



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 201837561 U

(45) 授权公告日 2011.05.18

(21) 申请号 201020299023.4

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2010.08.20

(73) 专利权人 中国科学院金属研究所

地址 110016 辽宁省沈阳市沈河区文化路
72 号

(72) 发明人 陈怀宁 胡楷雄 李东旭 陈静
陈军 张艳华

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 周秀梅 许宗富

(51) Int. Cl.

G01N 3/08 (2006.01)

G01N 3/42 (2006.01)

G01N 3/02 (2006.01)

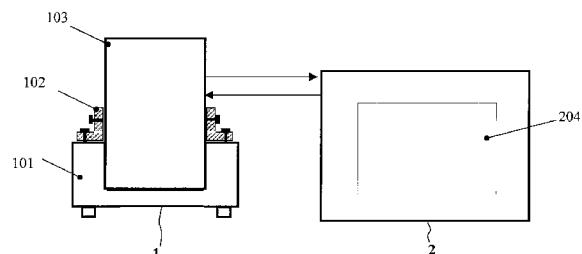
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

一种测定材料载荷 - 位移曲线的压痕装置

(57) 摘要

本实用新型涉及材料力学性能测试的装置，具体为一种测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置，包括机械部分和电气控制部分，该机械部分与该电气控制部分通过数据传输线连接，机械部分由定位装置和压痕制造装置组成，其中压痕制造装置采用两相混合式直线型步进电机带动压头上下移动，压头为直径为不大于 1mm 的金刚石材料球形压头；电气控制部分包括可编程序控制器、触摸屏、电机驱动器，用于驱动机械部分的步进电机，并采集机械部分所测量的数据，可实现人机交互；本实用新型为无损检测装置，具有结构简单、体积小、重量轻、检测精度高、便于携带至测试现场等特点。



1. 一种测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置, 包括机械部分和电气控制部分, 该机械部分与该电气控制部分通过数据传输线连接, 其特征在于:

所述机械部分为压痕制造装置和定位装置上、下设置结构, 定位装置与压痕制造装置通过 L 型连接板连接固定;

所述压痕制造装置的一端部设置有压头和位移传感器, 所述位移传感器在竖直方向与所述压头紧贴固定, 用于测定压头压入被测材料表面的位移大小; 所述压痕制造装置另一端安装有步进电机, 所述步进电机的丝杠通过一滑块连接接头连接一滑块, 所述压头上端部固定连接一载荷传感器, 所述载荷传感器固定在所述滑块内部, 用于测定施加于所述压头的力的大小;

所述电气控制部分包括可编程序控制器、触摸屏、电机驱动器, 其中该可编程序控制器的输出端连接所述电机驱动器的输入端, 所述触摸屏与所述可编程序控制器通过信号线连接并互通信号; 所述电机驱动器的输出端与所述机械部分的步进电机输入端连接, 驱动所述步进电机的运行;

所述机械部分的载荷传感器与位移传感器分别通过 A/D 数模转化模块与所述可编程序控制器的输入端相连, 并将所测的数据输入至所述可编程序控制器内。

2. 按权利要求 1 所述的测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置, 其特征在于所述步进电机采用两相混合式直线型步进电机。

3. 按权利要求 1 所述的测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置, 其特征在于所述压头为金刚石材料的直径为不大于 1mm 的球形压头。

4. 按权利要求 1 所述的测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置, 其特征在于所述定位装置包括十字滑台和固定底座, 其中所述十字滑台为具有内层高强铝板、中层高强铝板、外层高强铝板构成的中间通透结构, 所述外层高强铝板与所述固定底座固定连接, 所述内层高强铝板上端面设置有两对 X 向滑台紧固螺栓, 所述中层高强铝板上端面设置有两对 Y 向滑台紧固螺栓。

5. 按权利要求 4 所述的测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置, 其特征在于两对 Y 向滑台紧固螺栓用于固定两根 Y 向不锈钢滑柱, 两对 X 向滑台紧固螺栓用于固定两根 X 向不锈钢滑柱。

6. 按权利要求 1 所述的测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置, 其特征在于所述滑块套在所述步进电机下端面均匀分布固定的导向柱上, 所述丝杠的上下运动带动所述滑块沿着所述导向柱上下滑动; 其中所述滑块上端面边缘处安装有电磁接近开关, 电磁接近开关与所述步进电机下固定板上的磁铁位置相对应。

