(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106769574 A
(43)申请公布日 2017.05.31

(21)申请号 201710185099.0

(22)申请日 2017.03.25

(71)申请人 西安科技大学
地址 710054 陕西省西安市雁塔中路58号

(72)发明人 薛河 王帅 庄泽城 魏其深
赵宽 龚晓燕

(74)专利代理机构 西安创知专利事务所 61213
代理人 谭文琰

(51)Int.Cl.
G01N 3/40(2006.01)
G01L 5/00(2006.01)

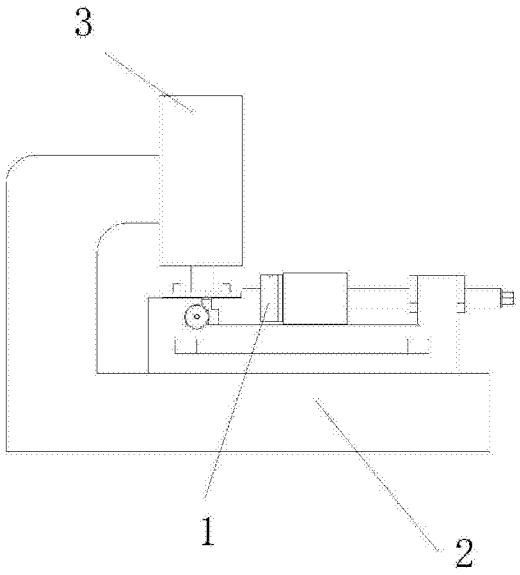
权利要求书3页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置及方法，该测试装置包括测试机架、残余应力模拟测试装置、硬度检测模块和监控装置；该方法包括金属构件残余压应力与表面硬度关系测试方法和金属构件残余拉应力与表面硬度关系测试方法，其中，金属构件残余压应力与表面硬度关系的测试方法包括：步骤一、被测试构件的安装和定位；步骤二、模拟加载残余压应力并获取残余压应力模拟加载量与表面硬度；步骤三、获取残余压应力与表面硬度之间的关系曲线。本发明建立金属构件残余应力与表面硬度关系，为通过金属构件表面硬度研究金属构件残余应力提供依据。



CN 106769574 A

1.一种金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置，其特征在于：包括测试机架(2)、安装在所述测试机架(2)上且对被测试构件(11)进行残余应力模拟测试的残余应力模拟测试装置、安装在所述残余应力模拟测试装置上方且对被测试构件(11)表面硬度进行测试的硬度检测模块(3)以及对所述残余应力模拟测试装置和所述硬度检测模块(3)进行监控的监控装置，所述被测试构件(11)为金属构件，所述被测试构件(11)呈水平布设；

所述残余应力模拟测试装置包括安装在所述测试机架(2)上的底座(7)、安装在所述底座(7)上且对被测试构件(11)进行定位的定位机构、对被测试构件(11)进行残余应力模拟加载的加载机构和对被测试构件(11)的残余应力模拟加载量进行检测的残余应力检测模块(1)，所述定位机构包括对被测试构件(11)的一端进行定位的第一定位机构和对被测试构件(11)的另一端进行定位的第二定位机构；

所述底座(7)为凹形底座，所述底座(7)包括水平安装在所述测试机架(2)上的水平部(7-1)、垂直安装在水平部(7-1)一端的第一垂直部(7-2)和垂直安装在水平部(7-1)另一端的第二垂直部(7-3)；

所述第一定位机构包括设置在被测试构件(11)的一端上侧面的第一压板(3-1)和穿设在被测试构件(11)的一端与第一压板(3-1)中且将被测试构件(11)的一端固定在第一垂直部(7-2)上的第一定位销(2-1)，所述第二定位机构包括位于被测试构件(11)的另一端下侧面且能沿底座(7)水平方向左右移动的移动滑块(6)、设置在被测试构件(11)的另一端上侧面的第二压板(3-2)和穿设在被测试构件(11)的另一端与第二压板(3-2)中且将被测试构件(11)的一端固定在移动滑块(6)上的第二定位销(2-2)；所述加载机构包括对被测试构件(11)进行残余应力模拟加载且能带动移动滑块(6)沿底座(7)水平方向左右移动的加载块(12)、穿设在加载块(12)与第二垂直部(7-3)中的丝杆(8)和安装在丝杆(8)一端驱动丝杆(8)转动的驱动器，所述丝杆(8)与第二垂直部(7-3)之间套装有丝杆螺母(9)，所述加载块(12)的下侧面与底座(7)的上侧面相贴合且能沿底座(7)的长度方向左右移动，所述残余应力检测模块(1)套装在丝杆(8)上且其位于移动滑块(6)与加载块(12)之间，所述残余应力检测模块(1)的左侧面与移动滑块(6)之间和残余应力检测模块(1)的右侧面与加载块(12)之间均为紧密接触；

所述监控装置包括数据处理控制模块(16)以及分别与数据处理控制模块(16)连接的存储器(18)和显示器(19)，所述残余应力检测模块(1)和所述硬度检测模块(3)均与数据处理控制模块(16)连接，所述驱动器由数据处理控制模块(16)进行控制连接。

2.按照权利要求1所述的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置(3)，其特征在于：所述第一垂直部(7-2)和所述移动滑块(6)之间设置有夹持机构，所述夹持机构包括对被测试构件(11)下部进行夹持的夹持块(15)、安装在夹持块(15)前后两侧的辅助支撑板(10)和与夹持块(15)相配合且能沿底座(7)宽度方向前后移动的斜槽滑块(14)，所述夹持块(15)的底部为与斜槽滑块(14)相配合的斜面，所述斜槽滑块(14)的后侧安装有顶板(13)。

3.按照权利要求2所述的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置(3)，其特征在于：所述斜槽滑块(14)的前侧安装有手动操作部件，所述手动操作部件包括一端设置在斜槽滑块(14)内的螺杆(5)和安装在螺杆(5)另一端且与螺杆(5)过盈配合连接的手轮(4)。

4.按照权利要求1或2所述的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置(3)，其特征

在于:所述被测试构件(11)的一端设置有供第一定位销(2-1)安装的第一安装孔,所述被测试构件(11)的另一端设置有供第二定位销(2-2)安装的第二安装孔。

5.按照权利要求1或2所述的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置(3),其特征在于:所述加载块(12)为方形加载块,所述移动滑块(6)、残余应力检测模块(1)和加载块(12)均呈竖向平行布设。

6.按照权利要求1或2所述的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置(3),其特征在于:所述残余应力检测模块(1)为压力传感器;所述硬度检测模块(3)为表面硬度检测传感器;所述驱动器为电机(17),所述电机(17)通过电机驱动模块(20)与数据处理控制模块(16)连接。

7.一种利用如权利要求1所述的测试装置对金属构件残余应力与表面硬度关系进行测试的方法,其特征在于:所述金属构件残余应力包括金属构件残余压应力和金属构件残余拉应力,该方法包括金属构件残余压应力与表面硬度关系测试方法、金属构件残余拉应力与表面硬度关系测试方法,其中,金属构件残余压应力与表面硬度关系的测试方法包括以下步骤:

步骤一、被测试构件的安装和定位:将被测试构件(11)安装在测试机架(2)上,然后通过所述第一定位机构和所述第二定位机构对被测试构件(11)进行定位;

步骤二、模拟加载残余压应力并获取残余压应力模拟加载量与表面硬度,具体过称为:

