



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109060552 B

(45) 授权公告日 2021.08.13

(21) 申请号 201811037560.9  
 (22) 申请日 2018.09.06  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 109060552 A  
 (43) 申请公布日 2018.12.21  
 (73) 专利权人 北京航星机器制造有限公司  
 地址 100013 北京市东城区和平里东街1号  
 (72) 发明人 肖瑞 姚为 李宏伟 李保永  
 秦中环 刘奇 刘伟 徐凯 薛杰  
 (74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心  
 11009  
 代理人 王卫军  
 (51) Int. Cl.  
 G01N 3/18 (2006.01)  
 (56) 对比文件  
 CN 106226152 A, 2016.12.14  
 CN 105424495 A, 2016.03.23  
 CN 103398905 A, 2013.11.20

CN 106706440 A, 2017.05.24  
 CN 107607409 A, 2018.01.19  
 CN 107703003 A, 2018.02.16  
 CN 102749253 A, 2012.10.24  
 JP 2007139476 A, 2007.06.07  
 薛克敏 等..《2M n B5超高强钢热冲压成形工艺及试验》.《中国机械工程》.2017,第28卷(第12期),  
 肖瑞 等..《十字形试样双向拉伸试验》.《理化检验-物理分册》.2017,  
 刘红生 等..《22MnB5 超高强钢板热成形中的回弹机理分析》.《航空学报》.2010,第31卷(第4期),  
 Sebastian et al..《CEffect of Forming Temperature on Spring-back in Hot Forming Quenching of AA6061 Sheet》.《Transactions of Materials Processing》.2017,第26卷(第2期),

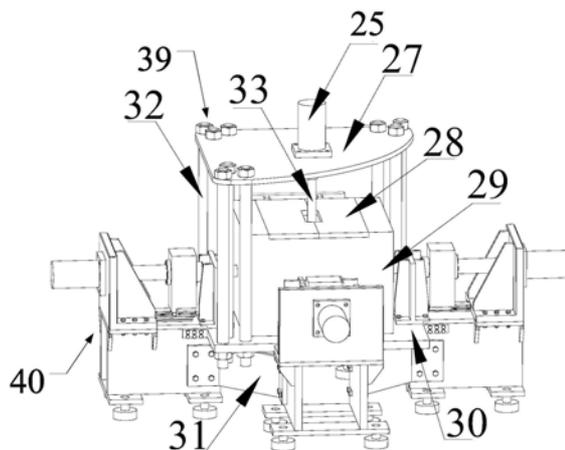
审查员 殷其亮

权利要求书3页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称  
 一种热环境回弹试验设备和试验方法

(57) 摘要

一种热环境回弹试验设备,用于对十字形试件进行回弹测量,包括:加热炉,其周向侧壁形成有四个壁孔,加热炉的顶壁开设有开口;轴向加载装置,其包括压杆和第一直线驱动机构,压杆的下端通过开口伸入至加热炉的内部,第一直线驱动机构连接至压杆的上端,以驱动压杆升降;四个支撑定位装置,支撑定位装置包括支撑定位杆、夹头以及第二直线驱动机构,支撑定位杆的一端设置有用于夹持试件的一个臂的夹头,支撑定位杆通过壁孔伸入至加热炉的内部,第二直线驱动机构驱动支撑定位杆直线运动,致使试件的中心区域处于压杆的移动路径上,可以实现对十字形试件在高温环境下双向回弹性能的有效测试。



CN 109060552 B

1. 一种热环境回弹试验设备,其特征在于,包括:

机架,其包括工作台,以所述工作台为中心、呈十字形分布的四个侧支架以及轴向加载支架;

加热炉,其设置于所述工作台上,所述加热炉的周向侧壁形成有四个壁孔,所述加热炉的顶壁开设有一开口;

轴向加载装置,其包括压杆和第一直线驱动机构,所述压杆以可相对于所述轴向加载支架沿竖直方向升降的方式设置于所述轴向加载支架上,且所述压杆的下端通过所述开口伸入至所述加热炉的内部,所述第一直线驱动机构连接至所述压杆的上端,以驱动所述压杆升降;

四个支撑定位装置,分别设置在四个侧支架上,所述支撑定位装置包括支撑定位杆、夹头以及第二直线驱动机构;其中,所述支撑定位杆以相对所述侧支架做直线运动的方式设置于所述侧支架,所述支撑定位杆的一端设置有用于夹持试件的一个臂的夹头,所述支撑定位杆通过所述壁孔伸入至所述加热炉的内部,从而使所述夹头位于所述加热炉的内部,致使所述试件受到四个夹头的夹持而处于加热炉内;所述第二直线驱动机构连接至所述支撑定位杆,以驱动所述支撑定位杆直线运动,致使所述试件的中心区域处于所述压杆的移动路径上,四个支撑定位杆的直线运动路径以所述加热炉为中心,呈十字形分布。

2. 如权利要求1所述的热环境回弹试验设备,其特征在于,还包括:

温度控制系统,其连接至所述加热炉,用于控制所述加热炉的加热温度;

直线驱动机构控制系统,其连接至四个第二直线驱动机构以及所述第一直线驱动机构,用于控制四个第二直线驱动机构和所述第一直线驱动机构工作;

数据处理系统,其连接至所述温度控制系统和所述直线驱动机构控制系统,用于向所述直线驱动机构控制系统输出控制信号,以使所述四个第二直线驱动机构驱动四个支撑定位杆做直线运动,从而使所述试件的中心区域处于所述压杆的移动路径上,以及用于根据所述温度控制系统的温度信号向所述直线驱动机构控制系统输出控制信号,以使所述第一直线驱动机构驱动所述压杆沿竖直方向下降,从而对所述试件的中心区域进行下压。

3. 如权利要求2所述的热环境回弹试验设备,其特征在于,

所述轴向加载装置还包括第一位移传感器,所述第一位移传感器设置于所述压杆的升降路径上,用于测量所述压杆的下降距离;

所述支撑定位装置还包括第二位移传感器,所述第二位移传感器设置于所述支撑定位杆的直线运动路径上,用于测量所述支撑定位杆的直线运动距离;

所述数据处理系统用于接收为每个第二直线驱动机构预先设定的一个第二目标位移值,以及用于根据每个第二位移传感器实时测量的相应支撑定位杆的直线运动距离输出控制信号,以使所述四个第二直线驱动机构同时且持续地驱动四个支撑定位杆做直线运动,直至每个第二位移传感器实时测量的相应支撑定位杆的直线运动距离达到相应的第二目标位移值,所述数据处理系统还用于接收为所述第一直线驱动机构预先设定的一个第一目标位移值,以及用于根据所述第一位移传感器实时测量的压杆的下降距离向所述直线驱动机构控制系统输出控制信号,使所述第一直线驱动机构驱动所述压杆沿竖直方向下降,直至所述第一位移传感器实时测量的压杆的下降距离达到相应第一目标位移值。