7. 按权利要求 2 所述的测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置, 其特征在于所述两相混合式直线型步进电机内含滚珠丝杠副, 该滚珠丝杠副内部丝母的旋转运动转化为所述丝杠的直线运动, 所述滚珠丝杠副的螺距为 1mm, 采用细分驱动器驱动, 最小步进角为 0.014°, 进给分辨率为 1 μm, 行程为 50mm, 最高速度为 10mm/s, 最大推力达到 1600N。

8. 按权利要求 1 所述的测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置, 其特征在于所述压头旁固定有一电子内窥镜, 其中所述电子内窥镜采用直径为 7mm, 最大视场角为 88°, 放大倍数为 5 倍的光导探头。

9. 按权利要求 4 所述的测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置, 其特征在于所述固

定底座采用磁性表座或支架座。

10. 按权利要求1所述的测定金属材料载荷-位移曲线的压痕装置，其特征在于所述位移传感器和所述载荷传感器均采用线性电源供电。

一种测定材料载荷 - 位移曲线的压痕装置

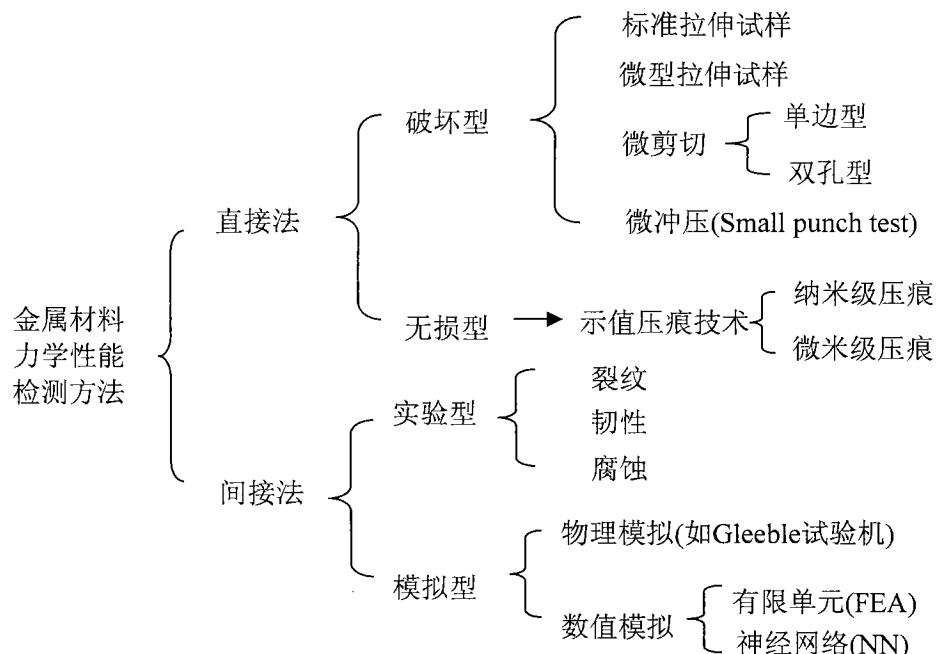
技术领域

[0001] 本实用新型涉及材料力学性能测试的装置,具体为一种测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置。

背景技术

[0002] 目前测定金属材料常规力学性能(如弹性模量、加工硬化指数、屈服强度、抗拉强度、硬度等)包括直接和间接法两大类,这两大类方法中又涉及到多种不同的材料性能测试或估算类型,现有技术领域中金属材料力学性能检测方法可见下面图示。

[0003]



[0004] 在上述的方法中,尤以无损型的示值压痕技术引人注目,它可以实时检测材料的表面性能而无需破坏结构的原始状态。以检测涂层和脆性材料为主的纳米压痕仪出现较早,然而纳米压痕仪存在环境要求高、价格昂贵、应用受限等缺点而得不到广泛的应用,为了克服纳米压痕仪存在的缺点,相关研究人员开发了毫微米级的压痕设备。

[0005] 采用示值压痕技术测量材料力学性能的方法最基本的要求是要获得准确的 P-h 曲线,即能够在压头压入材料的过程中同时记录下加载(力)及其与之对应深度(位移)的变化信息。目前已出现多种类型的此类设备,体积重量各不相同,用途也有所区别。