步骤201:模拟加载残余压应力:步骤一中的被测试构件(11)完成安装、定位后,通过数据处理控制模块(16)启动残余压应力加载模式,数据处理控制模块(16)控制所述驱动器转动,所述驱动器转动带动丝杆(8)转动,丝杆(8)转动带动加载块(12)由右至左水平移动,加载块(12)移动推动移动滑块(6)由右至左水平移动,对被测试构件(11)残余压应力进行模拟加载,在对被测试构件(11)残余压应力模拟加载的过程中,残余应力检测模块(1)对残余压应力模拟加载量进行检测,并将检测到的残余压应力模拟加载量传输至数据处理控制模块(16),同时,所述硬度检测模块(3)对被测试构件(11)表面硬度进行检测,并将检测到的表面硬度传输至数据处理控制模块(16),得到残余压应力模拟加载量F_0和残余压应力模拟加载量F_0所对应的表面硬度HV_0,并将获取的残余压应力模拟加载量F_0和表面硬度HV_0对应存储至存储器(18)中;

步骤202:模拟加载不同残余压应力:多次重复步骤201,在残余压应力模拟加载量分别为F_1、F_2、...、F_n时,获取所对应的表面硬度HV_1、HV_2、...、HV_n,并将获取的N个残余压应力模拟加载量和N个表面硬度一一对应存储至存储器(18)中;

步骤三、获取残余压应力与表面硬度之间的关系曲线:采用所述数据处理控制模块(16)调用曲线绘制模块,以残余压应力模拟加载量F_i为横坐标,以表面硬度HV_i为纵坐标,绘制出步骤二中所存储的残余压应力模拟加载量F_0、F_1、F_2、...、F_n和表面硬度HV_0、HV_2、...、HV_n的各个点,并拟合得到残余压应力模拟加载量F_i和表面硬度HV_i之间的关系曲线,并通过显示器(19)进行同步显示;

金属构件残余拉应力与表面硬度关系的测试方法包括以下步骤:

步骤A、被测试构件的安装和定位:将被测试构件(11)安装在测试机架(2)上,然后通过所述第一定位机构和所述第二定位机构对被测试构件(11)进行定位;

步骤B、模拟加载残余拉应力并获取残余拉应力模拟加载量与表面硬度,其具体过称

为：

步骤B01：模拟加载残余拉应力：步骤A中的被测试构件(11)完成安装、定位后，通过数据处理控制模块(16)启动残余拉应力加载模式，数据处理控制模块(16)控制所述驱动器反向转动，所述驱动器反向转动带动丝杆(8)反向转动，丝杆(8)的反向转动带动加载块(12)由左至右水平移动，加载块(12)的移动带动移动滑块(6)由左至右水平移动，对被测试构件(11)残余拉应力进行模拟加载，在对被测试构件(11)残余拉应力模拟加载的过程中，残余应力检测模块(1)对残余拉应力模拟加载量进行检测，并将检测到的残余拉应力模拟加载量传输至数据处理控制模块(16)，同时，所述硬度检测模块(3)对被测试构件(11)的表面硬度进行检测，并将检测到的表面硬度传输至数据处理控制模块(16)，得到残余拉应力模拟加载量f_0和残余拉应力模拟加载量f_0所对应的表面硬度hv_0，并将获取的残余拉应力模拟加载量f_0和表面硬度hv_0对应存储至存储器(18)中；

步骤B02：模拟加载不同残余拉应力：多次重复步骤B01，在残余拉应力模拟加载量分别为f_1、f_2、...、f_n时，获取所对应的表面硬度hv_1、hv_2、...、hv_n，并将获取的N个残余拉应力模拟加载量和N个表面硬度一一对应存储至存储器(18)中；

步骤C、获取残余拉应力与表面硬度之间的关系曲线：采用所述数据处理控制模块(16)调用曲线绘制模块，以残余拉应力模拟加载量f_i为横坐标，以表面硬度hv_i为纵坐标，绘制出步骤B中所存储的残余拉应力模拟加载量f_0、f_1、f_2、...、f_n和表面硬度hv_0、hv_1、hv_2、...、hv_n的各个点，并拟合得到残余拉应力模拟加载量f_i和表面硬度hv_i之间的关系曲线，并通过显示器(19)进行同步显示。

8.按照权利要求7所述的方法，其特征在于：在步骤201模拟加载残余压应力之前以及步骤B01模拟加载残余拉应力之前，操作手轮(4)驱动螺杆(5)转动，螺杆(5)转动带动斜槽滑块(14)向后移动，斜槽滑块(14)向后移动推动梯形滑块(15)向上移动，使得被测试构件(11)夹持在梯形滑块(15)中。

9.按照权利要求7所述的方法，其特征在于：步骤三获取残余压应力与表面硬度之间的关系曲线之后，通过数据处理控制模块(16)控制加载块(12)复位；步骤C获取残余拉应力与表面硬度之间的关系曲线之后，通过数据处理控制模块(16)控制加载块(12)复位。

金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属构件残余应力及表面硬度检测技术领域，尤其是涉及一种金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置及方法。

背景技术

[0002] 随着现代制造技术的发展，新材料、新工艺不断出现，核电设备、风电和飞机等要求超长服役寿命，因此对产品性能、寿命和可靠性的要求愈来愈高。研究表明金属构件的残余应力对产品重要结构件的应力腐蚀和疲劳寿命起主要作用。

[0003] 残余应力是存在于金属构件内部且在整个构件内部保持平衡的应力，分为残余压应力和残余拉应力两种。残余应力的存在，一方面会降低金属构件的强度，使金属构件在加工制造过程中产生变形和开裂等缺陷；另一方面又会在加工制造完成后的自然释放过程中使金属构件的尺寸发生变化，使其疲劳强度、应力腐蚀等性能降低。另外，当金属在役构件的残余应力不方便检测，不能对金属在役构件的使用寿命进行及时分析，保证金属在役结构构件安全。因此，残余应力的测量，对于确保金属结构件的安全性和可靠性方面具有非常重要的意义。目前，常采用机械测量法和物理测量法两大类方法对金属构件的残余应力进行测量。经分析后，传统的残余应力测试方法存在如下缺点：

[0004] 第一，对于机械测量方法，是采用机械方法将金属构件中的残余应力进行释放，通过测量残余应力释放前后的应力变化来测量残余应力。该类方法主要包括盲孔法、分割切条法、剥层法等。这类方法检测效率低，对金属构件的损伤较大，且不能对在役构件的残余应力进行分析；第二，对于物理测量方法，是基于金属构件在残余应力作用下，其晶粒的物理特性发生改变，采用物理方法测量其物理特性的变化量来测量残余应力。物理测量方法主要包括X射线衍射法、中子衍射法、磁性法、超声波法等。该类方法虽然对金属构件没有损伤，但这类方法所采用的设备一般比较昂贵，操作比较复杂。因此，但现如今，市面上还未出现一套能对金属构件残余应力及表面硬度关系进行测试的专用测试设备，建立金属构件残余应力与表面硬度的关系，为通过金属构件的表面硬度研究金属构件残余压应力和残余拉应力提供参考依据，解决现有的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置不同程度地存在使用操作复杂、测试效率低、测试精度低等问题。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术中的不足，提供一种金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置，其结构简单、设计合理且使用操作简便、使用效果好，能简便、快速完成金属构件的残余应力与表面硬度测试，建立金属构件残余应力与表面硬度的关系，为通过金属构件的表面硬度研究金属构件残余压应力和残余拉应力提供参考依据，并且测试精度和效率高。

[0006] 为解决上述技术问题，本发明采用的技术方案是：一种金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置，其特征在于：包括测试机架、安装在所述测试机架上且对被测试构件进

行残余应力模拟测试的残余应力模拟测试装置、安装在所述残余应力模拟测试装置上方且对被测试构件表面硬度进行测试的硬度检测模块以及对所述残余应力模拟测试装置和所述硬度检测模块进行监控的监控装置，所述被测试构件为金属构件，且所述被测试构件呈水平布设；

