



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105758728 A

(43)申请公布日 2016.07.13

(21)申请号 201610242805.6

(22)申请日 2016.04.18

(71)申请人 吉林大学

地址 130022 吉林省长春市人民大街5988号

(72)发明人 董景石 关键 周永臣 肖惠琼
丁洋 李丽佳 朱博 赵丹
马志超 赵宏伟 徐智

(74)专利代理机构 长春市四环专利事务所(普通合伙) 22103

代理人 张建成

(51)Int.Cl.

G01N 3/08(2006.01)

G01N 3/04(2006.01)

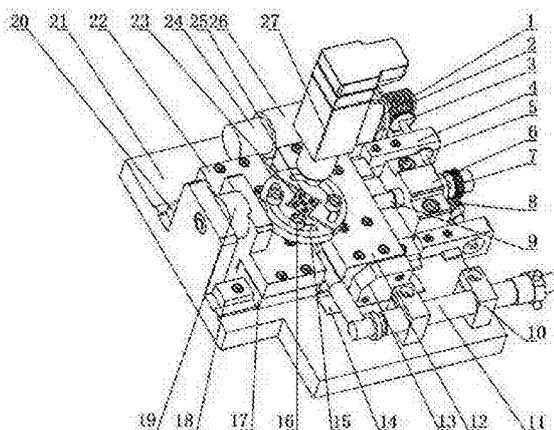
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

变温复合载荷原位力学测试平台

(57)摘要

本发明涉及一种变温复合载荷原位力学测试平台,属于材料微观力学性能测试领域,测试平台集成了变温模块、复合加载模块、原位观测模块,变温模块由传感器内藏式超级热风枪、数字温调器、热电偶温度传感器组成,能精准的调控测试温度,复合加载模块由驱动单元,传动单元和信号采集单元组成,复合加载形式由新型的环形夹具实现,变温模块和复合加载模块结构紧凑,便于集成目前主流的光学显微镜和电子显微镜进行原位监测材料在温度和复合载荷共同作用下裂纹萌生、扩展、破坏时材料内部组织的演化过程,为深入了解材料性能的微观本质,理解材料的宏观规律,揭示材料在温度场和复合载荷共同作用下的力学行为提供了崭新的测试手段和方法。



1. 一种变温复合载荷原位力学测试平台,其特征在于:测试平台集成了变温模块、复合加载模块和原位观测模块三部分,在施加复合载荷时,可以改变测试温度,并原位观测在复合载荷和温度共同作用下材料的微观演化行为,如裂纹萌生,扩展以及断裂形式等;

所述的变温模块为热风枪支撑座(10)与测试平台基座(21)固连,热风枪(11)穿过两个热风枪支撑座(10)的锁紧孔并用锁紧螺母锁紧,伸缩式热风转向管(28)通过螺纹连接安装在热风枪前端,确保热风口正对试件标距处;

所述复合加载模块由驱动单元,传动单元和信号采集单元组成。所述的驱动单元为直流伺服电机(24)与行星齿轮减速箱(26)配套安装,将整体与电机法兰(1)螺栓连接并固定在测试平台基座(21)上;所述的传动单元为一级涡轮(3)与一级蜗杆(2)相互啮合,对电机(24)经行星齿轮减速箱(26)输出的转速进行第一次减速,二级蜗杆(7)由二级蜗杆轴承(5)和二级蜗杆轴承撑座(4)固定并用螺钉安装在测试平台基座(21)上,双向滚珠丝杠(9)与精密滚珠丝杠支撑座(6)配套安装并与测试平台的基座(21)固连,滚珠丝杠螺母副将产生相对位移的连接板I(12)和连接板II(22)与精密导轨滑块(17)刚性连接,精密导轨I(18)、精密导轨II(20)与测试平台基座(21)固连。所述的环夹具体(15)由夹具紧固螺栓(16)穿过夹具体环形槽分别固定在连接板I(12)和连接板II(22)上;所述的信号采集单元为磁栅尺(13)读数头固定于连接板I(12)的侧面,直接测量夹具体处的相对位移,磁尺(14)为一条背部自带粘性的钢带,钢带正面被均匀磁化,可直接粘贴固定到测试平台基座(21)上,精密力传感器(19)一端与连接板II(22)螺纹连接一端与基座末端直板连接并使用螺母锁紧。

2. 一种变温复合载荷原位力学测试平台,其特征在于:根据权利1要求所述测试平台为研究温度对材料力学性能的影响与材料微观结构和组织的变化提供了有效的测试手段,试平台不仅能研究不同温度梯度下材料的力学性能,还可以探究相变材料等温度敏感材料的力学性能,试验前调节数字温调器将热风控制在试件相变温度范围内,然后旋转夹具体确定复合加载形式,试验时利用原位观测装置实时监测材料微观力学行为。