[0006] 现有的压痕力学性能检测装置通常存在着体积庞大,重量重,成本较高而不适合现场的应用和工业的推广,例如装置由于其采用悬臂式电机加力方式,测量对象只能为小型试样,或者采用蜗轮蜗杆传动,它仅能在特别准备的小试样上测出对应压力下的最大深度和卸载后残余深度,不能记录连续变化的载荷 - 位移曲线(P-h 曲线)。另外现有技术中采用电磁驱动装置或采用电磁线圈给悬臂梁加力获得 P-h 曲线的装置,其只能提供微小载荷和纳微米级位移,不适用于现场使用。

实用新型内容

[0007] 针对现有技术中存在的不足,本实用新型要解决的技术问题在于提供一种便携型可用于现场检测的测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置。

[0008] 为解决上述技术问题,本实用新型的技术方案如下:

[0009] 一种测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置,包括机械部分和电气控制部分,该机械部分与该电气控制部分通过数据传输线连接,其特征在于:

[0010] 所述机械部分包括定位装置和压痕制造装置,其中定位装置位于该机械部分下端与该机械部分上端的压痕制造装置通过 L 型连接板连接固定;

[0011] 所述压痕制造装置的一端部设置有压头和位移传感器,所述位移传感器在竖直方向与所述压头紧贴固定,用于测定压头压入被测材料表面的位移大小;所述压痕制造装置另一端安装有步进电机,所述步进电机的丝杠通过一滑块连接接头连接一滑块,所述压头上端部固定连接一载荷传感器,所述载荷传感器固定在所述滑块内部,用于测定施加于所述压头的力的大小;

[0012] 所述电气控制部分包括可编程序控制器、触摸屏、电机驱动器,其中该可编程序控制器的输出端连接所述电机驱动器的输入端,所述触摸屏与所述可编程序控制器通过信号线连接并互通信号;所述电机驱动器的输出端与所述机械部分的步进电机输入端连接,驱动所述步进电机的运行;

[0013] 所述机械部分的载荷传感器与位移传感器分别通过 A/D 数模转化模块与所述可编程序控制器的输入端相连,并将所测的输入至所述可编程序控制器内;

[0014] 所述步进电机采用两相混合式直线型步进电机。

[0015] 所述压头为金刚石材料的直径为不大于 1mm 的球形压头。

[0016] 所述定位装置由十字滑台和固定底座组成,其中所述十字滑台具有内层高强铝板、中层高强铝板、外层高强铝板构成的中间通透结构,所述外层高强铝板与所述固定底座螺钉固定连接,所述内层高强铝板上端面设置有两对 X 向滑台紧固螺栓,所述中层高强铝板上端面设置有两对 Y 向滑台紧固螺栓。

[0017] 所述两对 Y 向滑台紧固螺栓用于固定两根 Y 向不锈钢滑柱,两对 X 向滑台紧固螺栓用于固定两根 X 向不锈钢滑柱。

[0018] 所述滑块套在所述步进电机下端面均匀分布固定的四根导向柱上,所述丝杠的上下运动带动所述滑块沿着所述导向柱上下滑动;其中所述滑块上端面边缘处安装有电磁接近开关与所述步进电机下固定板上的磁铁位置相对应。

[0019] 所述两相混合式直线型步进电机内含滚珠丝杠副,该滚珠丝杠副内部丝母的旋转运动转化为所述丝杠的直线运动,所述滚珠丝杠副的螺距为 1mm,采用细分驱动器驱动,最小步进角为 0.014°,进给分辨率为 1 μm,行程为 50mm,最高速度为 10mm/s,最大推力达到 1600N。

[0020] 所述压头旁固定有一电子内窥镜,其中所述电子内窥镜采用直径为 7mm,最大视场角为 88°,放大倍数为 5 倍的光导探头。

[0021] 所述固定底座采用磁性表座或支架座。

[0022] 所述位移传感器和所述载荷传感器均采用线性电源供电。

[0023] 本实用新型具有如下的积极效果及优点：

[0024] 1. 本实用新型采用两相混合式直线型步进电机，直接将电机的旋转运动转化为直线运动，具有结构简单、体积小、重量轻的优点，单人可携带至测试现场；

[0025] 2. 本实用新型采用直径不大于 1mm 的金刚石球形压头，由于采用的金刚石球形压头所使用的压力小即可达到所需的要求，其附件尺寸和重量相应减小，而所产生的压痕深度小于 100 μm，实现无损检测的要求；