[0007] 所述残余应力模拟测试装置包括安装在所述测试机架上的底座、安装在所述底座上且对被测试构件进行定位的定位机构、对被测试构件进行残余应力模拟加载的加载机构和对被测试构件的残余应力模拟加载量进行检测的残余应力检测模块，所述定位机构包括对被测试构件的一端进行定位的第一定位机构和对被测试构件的另一端进行定位的第二定位机构；

[0008] 所述底座为凹形底座，所述底座包括水平安装在所述测试机架上的水平部、垂直安装在水平部一端的第一垂直部和垂直安装在水平部另一端的第二垂直部；

[0009] 所述第一定位机构包括设置在被测试构件的一端上侧面的第一压板和穿设在被测试构件的一端与第一压板中且将被测试构件的一端固定在第一垂直部上的第一定位销，所述第二定位机构包括位于被测试构件的另一端下侧面且能沿底座水平方向左右移动的移动滑块、设置在被测试构件的另一端上侧面的第二压板和穿设在被测试构件的另一端与第二压板中且将被测试构件的一端固定在移动滑块上的第二定位销；所述加载机构包括对被测试构件进行残余应力模拟加载且能带动移动滑块沿底座水平方向左右移动的加载块、穿设在加载块与第二垂直部中的丝杆和安装在丝杆一端驱动丝杆转动的驱动器，所述丝杆与第二垂直部之间套装有丝杆螺母，所述加载块的下侧面与底座的上侧面相贴合且能沿底座的长度方向左右移动，所述残余应力检测模块套装在丝杆上且其位于移动滑块与加载块之间，所述残余应力检测模块的左侧面与移动滑块之间和残余应力检测模块的右侧面与加载块之间均为紧密接触；

[0010] 所述监控装置包括数据处理控制模块以及分别与数据处理控制模块连接的存储器和显示器，所述残余应力检测模块和所述硬度检测模块均与数据处理控制模块连接，所述驱动器由数据处理控制模块进行控制且其与数据处理控制模块连接。

[0011] 上述的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置，其特征在于：所述第一垂直部和所述移动滑块之间设置有夹持机构，所述夹持机构包括对被测试构件下部进行夹持的夹持块、安装在夹持块前后两侧的辅助支撑板和与夹持块相配合且能沿底座宽度方向前后移动的斜槽滑块，所述夹持块的底部为与斜槽滑块相配合的斜面，所述斜槽滑块的后侧安装有顶板。

[0012] 上述的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置，其特征在于：所述斜槽滑块的前侧安装有手动操作部件，所述手动操作部件包括一端设置在斜槽滑块内的螺杆和安装在螺杆另一端且与螺杆过盈配合连接的手轮。

[0013] 上述的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置，其特征在于：所述被测试构件的一端设置有供第一定位销安装的第一安装孔，所述被测试构件的另一端设置有供第二定位销安装的第二安装孔。

[0014] 上述的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置，其特征在于：所述加载块为方形加载块，所述移动滑块、残余应力检测模块和加载块均呈竖向平行布设。

[0015] 上述的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置，其特征在于：所述残余应力

检测模块为压力传感器；所述硬度检测模块为表面硬度检测传感器；所述驱动器为电机，所述电机通过电机驱动模块与数据处理控制模块连接。

[0016] 同时，本发明还公开一种方法步骤简单、设计合理且实现方便、使用效果好的金属构件残余应力与表面硬度关系测试方法，其特征在于：所述金属构件残余应力包括金属构件残余压应力和金属构件残余拉应力，该测试方法包括金属构件残余压应力与表面硬度关系测试方法、金属构件残余拉应力与表面硬度关系测试方法，其中，金属构件残余压应力与表面硬度关系的测试方法包括以下步骤：

[0017] 步骤一、被测试构件的安装和定位：将被测试构件安装在测试机架上，然后通过所述第一定位机构和所述第二定位机构对被测试构件进行定位；

[0018] 步骤二、模拟加载残余压应力并获取残余压应力模拟加载量与表面硬度，具体过称为：

[0019] 步骤201：模拟加载残余压应力：步骤一中的被测试构件完成安装、定位后，通过数据处理控制模块启动残余压应力加载模式，数据处理控制模块控制所述驱动器转动，所述驱动器转动带动丝杆转动，丝杆转动带动加载块由右至左水平移动，加载块移动推动移动滑块由右至左水平移动，对被测试构件残余压应力进行模拟加载，在对被测试构件残余压应力模拟加载的过程中，残余应力检测模块对残余压应力模拟加载量进行检测，并将检测到的残余压应力模拟加载量传输至数据处理控制模块，同时，所述硬度检测模块对被测试构件表面硬度进行检测，并将检测到的表面硬度传输至数据处理控制模块，得到残余压应力模拟加载量F_0和残余压应力模拟加载量F_0所对应的表面硬度HV_0，并将获取的残余压应力模拟加载量F_0和表面硬度HV_0对应存储至存储器中；

[0020] 步骤202：模拟加载不同残余压应力：多次重复步骤201，在残余压应力模拟加载量分别为F_1、F_2、...、F_n时，获取所对应的表面硬度HV_1、HV_2、...、HV_n，并将获取的N个残余压应力模拟加载量和N个表面硬度一一对应存储至存储器中；

[0021] 步骤三、获取残余压应力与表面硬度之间的关系曲线：采用所述数据处理控制模块调用曲线绘制模块，以残余压应力模拟加载量F_i为横坐标，以表面硬度HV_i为纵坐标，绘制出步骤二中所存储的残余压应力模拟加载量F_0、F_1、F_2、...、F_n和表面硬度HV_0、HV_2、...、HV_n的各个点，并拟合得到残余压应力模拟加载量F_i和表面硬度HV_i之间的关系曲线，并通过显示器进行同步显示；

[0022] 金属构件残余拉应力与表面硬度关系的测试方法包括以下步骤：

[0023] 步骤A、被测试构件的安装和定位：将被测试构件安装在测试机架上，然后通过所述第一定位机构和所述第二定位机构对被测试构件进行定位；

[0024] 步骤B、模拟加载残余拉应力并获取残余拉应力模拟加载量与表面硬度，其具体过称为：

[0025] 步骤B01：模拟加载残余拉应力：步骤A中的被测试构件完成安装、定位后，通过数据处理控制模块启动残余拉应力加载模式，数据处理控制模块控制所述驱动器反向转动，所述驱动器反向转动带动丝杆反向转动，丝杆的反向转动带动加载块由左至右水平移动，加载块的移动带动移动滑块由左至右水平移动，对被测试构件残余拉应力进行模拟加载，在对被测试构件残余拉应力模拟加载的过程中，残余应力检测模块对残余拉应力模拟加载量进行检测，并将检测到的残余拉应力模拟加载量传输至数据处理控制模块，同时，所述硬

度检测模块对被测试构件的表面硬度进行检测，并将检测到的表面硬度传输至数据处理控制模块，得到残余拉应力模拟加载量f_0和残余拉应力模拟加载量f_0所对应的表面硬度hv_0，并将获取的残余拉应力模拟加载量f_0和表面硬度hv_0对应存储至存储器中；

[0026] 步骤B02：模拟加载不同残余拉应力：多次重复步骤B01，在残余拉应力模拟加载量分别为f_1、f_2、...、f_n时，获取所对应的表面硬度hv_1、hv_2、...、hv_n，并将获取的N个残余拉应力模拟加载量和N个表面硬度一一对应存储至存储器中；

[0027] 步骤C、获取残余拉应力与表面硬度之间的关系曲线：采用所述数据处理控制模块调用曲线绘制模块，以残余拉应力模拟加载量f_i为横坐标，以表面硬度hv_i为纵坐标，绘制出步骤B中所存储的残余拉应力模拟加载量f_0、f_1、f_2、...、f_n和表面硬度hv_0、hv_1、hv_2、...、hv_n的各个点，并拟合得到残余拉应力模拟加载量f_i和表面硬度hv_i之间的关系曲线，并通过显示器进行同步显示。

