



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108279179 A

(43)申请公布日 2018.07.13

(21)申请号 201810095066.1

(22)申请日 2018.01.31

(71)申请人 中国兵器工业第五九研究所
地址 400039 重庆市九龙坡区渝州路33号

(72)发明人 苏艳 钟勇 舒畅 杨万均
朱玉琴 封先河 罗来正 吴帅
滕俊鹏

(74)专利代理机构 重庆弘旭专利代理有限责任
公司 50209

代理人 韩绍兴

(51)Int.Cl.

G01N 3/38(2006.01)

G01N 3/08(2006.01)

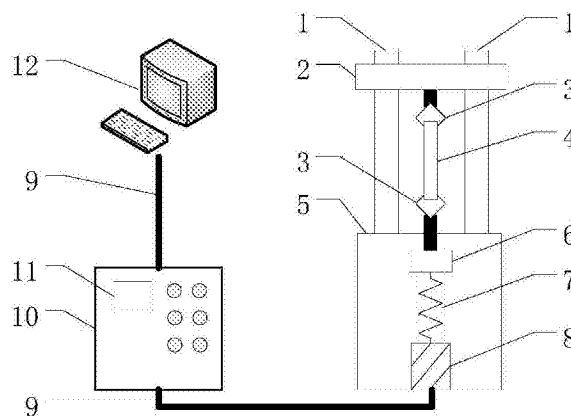
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种恒定、疲劳应力试验装置及试验方法

(57)摘要

本发明提供了一种恒定、疲劳应力试验装置及试验方法,试验装置包括工作台,在工作台台面设置有通透性框架,在框架上设置用于固定试件的夹紧部,夹紧部连接轴向应力加载系统,轴向应力加载系统包括顺次设置在工作台内的力传感器、丝杠和伺服电机,力传感器位于夹紧部与丝杠之间,丝杠一端连接力传感器,丝杠另一端连接在伺服电机输出端,伺服电机连接控制系统。试验方法为:先将试验装置放置在自然环境中,然后将试件安装在试验装置的夹紧部上,再对试件施加恒定应力和/或疲劳应力,从而实现环境和力学载荷对试件的协同作用,能够较好地模拟、再现结构件损伤过程。



1. 一种恒定、疲劳应力试验装置,包括工作台,在工作台台面(5)设置有通透性框架,在框架上设置有用以固定试件(4)的夹持部(3),夹持部(3)连接轴向应力加载系统,其特征在于:轴向应力加载系统包括顺次设置在工作台内的力传感器(6)、丝杠(7)和伺服电机(8),力传感器(6)位于夹持部(3)与丝杠(7)之间以检测所加载的力学载荷,丝杠(7)一端连接力传感器(6),丝杠(7)另一端连接在伺服电机(8)输出端;伺服电机(8)输入端连接控制伺服电机(8)运行的控制系统。

2. 根据权利要求1所述的恒定、疲劳应力试验装置,其特征在于:所述控制系统包括控制柜(10),在控制柜(10)内设置有数字控制器(11),数字控制器(11)分别连接计算机(12)、伺服电机(8)和所述力传感器(6),且数字控制器(11)、计算机(12)、伺服电机(8)和所述力传感器(6)共同构成闭环控制系统。

3. 根据权利要求1或2所述的恒定、疲劳应力试验装置,其特征在于:所述框架包括竖直固定在工作台上的多根立柱(1),在立柱(1)上部水平设置有横梁(2),横梁(2)高度可调。

4. 根据权利要求3所述的恒定、疲劳应力试验装置,其特征在于:所述夹持部(3)包括设置在所述横梁(2)上的上夹持部和靠近所述工作台台面(5)设置的下夹持部,且上夹持部与下夹持部位于所述工作台的中轴线上,通过上夹持部和下夹持部实现对试件(4)的径向限位。

5. 根据权利要求4所述的恒定、疲劳应力试验装置,其特征在于:所述上夹持部、所述下夹持部均包括连接杆,设置在连接杆上用于夹持试件(4)的夹具,以及与连接杆配合的导向套,且连接杆与导向套之间的配合方式为小间隙配合。

6. 根据权利要求5所述的恒定、疲劳应力试验装置,其特征在于:所述轴向应力加载系统位于呈中空结构的工作台内,并在工作台四周设置有防护板,在工作台侧壁的防护板上设置有通风口。