4. 如权利要求3所述的热环境回弹试验设备,其特征在于,所述第二直线驱动机构和第

一直线驱动机构均为液压缸,所述直线驱动机构控制系统为液压控制系统。

5.如权利要求1所述的热环境回弹试验设备,其特征在于,所述轴向加载装置可拆卸地设置在所述轴向加载支架上。

6.如权利要求1所述的热环境回弹试验设备,其特征在于,所述夹头包括夹持部以及设置于所述夹持部顶部的配重块,以使所述夹头的重心保持在所述支撑定位杆的上方;所述夹头的顶部设置有吊钩;所述夹持部的下部形成有由一横向部分和纵向部分连通而成的T形卡槽,且所述纵向部分的侧向开口形成在所述夹持部的与所述支撑定位杆相近的一个侧面,所述T形卡槽的底面开口形成在所述夹持部的底面,所述支撑定位杆的一端呈T形,所述支撑定位杆的一端经由所述底面开口以及所述侧向开口进入所述T形卡槽,卡制于所述T形卡槽内。

7.如权利要求3所述的热环境回弹试验设备,其特征在于,所述支撑定位装置包括定位板和横向轴承,其中,所述定位板竖向设置,所述定位板的下端固定连接于所述侧支架和所述工作台,所述定位板开设有第四通孔,所述横向轴承固定于所述第四通孔的前侧,所述支撑定位杆的另一端穿过所述横向轴承并受到所述横向轴承的支撑,延伸至所述定位板的后侧,所述支撑定位杆的另一端连接至一测力传感器。

8.如权利要求7所述的热环境回弹试验设备,其特征在于,所述支撑定位装置包括导轨和安装座,所述导轨设置于所述侧支架上,所述安装座的下端可滑动地设置于所述导轨,所述测力传感器安装于所述安装座的前侧面,所述安装座连接至所述第二直线驱动机构,所述第二位移传感器为包括光栅尺和光栅读数头的光栅尺位移传感器,所述光栅尺设置于所述侧支架上,且与所述导轨平行设置,所述光栅读数头设置于所述安装座的下部,在所述支撑定位杆做直线运动的情况下,所述安装座沿着所述导轨做直线运动,从而使所述光栅尺位移传感器测量出所述支撑定位杆的直线运动距离。

9.如权利要求1所述的热环境回弹试验设备,其特征在于,所述加热炉为方形加热炉,具有四个侧壁,所述加热炉的每个侧壁与一个支撑定位装置对应设置,所述加热炉的四个侧壁和底部均设置保温层,所述加热炉的每个侧壁设置有一个加热器,所述支撑定位杆与每个壁孔之间的空隙用高温棉填充。

10.一种热环境回弹试验方法,其特征在于,采用如权利要求1至9中任一项所述的设备进行回弹测量,包括以下步骤:

步骤一、将十字型试件的四个臂分别装夹在四个夹头上;控制所述四个第二直线驱动机构持续地驱动四个支撑定位杆做直线运动,致使所述试件的中心区域处于压杆的移动路径上;

步骤二、控制所述加热炉的加热温度达到目标温度值;

步骤三、进行回弹试验,试验过程中,控制所述第一直线驱动机构驱动所述压杆沿竖直方向下降,以对所述试件的中心区域进行下压;

步骤四、试验结束后,控制所述第一直线驱动机构驱动所述压杆沿竖直方向上升,从而实现所述试件的卸载;

步骤五、取下试件;所述试件的四个臂分别沿着两个彼此垂直的对称线延伸,测量所述试件的中心区域分别在对应于各对称线的部位向下发生的变形相对于水平面的角度,作为所述试件的中心区域在该对称线的方向上的变形角度;预先给定一个理论角度;利用所述

理论角度减去所述试件的中心区域在该对称线方向上的变形角度,计算出所述试件的中心区域在该对称线方向上的回弹量。

## 一种热环境回弹试验设备和试验方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种热环境回弹试验设备和试验方法,尤其涉及一种基于光学散斑应变测量方法的热环境回弹试验设备和试验方法,属于材料在热环境和复杂加载下的力学性能测试技术领域。

### 背景技术

[0002] 现今的板料成形是经过多次轧制所得到的,这样的生产方式导致板料通常是各向异性的。在研究高温下各向异性板料力学性能时以往的办法是采用不同方向上的单向拉伸试验。但是靠单向拉伸得到的材料应力应变曲线与承受复杂载荷的实际材料性能有一定的差距。此外,板料成形很多是在高温下进行的,而高温下金属材料具有明显不同于常温的力学性能,因此在研究板料力学性能时往往需要加上热温环境这一条件。在这种情况下,在复杂加载的双向拉伸试验机上加上热温环境成为该技术的关键点。

[0003] 为了研究板料成形中容易出现的回弹缺陷,采用较多的是垂直板料平面的第三向加载压弯的方法。该方法是通过测量板料变形时与卸载后的角度来衡量回弹量的。Panthi在研究过程中给出了研究板料变形量、厚度等参数与回弹角度之间的关系的方法。但是板料弹性变形在介质传播中表现出纵波与横波,也就是正交各向异性。在板料的压力加工中这种各向异性尤其明显,因此单一方向的压弯回弹试验不能完全表现出板料在实际生产中的力学性能。另外随着热压力加工的普及,对于板料在热成形过程中产生的回弹研究,则几乎是空白。

### 发明内容

[0004] 本发明的技术解决问题是:克服现有技术的不足之处,给出了一种可准确测定材料在高温环境下的双向回弹性能的热环境回弹试验设备和试验方法。

[0005] 本发明的技术解决方案是:

[0006] 一种热环境回弹试验设备,用于对十字形试件进行回弹测量,包括:

[0007] 机架,其包括工作台,以所述工作台为中心、呈十字形分布的四个侧支架以及轴向加载支架;

[0008] 加热炉,其设置于所述工作台上,所述加热炉的周向侧壁形成有四个壁孔,所述加热炉的顶壁开设有一开口;

[0009] 轴向加载装置,其包括压杆和第一直线驱动机构,所述压杆以可相对于所述轴向加载支架沿垂直方向升降的方式设置于所述轴向加载支架上,且所述压杆的下端通过所述开口伸入至所述加热炉的内部,所述第一直线驱动机构连接至所述压杆的上端,以驱动所述压杆升降;

[0010] 四个支撑定位装置,分别设置在四个侧支架上,所述支撑定位装置包括支撑定位杆、夹头以及第二直线驱动机构,其中,所述支撑定位杆以可相对所述侧支架做直线运动的方式设置于所述侧支架,所述支撑定位杆的一端设置有用于夹持所述试件的一个臂的夹

头,所述支撑定位杆通过所述壁孔伸入至所述加热炉的内部,从而使所述夹头位于所述加热炉的内部,致使所述试件受到四个夹头的夹持而处于加热炉内,所述第二直线驱动机构连接至所述支撑定位杆,以驱动所述支撑定位杆直线运动,致使所述试件的中心区域处于所述压杆的移动路径上,四个支撑定位杆的直线运动路径以所述加热炉为中心,呈十字形分布。

[0011] 优选的是,所述的热环境回弹试验设备,还包括:

[0012] 温度控制系统,其连接至所述加热炉,用于控制所述加热炉的加热温度;

[0013] 直线驱动机构控制系统,其连接至四个第二直线驱动机构以及所述第一直线驱动机构,用于控制四个第二直线驱动机构和所述第一直线驱动机构工作;

[0014] 数据处理系统,其连接至所述温度控制系统和所述直线驱动机构控制系统,用于向所述直线驱动机构控制系统输出控制信号,以使所述四个第二直线驱动机构驱动四个支撑定位杆做直线运动,从而使所述试件的中心区域处于所述压杆的移动路径上,以及用于根据所述温度控制系统的温度信号向所述直线驱动机构控制系统输出控制信号,以使所述第一直线驱动机构驱动所述压杆沿竖直方向下降,从而对所述试件的中心区域进行下压。

