



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204718885 U

(45) 授权公告日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201520301067. 9

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2015. 05. 12

(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 李柠 张世忠
代晓航 王顺博 霍占伟 马志超
范尊强 董景石

(74) 专利代理机构 吉林长春新纪元专利代理有
限责任公司 22100

代理人 王怡敏

(51) Int. Cl.

G01N 3/08(2006. 01)

G01N 3/32(2006. 01)

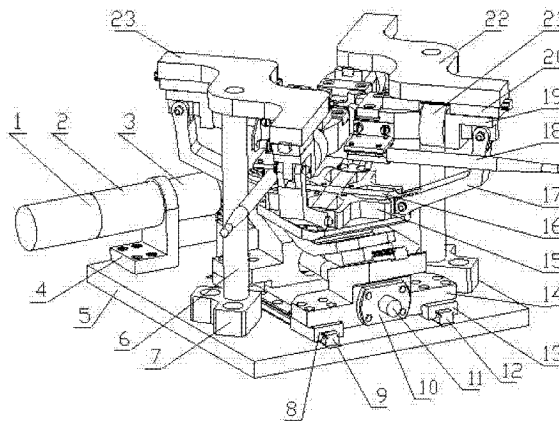
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 实用新型名称

材料微观力学性能双轴拉伸-疲劳测试系统

(57) 摘要

本实用新型涉及一种材料微观力学性能双轴拉伸-疲劳测试系统,属于精密科学仪器领域。通过对试件施加正交的拉伸载荷,使试件在一个平面上存在两个相互垂直的拉应力,同时在拉伸载荷的基础上还可以对试件施加疲劳载荷,用于研究不同载荷形式及载荷大小情况下材料的微观力学性能。系统由精密加载-传动单元、疲劳单元、力学和变形信号检测单元、试件夹持单元等部分组成。优点在于:测试系统结构新颖紧凑,可以分别实现单轴拉伸测试、双轴拉伸测试、单轴拉伸-疲劳测试、双轴拉伸-疲劳测试,与光学显微镜有良好的兼容性,可动态研究拉伸-疲劳载荷作用下材料的微观组织结构与变形损伤机制的相关性规律。



1. 一种材料微观力学性能双轴拉伸-疲劳测试系统,其特征在于:包括精密加载-传动单元、疲劳单元、力学和变形信号检测单元、试件夹持单元;其中,精密加载-传动单元通过螺钉固定在底板(5)上,疲劳单元通过两个对称的导轨 I a(32)、滑块 I a(31)和导轨 I b(36)、滑块 I b(35)安装在精密加载-传动单元上,疲劳单元通过四个相同的连杆(17)分别与试件夹持单元相连,力学和变形信号检测单元安装在试件夹持单元上。

2. 根据权利要求1所述的材料微观力学性能双轴拉伸-疲劳测试系统,其特征在于:所述的精密加载-传动单元提供预加载力和用于调整试件夹持单元的位置所需要的力,由直流电机(1)提供动力,经过减速器(2)、蜗轮(25)、蜗杆(24)带动双向滚珠丝杠(11)转动;所述的直流电机(1)的输出轴经过联轴器(3)与蜗杆轴(48)相连,蜗轮(25)安装在双向滚珠丝杠(11)上,蜗轮(25)、蜗杆(24)起到降速增扭的作用;所述的双向滚珠丝杠(11)通过导轨 II a(9)、滑块 II a(8)、滑块 II (29)和导轨 II b(12)、滑块 II b(13)、滑块 II (49)e及丝杠支撑座(28)定固在底板(5)上,双向滚珠丝杠(11)上安装了两个相同的丝杠螺母 I、II(10、50),分别与两个相同的螺母座 I、II(14、30)相连;所述的螺母座 I、II(14、30)分为上下两部分,通过螺钉连接,以此降低安装难度;所述的螺母座 I、II(14、30)上分别安装了导轨 I a(32)、滑块 I a(31)和导轨 I b(36)、滑块 I b(35),两个滑块 I a、b(31、35)均安装在下支撑板(34)上,支撑柱(33)与上支撑板(44)通过螺钉相连,上支撑板(44)固定连接柔性铰链(15);所述的丝杠螺母 I、II(10、50),螺母座 I、II(14、30),导轨 I a、b(32、36)和滑块 I a、b(31、35)均为对称布置;所述的导轨 I a、b(32、36)与水平面成 20° 夹角,因此,当滑块 a、b I(31、35)分别沿着导轨 I a、b(32、36)运动时,会带动支撑柱(33)上下运动而保持其水平位置不变。