7. 采用权利要求1-6任一项所述的应力试验装置进行的环境-恒定、疲劳应力协同试验方法,其特征在于:先将所述应力试验装置放置于自然环境中,然后将试件安装在所述应力试验装置的夹持部上,再对试件施加恒定应力和/或疲劳应力,恒定应力值和疲劳应力值均为试件许用应力值;当试件的使用状态为静载受力状态时,对试件施加恒定应力;当试件的使用状态为动载受力状态时,对试件施加疲劳应力,或对试件交替性施加恒定应力和/或疲劳应力;所述自然环境根据试件的应用场合确定。

一种恒定、疲劳应力试验装置及试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于结构件损伤评估的装置和方法,特别涉及一种在自然环境条件下模拟结构件环境损伤过程的恒定、疲劳应力试验装置及试验方法。

背景技术

[0002] 结构件在实际使用过程中会受到各种环境因素的综合影响,总是处于一定的腐蚀环境中,例如,潮湿并伴有SO₂、Cl⁻等腐蚀介质的环境因素会对结构件产生明显影响,引起结构件腐蚀损伤。当结构件处于使用或运行状态时,尤其是在工作应力远小于许用应力的情况下,结构件容易出现突然断裂损伤或提前失效,特别是对于航空、军工产品、桥梁的关键受力结构件,一旦出现突然断裂损伤,往往会产生灾难性事故。结构件损伤的萌生和发展是一个十分复杂的过程,不仅与环境因素、材料因素和设计因素密切相关,还随受力状态的不同表现出较大差异。因此,在特定条件下模拟结构件损伤过程十分必要。

[0003] 目前,主要采用预腐蚀试验和疲劳应力试验模拟结构件损伤过程,但是,预腐蚀试验大多按照国军标GJB150-2009进行简单的单因素或两因素组合试验,试验条件与结构件实际使用环境出入较大,导致试验结果相关性差。同时,采用预腐蚀试验和疲劳应力试验等常规环境试验技术和力学测试技术难以建立与实际使用过程中的损伤当量关系,已不能满足结构件损伤研究要求。

[0004] 除此之外,CN2593182Y公开了一种应力腐蚀试验装置,利用弹簧对受试件施加轴向恒定载荷,受力支架四面镂空,可使受试件暴露于大气环境中,当要求在腐蚀介质中试验时,在受试件外面加装一个有腐蚀物质的密封容器即可。该装置虽然可以进行户外大气环境长期暴露试验,但其无法施加疲劳交变应力,也不能较好地模拟结构件损伤过程。

发明内容

[0005] 本发明目的之一在于提供一种恒定、疲劳应力试验装置,既能够在自然环境条件下开展环境腐蚀试验,又能够长期、连续进行恒定、疲劳应力加载,较好的模拟结构件损伤过程。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案。

[0007] 一种恒定、疲劳应力试验装置,包括工作台,在工作台台面设置有通透性框架,在框架上设置有用于固定试件的夹持部,夹持部连接轴向应力加载系统,其特征在于:轴向应力加载系统包括顺次设置在工作台内的力传感器、丝杠和伺服电机,力传感器位于夹持部与丝杠之间以检测所加载的力学载荷,丝杠一端连接力传感器,丝杠另一端连接在伺服电机输出端;伺服电机输入端连接控制伺服电机运行的控制系统。

[0008] 为能够更好地模拟结构件损伤过程,上述控制系统包括控制柜,在控制柜内设置有数字控制器,数字控制器分别连接计算机、伺服电机和力传感器,且数字控制器、计算机、伺服电机和力传感器共同构成闭环控制系统;进一步地,在控制系统的计算机软件控制界面可设置静载力值、动载力值(峰谷值)、加载持续时间、加载频率、循环周期数、位移量、转

数等参数,通过计算机软件控制界面实时输入、采集和显示相应数据。采用该技术方案不仅能够实时控制伺服电机启动、停止、正转、反转,实现全程闭环控制和精确控制实验条件,实时输入、采集和显示相关试验数据,而且能够对试件施加恒定应力和/或疲劳交变应力,实现恒定应力加载与疲劳应力加载的任意组合。