3. 一种变温复合载荷原位力学测试平台,其特征在于:根据权利1要求所述本测试平台采用环形测试夹具,通过旋转环形夹具体(15)来实现不同应力状态的复合加载,借助高精度数字测角仪可使被测试件的轴线方向和拉伸方向成不同试验角度,从而构造出不同的应力状态,使试件的受力状态更加接近真实的服役状态。环形夹具体由夹具体主体(15)和夹具体压板(25)组成,在环形夹具体主体边缘设计出一条环形槽用于固定夹具体和更改测试角度,设计时使圆形夹具体、环形槽几何圆心与试件的标距中心重合。

4. 一种变温复合载荷原位力学测试平台,其特征在于:根据权利2要求所述,本测试平台可以完成复合载荷和温度共同作用下原位力学测试试验,将加热装置集成到测试仪器上,为了方便原位观测,将加热装置放置于夹具体下侧并正对试件(23)的标距中心处,在加载过程中确保加热位置始终处于试件中心,加热装置采用传感器内藏式超级热风枪,可实现点对点加热,测试温度由与超级热风枪配套的数字温调器控制,通过改变温度、流量,可以轻易地控制热量的增减,采用热电偶温度传感器实时监测试验温度,通过温度调节器和热电偶温度传感器的协调使用可以得到合适的试验温度。

变温复合载荷原位力学测试平台

技术领域

[0001] 本发明涉及一种变温复合载荷原位力学测试平台,属于材料微观力学性能测试领域,测试平台集成了变温模块、复合加载模块、原位观测模块。复合加载模块由驱动单元,传动单元和信号采集单元组成,复合加载形式由新型的环形夹具实现,借助高精度数字测角仪可使被测试件的轴线方向和拉伸方向成不同试验角度从而构造出不同的应力状态,使试件的受力状态更加接近真实服役状态。变温模块由传感器内藏式超级热风枪、数字温调器、热电偶温度传感器组成,能精准的调控测试温度。变温模块和复合加载模块结构紧凑,便于集成目前主流的光学显微镜和电子显微镜进行原位监测材料在不同温度和复合载荷共同作用下裂纹萌生、扩展、破坏时材料内部组织的演化过程,为深入了解材料性能的微观本质,理解材料的宏观规律,揭示材料在温度场和复合载荷共同作用下的力学行为提供了崭新的测试手段和方法。

背景技术

[0002] 新材料新工艺的研发与应用是工业发展的基础,而材料测试技术的不断发展是研究制造新材料,深入探究已有材料性能的重要手段。材料力学性能测试技术,主要为了获取材料的弹性模量、切变模量、屈服极限以及强度极限等宏观上的力学参数,随着材料科技的快速发展,各类新材料不断涌现,而对这些新材料的特异性的测试分析成为国内外研究热点问题,传统的材料力学性能测试手段已经跟不上研究人员迫切探究材料性能微观本质的需求,因此迫切需要基于新原理、新方法的测试技术与仪器的出现,为深入了解材料性能的微观本质,理解材料的宏观规律,揭示材料在温度场和复合载荷共同作用下的力学行为提供了崭新的测试手段和方法。

[0003] 随着精密制造技术和显微成像技术的发展,基于小型化的原位测试技术随之兴起,通过原位监测的方法,可以获知材料在载荷作用下微观组织形貌变化的完整过程,充分说明显微结构和性能之间的对应关系,目前国外对原位力学测试技术的研究比较早,并且针对科研领域对于原位测试装置的需求,德国Kammrath&Weiss、英国Deben和美国MTI Instruments公司已经推出了数款小型化的原位测试装置,推动了材料原位测试技术的发展,但是国内对原位测试技术的研究起步比较晚,对材料力学性能的测试任然依赖于传统的测试方法,因此国内材料科学的发展相对比较落后,再加之国外技术保密和原位测试仪器的昂贵,在国内使用这种新型的原位测试方法和仪器的研究机构并不多见,这就需要国内自主研发和制造新型的原位力学性能测试仪器,目前大多数测试仪器以单一载荷为主,实际工况下许多构件的受载形式并非单一载荷,服役环境也并非常温状态,而是多种载荷形式和变温条件的共同作用,材料在复合载荷和温度影响下的损伤、失效行为与单一载荷常温作用下的行为迥然不同,因此变温复合载荷模式的原位力学测试平台对深入研究材料性能演变、失效破坏机制具有重要意义。

发明内容

[0004] 测试平台集成了变温模块、复合加载模块、原位观测模块。复合加载模块由驱动单元,传动单元和信号采集单元组成,复合加载形式由新型的环形夹具实现,借助高精度数字测角仪可使被测试件的轴线方向和拉伸方向成不同试验角度从而构造出不同的应力状态,使试件的受力状态更加接近真实服役状态。变温模块由传感器内藏式超级热风枪、温度调节器、热电偶温度传感器组成,能精准的调控测试温度。测试平台为研究温度对材料力学性能的影响与材料微观结构和组织的变化提供了有效的测试手段,试平台不仅能研究不同温度梯度下材料的力学性能,还可以探究相变材料等温度敏感材料的力学性能,试验前调节数字温调器将热风控制在试件相变温度范围内,然后旋转夹具确定复合加载形式,试验时利用原位观测装置实时监测材料微观力学行为。在原位观测的同时磁栅尺将检测的位移信号和精密力传感器检测的载荷信号通过采集卡输送到计算机上,实时绘制应力应变曲线曲线。