[0026] 3. 本实用新型十字滑台的上端面设置有八个紧固螺栓，可以避免在卸载过程中滑柱间隙大而造成测量上的误差；

[0027] 4. 本实用新型加载过程中丝杠副采用螺母旋转的方式直接推动丝杆作直线运动，防止加载过程中打滑，达到额定的设计压力。

[0028] 5. 本实用新型根据测量环境可选择强力微调磁性表座或支架座作为固定底座，可满足对磁性和非磁性材料进行测试的要求，且固定方便，体积小重量轻，方便现场使用。

[0029] 6. 本实用新型采用人机界面的形式（即触摸屏）将其与电气控制部分直接组合到一起，避免了外接电脑的麻烦，便于现场使用和实时显示。

附图说明

[0030] 图 1 为本实用新型结构框图；

[0031] 图 2 为本实用新型机械部分定位装置结构示意图；

[0032] 图 3 为本实用新型机械部分压痕制造装置结构示意图；

[0033] 图 4 为本实用新型电气原理框图；

[0034] 其中：101、定位装置；102、L 型连接板；103、压痕制造装置；204、触摸屏；10、十字滑台；11、X 向滑台；12、Y 向滑台紧固螺栓；13、Y 向滑台；14、Y 向滑台紧固螺栓；15、紧固螺孔；16、Y 向旋进把手；17、X 向旋进把手；18、固定底座；21、滑块；22、接近开关；23、导向柱；24、电机下固定板；25、步进电机；26、电机上固定板；27、风扇；28、丝杠；29、滑块连接头；30、底座板；210、载荷传感器；211、位移传感器；212、压头。

[0035] 具体实施方式

[0036] 以下结合附图和实施例对本实用新型作进一步详细描述。

[0037] 如图 1-4 所示，测定金属材料载荷 - 位移曲线的压痕装置包括机械部分 1 和电气控制部分 2，该机械部分 1 与该电气控制部分 2 通过数据传输线连接。

[0038] 机械部分 1 为压痕制造装置 103 与定位装置 101 上、下设置的结构，定位装置 101 与压痕制造装置 103 通过 L 型连接板 102 固定连接。压痕制造装置 103 固定在定位装置 101 的十字滑台 10 上，十字滑台 10 上设置有紧固螺孔 15，压痕制造装置 103 通过紧固螺孔 15 以及 L 型连接板 102 固定在十字滑台 10 上。本实施例中紧固螺孔 15 的数量为 8 个。使用时压痕制造装置 103 利用定位装置 101 定位并在被测材料表面形成压痕；压痕制造装置 103 与被测试材料接触的端部设置有压头 212 和位移传感器 211，位移传感器 211 在竖直方向与压头 212 紧贴固定，用于测定压头 212 压入被测材料表面的位移大小。随着压头 212 的上下运动，位移传感器 211 采集压头 212 压入材料的深度数据；压痕制造装置 103 具有步进电机 25，该步进电机 25 连接电气控制部分内的电机驱动器并通过电机驱动器驱动，步进电机 25 的丝杠 28 通过一滑块连接头 29 连接一滑块 21，压头 212 上端部固定连接一载荷传

感器 210，载荷传感器 210 固定在所述滑块 21 内部，用于测定施加于所述压头 212 的力的大小，采集施加在压头 212 上的载荷数据。

[0039] 电气控制部分 2 包括可编程序控制器、触摸屏 204、电机驱动器。其中可编程序控制器的输出端连接电机驱动器的输入端，机械部分 1 的载荷传感器 210 与位移传感器 211 分别通过 A/D 数模转化模块与可编程序控制器的输入端相连；触摸屏通过信号传输线与所述可编程序控制器连接。

