(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 111579321 A
(43)申请公布日 2020.08.25

(21)申请号 202010382692.6

(22)申请日 2020.05.08

(71)申请人 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
申请人 上海核工程研究设计院有限公司

(72)发明人 明洪亮 吴斌 孟凡江 张志明 王俭秋 韩恩厚 刘晓强 鲍一晨 李荣博

(74)专利代理机构 沈阳优普达知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 21234
代理人 张志伟

(51)Int.Cl.
G01N 1/28(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种管状试样定量线性划伤装置及其使用方法

(57)摘要

本发明涉及传热管表面缺陷腐蚀评估领域，具体为一种管状试样定量线性划伤装置及其使用方法。在主框架上设置有装卡固定管套、试样架台、导向槽、划伤框架，管状试样设置于试样架台上表面的弧形凹槽上，试样架台上相对平行设置两个跨设于管状试样顶部的龙门压管固定装置，每个龙门压管固定装置通过其上V型压紧块底部的V形凹槽与管状试样相对应，试样架台上表面的弧形凹槽与V型压紧块底部的V形凹槽相对应，使管状试样上下通过龙门压管固定装置与试样架台夹持，管状试样的一端插设于装卡固定管套中。该装置能够实现管状试样的定量表面线性划伤，解决用于在高温高压水中腐蚀测试的管状定量划伤试样制备问题。

CN 111579321 A

1.一种管状试样定量线性划伤装置,其特征在于,主框架上设置有装卡固定管套、试样架台、导向槽、划伤框架,主框架包括主框架侧板、主框架平台,主框架侧板沿竖向设置于主框架平台上的一侧,主框架侧板的一侧中部设置装卡固定管套,试样架台设置于主框架侧板一侧的主框架平台上,管状试样设置于试样架台上表面的弧形凹槽上,试样架台上相对平行设置两个跨设于管状试样顶部的龙门压管固定装置,每个龙门压管固定装置通过其上V型压紧块底部的V形凹槽与管状试样相对应,试样架台上表面的弧形凹槽与V型压紧块底部的V形凹槽相对应,使管状试样上下通过龙门压管固定装置与试样架台夹持,管状试样的一端插设于装卡固定管套中;

划伤框架为单立柱上端带有悬臂的结构,所述悬臂的端部自上而下依次设置锁紧机构、导向块、划伤机构,导向块上配有锁紧机构,划伤机构的上端设有标矩尺,标矩尺依次穿过导向块、板条形锁紧机构,并与导向块、板条形锁紧机构呈滑动配合,锁紧机构的侧面开孔内安装锁紧螺栓,通过锁紧螺栓与标矩尺锁紧定位,划伤机构的下端安装与管状试样表面相对应的锥形头;所述单立柱的下端安装于主框架平台上另一侧的导向槽中,导向槽与管状试样为同一水平方向,传动杆的一端伸至导向槽内与单立柱的下端连接。

2.按照权利要求1所述的管状试样定量线性划伤装置,其特征在于,传动杆的另一端与直进电机相连,直进电机通过变频器与电源相连,通过直进电机驱动划伤框架,划伤框架带动划伤机构沿线性移动。

3.按照权利要求1所述的管状试样定量线性划伤装置,其特征在于,变频器的频率在0～100Hz可调,实现制备过程中划伤机构的不同线性速度控制。

4.按照权利要求1所述的管状试样定量线性划伤装置,其特征在于,为了保护管状试样的原始表面状态,在试样架台、龙门压管固定装置夹持管状试样的接触处均设有缓冲棉。

5.按照权利要求1所述的管状试样定量线性划伤装置,其特征在于,龙门压管固定装置由旋盘、螺杆、龙门架、滑槽、V型压紧块组成,具体结构如下:

龙门架的顶部中间开有螺纹孔,竖向设置的螺杆穿设于所述螺纹孔,螺杆的上端与旋盘一体连接,螺杆的下端与V型压紧块通过轴承连接,V型压紧块的两侧与龙门架内相对两侧竖向的滑槽呈滑动配合,V型压紧块的底部设有与管状试样对应的V形凹槽。

6.按照权利要求5所述的管状试样定量线性划伤装置,其特征在于,使用时,两个龙门压管固定装置固定于带有弧形凹槽的试样架台上,龙门压管固定装置与试样架台之间一体连接,以此实现管状试样的固定。

7.按照权利要求1所述的管状试样定量线性划伤装置,其特征在于,划伤机构由接触传感器、柱形杆、锥形头套筒、上紧固螺栓孔、下紧固螺栓孔、锥形头组成,具体结构如下:

