s - bT_1,$$

$$[0068] \quad \varepsilon = \varepsilon_\sigma + \varepsilon_{cr} + \varepsilon_{th};$$

[0069] 其中 E_1 ： T_1 温度下的弹性模量， E ：常温下的弹性模量， σ_{s1} ： T_1 温度下的屈服强度， σ_s ：常温下的屈服强度， a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 和 b ：与材料有关的系数； ε ： T_1 温度下的总应变， ε_σ ：应力产生的瞬时应变， ε_{cr} ：蠕变， ε_{th} ：热膨胀产生的应变。

[0070] 而在温度达到更高，如温度达到了材料的再结晶温度时，材料的力学性能参数随温度变化则可能呈现为别的趋势。

[0071] 通过高温拉伸-疲劳测试可以测量不同温度场下拉伸、疲劳载荷作用下材料的力学性能参数。

[0072] 在测试的整个过程中，为了实时监测被测试件的裂纹萌生、扩展、失稳情况，测试前需要将试件进行抛光、腐蚀处理，由光学显微镜成像系统进行动态监测，并可同时记录图像，结合调试软件亦可实时获取表征材料力学性能的工程应力应变曲线及其他力学参数。

[0073] 参见图7及图8所示,测试前显微镜的位置与观测区对应,随着拉伸载荷的施加,观测区逐渐出现裂纹的萌生、裂纹的扩展等现象,直至试件断裂,于此同时,镜头跟随试件观测区的运动进行调整,保证对材料发生的微观变形损伤进行全程动态监测。

[0074] 以上所述仅为本发明的优选实例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡对本发明所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