[0015] 优选的是,所述的热环境回弹试验设备中,

[0016] 所述轴向加载装置还包括第一位移传感器,所述第一位移传感器设置于所述压杆的升降路径上,用于测量所述压杆的下降距离;

[0017] 所述支撑定位装置还包括第二位移传感器,所述第二位移传感器设置于所述支撑定位杆的直线运动路径上,用于测量所述支撑定位杆的直线运动距离;

[0018] 所述数据处理系统用于接收为每个第二直线驱动机构预先设定的一个第二目标位移值,以及用于根据每个第二位移传感器实时测量的相应支撑定位杆的直线运动距离输出控制信号,以使所述四个第二直线驱动机构同时且持续地驱动四个支撑定位杆做直线运动,直至每个第二位移传感器实时测量的相应支撑定位杆的直线运动距离达到相应的第二目标位移值,所述数据处理系统还用于接收为所述第一直线驱动机构预先设定的一个第一目标位移值,以及用于根据所述第一位移传感器实时测量的压杆的下降距离向所述直线驱动机构控制系统输出控制信号,使所述第一直线驱动机构驱动所述压杆沿竖直方向下降,直至所述第一位移传感器实时测量的压杆的下降距离达到相应的第一目标位移值。

[0019] 优选的是,所述的热环境回弹试验设备中,所述第二直线驱动机构和第一直线驱动机构均为液压缸,所述直线驱动机构控制系统为液压控制系统。

[0020] 优选的是,所述的热环境回弹试验设备中,所述轴向加载装置可拆卸地设置在所述轴向加载支架上。

[0021] 优选的是,所述的热环境回弹试验设备中,所述夹头包括夹持部以及设置于所述夹持部顶部的配重块,以使所述夹头的重心保持在所述支撑定位杆的上方;所述夹头的顶部设置有吊钩;所述夹持部的下部形成有由一横向部分和纵向部分连通而成的T形卡槽,且所述纵向部分的侧向开口形成在所述夹持部的与所述支撑定位杆相近的一个侧面,所述T形卡槽的底面开口形成在所述夹持部的底面,所述支撑定位杆的一端呈T形,所述支撑定位杆的一端经由所述底面开口以及所述侧向开口进入所述T形卡槽,卡制于所述T形卡槽内。

[0022] 优选的是,所述的热环境回弹试验设备中,所述支撑定位装置包括定位板和横向轴承,其中,所述定位板竖向设置,所述定位板的下端固定连接于所述侧支架和所述工作

台,所述定位板开设有第四通孔,所述横向轴承固定于所述第四通孔的前侧,所述支撑定位杆的另一端穿过所述横向轴承并受到所述横向轴承的支撑,延伸至所述定位板的后侧,所述支撑定位杆的另一端连接至一测力传感器。

[0023] 优选的是,所述的热环境回弹试验设备中,所述支撑定位装置包括导轨和安装座,所述导轨设置于所述侧支架上,所述安装座的下端可滑动地设置于所述导轨,所述测力传感器安装于所述安装座的前侧面,所述安装座连接至所述第二直线驱动机构,所述第二位移传感器为包括光栅尺和光栅读数头的光栅尺位移传感器,所述光栅尺设置于所述侧支架上,且与所述导轨平行设置,所述光栅读数头设置于所述安装座的下部,在所述支撑定位杆做直线运动的情况下,所述安装座沿着所述导轨做直线运动,从而使所述光栅尺位移传感器测量出所述支撑定位杆的直线运动距离。

[0024] 优选的是,所述的热环境回弹试验设备中,所述加热炉为方形加热炉,具有四个侧壁,所述加热炉的每个侧壁与一个支撑定位装置对应设置,所述加热炉的四个侧壁和底部均设置保温层,所述加热炉的每个侧壁设置有一个加热器,所述支撑定位杆与每个壁孔之间的空隙用高温棉填充。

[0025] 一种热环境回弹试验方法,采用所述的设备进行回弹测量,包括以下步骤:

[0026] 步骤一、将十字型试件的四个臂分别装夹在四个夹头上;控制所述四个第二直线驱动机构持续地驱动四个支撑定位杆做直线运动,致使所述试件的中心区域处于压杆的移动路径上;

[0027] 步骤二、控制所述加热炉的加热温度达到目标温度值;

[0028] 步骤三、进行回弹试验,试验过程中,控制所述第一直线驱动机构驱动所述压杆沿竖直方向下降,以对所述试件的中心区域进行下压;

[0029] 步骤四、试验结束后,控制所述第一直线驱动机构驱动所述压杆沿竖直方向上升,从而实现对所述试件的卸载;

[0030] 步骤五、取下试件;所述试件的四个臂分别沿着两个彼此垂直的对称线延伸,测量所述试件的中心区域分别在对应于各对称线的部位向下发生的变形相对于水平面的角度,作为所述试件的中心区域在该对称线的方向上的变形角度;预先给定一个理论角度;利用所述理论角度减去所述试件的中心区域在该对称线的方向上的变形角度,计算出所述试件的中心区域在该对称线的方向上的回弹量。

[0031] 本发明与现有技术相比具有如下优点:

[0032] (1) 本发明提供了一种热环境回弹试验设备,本发明所述的热环境回弹试验设备包括机架、加热炉、四个支撑定位装置以及轴向加载装置,支撑定位装置的支撑定位杆通过加热炉的壁孔伸入至加热炉的内部,从而使夹头位于加热炉的内部,致使试件在受到四个夹头的夹持下而处于加热炉内,当第二直线驱动机构驱动各支撑定位杆直线运动,可以将试件的中心区域支撑定位在压杆的移动路径上,轴向加载装置包括压杆和第一直线驱动机构,当第一直线驱动机构驱动压杆沿竖直方向下降,压杆对试件进行下压,从而使试验发生弯曲,可以实现对十字形试件在高温环境下回弹性能的有效测试;

[0033] (2) 本发明提供了一种热环境双向加载试验方法,将试件的四个臂装夹在四个夹头上,四个第二直线驱动机构工作,使四个支撑定位杆对试件进行支撑定位,使试件的中心区域处于压杆的移动路径上;将加热炉加热至目标温度值;第一直线驱动机构工作,从而使

压杆逐渐对试件进行下压；试验结束后，先对试件进行卸载，再取下试件，测量试件的在两个方向上的变形角度，并利用理论角度和变形角度计算出试件在两个方向上的回弹量，可以实现对十字形试件在高温环境下双向回弹性能的有效测试。

### 附图说明

- [0034] 图1为在一个实施例中热环境回弹试验设备的结构示意图；
- [0035] 图2为在一个实施例中夹头的结构示意图；
- [0036] 图3为在一个实施例中夹持部T形卡槽的结构示意图；
- [0037] 图4为在一个实施例中支撑定位装置和侧支架的结构示意图；
- [0038] 图5为在一个实施例中温度控制系统的工作流程图；
- [0039] 图6为在一个实施例中数据处理系统和直线驱动机构控制系统的结构示意图；
- [0040] 图7为在一个实施例中十字形试件上两个对称线的示意图；
- [0041] 图8为在一个实施例中十字形试件在一个对称线的方向上的变形角度的示意图。