3. 根据权利要求1所述的材料微观力学性能双轴拉伸-疲劳测试系统,其特征在于:所述的疲劳单元包括柔性铰链(15)、四个相同的压电叠堆(16)以及四个相同的连杆(17),其中柔性铰链(15)为对称结构,通过螺钉安装在下支撑板上(44);所述的四个相同的压电叠堆(16)分别安装在柔性铰链(15)内,并通过铜片预紧;所述的连杆(17)一端通过销轴 I(42)与柔性铰链(15)相连,另一端通过销轴 II(45)与传感器固定座(19)相连,传感器固定座(19)通过螺钉安装在滑块IV(38)上。

4. 根据权利要求1所述的材料微观力学性能双轴拉伸-疲劳测试系统,其特征在于:所述的力学和变形信号检测单元包括四个相同的拉力传感器(21)和两个位移传感器 I、II(41、18),拉力传感器(21)通过螺纹连接于夹具体 I(43)和传感器固定座(19)之间;位移传感器 II(18)安装在两个相对的夹具体 I、II(43、51)之间,位移传感器 I(41)和位移传感器 II(18)垂直布置;试件(40)承受的拉力和与其对应的拉力传感器的轴线在一条直线上。

5. 根据权利要求1所述的材料微观力学性能双轴拉伸-疲劳测试系统,其特征在于:所述的试件夹持单元由四个夹具体 I(43)和与之一一对应的压板(39)组成,试件安放在夹具体 I(43)与压板(39)之间,夹具体 I(43)和压板(39)之间通过螺钉连接,并通过旋紧螺钉对试件(40)进行夹紧;所述的夹具体 I(43)安装在滑块IV(38)上,滑块 II c(20)和滑块IV(38)安装在同一个导轨 III a(37)上;导轨 III b、c、d(52、53、54)与导轨 III a(37)相同;所述的夹具体 I(43)和压板(39)上加工有滚花,以保证夹持的可靠性。

6. 根据权利要求5所述的材料微观力学性能双轴拉伸-疲劳测试系统,其特征在于:

所述的导轨III a、b(37、52) 安装在顶板 I (22) 上,导轨III c、d(53、54) 安装在顶板 II (23) 上,立柱 (6) 通过螺纹与顶板 II (23) 和底板 (5) 连接;顶板 I (22) 的连接方式与顶板 II (23) 的连接方式相同;立柱 (6) 将顶板 II (23) 受到的拉力传导到底板 (5) 上。

7. 根据权利要求 3 所述的材料微观力学性能双轴拉伸-疲劳测试系统,其特征在于:所述的四个相同的压电叠堆 (16),其中同一个拉伸轴向上的两个压电叠堆输出一致,以保持试件的十字中心在测试过程中位置固定。

材料微观力学性能双轴拉伸 - 疲劳测试系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及精密科学仪器领域,特别涉及一种材料微观力学性能双轴拉伸 - 疲劳测试系统。可作为单轴拉伸、双轴拉伸、单周拉伸 - 疲劳、双轴拉伸 - 疲劳材料微观力学性能测试平台使用,其中作为双轴拉伸 - 疲劳材料微观力学性能测试还可以实现双轴同频疲劳和双轴非同频疲劳等测试。且该系统可在部分光学显微镜下进行上述的各种材料微观力学性能测试,从而实现对被测材料的微观力学行为和变形损伤过程进行实时观察。同时,通过减速器和大减速比的蜗轮蜗杆实现了拉伸过程中的准静态加载技术;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,能够以此分析材料的微观力学性能;通过处理软件对力学和变形信号检测单元采集的力和变形信号进行分析处理,还可以对测试系统实现闭环控制。

背景技术

[0002] 在对材料进行力学性能测试的过程中,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受载荷间的相关性规律。

[0003] 为了测量材料及其制品的弹性模量、硬度、断裂极限、切变模量等重要参数,基于微纳米力学测试,提出了多种测试方法,其中,有关拉伸的测试方法主要包括单轴拉伸、单轴拉伸 - 疲劳、双轴拉伸等。然而,实际情况下,材料及其制品受到的载荷形式往往是非单一模式的,如拉伸 / 压缩 - 弯曲复合载荷模式、拉伸 / 压缩 - 疲劳复合载荷模式、剪切 - 扭转复合载荷模式等,因此,解析复合载荷模式作用下的材料的力学性能及其变性损伤机制对材料学的发展具有不可忽视的现实意义。

[0004] 此外,实际工程中的板、壳结构部件所承受的大多是双向载荷,包括单晶金属、混凝土以及部分具有各向异性的复合材料,只是研究其单轴承受拉伸载荷下的力学性能,并不客观。因此,开发双轴拉伸 - 疲劳测试系统,对研究双向拉伸及疲劳载荷下材料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] 本实用新型的目的在于提供一种材料微观力学性能双轴拉伸 - 疲劳测试系统,解决了现有技术存在的上述问题。本实用新型可以分别实现单轴拉伸力学测试、双轴拉伸力学测试、单轴拉伸 - 疲劳力学测试、双轴拉伸 - 疲劳力学测试,其中针对双轴拉伸 - 疲劳力学测试,本系统还可以实现双轴同频疲劳加载和双轴非同频疲劳加载等模式,所述的双轴拉伸 - 疲劳材料微观力学性能测试系统还可以与部分光学显微镜兼容,对材料微观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;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

