



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103776565 B

(45) 授权公告日 2016.06.29

(21) 申请号 201410007534.7

JP 特许第 3923459, 2007.03.02, 全文.

(22) 申请日 2014.01.07

CN 101324448 A, 2008.12.17, 全文.

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所

马碧涛. 残余应力对压痕实验中压力-压痕深度曲线的影响.《中国优秀硕士学位论文全文数据库工程科技 I 辑》. 2009, (第 2 期), 第 5 章.

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 代玉静 郇勇 逯智科 邵亚琪 张泰华

审查员 韩龙

(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 王艺

(51) Int. Cl.

G01L 1/00(2006.01)

(56) 对比文件

EP 0703439 B1, 2000.05.07, 全文.

CN 1760154 A, 2006.04.19, 全文.

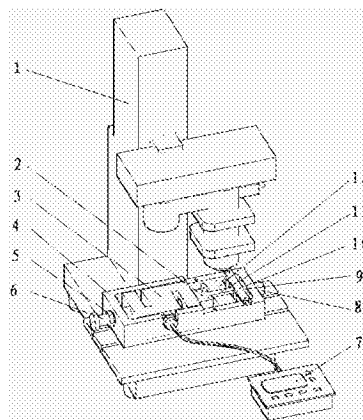
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

用于残余应力压入测试方法检验的标准预应力加载装置

(57) 摘要

本发明公开一种用于残余应力压入测试方法检验的标准预应力加载装置,包括基体、加载元件、数显力传感器和夹具,所述基体的两端分别设置有孔,且左右两端孔同心,所述基体的内部设置有支撑试样的凸台;所述数显力传感器包括相连的力传感器和力显示器,所述力传感器设置在所述基体内部,且分别与加载元件和夹具相连;所述加载元件通过所述基体左端的孔与所述力传感器相连,用于对试样施加轴向的压力或拉力;所述夹具位于所述基体内部,用于将试样沿轴向夹紧,并通过基体右端的孔与基体固定。本发明的装置结构简单,预应力分布均匀、测量直接准确,且在压入测试过程中,预应力状态稳定,其值不受压入实验影响,因此可作为一种标准预应力产生装置使用。



1. 一种用于残余应力压入测试方法检验的标准预应力加载装置,包括基体、加载元件、数显力传感器和夹具,其特征在于,

所述基体的两端分别设置有孔,且左右两端孔同心,所述基体的内部设置有支撑试样的凸台;

所述数显力传感器包括相连的力传感器和力显示器,所述力传感器设置在所述基体内部,且分别与加载元件和夹具相连,用于测量试样上所加载的力;所述力显示器用于显示力传感器测量得到的力的值;

所述加载元件通过所述基体左端孔与所述力传感器相连,用于对试样施加轴向的预拉应力或预压应力;

所述夹具位于所述基体内部,用于将试样沿轴向夹紧,并通过基体右端孔与基体固定。

2. 如权利要1所述的标准预应力加载装置,其特征在于,

所述加载元件包括施力螺母和进给螺杆,所述进给螺杆与所述力传感器相连,且穿过所述基体左端孔;所述施力螺母位于所述进给螺杆上,与进给螺杆螺纹连接;通过调整所述施力螺母和所述进给螺杆的相对位置对试样加载预拉应力或预压应力。

3. 如权利要求2所述的标准预应力加载装置,其特征在于,

所述施力螺母的右端外廓为锥形,以配合基体左端孔。

4. 如权利要1所述的标准预应力加载装置,其特征在于,

所述加载元件包括锥形施力螺杆和连接头;所述连接头的左端为平面,右端与力传感器螺纹连接;锥形施力螺杆穿过所述基体左端孔,与基体螺纹配合,锥形施力螺杆右端为锥台,所述锥台的台面与连接头左端平面接触;通过旋转锥形施力螺杆,产生的压力作用于连接头,进而对试样加载预压应力。

5. 如权利要1所述的标准预应力加载装置,其特征在于,

所述夹具包括活动夹具、固定夹具、锁紧螺母和压片,所述活动夹具与力传感器相连,并位于试样的一端;所述固定夹具由锁紧螺母通过基体右端孔与基体固定,并位于试样的另一端;所述压片为两片,分别压紧试样的两端以保证加载预拉应力或预压应力时试样平稳。