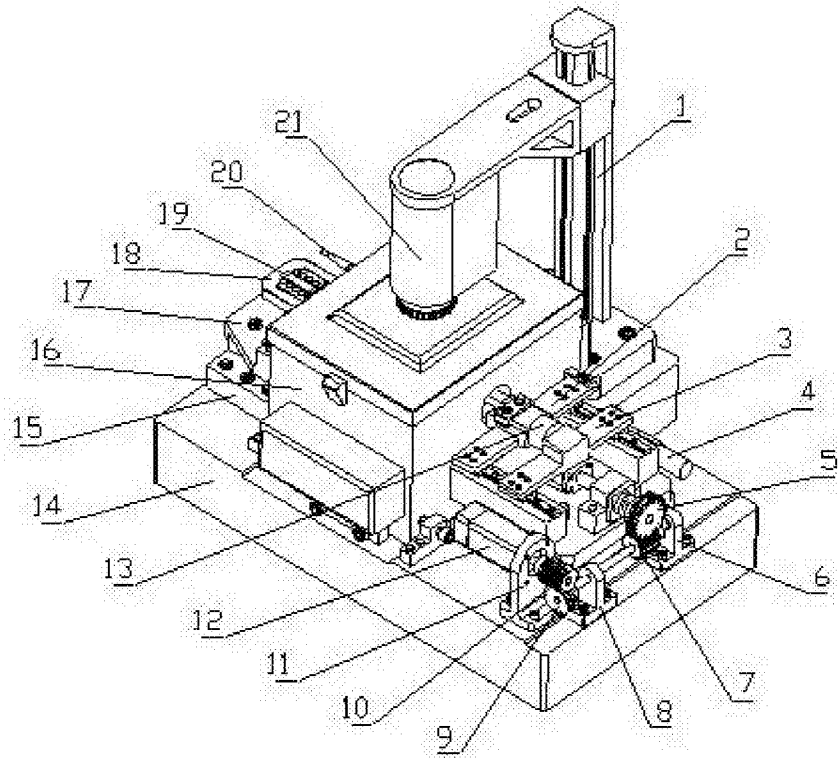


图1

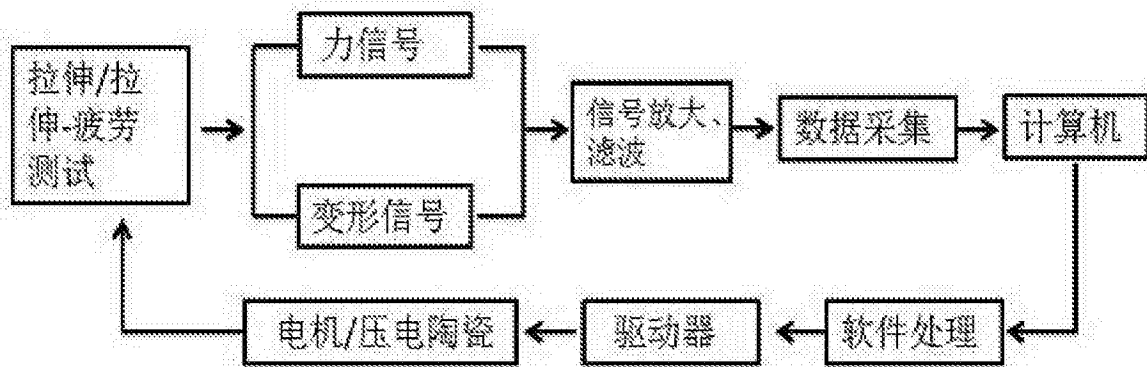


图2

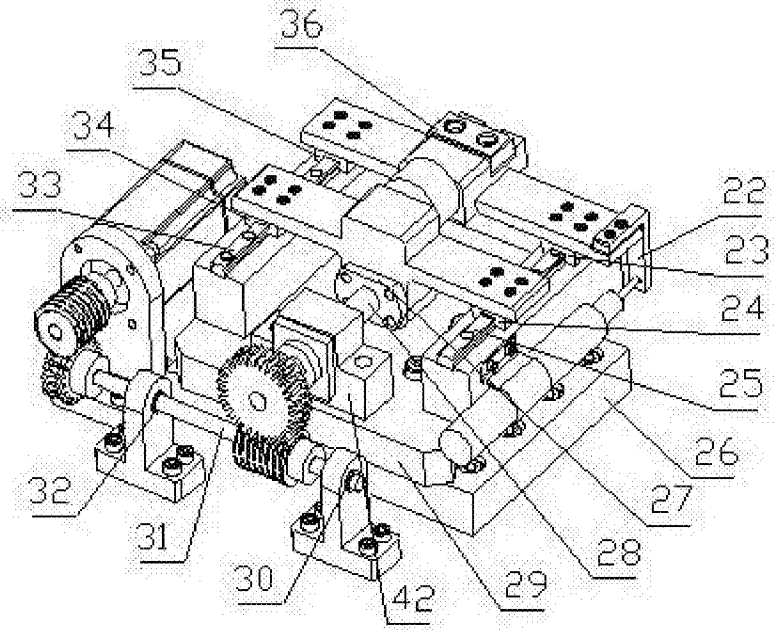


图3

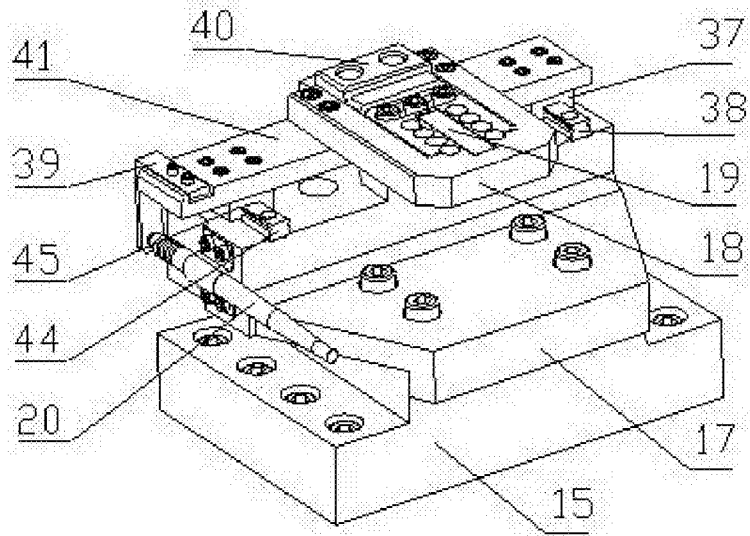


图4