双轴拉伸 - 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。

[0006] 本实用新型的上述目的通过以下技术方案实现：

[0007] 材料微观力学性能双轴拉伸 - 疲劳测试系统,包括精密加载 - 传动单元、疲劳单元、力学和变形信号检测单元、试件夹持单元等;其中,精密加载 - 传动单元通过螺钉固定在底板 5 上,疲劳单元通过两个对称的导轨 I a32、滑块 I a31 和导轨 I b36、滑块 I b35 安装在精密加载 - 传动单元上,疲劳单元通过四个相同的连杆 17 分别与试件夹持单元相连,力学和变形信号检测单元安装在试件夹持单元上。

[0008] 所述的精密加载 - 传动单元提供测试系统的预加载力和用于调整试件夹持单元的位置所需要的力,由直流电机 1 提供动力,经过减速器 2、蜗轮 25、蜗杆 24 带动双向滚珠丝杠 11 转动;所述的直流电机 1 的输出轴经过联轴器 3 与蜗杆轴 48 相连,蜗轮 25 安装在双向滚珠丝杠 11 上,蜗轮 25、蜗杆 24 起到降速增扭的作用;所述的双向滚珠丝杠 11 通过导轨 II a9、滑块 II a8、滑块 II 29 和导轨 II b12、滑块 II b13、滑块 II 49e 及丝杠支撑座 28 固定在底板 5 上,双向滚珠丝杠 11 上安装了两个相同的丝杠螺母 I、II 10、50,分别与两个相同的螺母座 I、II 14、30 相连;所述的螺母座 I、II 14、30 分为上下两部分,通过螺钉连接,以此降低安装难度;所述的螺母座 I、II 14、30 上分别安装了导轨 I a32、滑块 I a31 和导轨 I b36、滑块 I b35,两个滑块 I a、b31、35 均安装在下支撑板 34 上,支撑柱 33 与上支撑板 44 通过螺钉相连,上支撑板 44 固定连接柔性铰链 15;所述的丝杠螺母 I、II 10、50,螺母座 I、II 14、30,导轨 I a、b32、36 和滑块 I a、b31、35 均为对称布置;所述的导轨 I a、b32、36 与水平面成 20° 夹角,因此,当滑块 a、b I 31、35 分别沿着导轨 I a、b32、36 运动时,会带动支撑柱 33 上下运动而保持其水平位置不变。

[0009] 所述的疲劳单元包括柔性铰链 15、四个相同的压电叠堆 16 以及四个相同的连杆 17,其中柔性铰链 15 为对称结构,通过螺钉安装在下支撑板上 44;所述的四个相同的压电叠堆 16 分别安装在柔性铰链 15 内,并通过铜片预紧;所述的连杆 17 一端通过销轴 I 42 与柔性铰链 15 相连,另一端通过销轴 II 45 与传感器固定座 19 相连,传感器固定座 19 通过螺钉安装在滑块 IV 38 上。

[0010] 所述的力学和变形信号检测单元包括四个相同的拉力传感器 21 和两个位移传感器 I、II 41、18,拉力传感器 21 通过螺纹连接于夹具体 I 43 和传感器固定座 19 之间;位移传感器 II 18 安装在两个相对的夹具体 I、II 43、51 之间,位移传感器 I 41 和位移传感器 II 18 垂直布置;试件 40 承受的拉力和与其对应的拉力传感器的轴线在一条直线上。

[0011] 所述的试件夹持单元由四个夹具体 I 43 和与之一一对应的压板 39 组成,试件安放在夹具体 I 43 与压板 39 之间,夹具体 I 43 和压板 39 之间通过螺钉连接,并通过旋紧螺钉对试件 40 进行夹紧;所述的夹具体 I 43 安装在滑块 IV 38 上,滑块 II c20 和滑块 IV 38 安装在同一个导轨 III a37 上;导轨 III b、c、d52、53、54 与导轨 III a37 相同;所述的夹具体 I 43 和压板 39 上加工有滚花,以保证夹持的可靠性。

[0012] 本实用新型的测试系统可以在光学显微镜的动态监测下进行材料微观力学性能原位测试。根据原位观测目的不同,可以选择光学显微镜来监测试件在载荷作用下裂纹的萌生、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,进行拉伸 / 疲劳载荷作用下材料的相结构研究、晶粒及晶界变化、裂纹萌生等;也可以选择 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；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。

[0013] 所述的导轨III a、b37、52 安装在顶板 I 22 上，导轨III c、d53、54 安装在顶板 II 23 上，立柱 6 通过螺纹与顶板 II 23 和底板 5 连接；顶板 I 22 的连接方式与顶板 II 23 的连接方式相同；立柱 6 将顶板 II 23 受到的拉力传导到底板 5 上。