6. 如权利要求5所述的标准预应力加载装置,其特征在于,

所述固定夹具和活动夹具均采用菱形接口,与试样两端的菱形接头相配合。

用于残余应力压入测试方法检验的标准预应力加载装置

技术领域

[0001] 本发明涉及材料力学性能测试装置领域,特别涉及一种用于残余应力压入测试方法检验的标准预应力加载装置。

背景技术

[0002] 工程材料中残余应力的存在会改变构件服役应力环境,造成意外失效,因此,材料残余应力的检测成为目前工程应用领域极为关注的力学问题。检测残余应力的传统方法大致可分为两类:机械测试法和物理测试法。机械测试法采用机械方式局部分割试件以释放残余应力,通过测定分割前后的变形,基于弹性力学理论确定残余应力。该类测试方法具有破坏性,其在工业应用中受到限制。物理测试法基于材料某些物理指标受应力影响而变化的特性,通过测量材料某些物理参数的变化确定残余应力。该类方法中以 X 射线衍射法应用最广,但主要适用于晶体材料。

[0003] 与上述两类方法相比,压入测试法是一种微损或接近无损的材料微区检测方法,具有简便易操作等优点。该方法是在材料有、无残余应力区域,通过锥形或球形金刚石压头压入试样表面一定深度,获得这两种状态下材料的载荷-深度(F-h)曲线,经相应的分析方法计算出材料表面残余应力值。当前该测试技术处于研究发展中,其中最重要的问题是标准预应力的产生问题,预应力加载的准确程度直接决定了测试方法的可靠性验证。

[0004] 目前用于产生标准预应力的加载装置都是基于弯曲加载方式工作的,其准确性受诸多因素制约。1996年,TSui等人设计弯压加载、应变片测应力的预应力加载装置。其预应力产生方法为:将试样设计成“n”形,在两竖脚侧面穿孔,用一根加载轴同时穿过两孔,迫使上端横梁弯曲,产生上拉下压的预应力。其预应力测量方法为:将应变片分别贴于横梁的上受拉面和下受压面,通过测量梁上下面的应力和侧面压入位置来间接计算所测位置的预应力。该预应力加载装置简单易行,但需要假定材料弹性模量已知,并且需要用应变片的测量应变值和压入位置等参数来换算压入点的应力值,无法直接准确获得所测位置的应力值。2001年,Swadener等人设计弯曲加载、应变片测应力的预应力加载装置。其预应力具体产生方法为:将试样设计成薄圆板形,在距离圆板试样中心2个不同的圆周位置设置支撑环片,通过中心加载在试样表面中部形成一个上压下拉或上拉下压的弯曲应力。其预应力具体测量方法为:在试样下表面中部贴应变片,通过所得下表面应力值来换算测试位置(上表面中部)的应力值。该加载装置繁琐,被测表面是一个具有一定曲率的球面,不是一个理想平面,更致命的是,测试过程中预应力值会随压入载荷的增加而变化。2003年, Lee等人设计与 Swadener等人相似的加载装置,只是将试样设计成“十字”梁形状,存在同样的问题。2008年, N.Hubert等人设计弯曲加载、力传感器测应力的预应力加载装置。其预应力具体产生方法为:将试样设计为悬臂梁结构,将两个试样一端和一个支撑块固定,另一端通过螺栓和力传感器连接,通过螺栓加载在试样表面形成沿梁长变化的弯曲应力。其预应力具体测量方法为:通过力传感器的读数和压入点的位置来间接计算所测位置的预应力。该预应力加载装置相对简单,但压入点的预应力值是通过压入点的位置来换算的,仍无法直接准确获取。