上下设置紧密接触的柱形杆、锥形头穿设于锥形头套筒,接触传感器安装于柱形杆露出锥形头套筒的上部侧面;锥形头套筒的上部侧面开设上紧固螺栓孔,上紧固螺栓安装于上紧固螺栓孔,柱形杆通过上紧固螺栓顶紧固定于锥形头套筒;锥形头套筒的下部侧面开设下紧固螺栓孔,下紧固螺栓安装于下紧固螺栓孔,锥形头为柱形段和锥形段上下一体的结构,锥形头的柱形段通过下紧固螺栓顶紧固定于锥形头套筒,锥形头的锥形段下端与待划伤的管状试样相对应。

8.按照权利要求7所述的管状试样定量线性划伤装置,其特征在于,标矩尺的下端与柱形杆的上端相连,通过标矩尺上下调节锥形头的划伤深度,实现划伤深度的定量预设;当锥

形头接触到管状试样时，接触传感器出现信号反馈，以此作为标矩尺的调整零点。

9.按照权利要求7所述的管状试样定量线性划伤装置，其特征在于，锥形头采用YG系硬质合金，柱形杆采用TWIP钢。

10.一种权利要求1至9之一所述的管状试样定量线性划伤装置的使用方法，其特征在于，具体步骤如下：

(1)选取所需制备划痕角度配套的锥形头，将锥形头安装入锥形头套筒内，安装过程中锥形头与柱形杆密切配合，向上完全顶紧，通过下紧固螺栓孔、上紧固螺栓孔进行紧固；

(2)固定管状试样，将管状试样插入装卡固定管套中，并置于试样架台上；旋转旋盘，不断将V型压紧块下压，压紧管状试样，直至管状试样不能自由旋转、前后运动为止；

(3)以220V供电连接电源，调节变频器频率，使其达到制备所需的划伤速率，按动变频器“正向”按钮，将锥形头的正下方对准管状试样；

(4)通过标矩尺向下运动，直至划伤机构下端的锥形头接触到管状试样表面的最高点，接触传感器发出提示音，此时拧动锁紧螺栓，将整个划伤机构固定于此高度，将标矩尺归零；

(5)按动变频器“逆向”按钮，将锥形头移出管状试样的上方；将标矩尺下调至所需制备的划伤深度，再拧紧紧固螺栓；

(6)制备划痕，按动变频器“正向”按钮，直进电机推动传动杆向前运动，通过锥形头线性划伤管状试样，完成划痕制备；

(7)按动变频器“停止”按钮，松开锁紧螺栓，将标矩尺上升，松开旋盘，将带有所需表面线性划伤的管状试样取出。

一种管状试样定量线性划伤装置及其使用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及传热管表面缺陷腐蚀评估领域，具体为一种管状试样定量线性划伤装置及其使用方法。

背景技术

[0002] 工程上，金属结构材料在使用的过程中常常会出现划伤表面缺陷，在划痕周围塑性变形的程度影响着金属的服役性能，如耐磨性及耐受应力腐蚀的性能。例如，在传热管的生产、运输、装管过程中，传热管表面难以避免会出现划伤表面缺陷。世界上已经发生过许多由划伤表面缺陷导致的蒸汽发生器传热管失效案例。划伤区域残余应力大、塑性变形剧烈、存在梯度变化的晶粒尺寸、表面活性高，在腐蚀介质中易受到侵蚀而发生应力腐蚀。因此，需要科学地评估各种尺度的划伤表面缺陷对传热管表面微观组织及腐蚀性能的影响，可为核电站关键部件(如蒸汽发生器传热管)的设计与延寿提供科学的参考的依据，对我国核电站的安全运行具有十分重要的意义。在精确控制其他实验参数的条件下，定量地制备带有不同深度、不同划伤角度、不同划伤速率的表面线性划伤试样则是开展相关研究的基础。本发明主要是用于在传热管表面制备定量线性划伤的装置。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种管状试样定量线性划伤装置及其使用方法，在传热管表面制备定量线性划伤模拟试样，解决用于在高温高压水中腐蚀测试的管状定量线性划伤试样制备问题

[0004] 本发明的技术方案如下：

[0005] 一种管状试样定量线性划伤装置，主框架上设置有装卡固定管套、试样架台、导向槽、划伤框架，主框架包括主框架侧板、主框架平台，主框架侧板沿竖向设置于主框架平台上的一侧，主框架侧板的一侧中部设置装卡固定管套，试样架台设置于主框架侧板一侧的主框架平台上，管状试样设置于试样架台上表面的弧形凹槽上，试样架台上相对平行设置两个跨设于管状试样顶部的龙门压管固定装置，每个龙门压管固定装置通过其上V型压紧块底部的V形凹槽与管状试样相对应，试样架台上表面的弧形凹槽与V型压紧块底部的V形凹槽相对应，使管状试样上下通过龙门压管固定装置与试样架台夹持，管状试样的一端插设于装卡固定管套中；

