



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106644800 B

(45)授权公告日 2019.02.12

(21)申请号 201611101570.5

(22)申请日 2016.12.05

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106644800 A

(43)申请公布日 2017.05.10

(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 虞钢 潘斯宁 郑彩云 何秀丽
李少霞 宁伟健

(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390
代理人 胡剑辉

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

(56)对比文件

CN 205643031 U, 2016.10.12,
CN 103063424 A, 2013.04.24,
CN 102706766 A, 2012.10.03,
CN 101876611 A, 2010.11.03,
CN 1955713 A, 2007.05.02,

审查员 熊桦

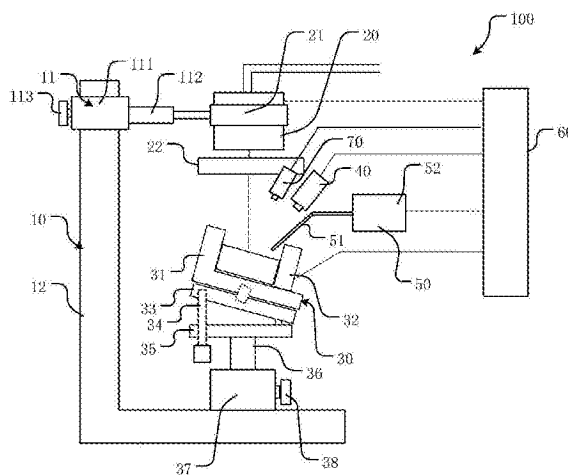
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种热疲劳实验装置

(57)摘要

本发明提供了一种热疲劳实验装置,包括:工作架,包括激光固定架;激光加热系统,安装在激光固定架上,用于加热样品;样品放置座,位于激光发生器的下方,包括固定样品的夹持装置,夹持装置包括两块相对设置的夹持块,和驱动两块夹持块相对运动的动力装置;温度测量装置,用于实时监测样品在实验过程中的温度变化;裂纹观测装置,用于通过图像设备监测样品表面在实验过程中的状态变化;冷却装置,用于降低样品的温度;控制单元,用于控制各部件的实验参数。本发明的样品在经历热循环温度波动的同时受到恒定机械应力加载,能在平行于压缩载荷方向上产生定向扩展裂纹,能够满足材料样品以及结构件的热疲劳性能测试,具有重要的科学意义及工程价值。



1. 一种热疲劳实验装置,其特征在于,包括:

工作架,包括激光固定架;

激光加热系统,安装在所述激光固定架上,用于加热样品;

样品放置座,位于所述激光发生器的下方,包括固定样品的夹持装置,所述夹持装置包括两块相对设置的夹持块,和驱动两块所述夹持块相对运动的动力装置;

两块所述夹持块分为主动夹持块和被动夹持块,所述被动夹持块包括相互垂直连接的夹持板和滑动座,所述主动夹持块放置在所述滑动座上,在所述主动夹持块上设置有压力传感器和位移传感器;

所述样品放置座还包括倾斜调节结构,所述倾斜调节结构包括固定所述夹持装置的调节台,和调节所述调节台倾斜角度和旋转角度的调节座,所述调节座包括旋转台,和用于插装所述旋转台的插座,以及安装在所述旋转台上调整所述调节台倾斜角度的高度调节杆,所述高度调节杆通过万向节与所述调节台的底面连接,在所述插座上设置有固定插入后旋转台的固定螺栓;

温度测量装置,用于实时监测样品在实验过程中的温度变化;

裂纹观测装置,用于通过图像设备监测样品表面在实验过程中的状态变化;

冷却装置,用于降低样品的温度;

控制单元,用于控制各部件的实验参数。

2. 根据权利要求1所述的热疲劳实验装置,其特征在于,

所述激光固定架通过升降装置与所述工作架连接,所述工作架包括垂直设置的安装柱,所述升降装置包括套在所述安装柱上的调节套,所述调节套的侧边固定有与所述激光固定架连接的横杆,所述调节套通过穿过所述调节套的固定螺栓与所述安装柱固定。