[0005] 综上所述几种加载装置,其共同点都是通过弯曲的方式在试样压入测试区域形成弯曲应力,在不同压入位置预应力不同,压入位置应力的测量均需结合较复杂的受力和位置测量,存在间接测量累积误差,不能直接提供准确可靠的预应力值,作为标准预应力加载装置使用具有一定的局限性。因此,需要发展一种适合压入实验的新的预应力加载装置。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题就是克服现有技术的加载装置通过弯曲的方式在试样压入测试区域形成弯曲应力,在不同压入位置预应力不同,压入位置应力的测量均需结合较复杂的受力和位置测量,存在间接测量累积误差,不能直接提供准确可靠的预应力值的缺陷,提出一种用于残余应力压入测试方法检验的标准预应力加载装置,可以在试样中产生理想的、均匀的单轴拉(压)预应力,为残余应力压入测试方法研究提供标准参考应力。

[0007] 为了解决上述问题,本发明提供一种用于残余应力压入测试方法检验的标准预应力加载装置,包括基体、加载元件、数显力传感器和夹具,其中,

[0008] 所述基体的两端分别设置有孔,且左右两端孔同心,所述基体的内部设置有支撑试样的凸台;

[0009] 所述数显力传感器包括相连的力传感器和力显示器,所述力传感器设置在所述基体内部,且分别与加载元件和夹具相连,用于测量试样上所加载的力;所述力显示器用于显示力传感器测量得到的力的值;

[0010] 所述加载元件通过所述基体左端的孔与所述力传感器相连,用于对试样施加轴向的预拉应力或预应压力;

[0011] 所述夹具位于所述基体内部,用于将试样沿轴向夹紧,并通过基体右端的孔与基体固定。

[0012] 优选地,所述加载元件包括施力螺母和进给螺杆,所述进给螺杆与所述力传感器相连,且穿过所述基体左端的孔;所述施力螺母位于所述进给螺杆上,与进给螺杆螺纹连接;通过调整所述施力螺母和所述进给螺杆的相对位置对试样加载预拉应力或预应压力。

[0013] 优选地,所述施力螺母的右端外廓为锥形,以配合基体左端孔。

[0014] 优选地,所述加载元件包括锥形施力螺杆和连接头;所述连接头的左端为平面,右端与力传感器螺纹连接;锥形施力螺杆穿过所述基体左端的孔,与基体螺纹配合,锥形施力螺杆右端为锥台,所述锥台的台面与连接头左端平面接触;通过旋转锥形施力螺杆,产生的压力作用于连接头,进而对试样加载预应压力。

[0015] 优选地,所述夹具包括活动夹具、固定夹具、锁紧螺母和压片,所述活动夹具与力传感器相连,并位于试样的一端;所述固定夹具由锁紧螺母通过基体右端的孔与基体固定,并位于试样的另一端;所述压片为两片,分别压紧试样的两端以保证加载预拉应力或预应压力时试样平稳。

[0016] 优选地,所述固定夹具和活动夹具均采用菱形接口,与试样两端的菱形接头相配合。

[0017] 本发明具有以下特点:

[0018] 1、本装置可以保证试样为单轴受力状态,试样压入测试区域应力状态均匀、稳定,

和压入点位置无关。

[0019] 2、本装置拉、压两用,可通过简单更换施力螺母和进给螺杆实现预定拉应力和压应力两种试验加载条件,操作简便。

[0020] 3、本装置一体化设计,构造简单,试样上的预应力由力传感器直接测量获得,换算环节少,其值准确可靠。

[0021] 4、测试表面具有较好的平整度,为压入实验提供良好的测试条件。

附图说明

[0022] 图1为本发明实施例的标准预应力加载装置与压入仪配合的示意图;

[0023] 图2为本发明实施例的压应力产生装置的局部示意图;

[0024] 图3为本发明实施例的试样在无应力状态、预定拉应力值为169.83MPa和316.67Mpa时,所测得的压入载荷-深度(F-h)曲线;

[0025] 其中,1—Zwick压入仪,2—活动夹具,3—力传感器,4—基体,5—施力螺母,6—进给螺杆,7—力显示器,8—锁紧螺母,9—固定夹具,10—压片,11—试样,12—凸台,13—锥形施力螺杆,14—连接头。