[0006] 划伤框架为单立柱上端带有悬臂的结构，所述悬臂的端部自上而下依次设置锁紧机构、导向块、划伤机构，导向块上配有锁紧机构，划伤机构的上端设有标矩尺，标矩尺依次穿过导向块、板条形锁紧机构，并与导向块、板条形锁紧机构呈滑动配合，锁紧机构的侧面开孔内安装锁紧螺栓，通过锁紧螺栓与标矩尺锁紧定位，划伤机构的下端安装与管状试样表面相对应的锥形头；所述单立柱的下端安装于主框架平台上另一侧的导向槽中，导向槽与管状试样为同一水平方向，传动杆的一端伸至导向槽内与单立柱的下端连接。

[0007] 所述的管状试样定量线性划伤装置，传动杆的另一端与直进电机相连，直进电机

通过变频器与电源相连，通过直进电机驱动划伤框架，划伤框架带动划伤机构沿线性移动。

[0008] 所述的管状试样定量线性划伤装置，变频器的频率在0～100Hz可调，实现制备过程中划伤机构的不同线性速度控制。

[0009] 所述的管状试样定量线性划伤装置，为了保护管状试样的原始表面状态，在试样架台、龙门压管固定装置夹持管状试样的接触处均设有缓冲棉。

[0010] 所述的管状试样定量线性划伤装置，龙门压管固定装置由旋盘、螺杆、龙门架、滑槽、V型压紧块组成，具体结构如下：

[0011] 龙门架的顶部中间开有螺纹孔，竖向设置的螺杆穿设于所述螺纹孔，螺杆的上端与旋盘一体连接，螺杆的下端与V型压紧块通过轴承连接，V型压紧块的两侧与龙门架内相对两侧竖向的滑槽呈滑动配合，V型压紧块的底部设有与管状试样对应的V形凹槽。

[0012] 所述的管状试样定量线性划伤装置，使用时，两个龙门压管固定装置固定于带有弧形凹槽的试样架台上，龙门压管固定装置与试样架台之间一体连接，以此实现管状试样的固定。

[0013] 所述的管状试样定量线性划伤装置，划伤机构由接触传感器、柱形杆、锥形头套筒、上紧固螺栓孔、下紧固螺栓孔、锥形头组成，具体结构如下：

[0014] 上下设置紧密接触的柱形杆、锥形头穿设于锥形头套筒，接触传感器安装于柱形杆露出锥形头套筒的上部侧面；锥形头套筒的上部侧面开设上紧固螺栓孔，上紧固螺栓安装于上紧固螺栓孔，柱形杆通过上紧固螺栓顶紧固定于锥形头套筒；锥形头套筒的下部侧面开设下紧固螺栓孔，下紧固螺栓安装于下紧固螺栓孔，锥形头为柱形段和锥形段上下一体的结构，锥形头的柱形段通过下紧固螺栓顶紧固定于锥形头套筒，锥形头的锥形段下端与待划伤的管状试样相对应。

[0015] 所述的管状试样定量线性划伤装置，标矩尺的下端与柱形杆的上端相连，通过标矩尺上下调节锥形头的划伤深度，实现划伤深度的定量预设；当锥形头接触到管状试样时，接触传感器出现信号反馈，以此作为标矩尺的调整零点。

[0016] 所述的管状试样定量线性划伤装置，锥形头采用YG系硬质合金，柱形杆采用TWIP钢。

[0017] 所述的管状试样定量线性划伤装置的使用方法，具体步骤如下：

[0018] (1)选取所需制备划痕角度配套的锥形头，将锥形头安装入锥形头套筒内，安装过程中锥形头与柱形杆密切配合，向上完全顶紧，通过下紧固螺栓孔、上紧固螺栓孔进行紧固；

[0019] (2)固定管状试样，将管状试样插入装卡固定管套中，并置于试样架台上；旋转旋盘，不断将V型压紧块下压，压紧管状试样，直至管状试样不能自由旋转、前后运动为止；