3. 根据权利要求1所述的热疲劳实验装置,其特征在于,

所述激光发生器包括脉冲激光发生器,和调节所述脉冲激光发生器的激光输出时空间光强分布的光束变换系统。

4. 根据权利要求1所述的热疲劳实验装置,其特征在于,

所述温度测量装置为红外测温仪或热电偶。

5. 根据权利要求1所述的热疲劳实验装置,其特征在于,

所述冷却装置包括输送冷却介质的输送管路,安装在所述输送管路上的电磁阀和流量计;所述输送管路的输出端与放置在所述夹持装置上的样品相对,所述冷却介质为压缩空气或水。

6. 根据权利要求1所述的热疲劳实验装置,其特征在于,

所述动力装置包括分别设置在所述主动夹持块和所述被动夹持块相对外侧的夹持气缸;或将被动夹持块固定,同时用丝杆连接所述主动夹持块相对所述被动夹持块相对运动的机械夹持结构。

7. 根据权利要求1所述的热疲劳实验装置,其特征在于,

所述样品放置座还包括调节样品在平面上任意位置的平面调节装置,所述平面调节装置包括设置在所述调节台与所述夹持装置接触一面上的横向调节结构,和设置在所述工作架上以固定所述插座的纵向调节结构;所述横向调节结构包括设置在所述调节台上内凹或外凸的横向滑槽,所述夹持装置通过卡入所述横向滑槽的滑块与所述调节台滑动连接;所

述纵向调节结构包括设置在所述工作架上的内凹或外凸的纵向滑槽,所述插座卡入所述纵向滑槽后与所述工作架滑动连接。

8. 根据权利要求1所述的热疲劳实验装置,其特征在于,

所述夹持装置的夹持力大小与样品的裂纹扩展速度成正比,且所述裂纹扩展方向与夹持力方向平行。

一种热疲劳实验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及热疲劳实验领域,特别涉及一种恒定机械应力加载的以脉冲激光为热源的热疲劳实验装置。

背景技术

[0002] 随着发动机向高功率密度、高紧凑方向发展,由高热负荷引起的燃烧室组件及其材料的热损伤问题日益突出,已引起各国研究机构的高度重视,并分别基于高频感应线圈、石英灯、高温辐射、电阻加热器、高温燃气等加热方法建立起相应的实验平台,进行热疲劳实验研究,但是这几种加热方式在实现准确的构件温度分布方面难度大,并存在不同程度的缺陷,主要表现在热源能量不够集中、可控性较差,导致实验周期长、耗资巨大。另外,现有对样品的加热方式多是采用整体加热,使得样品本身的温度梯度很小。

[0003] 此外,由于自由膨胀的热疲劳实验样品的疲劳裂纹扩展方向是随机的,现有实验中为了在热疲劳实验时产生定向扩展裂纹,通常采用带缺口的样品,但这样就不可避免地使样品表面产生损伤,影响了实验效果。

发明内容

[0004] 本发明的目的是要提供一种恒定机械应力加载的以脉冲激光为热源的热疲劳实验装置。

[0005] 特别地,本发明提供一种热疲劳实验装置,包括:

[0006] 工作架,包括激光固定架;

[0007] 激光加热系统,安装在所述激光固定架上,用于加热样品;

[0008] 样品放置座,位于所述激光发生器的下方,包括固定样品的夹持装置,所述夹持装置包括两块相对设置的夹持块,和驱动两块所述夹持块相对运动的动力装置;

[0009] 温度测量装置,用于实时监测样品在实验过程中的温度变化;

[0010] 裂纹观测装置,用于通过图像设备监测样品表面在实验过程中的状态变化;

[0011] 冷却装置,用于降低样品的温度;

[0012] 控制单元,用于控制各部件的实验参数。

[0013] 在本发明的一个实施方式中,所述激光固定架通过升降装置与所述工作架连接,所述工作架包括垂直设置的安装柱,所述升降装置包括套在所述安装柱上的调节套,所述调节套的侧边固定有与所述激光固定架连接的横杆,所述调节套通过穿过所述调节套的固定螺栓与所述安装柱固定。