[0028] 上述的方法，其特征在于：在步骤201模拟加载残余压应力之前以及步骤B01模拟加载残余拉应力之前，操作手轮驱动螺杆转动，螺杆转动带动斜槽滑块向后移动，斜槽滑块向后移动推动梯形滑块向上移动，使得被测试构件夹持在梯形滑块中。

[0029] 上述的方法，其特征在于：步骤三获取残余压应力与表面硬度之间的关系曲线之后，通过所述数据处理控制模块控制加载块复位；步骤C获取残余拉应力与表面硬度之间的关系曲线之后，通过所述数据处理控制模块控制加载块复位。

[0030] 本发明与现有技术相比具有以下优点：

[0031] 1、所采用的测试机架结构简单、设计合理且加工制作简便，投入成本较低。

[0032] 2、所采用的测试机架上安装残余应力模拟测试装置和硬度检测模块，残余应力模拟测试装置位于测试机架上方，且硬度检测模块位于残余应力模拟测试装置上方，使金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置整体结构紧凑、占用空间小。

[0033] 3、所采用的残余应力模拟测试装置结构简单、设计合理且操作简便、使用效果好，包括底座、安装在所述底座上且对被测试构件进行定位的定位机构和对被测试构件进行残余应力模拟加载的加载机构，通过加载机构对被测试构件的残余压应力模拟加载量和残余拉应力模拟加载量进行控制，同时，在加载机构与定位机构之间设置残余应力检测模块，能及时获取被测试构件的残余压应力模拟加载量和残余拉应力模拟加载量，并且保证残余压应力模拟加载量和残余拉应力模拟加载量的测试准确性。

[0034] 4、所采用的硬度检测模块结构简单、操作便捷且测试准确，在对被测试构件进行残余应力模拟加载的过程中，通过硬度检测模块对被测试构件的表面硬度进行检测，保证在获取残余压应力模拟加载量和残余拉应力模拟加载量的同时能够获取残余压应力模拟加载量对应的表面硬度和残余拉应力模拟加载量对应的表面硬度，且被测试构件保持水平设置，保证表面硬度测试准确。

[0035] 5、所采用的残余应力模拟测试装置和硬度检测模块使用操作简便且使用效果好，通过定位机构将被测试构件安装于底座和移动滑块上，安装好被测试构件后通过加载机构对被测试构件残余压应力进行模拟加载和残余拉应力模拟加载，在对被测试构件残余压应力进行模拟加载的过程中，残余应力检测模块对被测试构件的残余压应力模拟加载量进行检测，同时，硬度检测模块对被测试构件的表面硬度进行检测，得到一组残余压应力模拟加载量和残余压应力模拟加载量所对应的表面硬度，多次重复模拟加载测试，在残余压应力

模拟加载量不同时，分别获取不同残余压应力模拟加载量所对应的表面硬度；在对被测试构件残余拉应力进行模拟加载的过程中，残余应力检测模块对被测试构件的残余拉应力模拟加载量进行检测，同时，硬度检测模块对被测试构件的表面硬度进行检测，得到一组残余拉应力模拟加载量和残余拉应力模拟加载量所对应的表面硬度，多次重复模拟加载测试，在残余拉应力模拟加载量不同时，分别获取不同残余拉应力模拟加载量所对应的表面硬度，测试简便，操作过程易于控制。

[0036] 6、所采用的定位机构结构设计合理、安装操作简便且定位效果好，包括第一定位机构和第二定位机构，通过第一定位机构和第二定位机构分别对被测试构件的两端进行定位，且使得被测试构件的一端固定在第一垂直部上，被测试构件的另一端固定在移动滑块上，在对被测试构件进行残余应力模拟加载的过程中，第一垂直部固定不动且移动滑块随加载块左右移动，既能实现对被测试构件的残余压应力模拟加载，又能实现对被测试构件的残余拉应力模拟加载，且保证在残余压应力模拟加载和残余拉应力模拟加载过程中，被测试构件保持水平设置，便于表面硬度测试。

[0037] 7、所采用的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置能实现多种被测试构件的残余应力及表面硬度测试，通过调节第一垂直部与移动滑块间距以适应于不同长度的被测试构件，灵活性强。

[0038] 8、所采用的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置，对试验环境没有严格要求，可在大气环境下直接测试，操作简单、方便，且测试效率高，成本低；另外，在实现残余压应力和残余拉应力加载模拟测试的同时，该装置亦可作为被测试构件拉伸试验测试，适应范围广。

[0039] 9、所采用的金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置使用效果好且测试精度高，测验过程中，通过数据处理控制模块自动记录测试结果，所记录的测试结果包括加载过程中残余应力检测模块所检测到的残余压应力模拟加载量和硬度检测模块所检测到的表面硬度，并将检测到的多组残余压应力模拟加载量和表面硬度一一对应存储，以及加载过程中残余应力检测模块所检测到的残余拉应力模拟加载量和硬度检测模块所检测到的表面硬度，并将检测到的多组残余拉应力模拟加载量和表面硬度一一对应存储，最后采用数据处理控制模块拟合得到残余压应力模拟加载量和表面硬度之间以及残余拉应力模拟加载量和表面硬度之间的关系曲线。

[0040] 10、所采用的金属构件的残余应力及表面硬度测试方法步骤简单、设计合理且实现方便、使用效果好，既能对金属构件的残余压应力与表面硬度关系进行测试，又能对金属构件的残余拉应力与表面硬度关系进行测试，建立金属构件残余压应力与表面硬度的关系以及金属构件残余拉应力与表面硬度的关系，为通过金属构件的表面硬度研究金属构件残余压应力和残余拉应力提供参考依据，并且测试精度较高。

[0041] 11、根据本发明获取的金属构件残余压应力与表面硬度的关系和金属构件残余拉应力与表面硬度的关系，通过对金属在役构件的表面硬度测量，得到金属在役构件的残余压应力和残余拉应力，为金属在役构件的使用寿命提供分析依据，保证金属在役构件安全。

[0042] 综上所述，本发明设计合理且使用操作简便、使用效果好，能简便、快速完成金属构件的残余应力与表面硬度测试，建立金属构件残余应力与表面硬度的关系，为通过金属构件的表面硬度研究金属构件残余压应力和残余拉应力提供参考依据，并且测试精度和效

率高。

[0043] 下面通过附图和实施例，对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0044] 图1为本发明金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置的结构示意图。

[0045] 图2为本发明残余应力模拟测试装置的结构示意图。

[0046] 图3为图2的主视图。

[0047] 图4为图3的A-A剖视图。

[0048] 图5为本发明被测试构件的结构示意图。

[0049] 图6为本发明金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置的电路原理框图。

[0050] 图7为本发明金属构件残余压应力与表面硬度关系测试方法的流程框图。

[0051] 图8为本发明金属构件残余拉应力与表面硬度关系测试方法的流程框图。

[0052] 附图标记说明：

[0053] 1—残余应力检测模块；2—测试机架；3—硬度检测模块；

[0054] 2-1—第一定位销；2-2—第二定位销；3-1—第一压板；

[0055] 3-2—第二压板；4—手轮；5—螺杆；

[0056] 6—移动滑块；7—底座；7-1—水平部；

[0057] 7-2—第一垂直部；7-3—第二垂直部；8—丝杆；

[0058] 9—丝杆螺母；10—辅助支撑板；11—被测试构件；

[0059] 12—加载块；13—顶板；14—斜槽滑块；

[0060] 15—夹持块；16—数据处理控制模块；17—电动机；

[0061] 18—存储器；19—显示器；20—电机驱动模块。

具体实施方式

[0062] 如图1、图2、图3和图6所示的一种金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置，包括测试机架2、安装在所述测试机架2上且对被测试构件11进行残余应力模拟测试的残余应力模拟测试装置、安装在所述残余应力模拟测试装置上方且对被测试构件11表面硬度进行测试的硬度检测模块3以及对所述残余应力模拟测试装置和所述硬度检测模块3进行监控的监控装置，所述被测试构件11为金属构件，且所述被测试构件11呈水平布设；