[0005] 本测试平台的上述目的通过以下技术方案实现:本发明涉及一种变温复合载荷原位力学测试平台,属于材料微观力学性能测试领域。测试平台集成了变温模块、复合加载模块、原位观测模块。复合加载模块由驱动单元,传动单元和信号采集单元组成。其中复合加载模块和变温模块通过螺栓连接固定在测试平台基座上,由于加热试件尺寸比较小,加热装置选择传感器内藏式超级热风枪,热风吹出口径为2mm,可以实现点对点加热,并且温度最高可达800℃,满足一般的加热试验条件。原位观测模块可以集成目前主流的光学显微镜,也可安置在扫描电子显微镜内。

[0006] 复合加载模块由驱动单元,传动单元和信号采集单元组成,所述的驱动单元由c将伸缩式热风转向管28安装在热风枪前端,确保热风口正对试件标距处,试验时热风枪虽然可以实现2mm口径的点对点加热,但是热量会不可避免的传递到夹具体(15)以及夹具压板(25)甚至是连接板上,为了避免高温损坏试验装置,影响试验数据,在选用耐高温材料加工上述零件之外采用隔热胶带对夹具体等容易受到高温影响的零件进行层层隔热,最大限度的降低热量传递。所述的原位观测模块可以集成目前主流的光学显微镜,也可将测试平台安置在扫描电子显微镜内。

[0007] 本测试装置的有益效果在于:目前大多数测试仪器以单一载荷为主,实际工况下许多构件的受载形式并非单一载荷,服役环境也并非常温状态,而是多种载荷形式和变温条件的共同作用,材料在复合载荷和温度影响下的损伤、失效行为与单一载荷常温作用下的行为迥然不同,因此变温复合载荷模式的原位力学测试对深入研究材料性能演变、失效破坏机制具有重要意义。本测试平台集成了复合加载模块、变温模块、原位观测模块,结构紧凑,布局合理,测试精度高。本测试平台为研究温度对材料力学性能的影响与材料微观结构和组织的变化提供了有效的测试手段,试平台不仅能研究不同温度梯度下材料的力学性能,还可以探究相变材料等温度敏感材料的力学性能,试验前调节数字温调器将热风控制在试件相变温度范围内,然后旋转夹具确定复合加载形式,试验时利用原位观测装置实时监测材料微观力学行为。在原位观测的同时磁栅尺将检测的位移信号和精密力传感器检测的载荷信号通过采集卡输送到计算机上,利用LABVIEW软件自动拟合生成复合载荷作用下的应力应变曲线。

附图说明

- [0008] 图1为本测试平台的整体外观结构示意图。
- [0009] 图2为本测试平台的俯视示意图。
- [0010] 图3为本测试平台的左视示意图。
- [0011] 图4为本测试平台的环形夹具示意图。
- [0012] 图5为本测试平台的加热示意图。
- [0013] 图6为本测试平台的复合载荷加载示意图。
- [0014] 图中:1、电机法兰;2、一级蜗杆I;3、一级涡轮;4、二级蜗杆支撑座;5、二级蜗杆轴承;6、精密滚珠丝杠支撑座;7、二级蜗杆;8、二级涡轮;9、精密双向滚珠丝杠;10、热风枪支撑座;11、热风枪;12、连接板I;13、磁栅尺;14、磁尺;15、环形夹具体;16、夹具紧固螺栓;17、精密导轨滑块;18、精密导轨I;19、精密力传感器;20、精密导轨II;21、大理石底板;22、连接板II;23、试件;24、精密直流伺服电机;25、夹具压板;26、行星齿轮减速箱;27、原位观测显微镜;28、伸缩式热风转向管;29、隔热胶带I;30、隔热胶带II。