[0040] 如图 2 所示，定位装置 101 主要由十字滑台 10 和固定底座 18 组成，其中定位装置 101 通过固定底座 18 固定到待测材料表面，如果待测材料为磁性材料，则固定底座 18 可以采用磁性表座，如果待测材料为非磁性材料，固定底座 18 还可以采用支架座固定，采用支架座则可通过快干胶粘贴于待测材料表面，本实施例采用磁力达 120kg 的强力磁性表座，磁性表座的尺寸为 120×50×55mm，磁性表座为两个，分别通过螺钉连接安装在十字滑台 10 底部两侧；十字滑台 10 中间为通透的结构，以便于压痕制造装置 103 的压头 212 与待测材料表面接触。十字滑台 10 由内、中、外层高强铝板构成，高强铝板材料采用 2219 商用铝铜合金，其中内层高强铝板作为 Y 向滑台 13，中层高强铝板作为 X 向滑台 11，外层高强铝板与所述固定底座 18 通过螺钉固定连接，外层高强铝板具有两个相对的侧面，X 向旋进把手 17 穿过外层高强铝板的一侧面与内层高强铝板的侧面上连接，中层高强铝板 没有被外层高强铝板包裹的一侧面上安装有可旋进 Y 向旋进把手 16，Y 向旋进把手 16 带动 Y 向滑台 13 沿两根 Y 向不锈钢滑柱在 y 向移动，X 向旋进把手 17 带动 X 向滑台 11 沿两根 Y 向不锈钢滑柱在 y 方向的移动。通过拧动 X 向旋进把手和 Y 向旋进把手带动压痕制造装置在 x 和 y 方向移动寻找测试点。本实施例中十字滑台 10 上端面设计有紧固螺栓，其中 Y 向滑台紧固螺栓 14 数目为 4 个分别安装在 Y 向滑台 13 即内层高强铝板上用于固定两根 Y 向不锈钢滑柱，保证两根 Y 向不锈钢滑柱之间间隙固定不变，X 向滑台紧固螺栓 12 数目为 4 个分别安装在 X 向滑台 11 上，用于固定两根 X 向不锈钢滑柱，保证两根 X 向不锈钢滑柱之间间隙固定不变。本实用新型实施例中所设置的紧固螺栓模式可以有效地防止在加卸载过程中滑柱间隙造成的测量误差。十字滑台 10 的内部高强铝板上设置有紧固螺孔 15，用于将压痕制造装置 103 固定在十字滑台 10 上。

[0041] 如图 3 所示，压痕制造装置 103 主要包括：滑块 21、接近开关 22、导向柱 23、电机下固定板 24、步进电机 25、电机上固定板 26、风扇 27、丝杠 28、滑块连接头 29、底座板 30、载荷传感器 210、位移传感器 211、压头 212 等，压痕制造装置 103 由步进电机 25 带动压头 212 的上下运动，本实施例中步进电机 25 采用两相混合式直线型步进电机，该步进电机 25 内含滚珠丝杠副，该滚珠丝杠副内部丝母的旋转运动转化为所述丝杠 28 的直线运动，本实施例中内置螺距 1mm 的内旋丝杆副，最小步进角为 0.014°，进给分辨率为 1 μm，行程为 50mm，最高速度为 10mm/s，最大推力达到 1600N，该步进电机 25 具有 2N·M 扭矩，本实施例中步进电机 25 的步进驱动器采用细分驱动器，步进电机 25 的下端的电机下固定板 24 的四边角分别通过螺母固定有导向柱 23，导向柱 23 的另一端连接在形状大小与电机下固定板 24 相对应的底座板 30 的四个边角上，该底座板 30 为中间通透结构，便于压头 212 以及位移传感器 211 的通过，导向柱 23 套有一滑块 21，该滑块 21 的上端面通过滑动连接头 29 与丝杠 28 连接，随着丝杠 28 的上下运动沿着导向柱 23 上下滑动，载荷传感器 210 位于压头 212 的上端部、滑块连接头 29 和压头 212 之间，载荷传感器 210 通过螺纹与压头 212 的上端部连接固