[0014] 在本发明的一个实施方式中,所述激光发生器包括脉冲激光发生器,和调节所述脉冲激光发生器的激光输出时空间光强分布的光束变换系统。

[0015] 在本发明的一个实施方式中,所述温度测量装置为红外测温仪或热电偶。

[0016] 在本发明的一个实施方式中,所述冷却装置包括输送冷却介质的输送管路,安装在所述输送管路上的电磁阀和流量计;所述输送管路的输出端与放置在所述夹持装置上的

样品相对,所述冷却介质为压缩空气或水。

[0017] 在本发明的一个实施方式中,两块所述夹持块分为主动夹持块和被动夹持块,所述被动夹持块包括相互垂直连接的夹持板和滑动座,所述主动夹持块放置在所述滑动座上,在所述主动夹持块上设置有压力传感器和位移传感器。

[0018] 在本发明的一个实施方式中,所述动力装置包括分别设置在所述主动夹持块和所述被动夹持块相对外侧的夹持气缸;或将被动夹持块固定,同时用丝杆连接所述主动夹持块相对所述被动夹持块相对运动的机械夹持结构。

[0019] 在本发明的一个实施方式中,所述样品放置座还包括倾斜调节结构,所述倾斜调节结构包括固定所述夹持装置的调节台,和调节所述调节台倾斜角度和旋转角度的调节座,所述调节座包括旋转台,和用于插装所述旋转台的插座,以及安装在所述旋转台上调整所述调节台倾斜角度的高度调节杆,所述高度调节杆通过万向节与所述调节台的底面连接,在所述插座上设置有固定插入后旋转台的固定螺栓。

[0020] 在本发明的一个实施方式中,所述样品放置座还包括调节样品在平面上任意位置的平面调节装置,所述平面调节装置包括设置在所述调节台与所述夹持装置接触一面上的横向调节结构,和设置在所述工作架上以固定所述插座的纵向调节结构;所述横向调节结构包括设置在所述调节台上内凹或外凸的横向滑槽,所述夹持装置通过卡入所述横向滑槽的滑块与所述调节台滑动连接;所述纵向调节结构包括设置在所述工作架上的内凹或外凸的纵向滑槽,所述插座卡入所述纵向滑槽后与所述工作架滑动连接。

[0021] 在本发明的一个实施方式中,所述夹持装置的夹持力大小与样品的裂纹扩展速度成正比,且所述裂纹扩展方向与夹持力方向平行。

[0022] 本发明采用脉冲激光作为热源,能有效利用脉冲激光的加热特点,结合不同冷却速率的冷却方式,准确模拟受热零件及材料不同变化频率的温度波动,样品在经历热循环温度波动的同时受到恒定机械应力加载,能在平行于压缩载荷方向上产生定向扩展裂纹,可以满足材料样品以及结构件的热疲劳性能测试,具有重要的科学意义及工程价值。

[0023] 本发明中,激光加热系统仅对样品表面薄层进行加热,样品本身的温度梯度很大,通过辅助的冷却装置,使得裂纹萌生扩展更快,进一步缩短试验周期。

附图说明

[0024] 图1是本发明一个实施方式的热疲劳实验装置结构示意图。

具体实施方式

[0025] 如图1所示,本发明一个实施方式的热疲劳实验装置100一般性地包括工作架10、激光加热系统20、样品放置座30、温度测量装置40、裂纹观测装置70、冷却装置50和控制单元60。

[0026] 该工作架10为各设备提供安装基座,在工作架上安装有激光固定架21。

[0027] 该激光加热系统20安装在激光固定架21上,按实验要求向样品发射激光,这里的实验要求包括激光的脉冲间隔、重复率、单脉冲能量以及脉宽等参数。

[0028] 该样品放置座30位于激光加热系统20的下方,包括固定样品的夹持装置31,该夹持装置31可以包括两块相对设置以将样品稳定住的夹持块,和驱动两块夹持块相对运动以

对样品施加恒定应力的动力装置。

[0029] 该温度测量装置40用于实时获取样品在整个实验过程中的温度变化值,可以采用现有的各种测温设备。

[0030] 该裂纹观测装置70用于通过相应的图像设备观测样品在实验过程中的状态变化;该变化主要是样品在受规律或不规律的高-低循环温度刺激下,样品表面出现裂纹时的时间、分布形式、密度、长度和宽度等信息随时间变化的状态信息。具体的图像设备可以是显微镜或CCD等能够持续观察和获取样品变化图像的设备,其获取的图像可以直接输送至控制单元进行实时分析和/或作为后续研究资料。