### 具体实施方式

[0042] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。

[0043] 如图1至图4所示，本发明提供了一种热环境回弹试验设备，用于对十字形试件进行光学散斑应变测量，包括：机架，其包括工作台30以及以所述工作台30为中心、呈十字形分布的四个侧支架40以及轴向加载支架39；加热炉29，其设置于所述工作台30上，所述加热炉29的周向侧壁形成有四个壁孔，所述加热炉的顶壁开设有一开口；轴向加载装置，其包括压杆33和第一直线驱动机构38，所述压杆33以可相对于所述轴向加载支架沿垂直方向升降的方式设置于所述轴向加载支架上，且所述压杆33的下端通过所述开口伸入至所述加热炉29的内部，所述第一直线驱动机构连接至所述压杆的上端，以驱动所述压杆升降；四个支撑定位装置，分别设置在四个侧支架上，所述支撑定位装置包括支撑定位杆15、夹头以及第二直线驱动机构25，其中，所述支撑定位杆15以可相对所述侧支架做直线运动的方式设置于所述侧支架，所述支撑定位杆15的一端设置有用于夹持所述试件6的一个臂的夹头3，所述支撑定位杆15通过所述壁孔伸入至所述加热炉29的内部，从而使所述夹头位于所述加热炉的内部，致使所述试件6受到四个夹头的夹持而处于加热炉内，所述第二直线驱动机构25连接至所述支撑定位杆15，以驱动所述支撑定位杆直线运动，致使所述试件的中心区域处于所述压杆的移动路径上，四个支撑定位杆15的直线运动路径以所述加热炉29为中心，呈十字形分布。

[0044] 本发明提供了一种可以提供在热环境下进行回弹试验的设备，用于对十字形试件进行回弹测量。试验时，试件的四个臂被分别夹持在四个支撑定位装置的四个夹头上，启动各第二直线驱动机构，在各第二直线驱动机构的驱动下，各支撑定位杆做直线运动，四个支撑定位杆的直线运动路径以加热炉为中心，呈十字形分布，从而使试件的中心区域处于压杆的移动路径上。通过加热炉对十字形试件进行加热，使其达到特定的加热温度；第一直线驱动机构驱动压杆下降，压杆对试件的中心区域进行下压，使试件发生弯曲变形。本发明可以实现对十字形试件在高温环境下双向回弹性能的有效测试。

[0045] 在一个优选的实施例中,所述的热环境回弹试验设备,还包括:温度控制系统,其连接至所述加热炉,用于控制所述加热炉的加热温度;直线驱动机构控制系统,其连接至四个第二直线驱动机构以及所述第一直线驱动机构,用于控制四个第二直线驱动机构和所述第一直线驱动机构工作;数据处理系统,其连接至所述温度控制系统和所述直线驱动机构控制系统,用于向所述直线驱动机构控制系统输出控制信号,以使所述四个第二直线驱动机构驱动四个支撑定位杆做直线运动,从而使所述试件的中心区域处于所述压杆的移动路径上,以及用于根据所述温度控制系统的温度信号向所述直线驱动机构控制系统输出控制信号,以使所述第一直线驱动机构驱动所述压杆沿竖直方向下降,从而对所述试件的中心区域进行下压。

[0046] 图5是加热炉的温度控制系统的工作流程图。加热炉开启后,设定目标温度值(SP),比较炉内温度(PV)和设定温度值,当炉内温度低于设定温度时通过PID调节和SCR电力控制,电阻丝电流上升,使炉内快速升温,当炉内温度到达设定温度后电阻丝电流下降,加热炉处于保温状态。

[0047] 数据处理系统可以由PC机或者PLC实现。数据处理系统对温度控制系统、直线驱动机构控制系统进行统一的监视和控制,可以进一步提高本发明试验设备的测试效率和测试精度。

[0048] 在一个优选的实施例中,所述的热环境回弹试验设备中,所述轴向加载装置还包括第一位移传感器,所述第一位移传感器设置于所述压杆的升降路径上,用于测量所述压杆的下降距离;所述支撑定位装置还包括第二位移传感器,所述第二位移传感器设置于所述支撑定位杆的直线运动路径上,用于测量所述支撑定位杆的直线运动距离;所述数据处理系统用于接收为每个第二直线驱动机构预先设定的一个第二目标位移值,以及用于根据每个第二位移传感器实时测量的相应支撑定位杆的直线运动距离输出控制信号,以使所述四个第二直线驱动机构同时且持续地驱动四个支撑定位杆做直线运动,直至每个第二位移传感器实时测量的相应支撑定位杆的直线运动距离达到相应的第二目标位移值,所述数据处理系统还用于接收为所述第一直线驱动机构预先设定的一个第一目标位移值,以及用于根据所述第一位移传感器实时测量的压杆的下降距离向所述直线驱动机构控制系统输出控制信号,使所述第一直线驱动机构驱动所述压杆沿竖直方向下降,直至所述第一位移传感器实时测量的压杆的下降距离达到相应的第一目标位移值。

[0049] 数据处理系统通过第二位移传感器对支撑定位杆的实际行程进行设定和控制。根据试件尺寸以及加热炉的内部尺寸对第二目标位移值进行设定。当试件尺寸较大时,为了实现对试件的支撑定位,各支撑定位杆须向远离加热炉的方向移动,并且各支撑定位杆的最终直线移动距离须保证试件的中心区域处于压杆的移动路径上。当试件的尺寸较小时,则各支撑定位杆须向靠近加热炉的方向移动,并且各支撑定位杆的最终直线移动距离须保证试件的中心区域处于压杆的移动路径上。第二直线驱动机构在驱动支撑定位杆直线运动时,第二位移传感器将支撑定位杆的实际位移实时地反馈给数据处理系统,数据处理系统再向第二直线驱动机构控制系统输出控制信号,直到达到第二目标位移值。

[0050] 数据处理系统通过第一位移传感器对压杆的实际行程进行设定和控制。在每次回弹试验中,压杆的实际行程影响试件的变形程度。因此,可以预先在数据处理系统中为第一直线驱动机构设定第一目标位移值,第一直线驱动机构在驱动压杆下降时,第一位移传感

器将压杆的实际位移实时地反馈给数据处理系统,数据处理系统再向第一直线驱动机构控制系统输出控制信号,直到达到第一目标位移值。

[0051] 在一个优选的实施例中,所述的热环境回弹试验设备中,所述第二直线驱动机构25和第一直线驱动机构38均为液压缸,所述直线驱动机构控制系统为液压控制系统。

[0052] 各液压缸通过高压管路与油箱连接,各伺服阀安装在液压缸上端。工作状态下油压通过高压管路从油箱进入液压缸。数字控制器连接、第一位移传感器、第二位移传感器和伺服阀。

[0053] 图6是闭环式液压控制系统。在PC(即数据处理系统)中设定好第一目标位移值后采用第一位移传感器读取位移信号,通过数字控制器实现模拟信号和数字信号转换,将第一位移传感器所采集的实际位移值输入给PC机或PLC。PC机对比输入值和设定值后,如不符合条件则PLC将伺服阀电压控制信号输出到数字控制器中,将数字信号转换为模拟信号后再输入到伺服阀以控制液压缸继续驱动压杆行进,以使压杆的实际位移达到第一目标位移值。