[0063] 所述残余应力模拟测试装置包括安装在所述测试机架2上的底座7、安装在所述底座7上且对被测试构件11进行定位的定位机构、对被测试构件11进行残余应力模拟加载的加载机构和对被测试构件11的残余应力模拟加载量进行检测的残余应力检测模块1，所述定位机构包括对被测试构件11的一端进行定位的第一定位机构和对被测试构件11的另一端进行定位的第二定位机构；

[0064] 所述底座7为凹形底座，所述底座7包括水平安装在所述测试机架2上的水平部7-1、垂直安装在水平部7-1一端的第一垂直部7-2和垂直安装在水平部7-1另一端的第二垂直部7-3；

[0065] 所述第一定位机构包括设置在被测试构件11的一端上侧面的第一压板3-1和穿设在被测试构件11的一端与第一压板3-1中且将被测试构件11的一端固定在第一垂直部7-2

上的第一定位销2-1，所述第二定位机构包括位于被测试构件11的另一端下侧面且能沿底座7水平方向左右移动的移动滑块6、设置在被测试构件11的另一端上侧面的第二压板3-2和穿设在被测试构件11的另一端与第二压板3-2中且将被测试构件11的一端固定在移动滑块6上的第二定位销2-2；所述加载机构包括对被测试构件11进行残余应力模拟加载且能带动移动滑块6沿底座7水平方向左右移动的加载块12、穿设在加载块12与第二垂直部7-3中的丝杆8和安装在丝杆8一端驱动丝杆8转动的驱动器，所述丝杆8与第二垂直部7-3之间套装有丝杆螺母9，所述加载块12的下侧面与底座7的上侧面相贴合且能沿底座7的长度方向左右移动，所述残余应力检测模块1套装在丝杆8上且其位于移动滑块6与加载块12之间，所述残余应力检测模块1的左侧面与移动滑块6之间和残余应力检测模块1的右侧面与加载块12之间均为紧密接触；

[0066] 所述监控装置包括数据处理控制模块16以及分别与数据处理控制模块16连接的存储器18和显示器19，所述残余应力检测模块1和所述硬度检测模块3均与数据处理控制模块16连接，所述驱动器由数据处理控制模块16进行控制且其与数据处理控制模块16连接。

[0067] 本实施例中，所述数据处理控制模块16为计算机。

[0068] 本实施例中，所采用的测试机架2架上安装所述残余应力模拟测试装置和硬度检测模块3，所述残余应力模拟测试装置位于测试机架2上方，且硬度检测模块3位于所述残余应力模拟测试装置上方，使金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置整体结构紧凑、占用空间小。

[0069] 本实施例中，通过设置所述第一定位机构和所述第二定位机构，通过所述第一定位机构和所述第二定位机构分别对被测试构件11的两端进行定位，且使得被测试构件11的一端固定在第一垂直部7-2上，被测试构件11的另一端固定在移动滑块6上，在对被测试构件11进行残余应力模拟加载的过程中，第一垂直部7-2固定不动且移动滑块6随加载块12左右移动，既能实现对被测试构件11的残余压应力模拟加载，又能实现对被测试构件11的残余拉应力模拟加载，且被测试构件11保持水平设置，便于表面硬度测试。

[0070] 本实施例中，通过设置所述加载机构，通过所述加载机构对被测试构件11的残余压应力模拟加载量和残余拉应力模拟加载量进行控制，同时，在所述加载机构与所述定位机构之间设置残余应力检测模块1，能及时获取被测试构件11的残余压应力模拟加载量和残余拉应力模拟加载量，并且保证残余压应力模拟加载量和残余拉应力模拟加载量的测试准确性。

[0071] 本实施例中，通过设置硬度检测模块3，在对被测试构件11进行残余应力模拟加载的过程中，通过硬度检测模块3对被测试构件11的表面硬度进行检测，保证在获取残余压应力模拟加载量和残余拉应力模拟加载量的同时能够获取残余压应力模拟加载量对应的表面硬度和残余拉应力模拟加载量对应的表面硬度，且在被测试构件11的残余应力与表面硬度测试过程中，通过所述第一定位机构和所述第二定位机构使得被测试构件11保持水平设置，同时，设置所述夹持机构是为了对被测试构件11的下部进行夹持支撑，避免被测试构件11在加载过程发生变形弯曲，提高表面硬度测试准确。

[0072] 如图4所示，本实施例中，所述第一垂直部7-2和所述移动滑块6之间设置有夹持机构，所述夹持机构包括对被测试构件11下部进行夹持的夹持块15、安装在夹持块15前后两侧的辅助支撑板10和与夹持块15相配合且能沿底座7宽度方向前后移动的斜槽滑块14，所

述夹持块15的底部为与斜槽滑块14相配合的斜面，所述斜槽滑块14的后侧安装有顶板13。

[0073] 本实施例中，所述夹持块15中设置有用于夹装被测试构件11的凹槽。

[0074] 本实施例中，通过设置夹持块15，是为了对被测试构件11的下部进行夹持支撑，避免被测试构件11在加载过程发生向下变形弯曲，提高表面硬度测试准确；通过设置辅助支撑板10是为了限制夹持块15的位置，避免夹持块15前后移动造成被测试构件11中部拉伸变形；通过设置斜槽滑块14，是为了与夹持块15相互配合，斜槽滑块14的前后移动转换为夹持块15的上下移动，从而使得被测试构件11更好地夹持于夹持块15中。

[0075] 本实施例中，顶板13的设置是为了限制斜槽滑块14向后移动的最大距离，保证斜槽滑块14和夹持块15相互配合对被测试构件11进行夹持。

[0076] 如图2所示，本实施例中，所述斜槽滑块14的前侧安装有手动操作部件，所述手动操作部件包括一端设置在斜槽滑块14内的螺杆5和安装在螺杆5另一端且与螺杆5过盈配合连接的手轮4。

[0077] 本实施例中，通过设置所述手动操作部件，是为了驱动斜槽滑块14前后移动，手动操作所述手动操作部件中的手轮4，手轮4的转动带动螺杆5转动，螺杆5转动带动斜槽滑块14前后移动。

[0078] 如图5所示，本实施例中，所述被测试构件11的一端设置有供第一定位销2-1安装的第一安装孔，所述被测试构件11的另一端设置有供第二定位销2-2安装的第二安装孔。

[0079] 本实施例中，被测试构件11上设置所述第一安装孔和所述第一安装孔，是为了便于被测试构件11的安装，且保证安装后的被测试构件11的位置不发生改变，提高测试结果准确性。

[0080] 本实施例中，所述加载块12为方形加载块，所述移动滑块6、残余应力检测模块1和加载块12均呈竖向平行布设。

[0081] 本实施例中，所述移动滑块6、残余应力检测模块1和加载块12均呈竖向平行布设，是为了加载块12移动过程中，方便将残余压应力模拟加载量或者残余拉应力模拟加载量均匀加载在被测试构件11上。

[0082] 本实施例中，所述残余应力检测模块1为压力传感器；所述硬度检测模块3为表面硬度检测传感器；所述驱动器为电机17，所述电机17通过电机驱动模块20与数据处理控制模块16连接。