具体实施方案

[0015] 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。

[0016] 参见图1至图6,本发明涉及一种变温复合载荷原位力学测试平台,属于材料微观力学性能测试领域,测试平台集成了变温模块、复合加载模块、原位观测模块。复合加载模块由驱动单元,传动单元和信号采集单元组成。其中复合加载模块和变温模块通过螺栓连接固定在大理石底板上,由于加热试件尺寸比较小,加热装置选择传感器内藏式超级热风枪,热风吹出口径为2mm,可以实现点对点加热,并且温度最高可达800℃,满足一般的加热试验条件。原位观测模块可以集成目前主流的光学显微镜,也可安置在扫描电子显微镜内。复合加载模块由驱动单元,传动单元和信号采集单元组成,所述的驱动单元由精密直流伺服电机24、行星齿轮减速箱26、电机法兰1构成。它们的连接方式为直流伺服电机与行星齿轮减速箱配套安装,将整体与电机法兰1螺栓连接并固定在测试平台基座21上。传动单元采用两级蜗轮蜗杆减速增扭的方式,一级涡轮3与一级蜗杆2相互啮合对电机24经行星齿轮减速箱26输出转速进行第一次减速,二级蜗杆7通过二级蜗杆轴承5和二级蜗杆轴承支撑座4用螺钉安装在测试平台基座21上,经过两级蜗轮蜗杆的调速将旋转运动转换为精密双向滚珠丝杠9的直线往复运动。双向滚珠丝杠9由与之配套的精密滚珠丝杠支撑座固连在测试平台的基座21上,滚珠丝杠螺母副将产生相对位移的连接板I12和连接板II22固连在精密导轨滑块17上,使用内六角螺栓将精密导轨I18、精密导轨II20固定在测试平台基座21上,精密双向滚珠丝杠9的直线往复运动的同时带动连接板I12和连接板II22相对运动。所述的环形夹具体15由夹具紧固螺栓16穿过夹具体环形槽分别固定在连接板I12和连接板II22上,试验前使用精密数字测角仪确定试验角度后拧紧夹具紧固螺栓16,然后安装试件23,并用夹具压板25压盖在试件23上进行锁紧,从而实现不同应力状态下的试验研究。信号采集单元由检测位移的磁栅尺13、磁尺14精密力传感器19构成,他们的连接方式为磁栅尺13读数头固定于连接板I12的侧面,直接测量夹具处的相对位移,磁尺14为一条背部自带粘性的钢带,钢带正面被均匀磁化,可直接粘贴固定到测试平台基座21上,精密力传感器19一端与连接板II22螺纹连接一端与基座末端直板连接并使用螺母锁紧,试验时连接板I12和连接板II22相对运动时精密力传感器19受到挤压会实时采集到载荷的数值。

[0017] 所述的变温模块由热风枪11、热风枪支撑座10、伸缩式热风转向管28构成。热风枪支撑座10与测试平台基座21固连,热风枪11穿过两个热风枪支撑座10并用锁紧螺母固定。将伸缩式热风转向管28安装在热风枪前端,确保热风口正对试件标距处,试验时热风枪虽然可以实现2mm口径的点对点加热,但是热量会不可避免的传递到夹具体15以及夹具压板25甚至是连接板上,为了避免高温损坏试验装置,影响试验数据,在选用耐高温材料制作上述零件之外采用隔热胶带对夹具体等容易受到高温影响的零件进行层层隔热,最大限度的降低热量传递。所述的原位观测模块可以集成目前主流的光学显微镜,也可将测试平台安置在扫描电子显微镜内。

[0018] 参见图1至图6,本发明涉及一种变温复合载荷原位力学测试平台,属于材料微观力学性能测试领域,测试平台集成了变温模块、复合加载模块、原位观测模块。复合加载模块由驱动单元,传动单元和信号采集单元组成。其中涉及到的元器件和具体型号是:直流伺服电机24(型号为maxon A-max 26石墨电刷6W)、行星齿轮箱26(maxon GP26A)、磁栅尺13(德国Siko公司生产的MSK5000型)、精密力传感器19(CF40603-200kg)、传感器内藏式超级热风枪11(SEN-220V-440W-BS)、数字温调器(DAC-8D),热电偶温度传感器(5TC-GG-K-36-36)直线导轨(THK SRS12M)蜗轮蜗杆(KHK BG1-20R1SW1-R1)、滚珠丝杠(金旺达SFK01002)。

[0019] 本测试平台在具体试验过程中,使用CAD绘制出试件23二维图并导进线切割控制软件中,通过线切割得到试件23,为了能够在显微镜下清晰地观测试件的破坏过程,需要对试件表面进行处理,使用研抛机对试件表面先研磨在抛光,去除材料表面的明显划痕,必要时使用化学试剂对材料进行腐蚀,得到材料的金相组织。试验前使用数字测角仪确定拉剪角度,利用环形夹具体可以构造 0° - 90° 之间的任意角度的复合加载模式,确定试验角度后拧紧夹具紧固螺栓16,将夹具体15固连到连接板I12和连接板II22上,然后安装试件23,并用夹具压板25压盖在试件上进行锁紧。然后打开热风枪11调控测试温度,测试温度由与超级热风枪配套的数字温调器控制,通过改变温度、流量,可以轻易地控制热量的增减,采用热电偶温度传感器实时监测试验温度,通过温度调节器和热电偶温度传感器的协调使用可以得到合适的试验温度,当测试温度稳定后,打开测试平台的控制软件,启动直流伺服电机24,经行星齿轮减速箱26和两级蜗轮蜗杆减速后,将电机的旋转运动转换为精密双向滚珠丝杠9直线往复运动带动连接板I12和连接板II22进行相对运动,对试件施加载荷,由于行星齿轮减速箱为19:1,两级蜗轮蜗杆减速比为400:1,因此基本属于准静态输出,便于原位观测和分析裂纹萌生、扩展形式。在试验过程中磁栅尺13读数头移动时读取磁尺14上S极、N极的变化并将此信号细分为AB相信号输出,因为磁栅尺测量的是数字量信号,可以直接传递给采集卡的数字量接口从而被上位机软件所读取,位移分辨率可达1 μ m,精密力传感器19一端与连接板II22螺纹连接一端与基座末端直板连接并使用螺母锁紧,试验时连接板I12和连接板II22相对运动时精密力传感器19受到挤压会实时采集到载荷的数值,精密力传感器检测的载荷信号通过采集卡输送到计算机上,利用LABVIEW软件自动拟合生成载荷作用下的应力应变曲线。