[0054] 基于该液压控制系统,还可以对压杆的行进速度进行控制。可以预先在PC机中对目标速度值进行设定,第一位移传感器所采集的实际位移值通过数字控制器实现模拟信号和数字信号转换,输入给PC机或PLC。PC机根据实际位移值计算支撑定位杆的行进速度值,并将行进速度值与目标速度值进行对比,如不符合条件则PLC将伺服阀电压控制信号输出到数字控制器中,将数字信号转换为模拟信号后再输入到伺服阀以控制液压缸的开口和液压流量大小来实现对压杆速度的控制。

[0055] 在PC中设定好第二目标位移值后采用第二位移传感器读取位移信号,通过数字控制器实现模拟信号和数字信号转换,将第二位移传感器所采集的实际位移值输入给PC机或PLC。PC机对比输入值和设定值后,如不符合条件则PLC将伺服阀电压控制信号输出到数字控制器中,将数字信号转换为模拟信号后再输入到伺服阀以控制液压缸继续驱动支撑定位杆行进,以使支撑定位杆的实际位移达到第二目标位移值。

[0056] 在一个优选的实施例中,所述的热环境回弹试验设备中,所述轴向加载装置可拆卸地设置在所述轴向加载支架上。

[0057] 图1中工作台30中心位置设置有定位孔,加热炉29通过定位孔安装在工作台上。加热炉29上方的炉盖28中间设置有一个开口。轴向加载支架包括围绕加热炉设置的多个支撑轴32,支撑轴的下端连接至工作台,一个顶板27连接至支撑轴的上端,受到多个支撑轴的支撑,位于加热炉的上方,第一直线驱动机构安装在顶板上,压杆33向下伸出,通过加热炉顶壁的开口伸入至加热炉内部。在第一直线驱动机构38采用液压缸时,液压缸活塞杆连接至压杆。

[0058] 轴向加载装置为可拆卸地设置轴向加载支架39上,当将轴向加载装置拆下,则可以进行基于光学散斑应变测量的热环境下的双向加载试验。具体将一个观测窗设置在上述开口处,将摄像装置和光源则通过支架设置在观察窗的上方,摄像装置在观测窗上方记录试验过程。

[0059] 本实施例提高了本发明所述的试验设备应用上的方便程度,扩大了其使用范围。

[0060] 如图2和图3所示,在一个优选的实施例中,所述的热环境回弹试验设备中,所述夹头包括夹持部8以及设置于所述夹持部顶部的配重块2,以使所述夹头3的重心保持在所述

支撑定位杆15的上方,避免试件发生变形;所述夹头3的顶部设置有吊钩1;所述夹持部8的下部形成有由一横向部分36和纵向部分37连通而成的T形卡槽35,且所述纵向部分的侧向开口形成在所述夹持部的与所述支撑定位杆相近的一个侧面,所述T形卡槽的底面开口形成在所述夹持部的底面,所述支撑定位杆15的一端呈T形,所述支撑定位杆的一端经由所述底面开口以及所述侧向开口进入所述T形卡槽,卡制于所述T形卡槽内。

[0061] 进行拉伸试验之前,先将试件的四个臂分别装夹在四个夹头上;之后将加热炉的炉盖打开,使用绳子与夹头顶部吊钩配合,将试件从上向下逐渐放入加热炉内,并且在下放的过程中,将夹持部的下部的T形卡槽与支撑定位杆的一端对齐,直至支撑定位杆的一端完全卡入T形卡槽内。基于此,支撑定位杆可以向夹头施加拉力,夹头与支撑定位杆不会彼此脱离,连接稳定。

[0062] 所述夹持部8包括夹持块34、定位螺栓9、一对紧固螺母9以及一对垫块5,7,其中,所述夹持块34形成有横置的U型钳口38以及贯通所述U型钳口的第一通孔,一对垫块5,7设置于所述U型钳口38内以将所述试件6的一个臂夹持于其间,所述垫块形成有第二通孔,所述定位螺栓贯穿所述第一通孔、所述第二通孔以及形成在所述臂上的第三通孔,所述定位螺栓9的两端延伸至所述夹持块34的上方和下方,分别通过一对紧固螺母4紧固。定位螺栓起到对垫块和试件进行定位的作用。试件的一个臂通过垫块的自身重力压住,防止试件在拉伸过程中发生翘曲。

[0063] 对试件进行装夹时,先将垫片和定位螺栓装进U形钳口内,两个垫片带滚花的面相对;将试件的臂放入两个垫片之间,定位螺栓穿过第一通孔、第二通孔和试件的臂上的第三通孔;用内六角扳手从夹持块的外部上紧定位螺栓。

[0064] 夹头采用CrWMn材料,保证在试验状态下不会发生氧化和变形。

[0065] 如图4所示,在一个优选的实施例中,所述的热环境回弹试验设备中,所述支撑定位装置包括定位板19和横向轴承14,其中,所述定位板19竖向设置,所述定位板19的下端固定连接于所述侧支架和所述工作台30,所述定位板19开设有第四通孔,所述横向轴承14固定于所述第四通孔的前侧,所述支撑定位杆15的另一端穿过所述横向轴承14并受到所述横向轴承的支撑,延伸至所述定位板19的后侧,所述支撑定位杆的另一端连接至一测力传感器12。

[0066] 横向轴承为支撑定位杆提供支撑,同时也对支撑定位杆进行定位,保证支撑定位杆与加热炉的壁孔对齐。

[0067] 在回弹试验时,测力传感器不对支撑定位杆的拉力进行测量。但是当将轴向加载装置拆下,进行基于光学散斑应变测量的热环境下的双向加载试验时,测力传感器则可以用作双向加载中的拉力测量。

[0068] 定位板的下端连接有固定板,固定板的一部分通过螺栓固定连接至侧支架,另一端通过螺栓固定连接至工作台。定位板的前后侧面再设置竖向的定位板加强筋13,以增强定位板的结构强度,避免其失稳变形。

[0069] 在一个优选的实施例中,所述的热环境回弹试验设备中,所述支撑定位装置包括导轨24和安装座11,所述导轨24设置于所述侧支架上,所述安装座11的下端可滑动地设置于所述导轨24,所述测力传感器12安装于所述安装座11的前侧面,所述安装座11连接至所述第二直线驱动机构25,所述第二位移传感器为包括光栅尺20和光栅读数头的光栅尺位移

传感器,所述光栅尺20设置于所述侧支架上,且与所述导轨24平行设置,所述光栅读数头设置于所述安装座11的下部,在所述支撑定位杆15做直线运动的情况下,所述安装座11沿着所述导轨做直线运动,从而使所述光栅尺位移传感器测量出所述支撑定位杆的直线运动距离。

[0070] 优选地,将安装座11设计成上部宽而下部窄的T型块。测力传感器12连接在T型块的上部,T型块的下端可滑动地连接至导轨,T型块的后端面(即背对加热炉的那一面)安装有联轴器10,联轴器再连接至液压缸的活塞杆。当液压缸输出驱动力,T型块沿着导轨滑动,从而使支撑定位杆沿着导轨的方向直线运动。光栅读数头设置在T型块上部的下端面,光栅尺与导轨平行设置,且位于T型块上部的下端面的下方,从而使光栅读数头正好位于光栅尺的上方。随着T型块的移动,光栅读书头相对于光栅尺移动,光栅尺位移传感器测量出支撑定位杆的直线运动距离。