[0009] 为进一步精确控制试验条件,上述框架包括竖直固定在工作台上的多根立柱,在立柱上部水平设置有横梁,横梁高度可调。

[0010] 为进一步精确控制试验条件,上述夹持部包括设置在横梁上的上夹持部和靠近工作台面设置的下夹持部,且上夹持部与下夹持部位于工作台的中轴线处,通过上夹持部和下夹持部实现对试件的径向限位。作为优选,上夹持部和下夹持部包括连接杆,设置在连接杆上用于夹持试件的夹具,以及与连接杆配合相连的导向套,且连接杆与导向套之间的配合方式为小间隙配合;夹具优选为穿销式夹具或手动楔形夹具;力传感器位于下夹持部与丝杠之间。采用此结构对试件进行径向固定,还能够有效避免试验过程中试件横向振颤。

[0011] 为进一步精确控制试验条件,同时提高本发明恒定、疲劳应力试验装置的使用寿命,上述轴向应力加载系统位于呈中空结构的工作台内,并在工作台四周设置有防护板;

进一步地,在工作台侧壁的防护板上设置有通风口,通风口优选为百叶窗。

[0012] 本发明另一目的在于采用上述恒定、疲劳应力试验装置,提供一种环境-恒定、疲劳应力协同试验方法,以较好的模拟结构件损伤过程。

[0013] 一种环境-恒定、疲劳应力协同试验方法,先将上述恒定、疲劳应力试验装置放置于自然环境中,然后将试件安装在上述恒定、疲劳应力试验装置的夹持部上,再对试件施加恒定应力和/或疲劳应力,恒定应力值和疲劳应力值均为试件许用应力值。

[0014] 进一步地,上述恒定应力和/或疲劳应力值根据试件的使用状态确定,当试件的使用状态为静载受力状态时,对试件施加恒定应力;当试件的使用状态为动载受力状态时,对试件施加疲劳应力,或对试件交替性施加恒定应力和/或疲劳应力。

[0015] 进一步地,上述自然环境根据试件的应用场合确定,当试件应用于湿热海洋大气环境中,将应力试验装置放置在湿热海洋大气环境中;同理,当试件应用于亚湿热工业大气环境、湿热海洋大气环境、干热沙漠大气环境、高原低气压大气环境、寒冷低温环境等大气环境中,将应力试验装置放置在相应的大气环境中。

[0016] 相比于现有结构件应力试验装置和应力试验方法,本发明恒定、疲劳应力试验装置及试验方法具有如下效果。

[0017] 采用本发明恒定、疲劳应力试验装置及试验方法,既能够在自然环境条件下进行单一的恒定应力加载试验,又能够在自然环境条件下进行单一的疲劳应力加载试验,还能够在自然环境条件下进行恒定、疲劳应力和/或多级疲劳应力交替加载试验。

[0018] 本发明试验方法通过在自然环境条件下进行恒定、疲劳应力加载试验,结合通透性框架和轴向应力加载系统,能够模拟自然环境因素和力学载荷在试件上的协同作用过程,真实地反映结构件实际使用环境与力学载荷协同作用过程;利用环境腐蚀与力学载荷的耦合效应进行试验,使整个试验条件更接近于试件的实际使用条件,方便建立与结构件实际使用环境的损伤当量关系,得以较好的模拟结构件损伤过程。

[0019] 本发明恒定、疲劳应力试验装置可在长期试验过程中通过自适应调节方式控制电机的转速、转数和旋转方向,带动丝杠作恒定位移或上下往复直线运动,实现恒定应力和多

级疲劳交变应力的任意组合与精确加载,解决了自然环境因素与力学载荷不能协同作用的技术难题。

[0020] 本发明恒定、疲劳应力试验装置能够实时检测加载力值的大小,通过反馈、比较、判断进行校正控制,确保加载力值、波形等满足预设目标要求,实现了全过程闭环控制和精确加载,静载精度 $\geq 99\%$,动载精度 $\geq 97\%$ 。

[0021] 本发明提供的恒定、疲劳应力试验方法具有可设计性,根据具体试验对象的使用环境和受载情况,通过恰当设计试验环境和试验载荷组合,可在不同自然环境条件下实现与不同载荷类型的协同作用,满足不同产品试验要求,具有广泛的应用前景。

[0022] 本发明恒定、疲劳应力试验装置结构紧凑简单、体积小、重量轻、刚度好,不仅操作稳定性好,而且方便搬运,能够放置在任意自然环境中,特别适用于在自然环境中长期使用。