具体实施方式

[0026] 下文中将结合附图对本发明的预拉应力实施例进行详细说明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0027] 本发明是一种配合宏观压入仪(不同于传统硬度计,该宏观压入仪可实时获得压入载荷-深度(F-h)曲线)使用的、用于材料残余应力压入测试方法研究的标准预应力加载实验装置。本发明装置可在试样中产生理想的、均匀的单轴拉(压)预应力,为残余应力压入测试方法研究提供标准参考应力。

[0028] 如图1所示,本发明实施例配合Zwick压入仪1使用,包括基体4、加载元件、数显力传感器、夹具四部分。基体4的两端分别设置有孔,左右两端孔同心,内部设计有支撑试样11的凸台12。该基体4主要用以安装支撑各部分配件,具有定位作用。

[0029] 加载元件通过所述基体4左端的孔与数显力传感器相连,用于对试样11施加轴向的预拉应力或预压应力。

[0030] 加载预拉应力和预压应力时,加载元件可包括施力螺母5、进给螺杆6,二者螺纹配合。其中,进给螺杆6与力传感器3连接,且穿过基体4左端的孔;施力螺母5右端外廓设计为锥形(优选为 60°),配合基体4左端孔,施力螺母5位于进给螺杆6上,未加力状态下可自由旋转,具有支撑和定位作用;通过更换施力螺母5和进给螺杆6可实现预拉应力和预压应力的转换。

[0031] 加载预压应力时,如图2所示,加载元件可包括锥形施力螺杆13和连接头14;连接头14左端为平面,右端与力传感器3螺纹连接。锥形施力螺杆13安装于基体4内侧,两者之间螺纹配合,锥形施力螺杆13右端为锥台,台面与连接头14左端平面接触。旋转锥形施力螺杆13产生的压力作用于连接头14,进而在试样11中产生压应力。数显力传感器由相连的力传感器3和力显示器7组成。力传感器3设置在所述基体4内部,两端分别通过螺纹连接于活动夹具2、进给螺杆6;力显示器7实时显示当前力传感器3上的力值。

[0032] 夹具包括活动夹具2、固定夹具9、锁紧螺母8和压片10。活动夹具2与力传感器3相连,并位于试样11的一端;活动夹具2与力传感器3连接处具有一定活动间隙,以协调试样安装定位误差;固定夹具9由锁紧螺母8通过基体4右端的孔固定于基体4上不可动;压片10为两片,用于压紧试样11的两端以保证加载预拉(压)力过程中试样平稳(试样左右两端对称安装,为方便辨识图中只标示右端一片)。

[0033] 本发明装置将加载元件、力传感器3、活动夹具2、被测试样11、固定夹具9同轴串联地安装于同一基体4上,以保证试样加载过程中的单轴受力状态。其中,加载元件采用螺纹进给方式拉紧或压缩试样11,施力螺母5外廓采用圆锥形,以便具有较好的对心作用;同时,通过更换施力螺母5、进给螺杆6位置和大小可实现拉、压预应力的转变,操作简便。力传感器3为商业化的成熟产品,其计量精度由检定部门出具的检定证书保证,其力值的大小由配套的数显仪表显示。力传感器4的一端和加载元件螺纹连接,另一端和活动夹具2连接,在对试样11进行预拉(压)力加载时可实时测量当前载荷的大小。活动夹具2和试样11连接,用以协调试样的伸长(或压缩)变形并实现自动对中,以保证试样为单轴受力状态。固定夹具9的一端固定安装在基体4上,另一端和试样11连接。固定夹具9和活动夹具2采用菱形接口(其角度优选为 120°),既可用于拉伸试样也可用于压缩试样,并且能避免产生弯曲效应。试样11两端设计为菱形接头,与活动夹具2和固定夹具9配合安装;中部压入试验区域横截面设计为矩形,保证加载过程中受力均匀。

[0034] 预应力加载时,旋转施力螺母5拉紧(或压缩)试样11,并通过力传感器3对试样拉伸(或压缩)进行观测,达到预定应力值后停止旋转进行保载。由于加载装置上的试样处于单轴受力状态,其中间段压入测试区域的预应力值可由 $\sigma=F/A$ 直接得出(其中F为力显示器7示值,A为试样横截面积)。该预应力分布均匀,大小不随压入载荷的增加而变化,可作为标准预应力。然后将本加载装置放到宏观压入仪1试样台上进行压入实验,通过所得压入实验数据和施加的标准预应力对残余应力压入识别方法进行验证。