[0071] 测力传感器优选采用轮辐式测力传感器。

[0072] 在侧支架的后侧还安装有支撑座,支撑座23的上部安装液压缸,下方有定位导轨24用的安装孔。导轨24、光栅尺20和支撑座23在安装板22上。支撑座23的前端设有上加强筋26,支撑座下加强筋21焊接在侧板16上,侧板16下端安装了底板18和地脚17用于调平。侧支架之间采用加强筋31相互连接以增加整体刚度。

[0073] 在一个优选的实施例中,所述的热环境回弹试验设备中,所述加热炉29为方形加热炉,具有四个侧壁,所述加热炉的每个侧壁与一个支撑定位装置对应设置,所述加热炉的四个侧壁和底部均设置保温层,所述加热炉的每个侧壁设置有一个加热器,所述支撑定位杆与每个壁孔之间的空隙用高温棉填充。

[0074] 加热炉底部及四周采用陶瓷纤维板保温材料制作保温层。加热炉的四个侧壁埋设电阻式加热丝,用以保证加热炉内部温度控制均匀性。加热炉的底面不设置温控区,只布置保温层。加热炉底盖与炉体间采用螺纹连接。支撑定位杆从加热炉四个壁孔穿入,壁孔与支撑定位杆之间用高温棉隔热,防止加热炉加热时热量从壁孔流失,保证了工作状态下外部机架及电子元件保持常温,不会因过热而损坏。

[0075] 在一个实施例中,本发明提供了一种热环境回弹试验方法,采用所述的设备进行回弹测量,包括以下步骤:

[0076] 步骤一、将十字型试件的四个臂分别装夹在四个夹头上;控制所述四个第二直线驱动机构持续地驱动四个支撑定位杆做直线运动,致使所述试件的中心区域处于压杆的移动路径上;

[0077] 步骤二、控制所述加热炉的加热温度达到目标温度值;

[0078] 步骤三、进行回弹试验,试验过程中,控制所述第一直线驱动机构驱动所述压杆沿竖直方向下降,以对所述试件的中心区域进行下压;

[0079] 步骤四、试验结束后,控制所述第一直线驱动机构驱动所述压杆沿竖直方向上升,从而实现了对所述试件的卸载;

[0080] 步骤五、取下试件;所述试件的四个臂分别沿着两个彼此垂直的对称线延伸,测量所述试件的中心区域分别在对应于各对称线的部位向下发生的变形相对于水平面的角度,作为所述试件的中心区域在该对称线的方向上的变形角度;预先给定一个理论角度;利用所述理论角度减去所述试件的中心区域在该对称线的方向上的变形角度,计算出所述试件

的中心区域在该对称线的方向上的回弹量。

[0081] 如图7所示,十字形试件的两个对称线分别为对称线a和对称线b。如图8所示,在对称线a所代表的方向上,试件的中心区域相应部位向下弯曲发生变形,测量该变形部位相对于水平面所成的角度A,将该角度作为试件的中心区域在这个方向上的变形角度A,利用理论角度和该变形角度,则可以计算出试件的中心区域在这个方向上的回弹量。由于试件的力学性能可能具备正交各向异性的特点,试件在两个正交方向上的变形角度和回弹量也有可能不同。理论角度可以根据试件的大小、位置、压杆向下运动的行程计算得出。

[0082] 举例来说,理论角度为 $10^{\circ}$ ,试件的中心区域在对称线a和对称线b两个方向上的变形角度分别为 $9^{\circ}$ 和 $8^{\circ}$ ,则试件的中心区域在两个正交方向上的回弹量分别为 $1^{\circ}$ 和 $2^{\circ}$ 。

[0083] 本发明可以实现对十字形试件在高温环境下双向回弹性能的有效测试。

[0084] 在一个优选的实施例中,本发明还提供了一种热环境回弹试验方法,采用所述的设备进行光学散斑应变测量,包括以下步骤:

[0085] 步骤一、将十字型试件的四个臂分别装夹在四个夹头上;

[0086] 步骤二、在所述数据处理系统中为每个第二直线驱动机构设定一个第二目标位移值,同时为所述第一直线驱动机构设定一个第一目标位移值;

[0087] 步骤三、利用所述数据处理系统根据每个第二位移传感器实时测量的相应拉伸杆的直线运动距离向所述直线驱动机构控制系统输出控制信号,再利用所述直线驱动机构控制系统控制所述四个第二直线驱动机构持续地驱动四个支撑定位杆做直线运动,直至四个支撑定位杆达到合适的位置;将炉盖打开,将每个夹头固定在一个支撑定位杆的一端,从而保证所述试件的中心区域处于压杆的移动路径上;

[0088] 步骤四、在所述温度控制系统中预先设定一个目标温度值,利用所述温度控制系统控制所述加热炉的加热温度达到所述目标温度值;

[0089] 步骤五、进行回弹试验,试验过程中,利用所述数据处理系统根据所述第二位移传感器实时测量的压杆的下降距离向所述直线驱动机构控制系统发出控制信号,再利用所述直线驱动机构控制系统控制所述第一直线驱动机构持续地驱动所述压杆沿竖直方向下降,以对所述试件的中心区域进行下压,直至所述第一位移传感器实时测量的压杆的下降距离达到第一目标位移值;

[0090] 步骤四、试验结束后,利用所述数据处理系统根据所述第二位移传感器实时测量的压杆的上升距离向所述直线驱动机构控制系统发出控制信号,再利用所述直线驱动机构控制系统控制所述第一直线驱动机构持续地驱动所述压杆沿竖直方向上升,直至所述第一位移传感器实时测量的压杆的上升距离达到第一目标位移值,从而实现对所述试件的卸载;

[0091] 步骤五、取下试件;所述试件的四个臂分别沿着两个彼此垂直的对称线延伸,测量所述试件的中心区域分别在对应于各对称线的部位向下发生的变形相对于水平面的角度,作为所述试件的中心区域在该对称线的方向上的变形角度;预先给定一个理论角度;利用所述理论角度减去所述试件的中心区域在该对称线的方向上的变形角度,计算出所述试件的中心区域在该对称线的方向上的回弹量。

[0092] 本发明进一步实现了对十字形试件在高温环境下双向回弹性能的有效测定,提高了回弹试验的精确度和测试效率。

[0093] 优选地,该试验方法包括:

[0094] 步骤一、将垫片和定位螺栓装进夹头的U形钳口内,两个垫片带滚花的面相对。将板料试件的夹持区放入两个垫片之间,通过U形钳口与定位螺栓定位。用内六角扳手从U形钳口外部上紧紧固螺钉,压住垫片和试件。

[0095] 步骤二、启动液压泵、加热炉和PC机电源,进入PC机液压程序控制界面,液压阀采用自动控制模式,输入拉伸轴初始位移行程,启动拉伸轴,调整板料至压杆下压位置。

[0096] 步骤三、打开炉盖,将夹头安装在拉伸杆上,安装压杆并关闭炉盖(如果之前在进行拉伸试验,还需先取下石英玻璃和摄像头,再打开炉盖)。

[0097] 步骤四、记录试件尺寸和试验编号等相关信息。

[0098] 步骤五、设定加热炉四个加热区温度,当加热炉内温度到达制定温度后保温5到10分钟以保证试件温度分布均匀。

[0099] 步骤六、装载激光位移传感器,设定下压行程,启动压杆下压,板料在垂直平面的作用力下发生弯曲至预定角度。

[0100] 步骤七、实验结束,压杆回程,关闭加热炉和电源。

[0101] 步骤八、取下试件;所述试件的四个臂分别沿着两个彼此垂直的对称线延伸,采用角度尺测量所述试件的中心区域分别在对应于各对称线的部位向下发生的变形相对于水平面的角度,作为所述试件的中心区域在该对称线的方向上的变形角度;预先给定一个理论角度;利用所述理论角度减去所述试件的中心区域在该对称线的方向上的变形角度,计算出所述试件的中心区域在该对称线的方向上的回弹量。