定,载荷传感器 210 位于滑块 21 内部、与滑块 21 固定在一起,载荷传感器 210 采集施加在压头 212 上的载荷数据。本实施例中载荷传感器 210 采用盘型载荷传感器,具有结构小巧,高度低,抗偏载性能好,全不锈钢材质,最高载荷 200Kg,非线性度 $\leq \pm 0.03$,分辨率 10g,本实施例中压头 212 采用直径为 0.5mm 的金刚石材质的球形压头,压深小于 100 μm。滑块 21 上端面边缘处安装有突出于滑块 21 上端面的电磁式接近开关 22,该接近开关 22 与步进电机 25 的电机下固定板 24 上的磁铁位置相对应。压痕制造装置 103 中的滑块 21 随着丝杠 28 上下运动,其上设置的接近开关 22 作为安全措施,防止压头 212 卸载过程中一直向上运动,即当接近开关 22 与电机下固定板 24 上的磁铁接近至 2mm 范围时,电源自行断开,丝杠 28 立刻停止向上运动。电子内窥镜可以采用手持式电子内窥镜,也可以固定在压头 212 附近,本实施例中电子内窥镜采用直径为 7mm,最大视场角为 88°,放大倍数为 5 倍的光导探头,手持式的电子内窥镜可直接放置在压头 212 旁,通过信号线连接触摸屏 204 的输入端。本实施例中位移传感器 211 采用回弹型 LVDT 位移传感器,具有精度高、误差小、移动舒畅和平滑等优点,最大量程 5mm,综合精度 0.05%。使用时电子内窥镜始终紧贴固定在压头 212 旁边。步进电机 25 的电机上固定板 26 的另一面上还安装有风扇 27,防止电机过热和传感器产生温漂。

[0042] 为了实现本实用新型对电气控制方面的要求,如图 4 所示的电气原理框图。可编程序控制器里编制好预定程序,本实用新型实施例中所编制的预定程序为梯形图语言编程编制的程序,包括:模拟量输入、模拟量标定、手动模式脉冲输出、速度处理、曲线显示处理、数据采集、数据处理、零点校准与自动模式。通过触摸屏 204 往可编程序控制器中输入参数,控制可编程序控制器按照设定频率发出的脉冲信号给电机驱动器,该电机驱动器依据脉冲信号指令提供电流驱动步进电机 25 动作,使步进电机 25 以一定的转速转动,经过步进电机 25 内部的转换,步进电机 25 驱动丝杠 28 以一定速度带动压头 212 沿电机轴作直线运动,达到对材料表面加卸载的目的。在压头 212 直线运动过程中,通过载荷传感器 210 和位移传感器 211 测得施加于压头 212 的力的大小以及压头 212 压入材料表面的位移大小。由载荷传感器 210 和位移传感器 211 测得的是模拟信号,经过模数转换 (A/D) 输入至可编程序控制器内。放置于压头 212 附近的电子内窥镜,通过信号线连接触摸屏 204 的输入端。工作时电子内窥镜将被测部位的图像传至触摸屏 204 中的人机界面,操作者可以通过此人人机界面观察测试对象。触摸屏 204 与可编程序控制器之间连接有信号线,可实现与可编程序控制器之间信息的相互传送。

[0043] 本实用新型中电气控制部分 2 还包括有一开关电源,用于提供给电子内窥镜和驱动器的供电,本实施例中开关电源采用 5-24V 开关电源。为了保证可编程序控制器、传感器等器件的工作稳定和抗干扰性,位移传感器 211 和载荷传感器 210 可选用线性电源,信号线使用屏蔽线并且与动力线相隔一段距离,本实施例中位移传感器 211 和载荷传感器 210 均采用外接线性电源供电。

[0044] 按照本实用新型对材料的测试要求,本实施例中触摸屏 204 的人机界面操作画面主要包括视频调节画面、设定画面、测试画面。通过触摸屏的人机界面操作画面上的按键写入参数数据输入至可编程序控制器操作步进电机 25 运行。本实用新型通过触摸屏 204 的人机界面可设置加载脉冲频率、卸载脉冲频率、驱动器细分数、载荷上下限、位移上下限、压力设定值、位移设定值等,这些设定值都可以传送至可编程序控制器,并能保存在触摸屏 204