[0083] 本实施例中，通过调节移动滑块6距第一垂直部7-2的间距，以适应不同长度的被测试构件11，实现多种被测试构件的残余应力与表面硬度关系测试过程，灵活性强。

[0084] 本实施例中，通过设置数据处理控制模块16自动记录测试结果，所记录的测试结果包括加载过程中残余应力检测模块1所检测到的残余压应力模拟加载量和硬度检测模块3所检测到的表面硬度，并将检测到的多组残余压应力模拟加载量和残余压应力模拟加载量对应的表面硬度一一对应存储，以及残余应力检测模块1所检测到的残余拉应力模拟加载量和硬度检测模块3所检测到的表面硬度，并将检测到的多组残余拉应力模拟加载量和残余拉应力模拟加载量对应的表面硬度一一对应存储，最后采用数据处理控制模块16拟合得到残余压应力模拟加载量和表面硬度之间以及残余拉应力模拟加载量和表面硬度之间的关系曲线。

[0085] 本实施例中，所采用金属构件残余应力与表面硬度关系测试装置，对试验环境没

有严格要求，可在大气环境下直接测试，操作简单、方便，且测试效率高，成本低；另外，在实现残余压应力和残余拉应力加载模拟测试的同时，该装置亦可作为被测试构件11的拉伸试验测试，适应范围广。

[0086] 如图7所示和图8所示，一种金属构件残余应力与表面硬度关系测试方法，所述金属构件残余应力包括残余压应力和残余拉应力，该测试方法包括金属构件残余压应力与表面硬度关系测试方法、金属构件残余拉应力与表面硬度关系测试方法，其中，金属构件残余压应力与表面硬度关系的测试方法包括以下步骤：

[0087] 步骤一、被测试构件的安装和定位：将被测试构件11安装在测试机架2上，然后通过所述第一定位机构和所述第二定位机构对被测试构件11进行定位；

[0088] 步骤二、模拟加载残余压应力并获取残余压应力模拟加载量与表面硬度，具体过称为：

[0089] 步骤201：模拟加载残余压应力：步骤一中的被测试构件11完成安装、定位后，通过数据处理控制模块16启动残余压应力加载模式，数据处理控制模块16通过电机驱动模块20控制电机17转动，电机17转动带动丝杆8转动，丝杆8转动带动加载块12由右至左水平移动，加载块12移动推动移动滑块6由右至左水平移动，对被测试构件11残余压应力进行模拟加载，在对被测试构件11残余压应力模拟加载的过程中，残余应力检测模块1对残余压应力模拟加载量进行检测，并将检测到的残余压应力模拟加载量传输至数据处理控制模块16，同时，所述硬度检测模块3对被测试构件11表面硬度进行检测，并将检测到的表面硬度传输至数据处理控制模块16，得到残余压应力模拟加载量F_0和残余压应力模拟加载量F_0所对应的表面硬度HV_0，并将获取的残余压应力模拟加载量F_0和表面硬度HV_0对应存储至存储器18中；

[0090] 步骤202：模拟加载不同残余压应力：多次重复步骤201，在残余压应力模拟加载量分别为F_1、F_2、...、F_n时，获取所对应的表面硬度HV_1、HV_2、...、HV_n，并将获取的N个残余压应力模拟加载量和N个表面硬度一一对应存储至存储器18中；

[0091] 步骤三、获取残余压应力与表面硬度之间的关系曲线：采用所述数据处理控制模块16调用曲线绘制模块，以残余压应力模拟加载量F_i为横坐标，以表面硬度HV_i为纵坐标，绘制出步骤二中所存储的残余压应力模拟加载量F_0、F_1、F_2、...、F_n和表面硬度HV_0、HV_2、...、HV_n的各个点，并拟合得到残余压应力模拟加载量F_i和表面硬度HV_i之间的关系曲线，并通过显示器19进行同步显示；

[0092] 金属构件残余拉应力与表面硬度关系的测试方法包括以下步骤：

[0093] 步骤A、被测试构件的安装和定位：将被测试构件11安装在测试机架2上，然后通过所述第一定位机构和所述第二定位机构对被测试构件11进行定位；

[0094] 步骤B、模拟加载残余拉应力并获取残余拉应力模拟加载量与表面硬度，其具体过称为：

[0095] 步骤B01：模拟加载残余拉应力：步骤A中的被测试构件11完成安装、定位后，通过数据处理控制模块16启动残余拉应力加载模式，数据处理控制模块16通过电机驱动模块20控制电机17反向转动，电机17反向转动带动丝杆8反向转动，丝杆8的反向转动带动加载块12由左至右水平移动，加载块12的移动带动移动滑块6由左至右水平移动，对被测试构件11残余拉应力进行模拟加载，在对被测试构件11残余拉应力模拟加载的过程中，残余应力检测模块1对残余拉应力模拟加载量进行检测，并将检测到的残余拉应力模拟加载量传输至

数据处理控制模块16，同时，所述硬度检测模块3对被测试构件11的表面硬度进行检测，并将检测到的表面硬度传输至数据处理控制模块16，得到残余拉应力模拟加载量f_0和残余拉应力模拟加载量f_0所对应的表面硬度hv_0，并将获取的残余拉应力模拟加载量f_0和表面硬度hv_0对应存储至存储器18中；

[0096] 步骤B02：模拟加载不同残余拉应力：多次重复步骤B01，在残余拉应力模拟加载量分别为f_1、f_2、...、f_n时，获取所对应的表面硬度hv_1、hv_2、...、hv_n，并将获取的N个残余拉应力模拟加载量和N个表面硬度一一对应存储至存储器18中；

[0097] 步骤C、获取残余拉应力与表面硬度之间的关系曲线：采用所述数据处理控制模块16调用曲线绘制模块，以残余拉应力模拟加载量f_i为横坐标，以表面硬度hv_i为纵坐标，绘制出步骤B中所存储的残余拉应力模拟加载量f_0、f_1、f_2、...、f_n和表面硬度hv_0、hv_1、hv_2、...、hv_n的各个点，并拟合得到残余拉应力模拟加载量f_i和表面硬度hv_i之间的关系曲线，并通过显示器19进行同步显示。

[0098] 本实施例中，在步骤201模拟加载残余压应力之前以及步骤B01模拟加载残余拉应力之前，操作手轮4驱动螺杆5转动，螺杆5转动带动斜槽滑块14向后移动，斜槽滑块14向后移动推动梯形滑块15向上移动，使得被测试构件11夹持在梯形滑块15中。

[0099] 实际使用时，当需要更换被测试构件11时，操作手轮4驱动螺杆5反向转动，螺杆5反向转动带动斜槽滑块14向前移动，斜槽滑块14向前移动使梯形滑块15向下移动，使得被测试构件11脱离梯形滑块15中所述凹槽，便于卸载被测试构件11。

[0100] 本实施例中，步骤三获取残余压应力与表面硬度之间的关系曲线之后，通过所述数据处理控制模块16控制加载块12复位，步骤C获取残余拉应力与表面硬度之间的关系曲线之后，通过所述数据处理控制模块16控制加载块12复位，以便于下一次测试。

[0101] 实际使用时，根据本发明获取的金属构件残余压应力与表面硬度的关系和金属构件残余拉应力与表面硬度的关系，通过对金属在役构件的表面硬度测量，得到金属在役构件的残余压应力和残余拉应力，为金属在役构件的使用寿命提供分析依据，保证金属在役构件安全。