[0031] 该冷却装置50根据实验需要选择需要的冷却速率和冷却介质及流量,以对样品按指定要求进行降温,可在样品加热结束后的冷却阶段提供较大的冷却速率,使样品内部和外表形成较大的温度梯度,产生较大的热应力,从而更易形成裂纹。

[0032] 该控制单元60控制上述部件按预定实验条件加载运行参数,包括脉冲激光的各工作参数,冷却装置50的各冷却条件,动力装置的加载力大小等。

[0033] 本实施方式采用脉冲激光作为热源,能有效利用脉冲激光的加热特点,结合不同冷却速率的冷却方式,准确模拟受热零件及材料不同变化频率的温度波动,样品在经历热循环温度波动的同时受到恒定机械应力加载,能在平行于压缩载荷方向上产生定向扩展裂纹。本实施方式中,激光加热系统仅对样品表面薄层进行加热,样品本身的温度梯度很大,通过辅助的冷却装置,使得裂纹萌生扩展更快,进一步缩短试验周期。

[0034] 在工作时,激光加热系统安装在工作架10上,将待测试的样品放置在样品放置座30上,利用夹持装置31的两个夹持块将样品夹持住,同时通过控制单元60控制动力装置对样品施加指定大小的恒定应力。然后启动激光加热系统20对样品进行预定脉冲激光参数的激光照射,以模拟样品所受高温,利用冷却装置50对样品进行预定温度的降温,使样品表面承受模拟环境下的低温状态。通过激光加热系统20和冷却系统50可以相对模拟样品在实际环境中所承受的冷热温度变化。通过温度测量装置40可以获取样品表面和/或内部的温度变化。而控制单元60可以控制整个实验过程中各个部件的运行参数,以得到更精确的模拟环境。

[0035] 在本实施方式中,样品的扩展裂纹方向与其所受夹持力方向平行,而且夹持装置31的夹持力大小与样品的裂纹扩展速度成正比,即夹持力越大样品产生定向裂纹的扩展速度越快。

[0036] 本实施方式能够满足不同材料样品以及结构件的热疲劳性能测试,并提供精确的实验结果,具有重要的科学意义及工程价值。

[0037] 在本发明的一个实施方式中,为方便调整激光的照射距离,该激光固定架21可以通过升降装置11与工作架10连接,工作架10可以包括一根垂直设置的安装柱12,该升降装置11可以包括套在安装柱12上的调节套111,在调节套111的侧边固定有与激光固定架21连接的横杆112,调节套111通过穿过调节套111的固定螺栓113与安装柱12固定。

[0038] 在使用时,具体的激光加热系统20安装在激光固定架21上,其激光发射方向朝向下方,通过移动调节套111在安装柱12上的位置,可以粗调激光加热系统与样品的照射距离。在调整至合适位置时,通过拧紧固定螺栓113即可将调节套111固定在安装柱12的当前位置上。为防止调节套111下滑,可以在安装柱12上按列设置多个螺纹孔,再将固定螺栓113

拧入相应的螺纹孔中。

[0039] 在其它的实施方式中,也可以在安装柱12上安装相应的齿条结构或滑轮组结构来控制激光固定架11的升降。

[0040] 进一步地,在本发明的一个实施方式中,该激光加热系统20可以包括脉冲激光发生器,和调节脉冲激光发生器的激光输出时空间光强分布的光束变换系统22。

[0041] 在本发明的一个实施方式中,该温度测量装置40可以为红外测温仪和/或热电偶。红外测温仪可以用于获取样品表面的温度,而热电偶可以用于获取样品内部的温度。

[0042] 在本发明的一个实施方式中,该冷却装置50可以包括输送冷却介质的输送管路51,安装在输送管路51上控制冷却介质流量的电磁阀和流量计52。本实施方式中,输送管路51的输出端与放置在样品放置座30上的样品相对,其排出的冷却介质直接作用到样品上,达到充分冷却的目的。具体的冷却介质可以为压缩空气或水。进一步地,在其它实施方式中,可以在样品放置座30的夹持块内设置相应的冷却介质流通通道,直接以夹持块作为冷却媒体。此外还可以在样品内部设置冷却循环管路,利用冷却液体或压缩空气由样品内部进行降温。