[0014] 所述的四个相同的压电叠堆 16，其中同一个拉伸轴向上的两个压电叠堆输出一致，以保持试件的十字中心在测试过程中位置固定。

[0015] 试件的四个拉伸-疲劳端处在一个平面上，四个端部的拉伸载荷由一个加载单元统一进行加载，疲劳载荷的施加则相互独立，即可以对四个拉伸-疲劳端分别施加疲劳载荷。测试过程中，由于装置结构的对称性，试件中心基本保持位置不变，有利于实现原位观测。可以在试件的十字中心，即试件的主要观测区预制压痕等缺陷，便于探究在不同载荷形式及载荷大小情况下，材料的微观力学性能及其变形、损伤机制。

[0016] 本实用新型通过对试件四个拉伸端同时施加拉伸载荷，使试件的十字中心在一个平面上存在两个相互垂直的拉应力，同时在拉伸载荷的基础上还可以对试件的四个拉伸端分别施加疲劳载荷，用于研究不同载荷形式及载荷大小情况下材料的微观力学性能；基于测试系统结构的对称性，即四个拉伸端完全对称，且共用一个加载单元进行预加载，使得试件夹持单元拉动试件等速反向运动的同时，试件的十字中心保持静止，便于使用光学显微镜对材料测试过程进行动态监测；此外，双轴拉伸的四个拉伸端各使用一个压电叠堆进行疲劳加载，即各个拉伸端的疲劳加载相互独立，使疲劳加载方案选择多样性。

[0017] 本实用新型的有益效果在于：测试系统结构新颖、紧凑，质量轻巧，可以在光学显微镜的动态监测下进行材料微观力学性能原位测试，可以进行单轴拉伸测试、双轴拉伸测试、单轴拉伸-疲劳测试、双轴拉伸-疲劳测试，且针对双轴拉伸-疲劳测试还可以实现双轴同频和非同频两种低周疲劳测试，能够对材料及其制品在双向拉伸-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准确评价；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。充分利用了该测试系统结构的对称性，并且只通过一个加载单元进行预加载，保证了测试过程中同轴两个拉伸端的对称和同步性，还保证了测试过程中试件十字中心的稳定性。综上所述，本实用新型不但具有良好的应用、开发前景，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

[0018] 此处所说明的附图用来提供对本实用新型的进一步理解，构成本申请的一部分，本实用新型的示意性实例及其说明用于解释本实用新型，并不构成对本实用新型的不当限定。

[0019] 图 1 为本实用新型的测试系统的整体结构示意图；

[0020] 图 2 为本实用新型的控制原理框图；

[0021] 图 3 为本实用新型的精密加载-传动单元结构示意图；

[0022] 图 4 为本实用新型的疲劳单元、试件夹持单元和力学和变形信号检测单元结构示意图；

[0023] 图 5 为本实用新型的疲劳单元和试件夹持单元结构示意图；

[0024] 图 6 为本实用新型的力学和变形信号检测单元结构示意图；

[0025] 图 7 为本实用新型的原位观测原理示意图（实线表示测试前观测区 A 及显微镜镜头的位置，测试过程中，观测区 A 逐渐变化到了虚线位置，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）。

[0026] 图中：图中：1、直流电机；2、减速器；3、联轴器；4、电机座；5、底板；6、立柱；7、立柱台；8、滑块 II a；9、导轨 II a；10、丝杠螺母 I；11、双向滚珠丝杠；12、导轨 II b；13、滑块 II b；14、螺母座 I；15、柔性铰链；16、压电叠堆；17、连杆；18 位移传感器 II；19、传感器固定座；20、滑块 II c；21、拉力传感器；22、顶板 I；23、顶板 II；24、蜗杆；25、蜗轮；26、轴承；27、轴承座；28、丝杠支撑座；29、滑块 II d；30、螺母座 II；31、滑块 I a；32、导轨 I a；33、支撑柱；34、下支撑板；35、滑块 I b；36、导轨 I b；37、导轨 III a；38、滑块 IV；39、压板；40、试件；41、位移传感器 I；42、销轴 I；43、夹具体 I；44、上支撑板；45、销轴 II；46、固定板；47、止板；48、蜗杆轴；49、滑块 II e；50、丝杠螺母 II；51、夹具体 II；52、导轨 III b；53、导轨 III c；54、导轨 III d；55、夹紧片。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图进一步说明本实用新型的详细内容及其具体实施方式。