[0102] 综上所述，本发明设计合理且实现方便、使用效果好，通过所述加载机构对被测试构件进行残余应力模拟加载，在对被测试构件残余压应力进行模拟加载的过程中，在残余压应力模拟加载量不同时，多次重复模拟加载测试，获取不同残余压应力模拟加载量所对应的表面硬度；在对被测试构件残余拉应力进行模拟加载的过程中，在残余拉应力模拟加载量不同时，多次重复模拟加载测试，获取不同残余拉应力模拟加载量所对应的表面硬度，测试简便，操作过程易于控制，能够简便、快速完成金属构件的残余应力与表面硬度测试，得到残余压应力模拟加载量和表面硬度之间以及残余拉应力模拟加载量和表面硬度之间的关系曲线，建立金属构件的残余压应力与表面硬度的关系，为通过金属构件的表面硬度研究金属构件残余压应力和残余拉应力提供参考依据，并且测试精度和效率高。

[0103] 以上所述，仅是本发明的较佳实施例，并非对本发明作任何限制，凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变化，均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

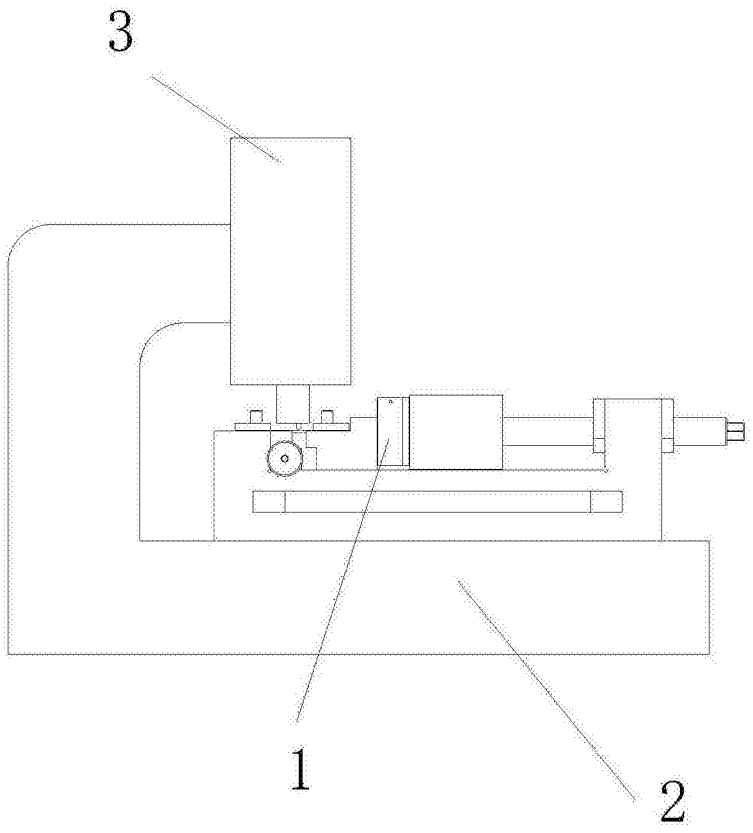