[0043] 在本发明的一个实施方式中,为方便样品夹持,可以将两块夹持块分为主动夹持块32和被动夹持块,被动夹持块包括相互垂直连接的夹持板和滑动座,主动夹持块32放置在滑动座上并可沿滑动座移动,在主动夹持块 32或被动夹持块上设置有压力传感器和位移传感器。

[0044] 在使用时,样品可以放置在被动夹持块的滑动座上,再驱动主动夹持块32由样品相对被动夹持板一侧推动样品,最终和被动夹持板一起将样品夹持住且使其承受恒定的应力。在本实施方式中,被动夹持块可以仅作为样品承载台与安装架10或其它固定点固定,并被动承受主动夹持块32 的挤压。也可以在作为样品承载台的同时,受动力装置的控制而与主动夹持块 32相对运动。压力传感器和位移传感器可以分别测量样品受到的压缩载荷以及可移动端的位移量,并反馈给控制单元。

[0045] 具体的夹持块上还可以根据需要设置相应的夹持结构,如夹紧气缸,以固定非对称样品或形状特殊的样品。

[0046] 在本发明的一个实施方式中,该动力装置可以包括分别设置在主动夹持块 32和被动夹持块相对外侧的夹持气缸,夹持气缸在施加夹持力时,可以相对的推动主动夹持块32和被动夹持块同时对中间的样品进行挤压。

[0047] 动力装置还可以是将被动夹持块固定,同时用丝杆连接主动夹持块32 相对被动夹持块相对运动的机械夹持结构,如台钳。

[0048] 在本发明的一个实施方式中,为避免样品反射激光,该样品放置座30还可以包括倾斜调节结构,倾斜调节结构包括固定夹持装置31的调节台33,和调节调节台33倾斜角度和旋转角度的调节座,调节座包括旋转台35,和用于插装旋转台35的插座37,以及安装在旋转台35上调整调节台33倾斜角度的高度调节杆34,高度调节杆34通过万向节与调节台33的底面连接,在插座 37上设置有固定插入后旋转台35的固定螺栓38。

[0049] 当样品被夹持装置31夹持后,通过拧动高度调节杆34,可控制其上端凸出旋转台35上表面的高度,使其将调节台33以一侧为支点倾斜顶起,也就调整了样品的倾斜角度。调节台33可以通过一侧边与夹持装置31的一侧边轴连接,而高度调节杆34安装在调节台33的

另一侧边,通过万向节可使高度调节杆34任意变换方向和角度而不影响调节台33。旋转台35通过固定柱36与插座37插接,使得旋转台35能够在平面上实现360度的旋转,从而调整样品反射激光的方向。同时通过升降固定柱36还可以调整样品在垂直方向上的高度(空间Z方向)。插座37可以是安装架10的一部分,也可以是独立的部件。通过将样品调成倾斜状态,可以避免样品表面反射的激光束损坏光束变换系统21或脉冲激光发生器。本实施方式将样品倾斜的目的除了防止样品反射激光损坏光纤及光束变换系统外,还可以方便温度测量装置的探头垂直照射于样品表面,获取更精确的温度值。

[0050] 进一步地,为方便调整样品受热位置,该样品放置座30还可以包括调节样品在平面上任意位置的平面调节装置(图中未示出),平面调节装置包括设置在调节台33与夹持装置31接触一面上的横向调节结构(X方向),和设置在工作架10上以固定插座37的纵向调节结构(Y方向)。该横向调节结构可以包括设置在调节台33上内凹或外凸的横向滑槽,夹持装置31通过卡入横向滑槽的滑块与调节台33滑动连接;纵向调节结构可以包括设置在工作架10上的内凹或外凸的纵向滑槽,插座37卡入纵向滑槽后与工作架10滑动连接。

[0051] 在对样品的受热位置进行调节时,可以控制调节台33在横向滑槽上滑动至预定位置,再控制插座37在纵向滑槽上滑动至预定位置,从而使样品可在一定范围内到达平面内任一点位置。