[0028] 参见图 1 至图 7 所示，本实用新型的材料微观力学性能双轴拉伸-疲劳测试系统包括精密加载-传动单元、疲劳单元、力学和变形信号检测单元、试件夹持单元等，其中，精密加载-传动单元通过螺钉固定在底板 5 上，疲劳单元通过两个对称的导轨 I a32、滑块 I a31 和导轨 I b36、滑块 I b35 安装在精密加载-传动单元上，疲劳单元通过四个相同的连杆 17 分别与试件夹持单元相连，力学和变形信号检测单元安装在试件夹持单元上；利用测试系统结构的对称性，使得试件夹持单元拉动试件反向运动的同时，试件的十字中心保持静止，便于使用光学显微镜进行原位观测；测试系统可以分别实现单轴拉伸测试、双轴拉伸测试、单轴拉伸-疲劳测试、双轴拉伸-疲劳测试，与光学显微镜有良好的兼容性，可动态研究拉伸-疲劳载荷作用下材料的微观组织结构与变形损伤机制的相关性规律。

[0029] 参见图 3 所示，所述的精密加载-传动单元提供原位测试系统的预加载力和用于调整试件夹持单元的位置所需要的力，由固定在电机座 4 上的直流电机 1 提供动力，经过减速器 2、蜗轮 25、蜗杆 24 带动双向滚珠丝杠 11 转动；所述的直流电机 1 的输出轴经过联轴器 3 与蜗杆轴 48 相连，蜗轮 25 安装在双向滚珠丝杠 11 上，蜗轮 25、蜗杆 24 起到降速增扭的作用；所述的双向滚珠丝杠 11 通过导轨 II a9、滑块 II a8、滑块 II d29 和导轨 II b12、滑块 II b13、滑块 II e49，以及丝杠支撑座固 28 定在底板 5 上，双向滚珠丝杠 11 上安装了两个相同的丝杠螺母 I、II 10、50，分别与两个相同的螺母座 I、II 14、30 相连；所述的螺母座 I、II 14、30 分为上下两部分，通过螺钉连接，以此降低安装难度；所述的螺母座 I、II 14、30 上分别安装了导轨 I a32、滑块 I a31 和导轨 I b36、滑块 I b35，两个滑块 I a、b31、35 均安装在下支撑板 34 上，支撑柱 33 与上支撑板 44 通过螺钉相连，上支撑板 44 用于固定、连接柔性铰链 15；所述的丝杠螺母 I、II 10、50，螺母座 I、II 14、30，导轨 I a、b32、36 和滑块 a、b I 31、35 均为对称布置；所述的导轨 I a32、导轨 I b36 与水平面成 20° 夹角，因此，当滑块 I a、31、35 分别沿着导轨 I a、a32、36 运动时，会带动支撑柱 33 上下运动而保持其水平位置不变。

[0030] 参见图 4 及图 5 所示,所述的疲劳单元包括柔性铰链 15、四个相同的压电叠堆 16 以及四个相同的连杆 17,其中柔性铰链 15 为对称结构,通过螺钉安装在下支撑板上 44;所述的四个相同的压电叠堆 16 分别安装在柔性铰链 15 内,并通过铜片预紧;所述的连杆 17 一端通过销轴 I 42 与柔性铰链 15 相连,另一端通过销轴 II 45 与传感器固定座 19 相连,传感器固定座 19 通过螺钉安装在滑块 IV 38 上。

[0031] 所述的试件夹持单元由四个夹具体 I 43 和与之一一对应的压板 39 组成,试件安放在夹具体 I 43 与压板 39 之间,夹具体 I 43 和压板 39 之间通过螺钉连接,并通过旋紧螺钉对试件 40 进行夹紧;所述的夹具体 I 43 安装在滑块 IV 38 上,滑块 II c20 和滑块 IV 38 安装在同一个导轨 III a37 上;所述的夹具体 I 43 和压板 39 上加工有滚花,以保证夹持的可靠性。

[0032] 参见图 6 所示,所述的力学和变形信号检测单元包括四个相同的拉力传感器 21 和两个位移传感器 I、II 41、18,拉力传感器 21 通过螺纹连接于夹具体 I 43 和传感器固定座 19 之间;位移传感器 II 18 安装在两个相对的夹具体 I 43 和夹具体 II 51 之间,位移传感器 41 和位移传感器 II 18 垂直布置。

[0033] 所述的导轨 III a37、导轨 III b52 安装在顶板 I 22 上,导轨 III c53、导轨 III d54 安装在顶板 II 23 上,立柱 6 一端通过螺纹与顶板 II 23 连接,另一端通过立柱台 7 与底板 5 连接;顶板 I 22 的连接方式与顶板 II 23 的连接方式相同;立柱 6 将顶板 II 23 受到的拉力传导到底板 5 上。

[0034] 所述的蜗杆轴 48 一端与联轴器 3 连接,另一端通过轴承 26 安装在轴承座 27 上。

[0035] 所述的位移传感器 II 18 通过固定板 46 和夹紧片 55 安装在夹具体 I 43 上,传感器的端部与止板 47 始终保持接触,止板 47 安装在夹具体 II 51 上,测试前位移传感器 II 18 处在压缩状态,测试过程中,随着夹具体 I 43 和夹具体 II 51 之间距离的增加,位移传感器 II 18 慢慢伸长;位移传感器 I 41 的安装及测量方式与位移传感器 II 18 相同。