[0102] 本发明虽然以较佳实施例公开如上,但其并不是用来限定本发明,任何本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围内,都可以做出可能的变动和修改,因此,本发明的保护范围应当以本发明权利要求所界定的范围为准。

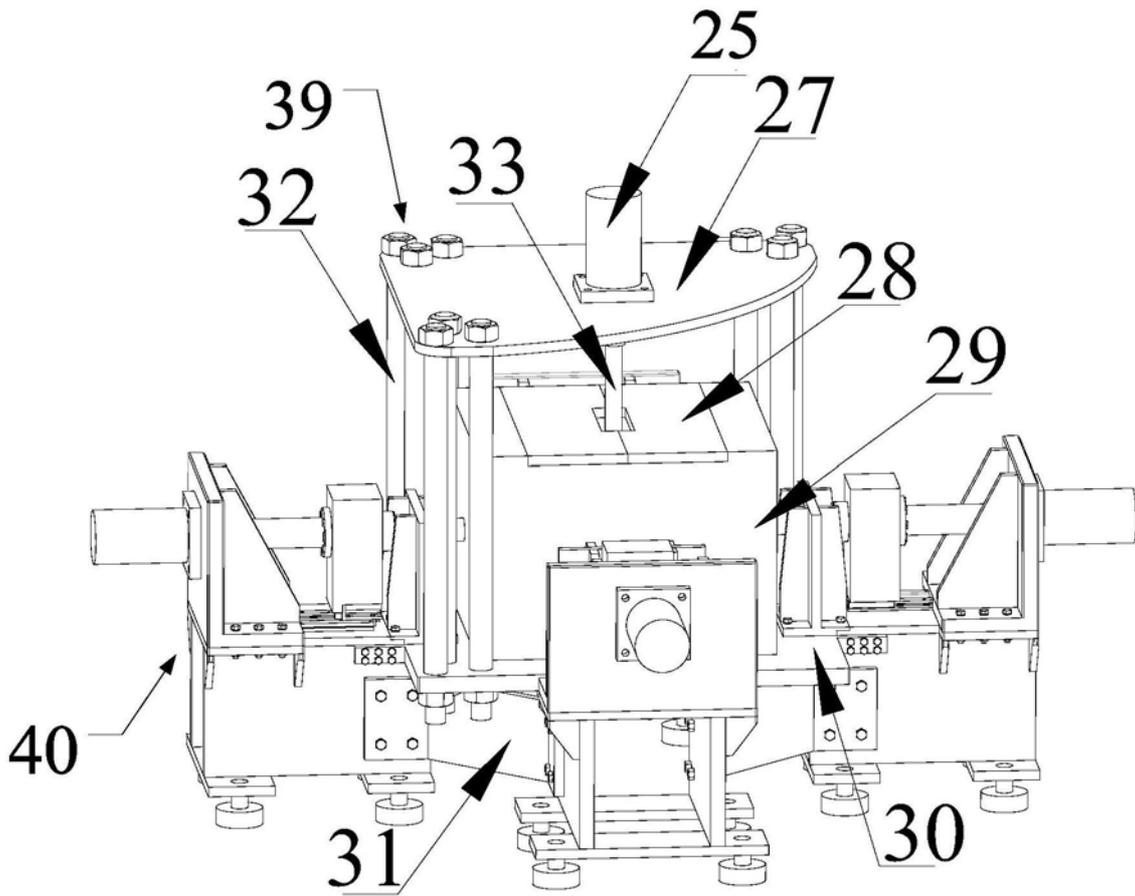


图1

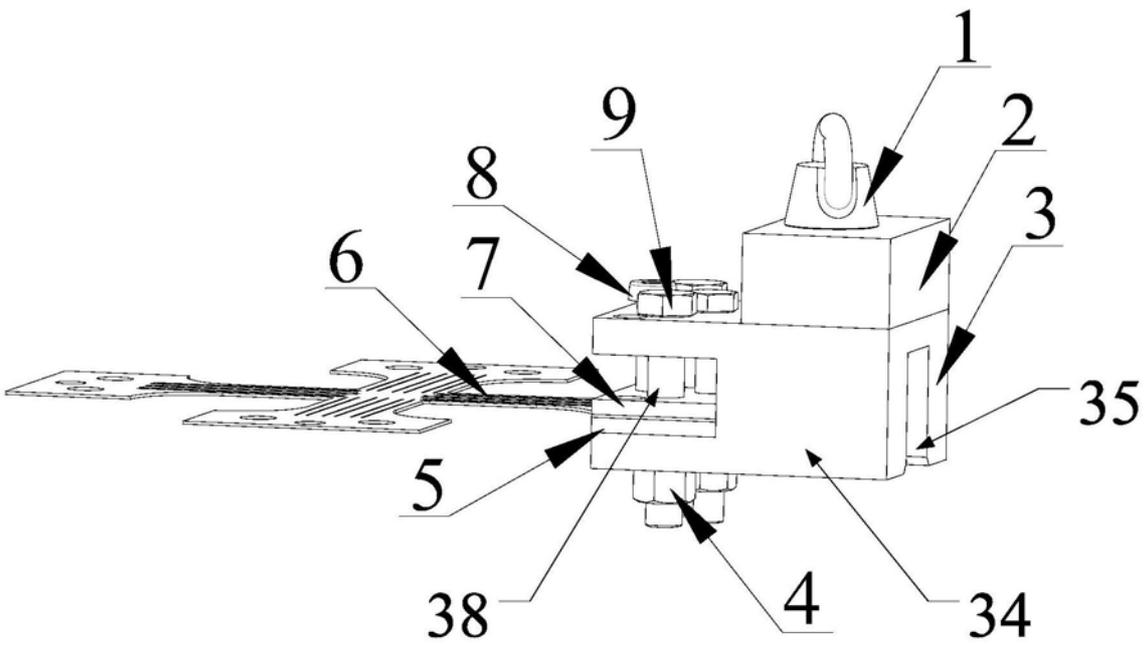


图2