[0052] 本实施方式结合倾斜调节结构后,可以实现样品在空间内X、Y、Z方向任意位置的调整。

[0053] 至此,本领域技术人员应认识到,虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例,但是,在不脱离本发明精神和范围的情况下,仍可根据本发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此,本发明的范围应被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

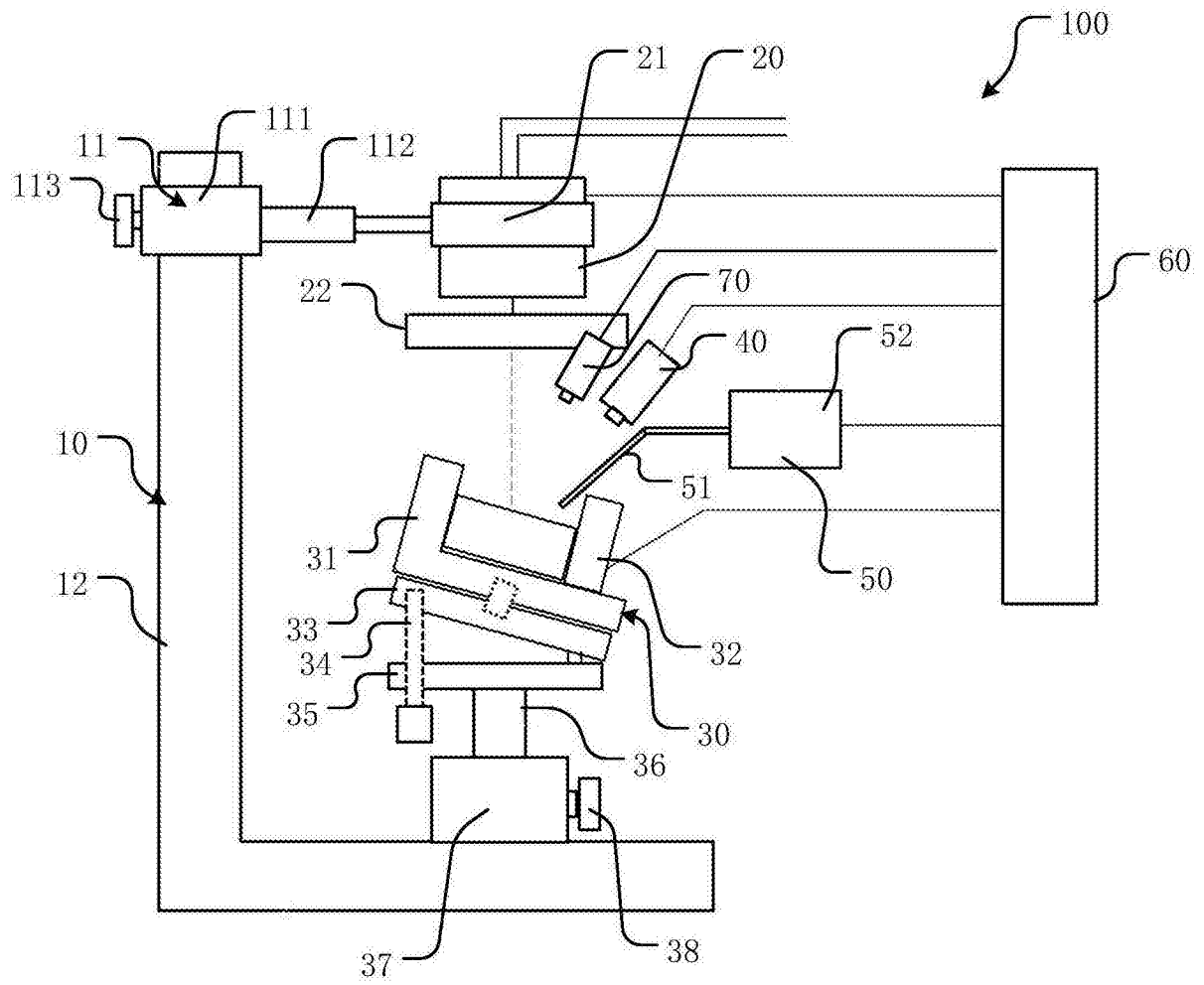


图1