[0036] 所述的四个相同的压电叠堆 16,要求同一个拉伸轴向上的两个压电叠堆输出一致,以保持试件的十字中心在测试过程中原位不动,便于原位观测。

[0037] 所述的双向拉伸的四个方向对应的压电叠堆 16、连杆 17、力传感器 21、夹具体 I 43 等完全相同,保证双向拉伸时试件 40 的十字中心不发生水平运动,便于通过显微镜对测试过程进行原位观测。

[0038] 所述的四个相同的力传感器 21 与试件 40 承受的拉力在一条直线上,保证了力传感器测量结果的准确性。

[0039] 参见图 1 至图 7,发明的测试系统安装前,需要对测试系统中使用的四个相同的力传感器 21 和两个位移传感器 II、I 18、41 进行标定与校正,再对测试系统进行安装、调试。进行材料力学性能测试前,需要对试件夹持单元进行复位操作,要求将试件夹持单元调整到合适的位置以便对试件进行定位和夹紧,且复位后要求位移传感器 II、I 18、41 均处在受压状态,且保证其允许的伸长量大于试件的拉伸长度。

[0040] 根据实验目的需要,选择合适的测量方法,即单轴拉伸测试、双轴拉伸测试、单轴拉伸-疲劳测试或者双轴拉伸-疲劳测试,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，

$$[0041] \quad \text{弹性模量 } E = \frac{\sigma}{\varepsilon},$$

$$[0042] \quad \text{屈服强度 } \sigma_s = \frac{F_{el}}{S_0},$$

$$[0043] \quad \text{强度极限 } \sigma_b = \frac{F_b}{S_0},$$

$$[0044] \quad \text{断后延伸率 } A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%,$$

$$[0045] \quad \text{断面收缩率 } Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%;$$

[0046] 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。

[0047] 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。而材料的弹性模量、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。

[0048] 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。

[0049] 以上所述仅为本实用新型的优选实例而已，并不用于限制本实用新型，对于本领域的技术人员来说，本实用新型可以有各种更改和变化。凡对本实用新型所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本实用新型的保护范围之内。