[0020] (3)以220V供电连接电源，调节变频器频率，使其达到制备所需的划伤速率，按动变频器“正向”按钮，将锥形头的正下方对准管状试样；

[0021] (4)通过标矩尺向下运动，直至划伤机构下端的锥形头接触到管状试样表面的最高点，接触传感器发出提示音，此时拧动锁紧螺栓，将整个划伤机构固定于此高度，将标矩尺归零；

[0022] (5)按动变频器“逆向”按钮，将锥形头移出管状试样的上方；将标矩尺下调至所需制备的划伤深度，再拧紧紧固螺栓；

[0023] (6)制备划痕，按动变频器“正向”按钮，直进电机推动传动杆向前运动，通过锥形头线性划伤管状试样，完成划痕制备；

[0024] (7)按动变频器“停止”按钮，松开锁紧螺栓，将标矩尺上升，松开旋盘，将带有所需表面线性划伤的管状试样取出。

[0025] 本发明的优点及有益效果是：

[0026] 1、本发明装置能够定量地制备带有不同划伤深度、不同划伤角度、不同划伤速率的表面线性划伤试样，不仅能同时保证划伤几何尺寸的精度和精确控制划伤速率，更兼顾具有操作简易、经济性好、实用性高等特点。

[0027] 2、本发明在管状试样上下两侧同时设置了V型夹紧，上夹紧为龙门压管固定装置，下夹紧为带V型开口的试样架台；夹紧端设置有缓冲棉，能在保护管材原始表面状态的条件下实现紧固和可靠的夹持，配合端部的装卡固定管套紧固效果好、安装简易、操作方便。

[0028] 3、本发明不仅适用于标准管状试样线性划伤，通过改进夹持机构也可适用于制备带有表面线性划伤缺陷的用于C型环试验的试样。

[0029] 4、本发明中划伤机构采用刚性设计，可以有效避免划伤过程中因刚度不足所引起的塑性变形问题，从而有效降低划伤深度误差，同时采用接触感应器，增大零点校正的准确性。

[0030] 5、本发明中对划伤机构、导向块采用锁紧螺栓、上紧固螺栓、下紧固螺栓进行锁死紧固，其可靠性高、锁紧牢固。

附图说明

[0031] 图1为管状试样定量线性划伤装置结构示意图。图中，1电源；2变频器；3直进电机；4传动杆；5导向槽；6划伤框架；7龙门压管固定装置；8划伤机构；9标矩尺；10锁紧机构；11锁紧螺栓；12导向块；13主框架；131主框架侧板；132主框架平台；14管状试样；15试样架台；16装卡固定管套。

[0032] 图2为龙门压管固定装置7的结构示意图。图中，71旋盘；72螺杆；73龙门架；74滑槽；75V型压紧块。

[0033] 图3为划伤机构8的结构示意图。图中，81接触传感器；82柱形杆；83锥形头套筒；84上紧固螺栓孔；85下紧固螺栓孔；86锥形头。

[0034] 图4-图5为划伤机构8、锁紧机构10、导向块12之间装配关系的示意图。其中，图4为立体图，图5为图4中的I处放大图。图中，8划伤机构；9标矩尺；10锁紧机构；101滑槽紧固螺栓孔；102纵向滑槽；11锁紧螺栓；12导向块；121纵向导轨。

具体实施方式

[0035] 在具体实施过程中，本发明管状试样定量线性划伤装置主要由电源、变频器、直进电机、传动杆、导向槽、划伤框架、龙门压管固定装置、标矩尺、锁紧机构、锁紧螺栓、导向块、划伤机构、试样架台、装卡固定管套、主框架等组成，在装置主框架上设置有一弧形凹槽的试样架台，试样架台上部设置有两个龙门压管固定装置，装置主框架侧板设有一装卡固定管套；在试样架台上方设有划伤机构，划伤机构由划伤锥形头套筒、锥形头、接触传感器、标矩尺、锁紧机构、柱形杆、导向块构成；划伤机构通过划伤框架、导向槽、传动杆与直进电机

相连，获取带动划伤机构沿水平方向线性移动的动力；直进电机与变频器、电源相连，调整速度和划伤机构进给方向。使用时，通过柱形杆的接触传感器，预选角度划伤机构的锥形头接触管状试样表面后对标矩尺进行归零，再通过标矩尺对划伤机构的锥形头上下进给量进行调整，之后对划伤机构进行锁紧。控制直进电机变频器，实现划伤机构与固定管状试样的相对运动，完成预设角度与定量深度的划伤制备。

[0036] 如图1-图5所示，本发明管状试样定量线性划伤装置，主要包括：电源1、变频器2、直进电机3、传动杆4、导向槽5、划伤框架6、龙门压管固定装置7、划伤机构8、标矩尺9、锁紧机构10、锁紧螺栓11、导向块12、主框架13、管状试样14、试样架台15、装卡固定管套16，具体结构如下：