图1

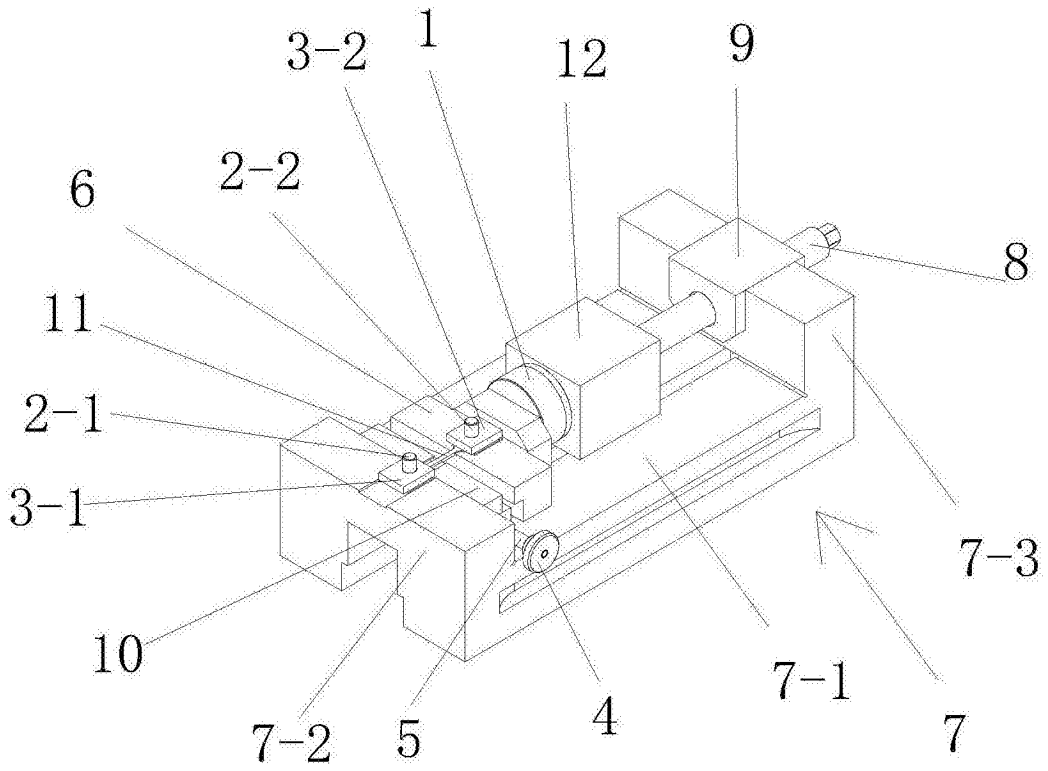


图2

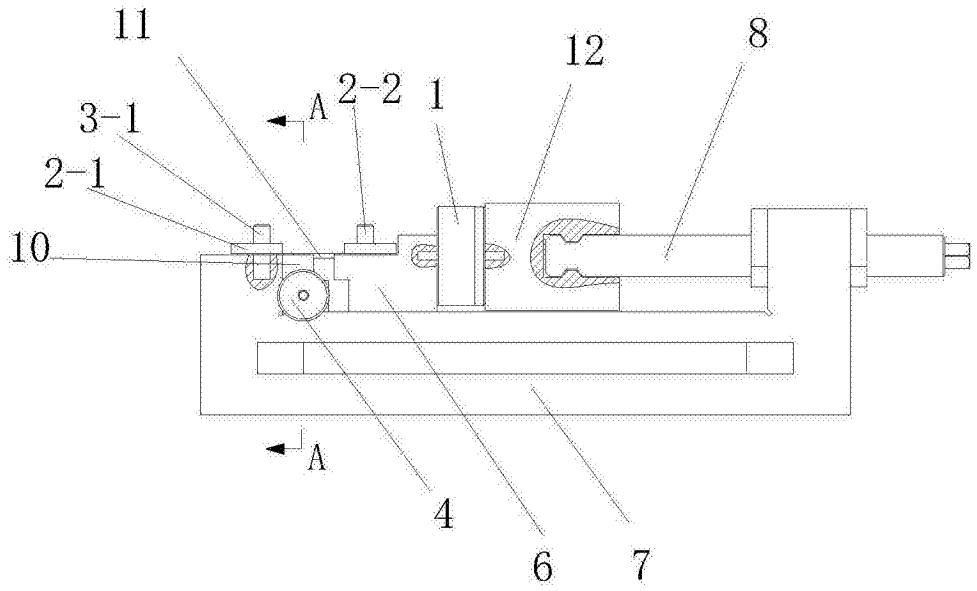


图3

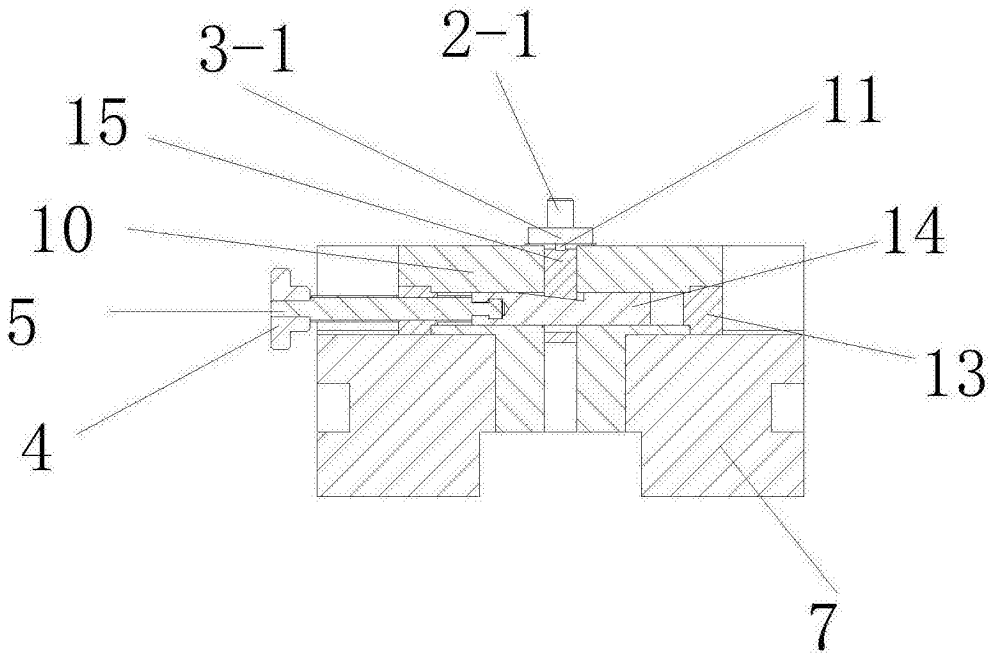


图4

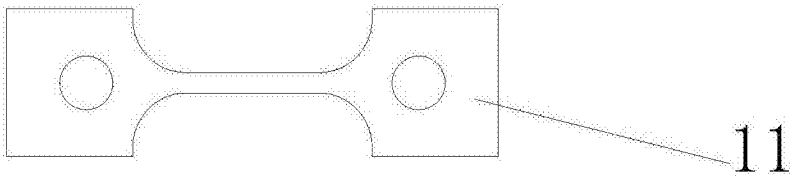


图5

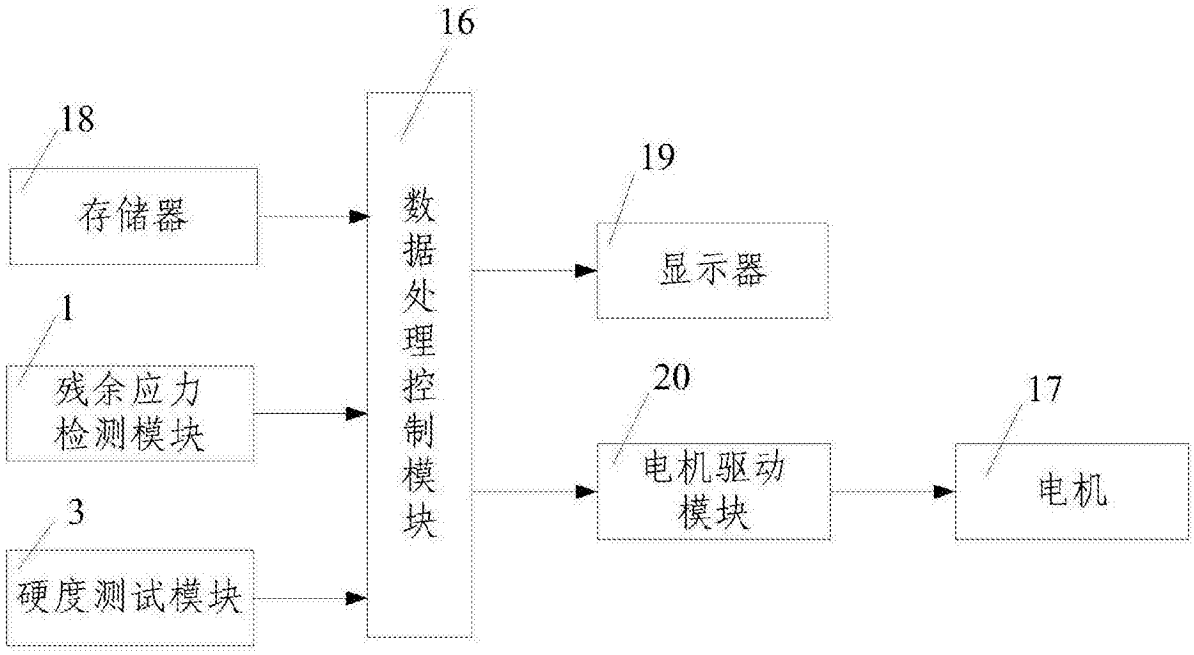

16
18
存储器
数据处理控制模块
19
显示器
1
残余应力检测模块
20
17
电机驱动模块
电机
3
硬度测试模块

图6

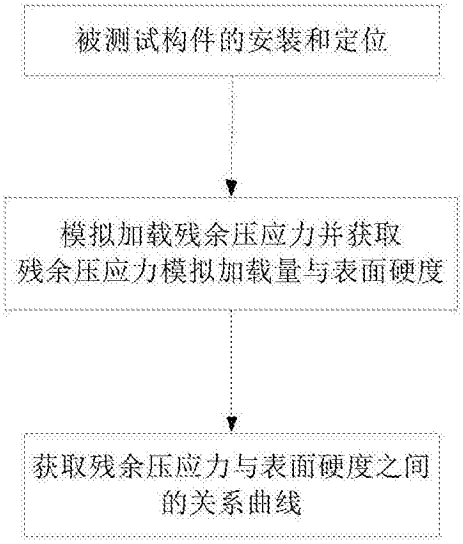

被测试构件的安装和定位
模拟加载残余压应力并获取残余压应力模拟加载量与表面硬度
获取残余压应力与表面硬度之间的关系曲线

图7

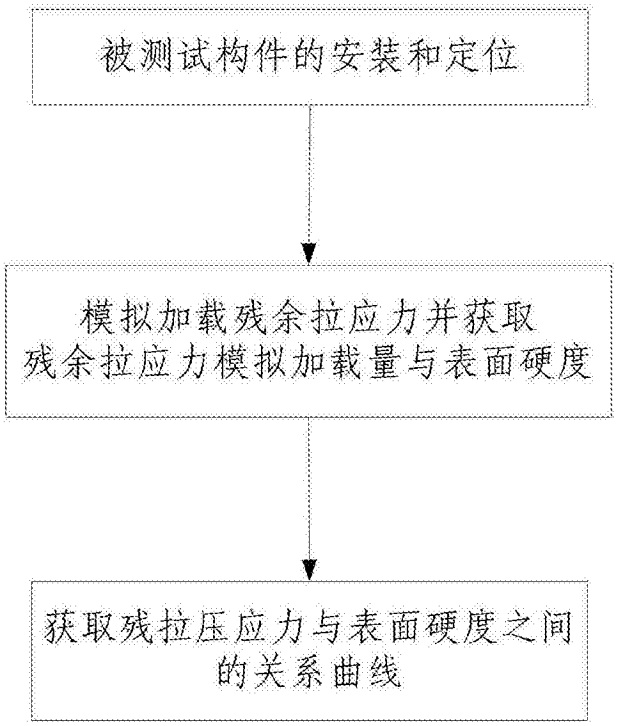

被测试构件的安装和定位
模拟加载残余拉应力并获取残余拉应力模拟加载量与表面硬度
获取残拉压应力与表面硬度之间的关系曲线

图8