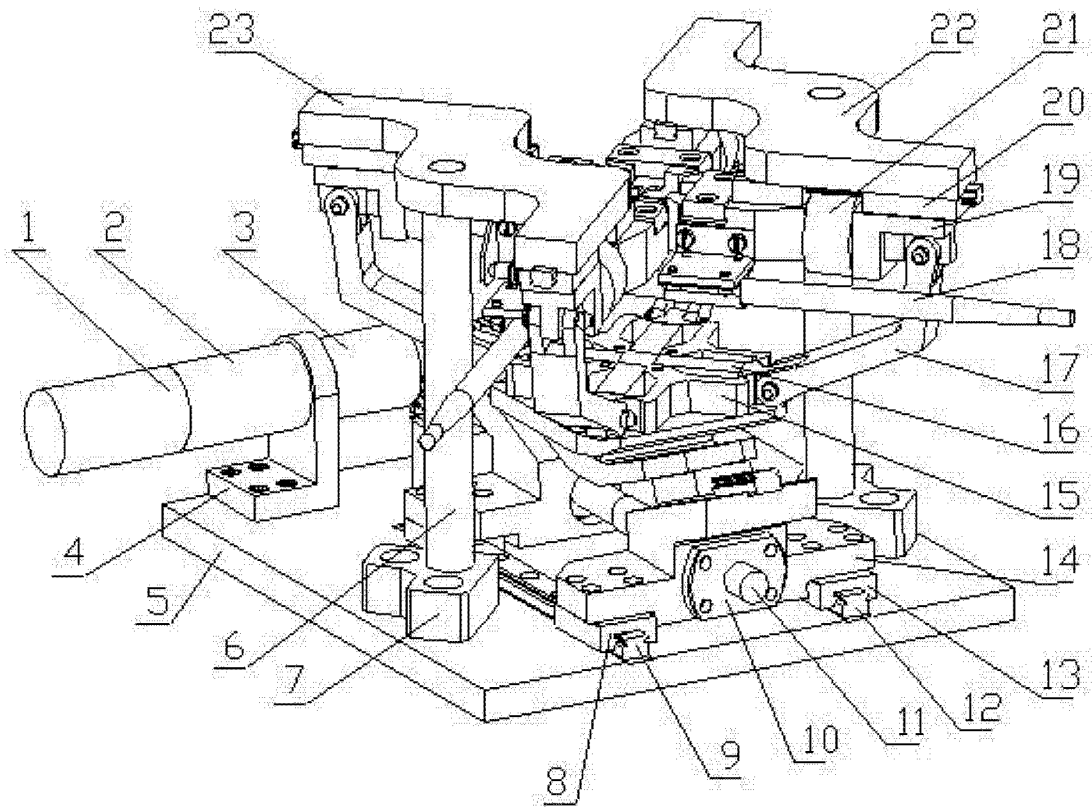


图 1

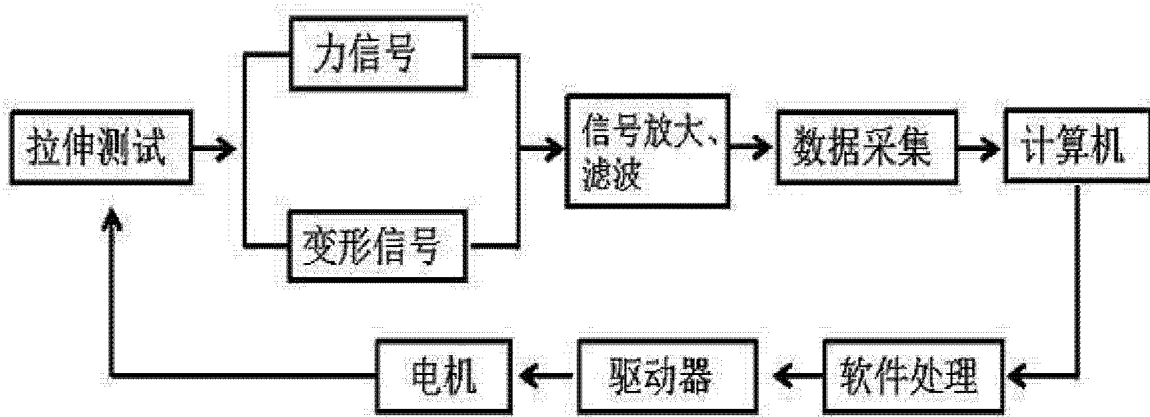


图 2

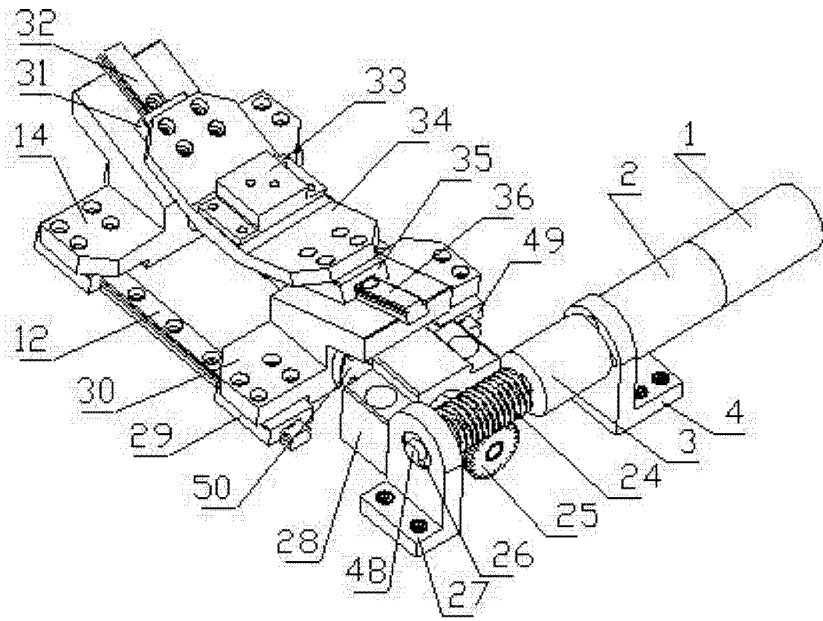


图 3

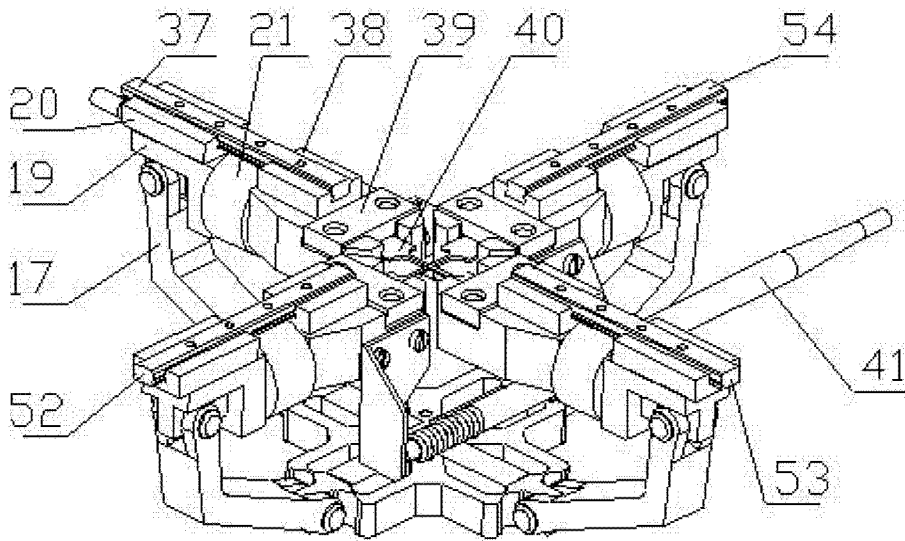