[0023] 采用本发明恒定、疲劳应力试验装置,可以结合具体试件的许用应力值,采用一定倍率进行量值或时间强化,加速完成试验,试验效率高。

[0024] 采用本发明恒定、疲劳应力试验装置,不仅能够确保试验过程中恒定、疲劳应力的连续性加载,而且能够设定长时间连续性应力加载周期,这对试验周期较长的受力结构件开展应力试验,具有相当大的优势。

附图说明

[0025] 图1为本发明恒定、疲劳应力试验装置的结构示意图;其中,1-立柱,2-上横梁,3-夹持部,4-试验样品/试件,5-工作台面,6-力传感器,7-丝杠,8-伺服电机,9-信号线,10-控制柜,11-数字控制器,12-计算机;

图2为本发明恒定应力加载过程示意图;

图3为本发明疲劳应力加载过程波形示意图;

图4为本发明实施例2中恒定、疲劳应力加载过程波形示意图。

具体实施方式

[0026] 下面结合具体实施例对本发明作进一步说明,在此指出以下实施例不能理解为对本发明保护范围的限制,本领域普通技术人员根据本发明的内容作出一些非本质的改进和调整,均在本发明保护范围内。

[0027] 实施例1

恒定、疲劳应力试验装置,如图1所示,包括工作台,在工作台面5设置有通透性框架,在框架上设置有用固定试件的夹持部6,夹持部6连接轴向应力加载系统,轴向应力加载系统包括顺次设置在工作台内的力传感器6、丝杠7和伺服电机8,力传感器6位于夹持部6与丝杠7之间以检测所加载的力学载荷大小,丝杠7一端连接力传感器6,丝杠7另一端连接在伺服电机8输出端;伺服电机8输入端连接控制伺服电机8运行的控制系统。

[0028] 控制系统包括控制柜10,在控制柜10内设置有数字控制器11,数字控制器11分别连接计算机12、伺服电机8和力传感器6,且数字控制器11、计算机12、伺服电机8和力传感器6共同构成闭环控制系统,采用信号线9将控制系统分别与伺服电机8和计算机12连通;在控制系统的计算机软件控制界面可设置静载力值、动载力值(峰谷值)、加载持续时间、加载频

率、循环周期数、位移量、转数等参数,通过计算机12内的软件控制界面实时输入、采集和显示相应数据。使用过程中,通过自适应调节方式控制伺服电机8的转速、转数和旋转方向,带动丝杠7在竖直方向作恒定位移或上下往复直线运动,实现长期试验过程中恒定应力和/或多级疲劳交变应力的任意组合加载。

[0029] 除特殊说明外,本发明所述数字控制器为本领域技术人员知晓的常规应力载荷控制器,本发明所述控制系统涉及的算法为常规算法。本发明所述控制系统通过执行“计算机软件控制界面输入参数命令---计算机输出数字信号---数字控制器接收数字信号并转化为电信号---伺服电机接收电信号并驱动丝杠执行相应动作”即可实现恒定、疲劳应力试验装置运行;本发明所述控制系统通过执行“力传感器将力学信号实时传递给数字控制器---数字控制器接收力学信号并与计算机数字信号进行比较,比较结果转化为电信号传递给伺服电机---伺服电机接收电信号校正加载力并驱动丝杠执行相应动作调整”以实现全过程闭环控制和精确加载。

[0030] 框架包括竖直固定在工作台面5的多根立柱1,立柱1包括但不限于两根、三根、四根,在立柱1上部水平设置有横梁2,横梁2高度可根据试件4的长度上下调节,横梁2与工作台面5构成受力的封闭结构。

[0031] 夹持部6包括设置在横梁2上的上夹持部和靠近工作台面5设置的下夹持部,且上夹持部与下夹持部位于工作台的中轴线上,通过上夹持部和下夹持部的相互配合对试件4进行径向限位。进一步地,上夹持部与下夹持部均包括连接杆,设置在连接杆端部的夹具,以及与连接杆配合相连的导向套,且连接杆与导向套之间的配合方式为小间隙配合,间隙控制为0.1-0.3 mm,防止试件4在试验过程中发生横向摆动;作为优选,夹具采用穿销式夹具或手动楔形夹具。使用时,试件4两端部分别安装在且上夹持部、下夹持部的夹具上,力传感器6安装于下夹持部的连接杆与丝杠7之间。