[0037] 主框架13上设置有装卡固定管套16、试样架台15、导向槽5、划伤框架6，主框架13包括主框架侧板131、主框架平台132，主框架侧板131沿竖向设置于主框架平台132上的一侧，主框架侧板131的一侧中部设置装卡固定管套16，试样架台15设置于主框架侧板131一侧的主框架平台132上，管状试样14设置于试样架台15上表面的弧形凹槽上，试样架台15上相对平行设置两个跨设于管状试样14顶部的龙门压管固定装置7，每个龙门压管固定装置7通过其上V型压紧块75底部的V形凹槽与管状试样14相对应，试样架台15上表面的弧形凹槽与V型压紧块75底部的V形凹槽相对应，使管状试样14上下通过龙门压管固定装置7与试样架台15夹持，管状试样14的一端插设于装卡固定管套16中。

[0038] 如图1、图4、图5所示，划伤框架6为单立柱上端带有悬臂的结构，所述悬臂的端部自上而下依次设置锁紧机构10、导向块12、划伤机构8，导向块12上端面设有平行于主框架侧板131方向的纵向导轨121，锁紧机构10下端面设有与纵向导轨121相对应的纵向滑槽102，纵向导轨121与纵向滑槽102呈滑动配合。纵向滑槽102侧面带有滑槽紧固螺栓孔101，滑槽紧固螺栓穿装于滑槽紧固螺栓孔101、并与纵向导轨121相对应，纵向滑槽102通过滑槽紧固螺栓与纵向导轨121顶紧固定。锁紧机构10的纵向滑槽102安装入导向块12的纵向导轨121实现纵向微调，保证划伤机构8恰好位于管状试样14的正上方。划伤机构8的上端设有标矩尺9，标矩尺9依次穿过导向块12、板条形锁紧机构10，并与导向块12、板条形锁紧机构10呈滑动配合，锁紧机构10的侧面开孔内安装锁紧螺栓11，通过锁紧螺栓11与标矩尺9锁紧定位，划伤机构8的下端安装与管状试样14表面相对应的锥形头86，通过锁紧机构10和锁紧螺栓11对划伤机构8进行锁死操作。

[0039] 所述单立柱的下端安装于主框架平台132上另一侧的导向槽5中，导向槽5与管状试样14为同一水平方向，传动杆4的一端伸至导向槽5内与单立柱的下端连接，传动杆4的另一端与直进电机3相连，直进电机3通过变频器2与电源1相连，通过直进电机3驱动划伤框架6，划伤框架6带动划伤机构8沿线性移动。变频器2的频率在0～100Hz可调，实现制备过程中划伤机构的不同线性速度控制。为了保护管状试样14的原始表面状态，在试样架台15、龙门压管固定装置7夹持管状试样14的接触处均设有缓冲棉，避免管状试样14表面损伤，并加大摩擦力，增强夹紧固定效果。

[0040] 如图2所示，龙门压管固定装置7由旋盘71、螺杆72、龙门架73、滑槽74、V型压紧块75组成，具体结构如下：

[0041] 龙门架73的顶部中间开有螺纹孔，竖向设置的螺杆72穿设于所述螺纹孔，螺杆72的上端与旋盘71一体连接，螺杆72的下端与V型压紧块75通过轴承连接，V型压紧块75的两

侧与龙门架73内相对两侧竖向的滑槽74呈滑动配合，V型压紧块75的底部设有可与管状试样14对应的V形凹槽。使用时，两个龙门压管固定装置7固定于带有弧形凹槽的试样架台15上，拧动龙门压管固定装置7的旋盘71，带动螺杆72向下运动，嵌入滑槽74的V型压紧块75压紧管状试样14；其中，龙门压管固定装置7与试样架台15之间一体连接，以此实现管状试样14的固定。

[0042] 如图3所示，划伤机构8由接触传感器81、柱形杆82、锥形头套筒83、上紧固螺栓孔84、下紧固螺栓孔85、锥形头86组成，具体结构如下：

[0043] 上下设置紧密接触的柱形杆82、锥形头86穿设于锥形头套筒83；锥形头套筒83的上部侧面开设上紧固螺栓孔84，上紧固螺栓安装于上紧固螺栓孔84，柱形杆82通过上紧固螺栓顶紧固定于锥形头套筒83；锥形头套筒83的下部侧面开设下紧固螺栓孔85，下紧固螺栓安装于下紧固螺栓孔85，锥形头86为柱形段和锥形段上下一体的结构，锥形头86的柱形段通过下紧固螺栓顶紧固定于锥形头套筒83，锥形头86的锥形段下端与待划伤的管状试样14相对应。接触传感器81安装于柱形杆82露出锥形头套筒83的上部侧面，当锥形头86接触到管状试样14时，接触传感器81出现信号反馈，以此作为标矩尺9的调整零点；标矩尺9的下端与柱形杆82的上端相连，通过标矩尺9上下调节锥形头86的划伤深度，实现划伤深度的定量预设。