图 4

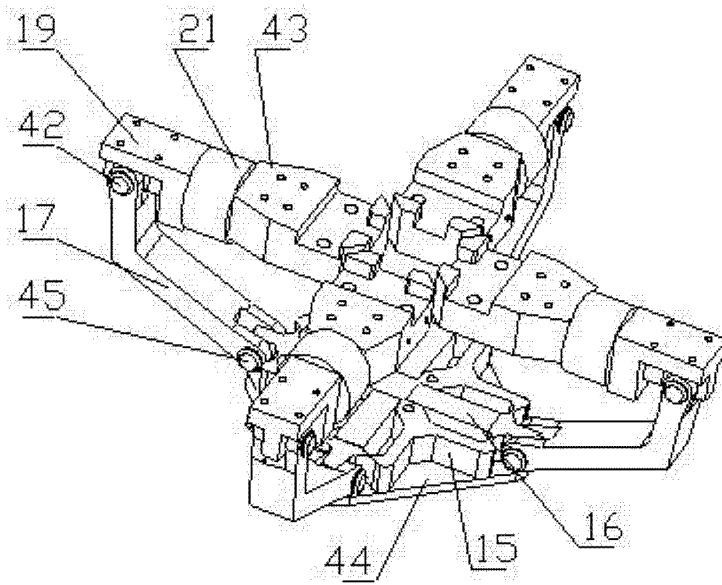


图 5

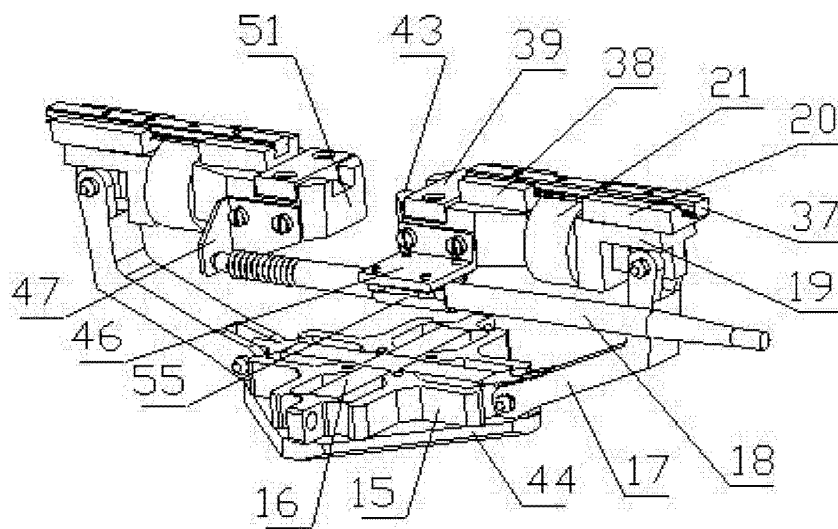


图 6

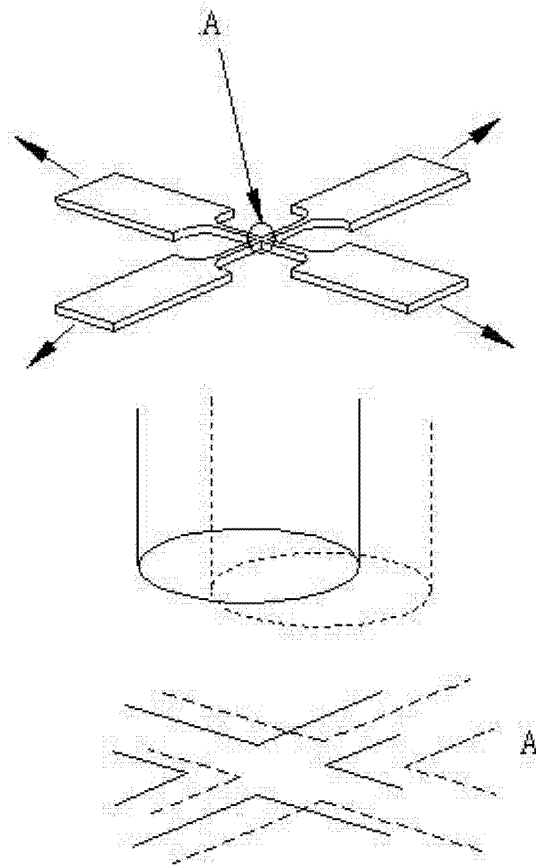


图 7