[0020] 原位观测模块可以集成目前主流的光学显微镜,也可安置在扫描电子显微镜内。本发明体积小,便于原位,结合光学显微镜和电子显微镜能够动态监测材料在不同温度和复合载荷共同作用下裂纹萌生、扩展、破坏时材料内部组织的演化过程。为深入了解材料性能的微观本质,理解材料的宏观规律,揭示材料在温度场和复合载荷共同作用下的力学

行为提供了崭新的测试手段和方法。

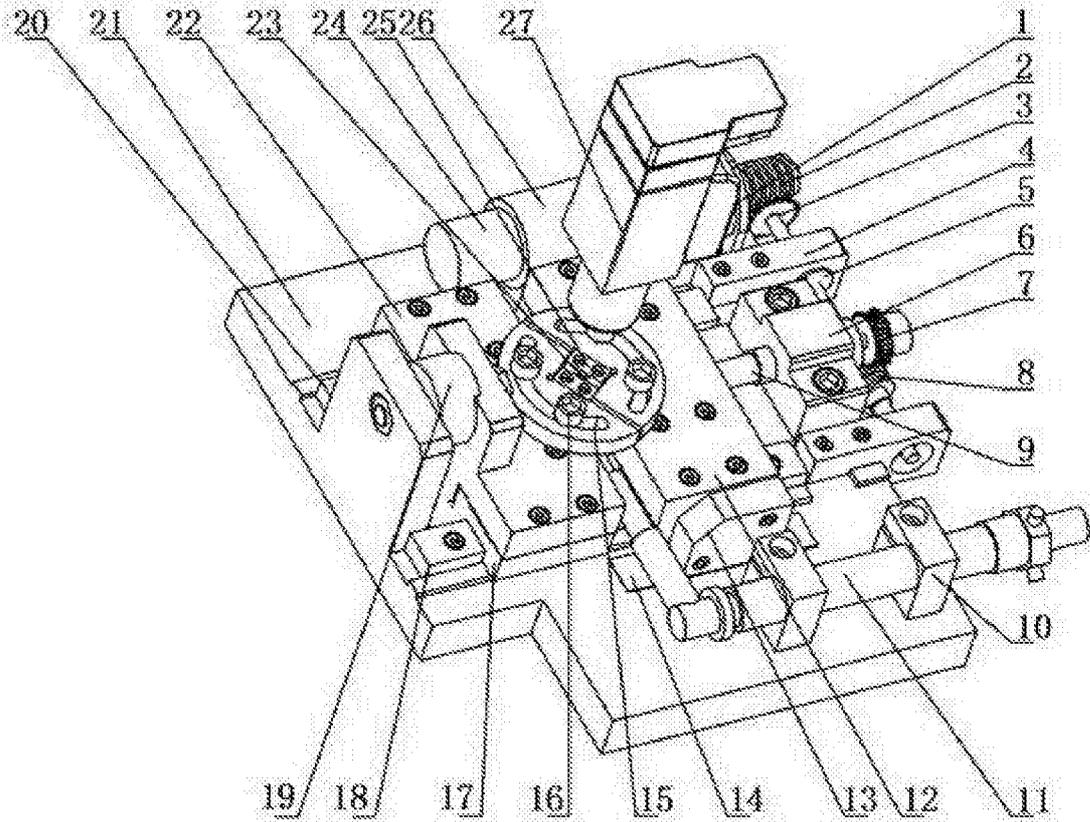


图1