[0044] 其中，锥形头拥有多种角度规格，采用YG系硬质合金制造，以此实现不同划伤角度的表面线性划伤试样制备。柱形杆使用TWIP钢材质，具有强度高刚度大的特点，保证在线性划伤过程中几乎不产生形变，从而保证定量精度。

[0045] 如图1-图5所示，本发明管状试样定量线性划伤装置的使用方法如下：

[0046] 1、选取所需制备划痕角度配套的锥形头86，将锥形头86安装入锥形头套筒83内，安装过程中注意与柱形杆82密切配合，向上完全顶紧，通过下紧固螺栓孔85、上紧固螺栓孔84进行紧固。

[0047] 2、固定管状试样14，将管状试样14小心插入装卡固定管套16中，并置于试样架台15上；旋转旋盘71，不断将V型压紧块75下压，压紧管状试样14，直至管状试样14不能自由旋转、前后运动为止。

[0048] 3、以220V供电连接电源1，调节变频器2频率(0～100Hz)，使其达到制备所需的划伤速率(按需调整)，按动变频器2“正向”按钮，将锥形头86的正下方对准管状试样14。

[0049] 4、通过标矩尺9向下运动，直至划伤机构8下端的锥形头86接触到管状试样14表面的最高点，接触传感器81发出提示音，此时拧动锁紧螺栓11，将整个划伤机构8固定于此高度，将标矩尺9归零。该位置视为定量划伤的进给起点，将此时标矩尺9示数作为零点。

[0050] 5、按动变频器2“逆向”按钮，将锥形头86移出管状试样14的上方。将标矩尺9从归零点下调至所需制备的划伤深度，再拧紧锁紧螺栓11。

[0051] 6、制备划痕，按动变频器2“正向”按钮，直进电机3推动传动杆4向前运动，通过锥形头86线性划伤管状试样14，完成划痕制备。

[0052] 7、按动变频器2“停止”按钮，松开锁紧螺栓11，将标矩尺9上升，松开旋盘71，将带有所需表面线性划伤的管状试样14取出。

[0053] 结果表明，本发明通过更换不同角度的锥形头，调节划伤角度；通过标矩尺上下运动，配合接触传感器进行归零，调节划伤深度；通过变频器控制直进电机的频率，调节划伤