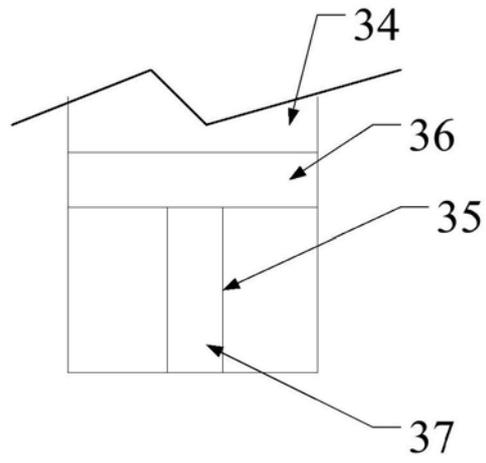


图3

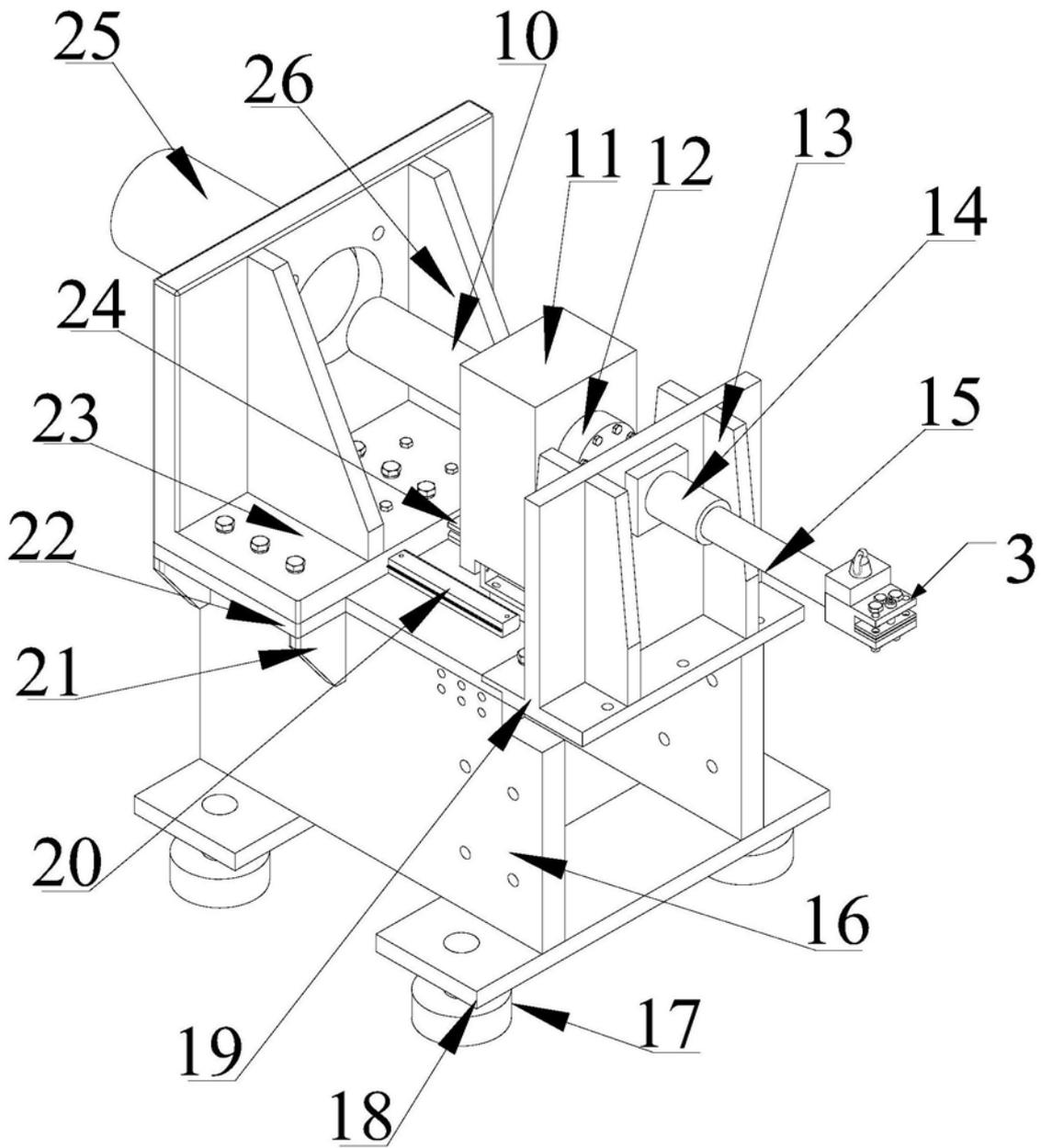


图4

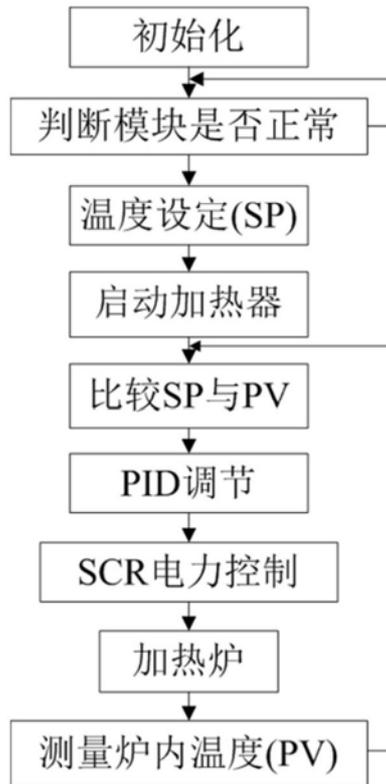


图5

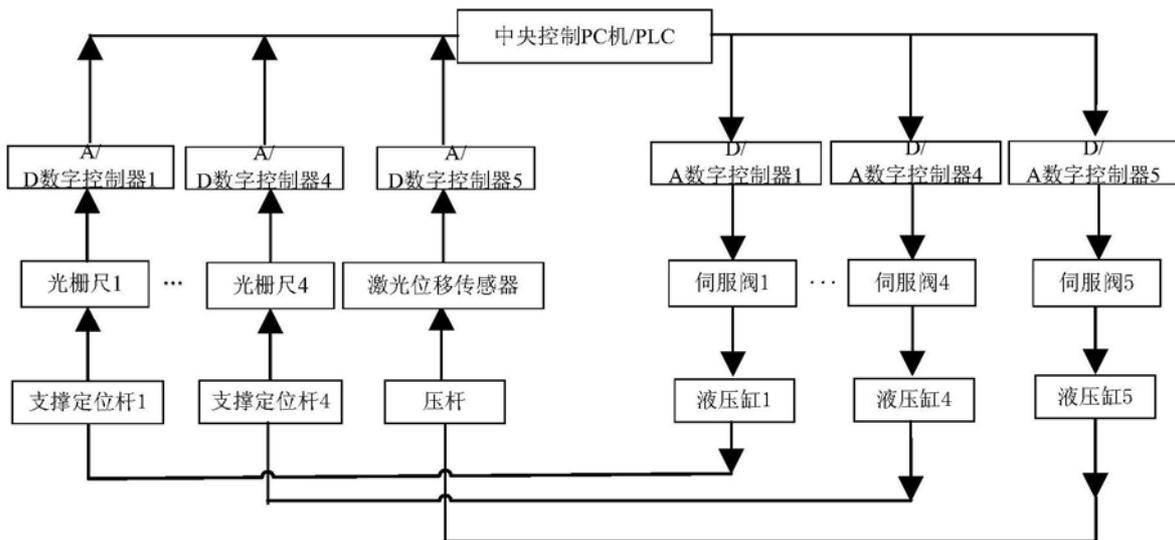


图6

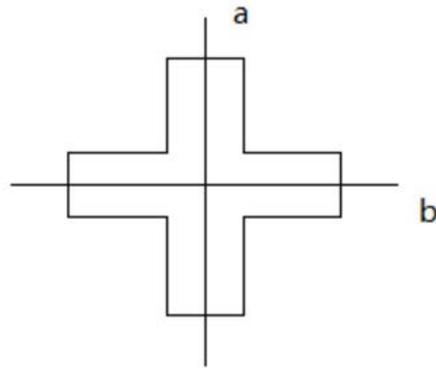


图7



图8