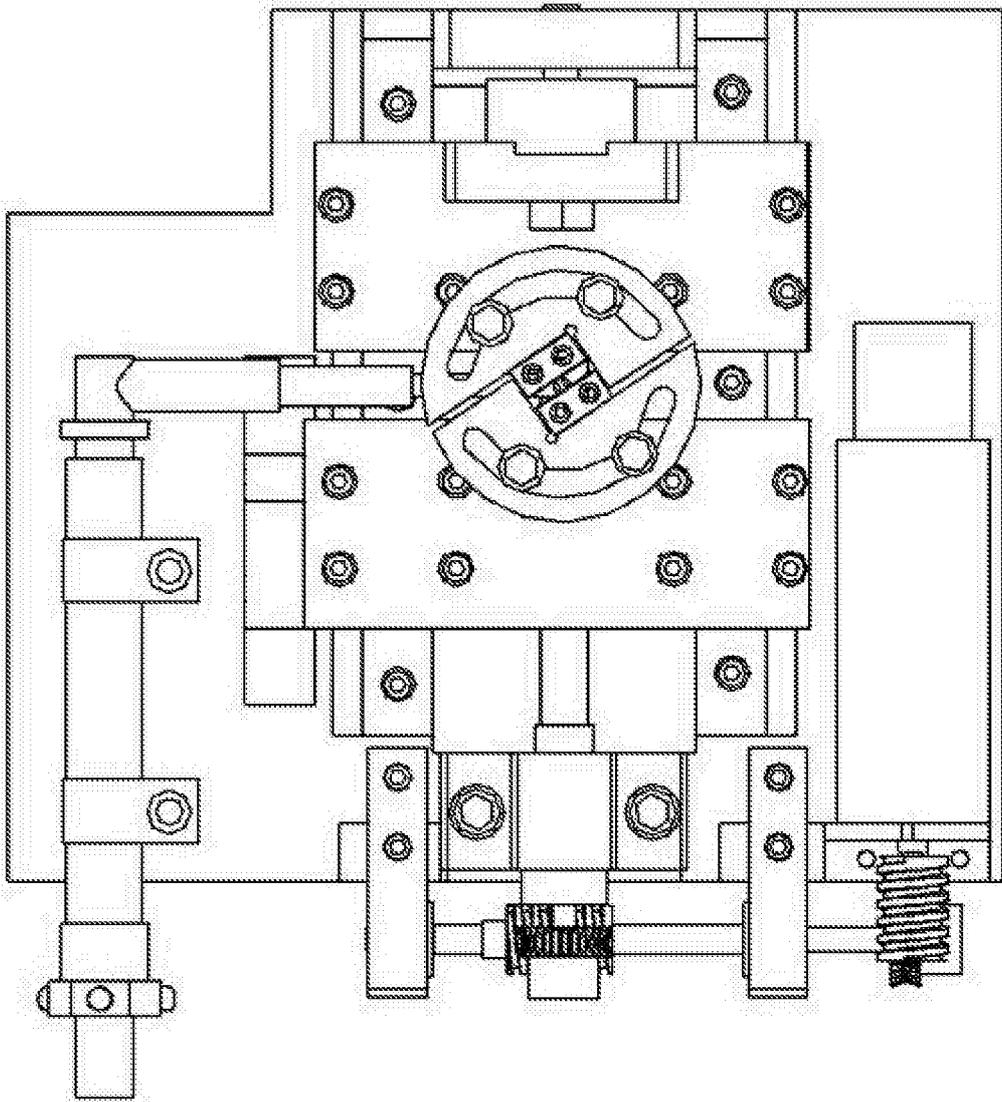


图2

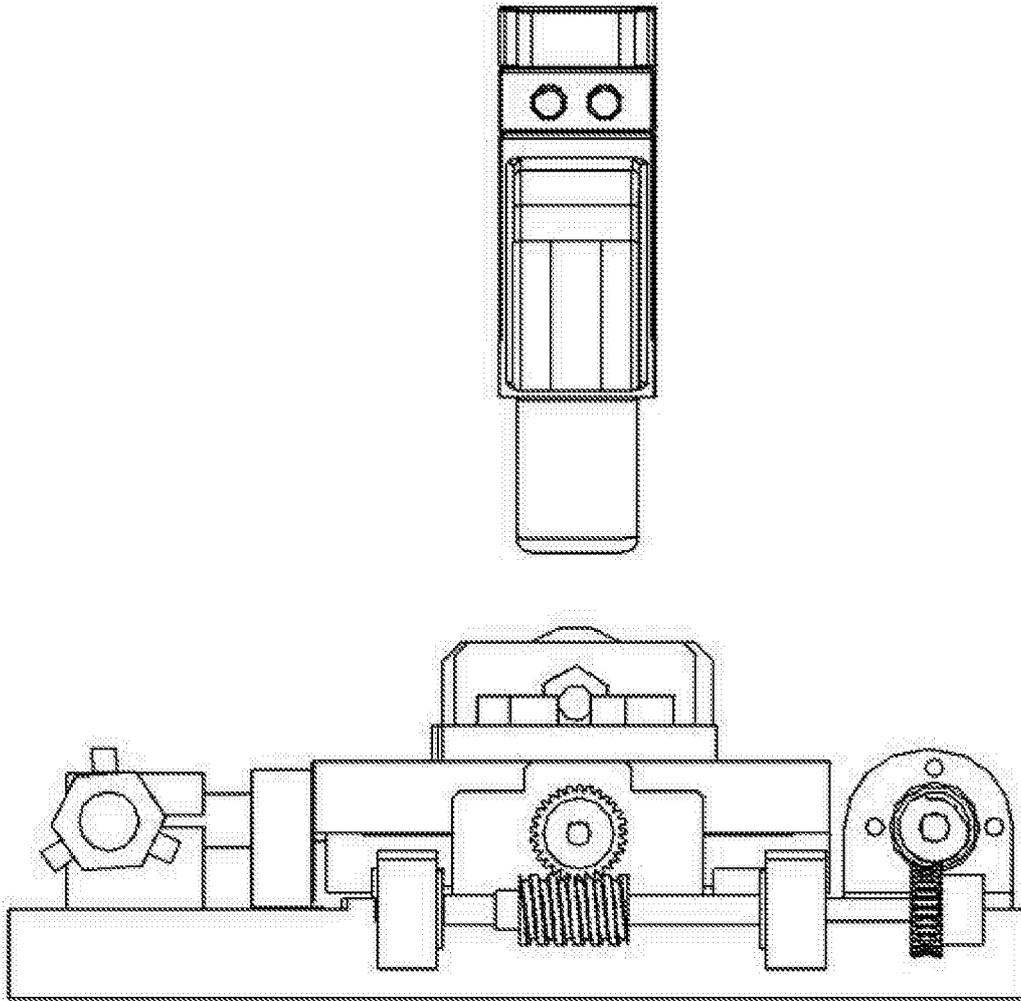


图3

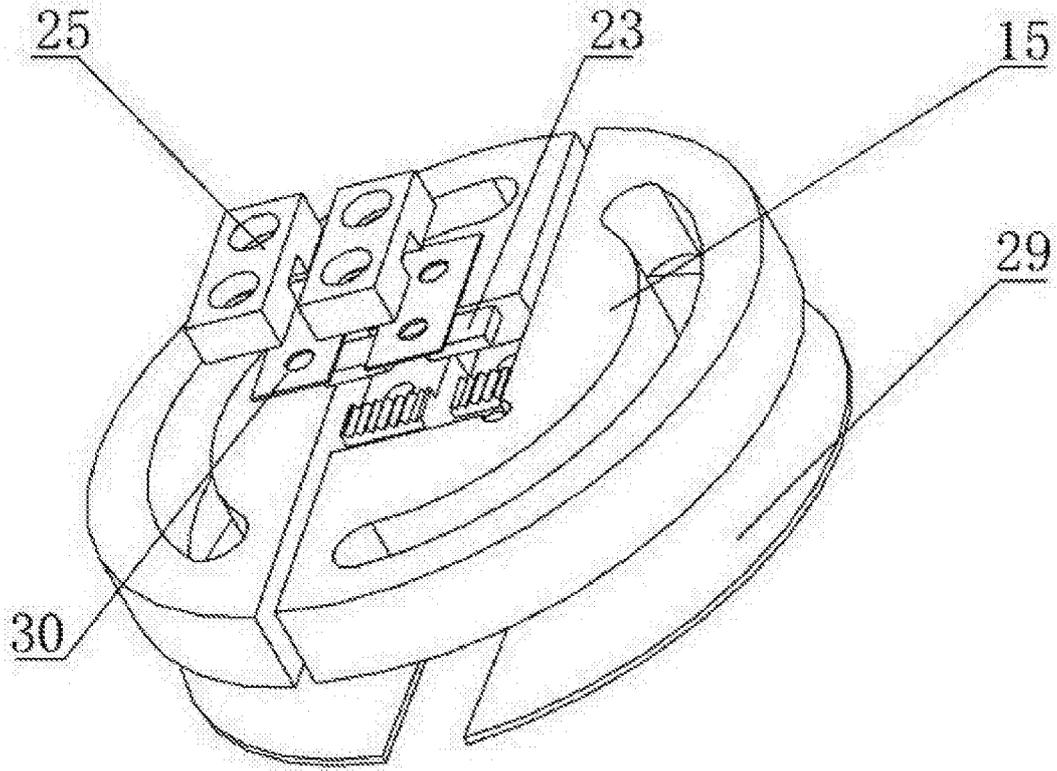