速率。该装置能够实现管状试样的定量表面线性划伤，支持调整多种划伤角度、多种划伤深度、多种划伤速度等参数，进行模拟表面线性划伤试样制备。

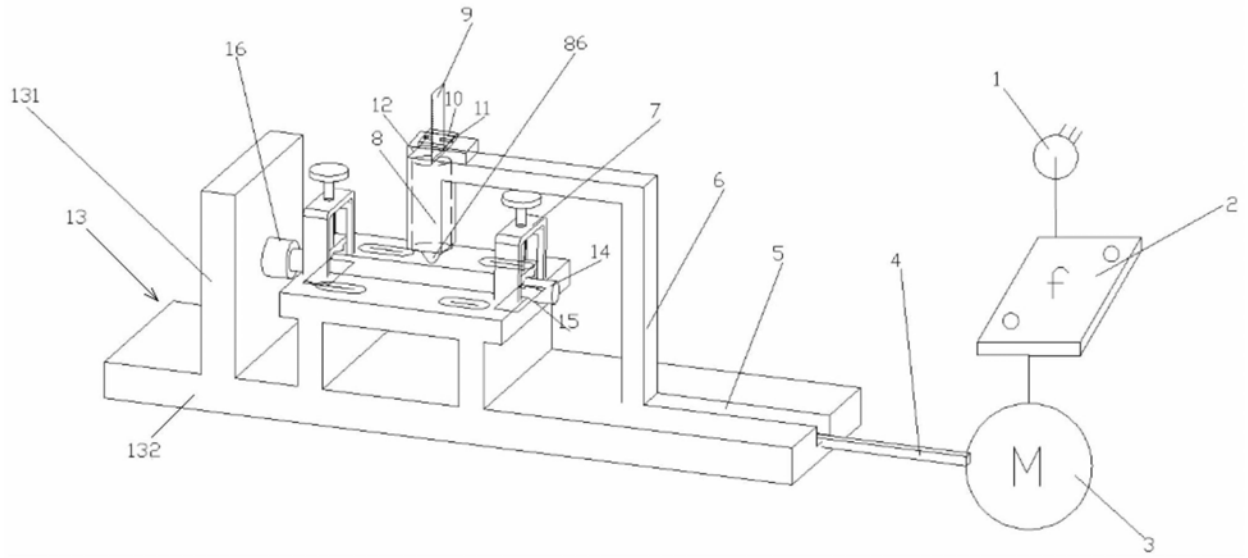

图1

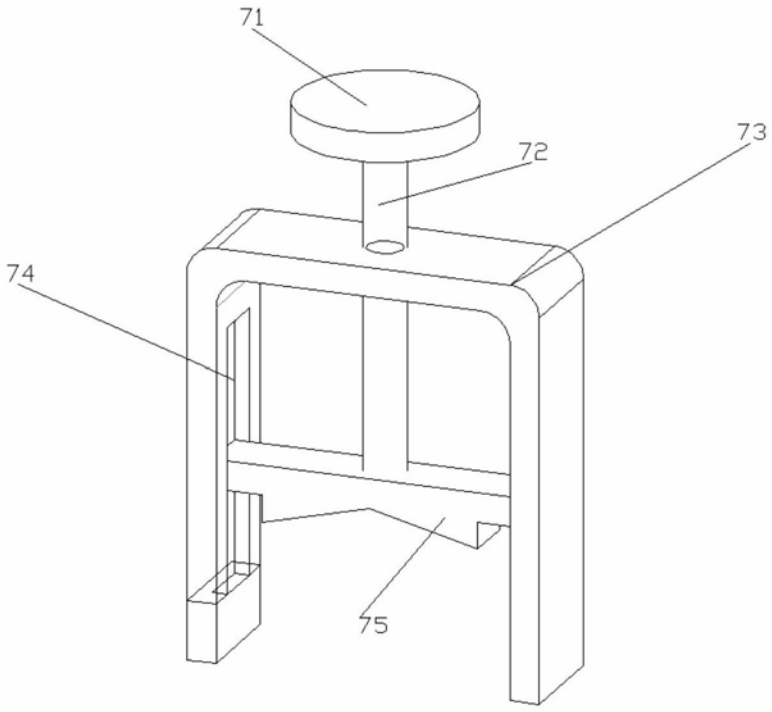