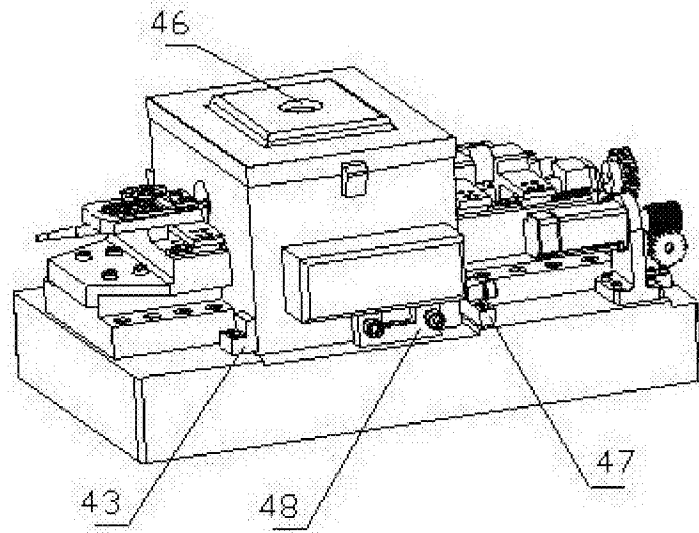


图5

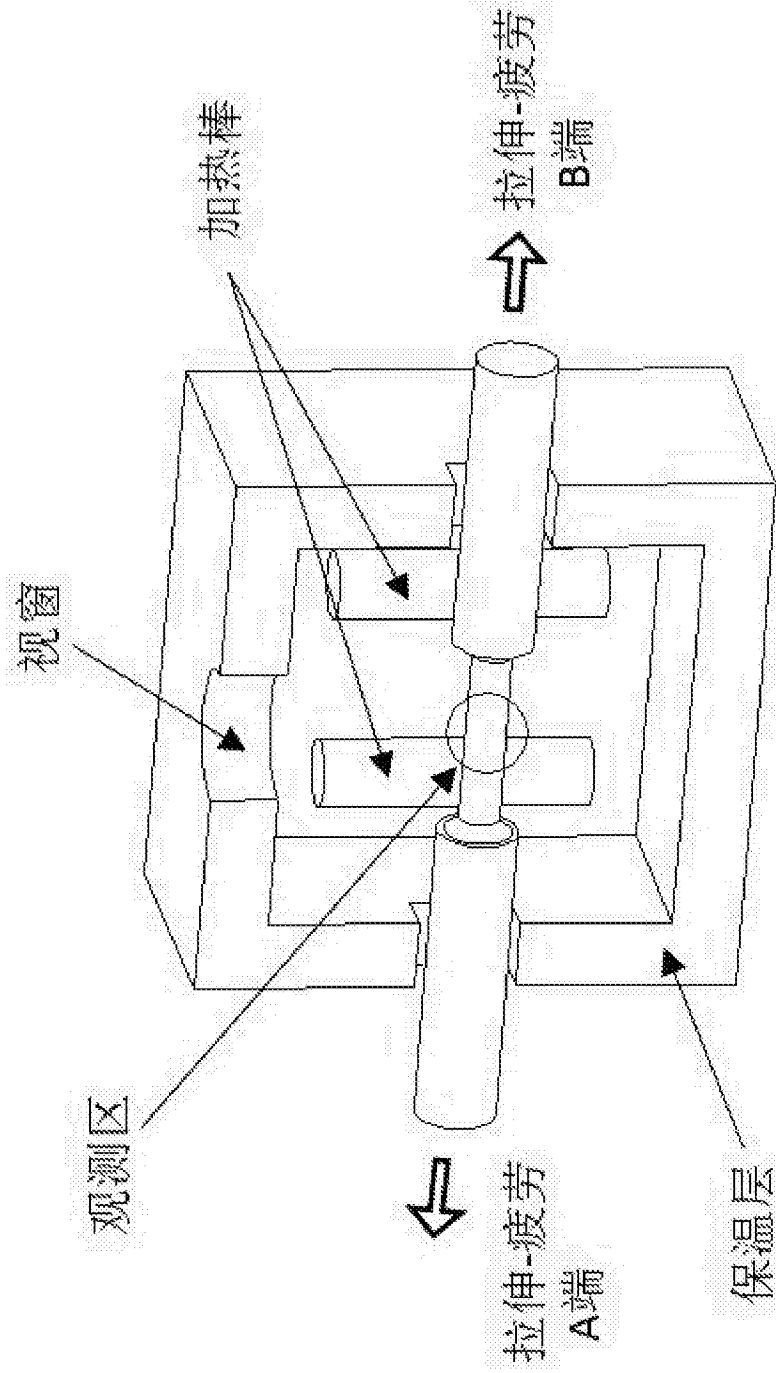


图6

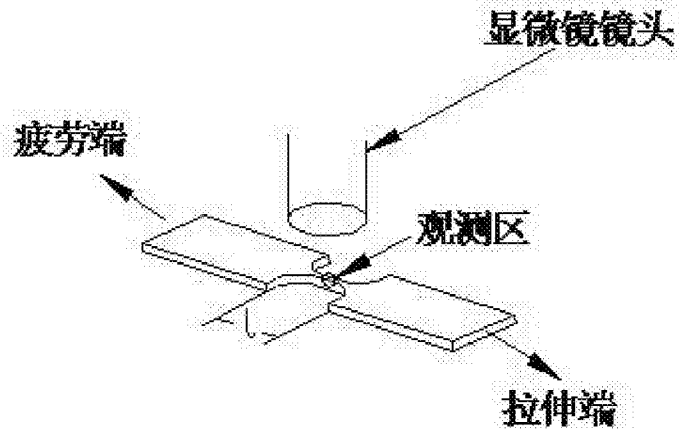


图7

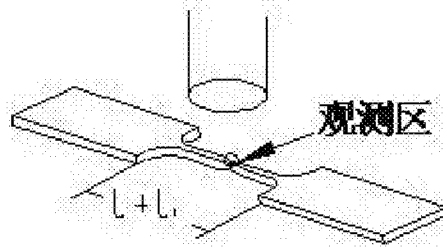


图8