[0035] 实验时,以拉伸预应力为例。首先,把试样11两端菱形接头分别安装于固定夹具9和活动夹具2的菱形夹头中。放置时注意使其底部和基体4的内部凸台12完全接触。将施力螺母5与进给螺杆6连接,施力螺母5配合安装在基体4左端孔的外侧,同时将进给螺杆6固定连接在力传感器3上。调整试样11平整之后,将两个压片10分别压在试样11两端夹头位置,并用螺钉固定在基体4上。旋转施力螺母5,旋转过程中,夹紧进给螺杆6以保证其相对于力传感器3没有转动,通过监测力显示器7使试样11加载到预定拉力值。待示值稳定后,将本装置整体置于Zwick压入仪1的试样台上。压入仪1在此应力状态下做5次(为了保证实验的重复性)压入实验,并连续记录每次压入实验的压入深度和压入载荷。然后调节施力螺母5至另一预定拉力值,重复压入测试过程,进行不同预应力状态下试样的压入实验。

[0036] 实验完毕即得试样处于不同预应力下压入载荷-深度(F-h)曲线,如图2所示。按照Yun-hee Lee等人的残余应力计算方法,计算出试样的残余应力。将该方法计算所得应力值(计算应力)和标准预应力值(名义应力)进行对比,如表1所示,可以检验该测试方法的可靠性,然后可根据误差结果对计算方法进行修正,使得该计算方法和实验结果更加吻合。也可以按照其他计算残余应力的方法计算出试样的残余应力,并和施加的标准预应力对比,验证并修正这些计算方法。

[0037] 表1.压入测试结果

	名义应力 (MPa)	计算应力 (MPa)	绝对误差 (MPa)
[0038]	169.83	208.75	38.92
	316.67	355.63	38.96

[0039] 同理,若要施加预定压应力,方法一可按照拉伸试验安装方法依次将固定夹具9安装于基体4、活动夹具2安装于力传感器3。将施力螺母5置于图1中所示基体4左端孔内侧,通过轴向往左旋转施力螺母5即可实现对试样11的压缩。

[0040] 方法二可将施力螺母5和进给螺杆6改为产生压应力所用元件。依图2所示,将施力螺母5和进给螺杆6替换为锥形施力螺杆13和连接头14,旋转锥形施力螺杆13产生的压力作用于连接头14,进而在试样11中产生压应力。其余步骤重复拉应力的测试过程。

[0041] 综上所述,本发明提出了一种用于残余应力压入测试方法检验的、基于单轴拉伸和压缩产生预应力、通过力传感器直接测量预应力值的实验加载装置。由于试样处于单轴应力状态,因此压入测试区域的预应力分布均匀,和压入点位置无关。本发明的装置结构简单,预应力分布均匀、测量直接准确,且在压入测试过程中,预应力状态稳定,其值不变,因此可作为一种标准预应力产生装置用于残余应力压入测试方法的检验。