图2

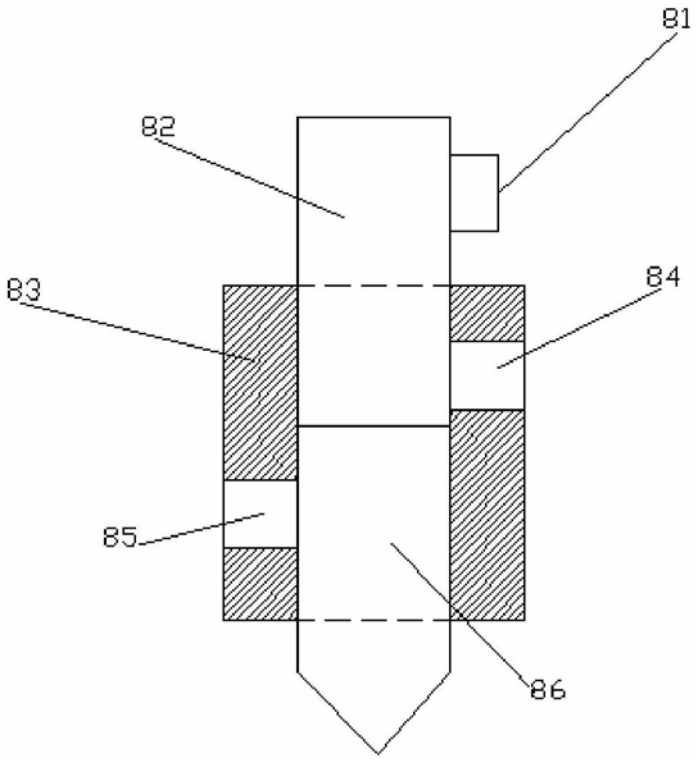

图3

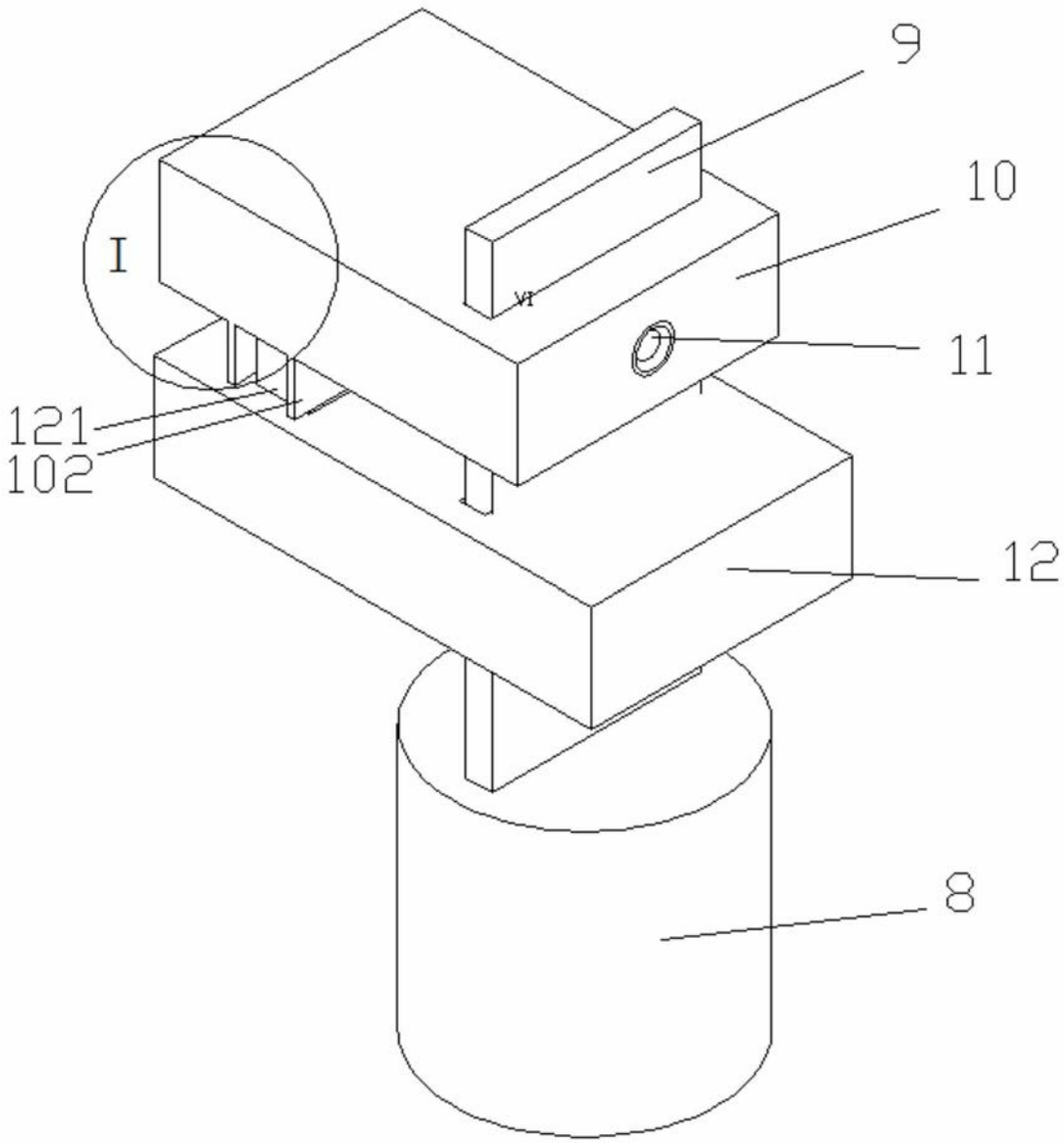

图4

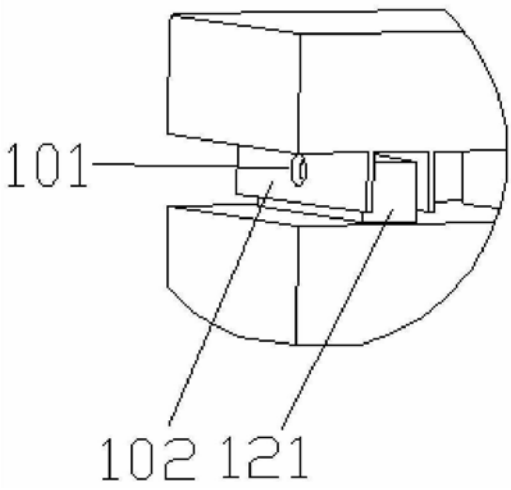

图5