图4

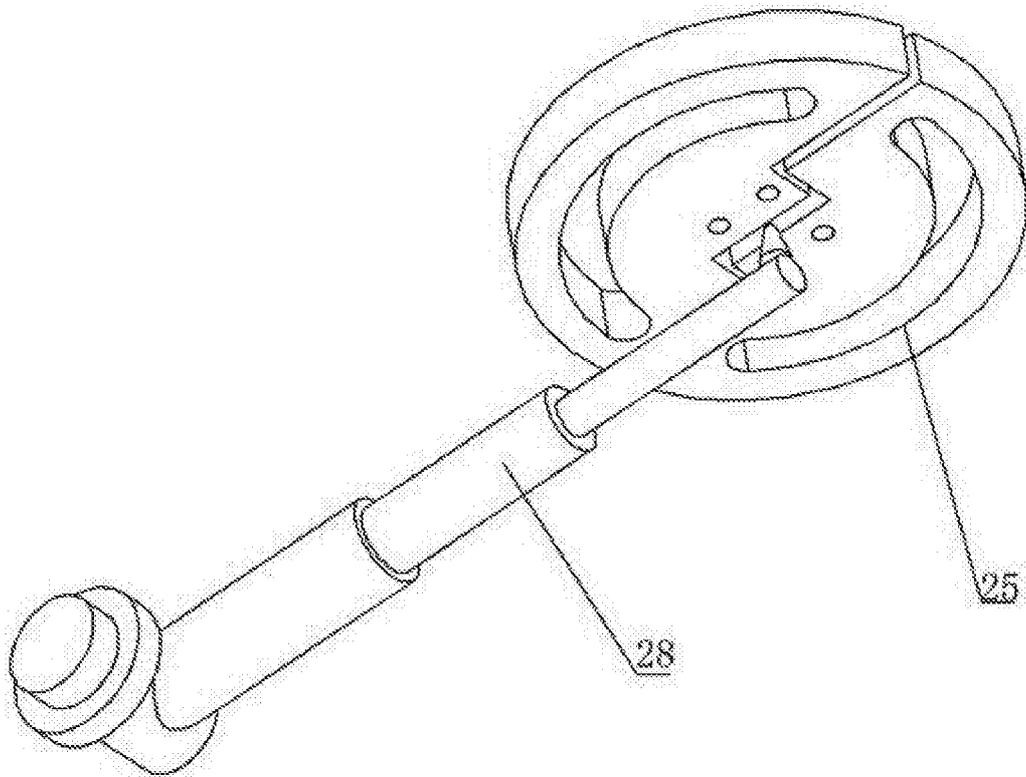


图5

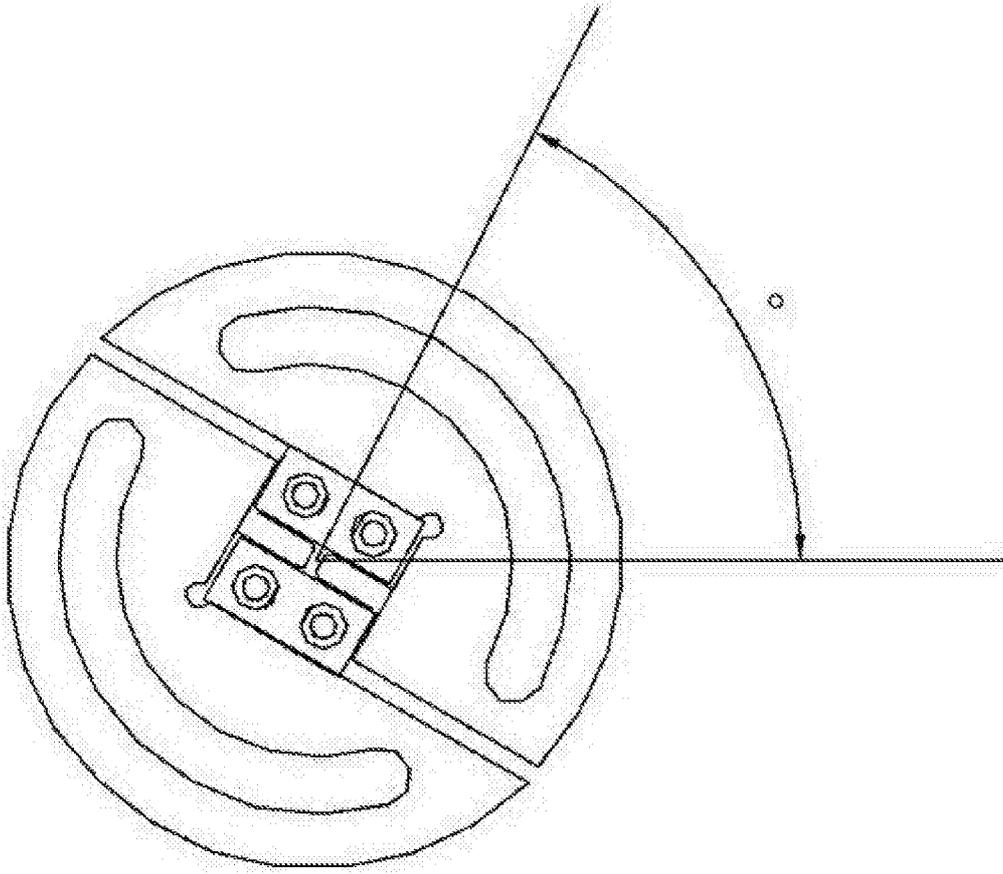


图6