所携带的 CF 卡中。

[0045] 本实用新型在测试材料表面的力学性能时,首先对待测材料进行表面处理,磨光或者电解抛光,根据材料的性质选择固定底座,并将机械部分 1 与待测材料初步定位并固定在所测区域,通过拧动定位装置 101 上的十字滑台 10 的 Y 向旋进把手 16 和 X 向旋进把手 17 带动压痕制造装置 103 在 y、x 方向移动寻找测试点,配合电子内窥镜和人机界面画面观察测试对象,调节压头 212 的定位状况,实现对被测材料微区部位如焊接接头热影响区的定位。定位画面可对定位画面实现实时监测。通过人机界面操作画面输入所需的参数,并通过触摸屏 204 传至可编程序控制器中并保存在 CF 卡中,可编程序控制器控制电机驱动器驱动步进电机 25 的运作,步进电机 25 通过丝杠 28 带动压头 212 沿电机轴作直线运动,实现对材料表面加卸载。在压头直线运动过程中,通过载荷传感器 210 和位移传感器 211 测得施加于压头 28 的力的大小以及压头 28 压入材料表面的位移大小,并通过可编程序控制器输出至触摸屏 204 携带的 CF 卡中。测试结果可在触摸屏 204 的人机界面中显示。测量完毕后,将 CF 卡中的数据导出至力学性能计算软件中处理,得到材料微区的力学性能,本实施例中采用 Delphi 7.0 软件编制力学性能计算软件,将储存卡 CF 卡中储存的数据导入到计算软件便可对载荷、位移数据进行处理,从而得出材料微区的力学性能。

[0046] 本实用新型采用小直径金刚石材料球形压头,几乎不会对材料表面产生破坏,可看作无损检测。本实用新型的机械部分尺寸小,重量轻,单人便可携带至测试现场。通过采用不同的固定底座形式可对不同性质的材料检测区域进行测试。通过选择适当的计算方法,能够测试出材料的压痕硬度、弹性模量、屈服强度、抗拉强度、应变硬化指数等。可以方便地进行操作,获得理想的 P-h 曲线,可连续测量,整个操作过程不超过 2min。适用于现场测量使用。