[0042] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

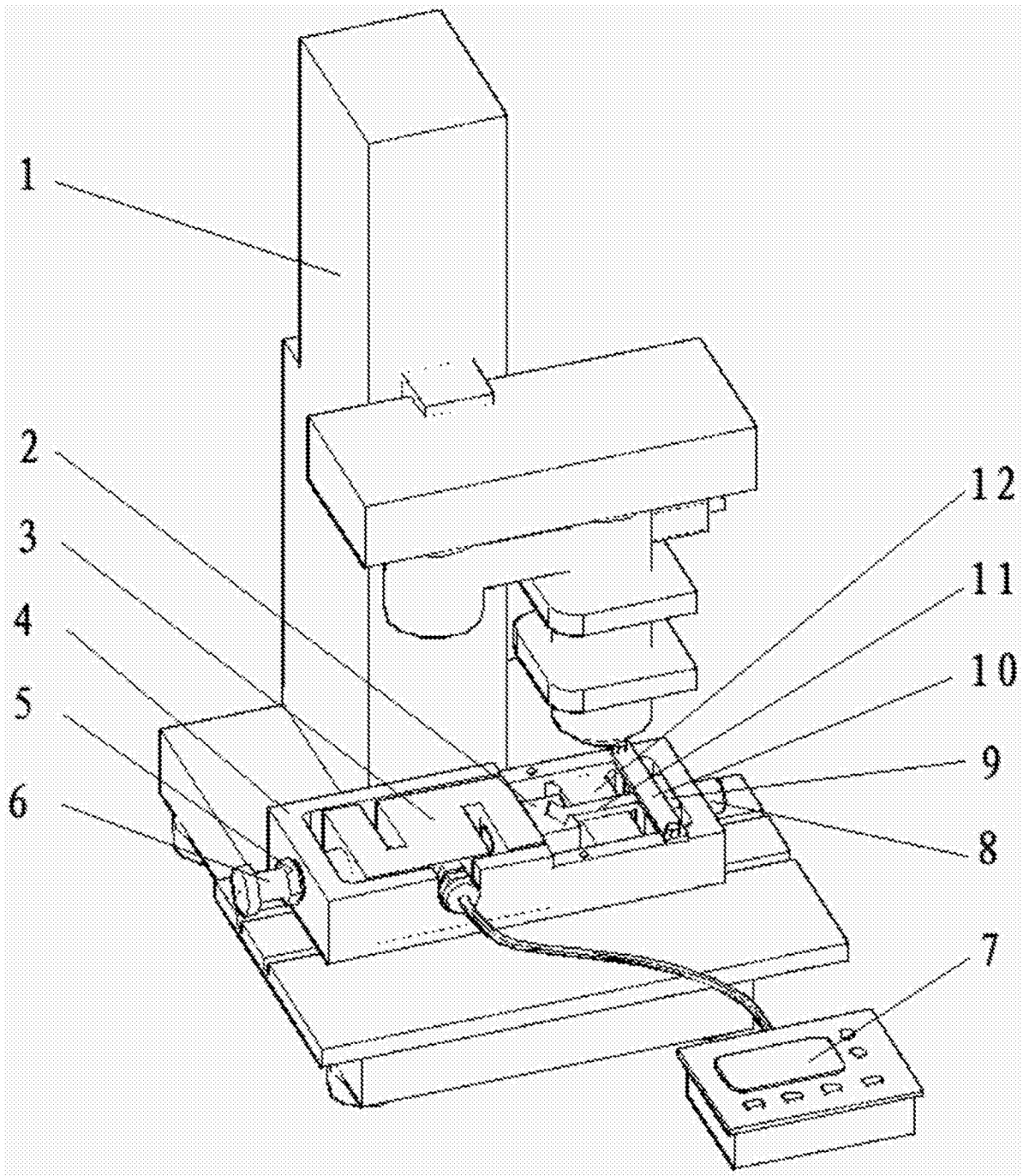