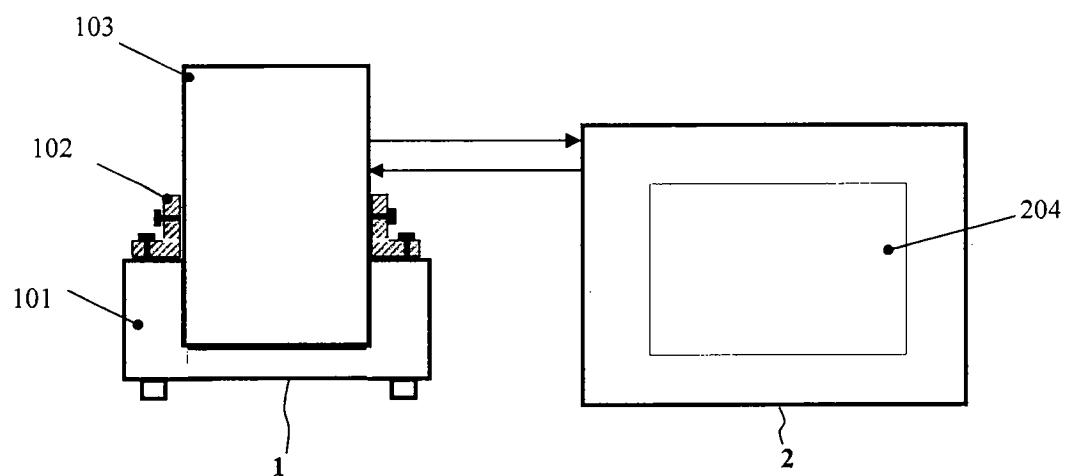


图 1

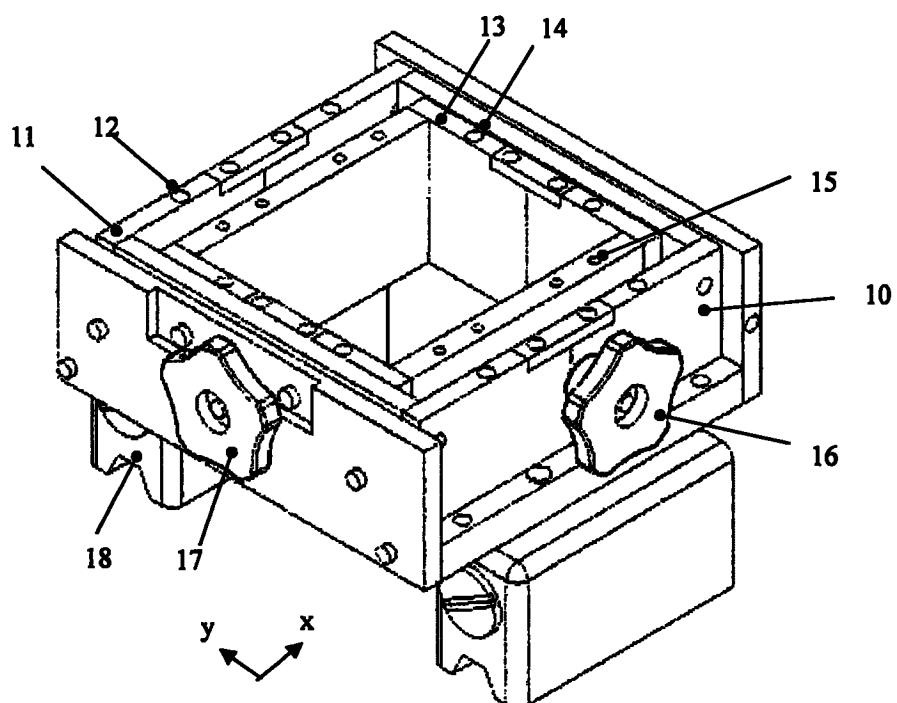


图 2

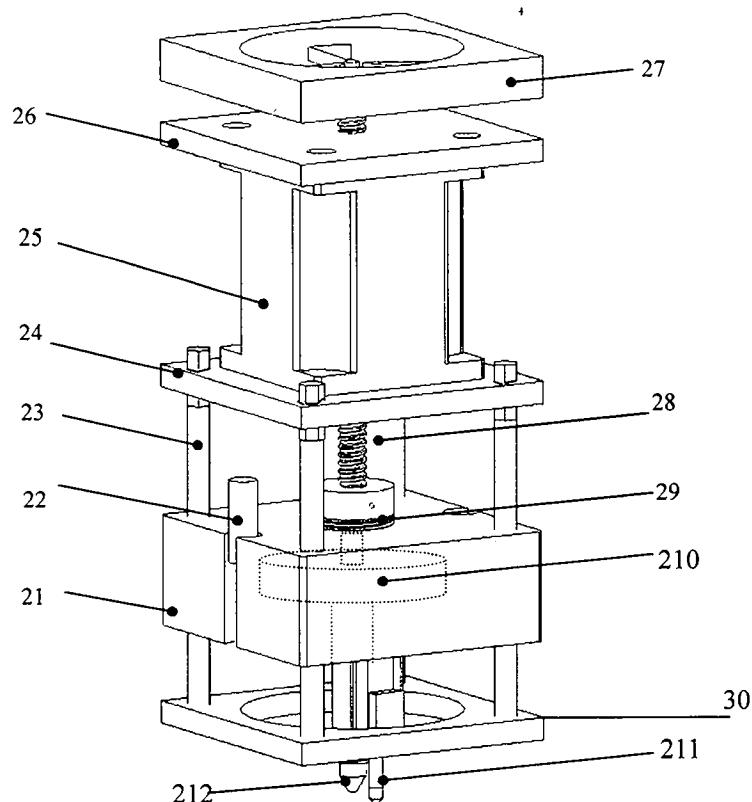


图 3

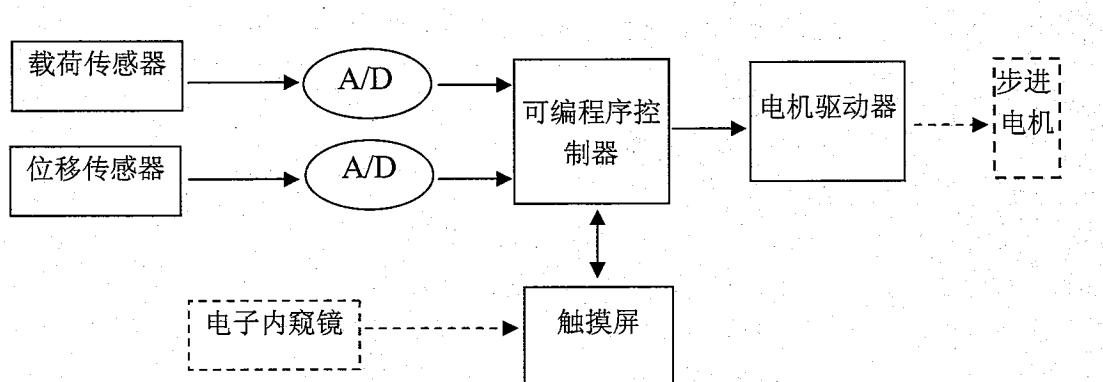


图 4