图1

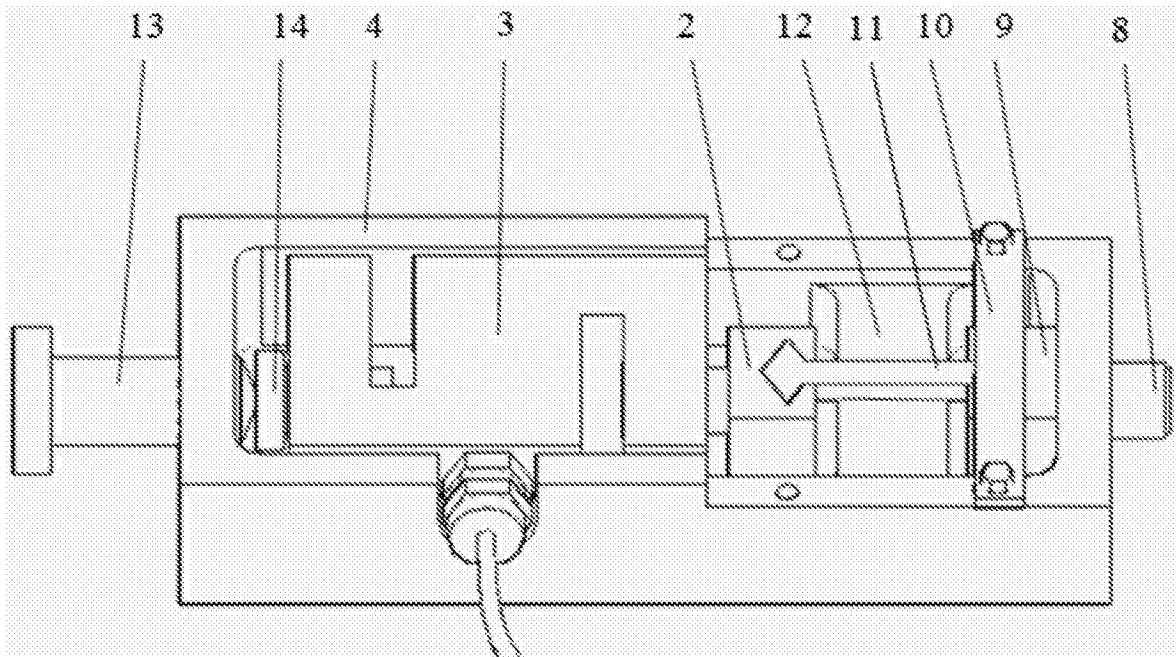


图2

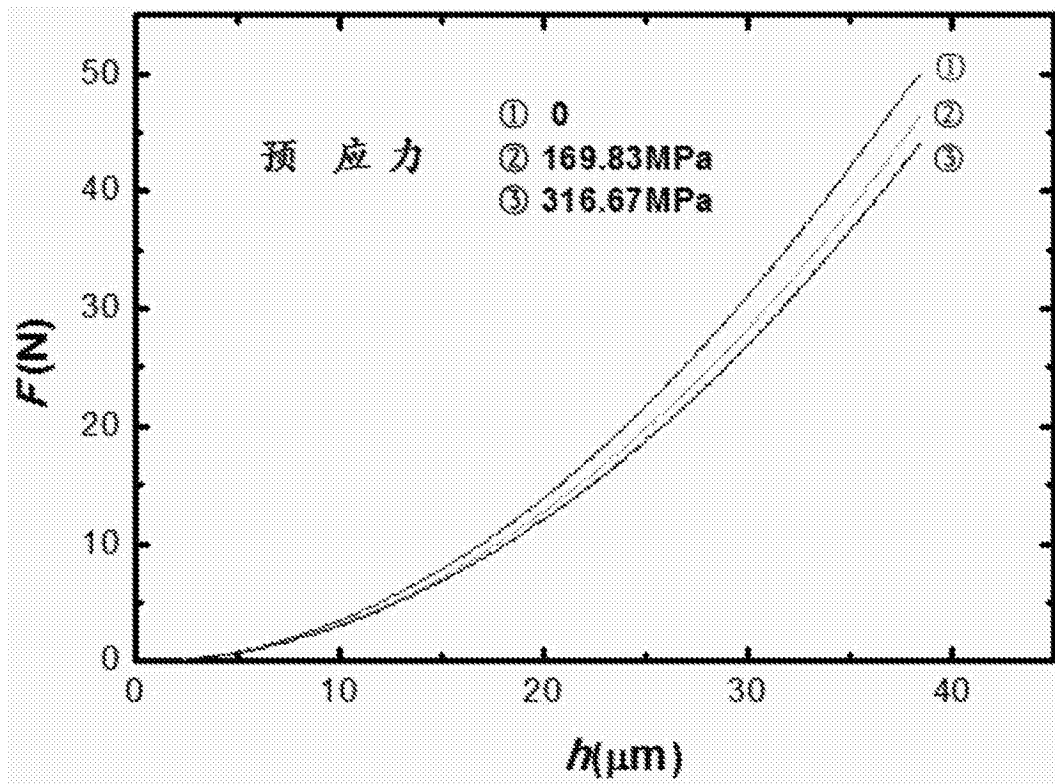


图3