[0032] 轴向应力加载系统位于呈中空结构的工作台内,且在工作台四周设置有防护板,在工作台侧壁的防护板上设置有通风口,通风口采用百叶窗。

[0033] 采用上述恒定、疲劳应力试验装置进行环境-恒定、疲劳应力协同试验,先将上述恒定、疲劳应力试验装置放置在自然环境中,然后将试件安装在夹持部上,即将试件固定在上夹持部与下夹持部之间,再对试件施加恒定应力和/或疲劳应力,恒定应力值和疲劳应力值均为试件许用应力值。

[0034] 进一步地,上述恒定应力和/或疲劳应力根据试件的使用状态确定。当试件的使用状态为静载受力状态时,对试件4施加恒定应力,即静载加载,静载加载过程中加载力与时间的关系如图2所示,具体方法为:在计算机12上软件控制界面的试验参数设置窗口输入静载目标值、加载速度、保持时间,由控制系统驱动伺服电机8正向旋转,带动丝杠7向下运动,对试件4施加向下的拉力,当施加的拉力达到设定目标值后自动停止,并按设定时间保持稳定的载荷,然后卸载或切换至下一阶段试验;当试件的使用状态为动载受力状态时,对试件4施加疲劳应力,或对试件4交替性施加恒定应力和疲劳应力,即动载加载,动载加载过程中加载力与时间的关系如图3所示,具体方法为:在计算机12软件控制界面的试验参数设置窗口分段输入波峰/波谷值、加载频率、循环数,由控制系统驱动伺服电机8正反向旋转,带动丝杠7做上下往复运动,对试件4施加疲劳交变应力。试验期间,加载力大小通过力传感器6实时检测并传输至数字控制器11,通过信息反馈比较进行加载力校正,以实现全过程闭环

控制和精确加载。

[0035] 进一步地,上述自然环境根据试件的应用场合确定,当试件应用于湿热海洋大气环境中,将恒定、疲劳应力试验装置放置在湿热海洋大气环境中;同理,当试件应用于亚湿热工业大气环境、湿热海洋大气环境、干热沙漠大气环境、高原低气压大气环境、寒冷低温环境等大气环境环境中,将恒定、疲劳应力试验装置放置在相应的大气环境中。

[0036] 实施例2

为便于进一步理解采用本发明环境-恒定、疲劳应力协同试验方法,以哑铃型拉伸试样为例对环境-应力协同试验作详细说明。

[0037] 试样采用平直段 $20\text{mm}\times 1.5\text{mm}$ 的哑铃型拉伸试样,试样垂直固定于上、下夹持部之间。

[0038] 试验条件:根据哑铃型拉伸试样实际使用情况确定采用湿热海洋环境作为试验环境,具体是将恒定、疲劳应力试验装置安放于海南万宁试验站离海岸385m的远海暴露场内。根据哑铃型拉伸试样寿命期任务剖面,停放阶段试样承受恒定载荷作用,运行阶段试样承受疲劳载荷作用等实际使用情况,确定载荷类型为恒定应力和疲劳交变应力,采用交替施加的方式进行恒定、疲劳应力试验。所述恒定许用应力确定为 30MPa ,保持时间24h;所述疲劳交变许用应力采用等损伤折算法设计为二级等幅疲劳载荷谱,一级疲劳载荷峰值 200MPa 、谷值 140MPa ,保持时间0.5h,二级疲劳载荷峰值 160MPa 、谷值 80MPa ,保持时间3h,加载频率为10Hz。

[0039] 试验步骤:

步骤1:打开电源开关,启动控制柜、计算机,打开控制系统的计算机软件控制界面,进入试验参数设置窗口;

步骤2:在试验参数设置窗口输入恒定应力(静载)值 900N 、加载速度 500N/S 、保持时间24h、卸载速度 500N/S ;在试验参数设置窗口输入第一级疲劳载荷波峰值 6000N 、波谷值 4200N 、频率10Hz、保持时间0.5h,输入第二级疲劳载荷波峰值 4800N 、波谷值 2400N 、频率10Hz、保持时间3h;在试验参数设置窗口输入循环次数1000次;

步骤3:点击“开始”按钮,控制系统将驱动伺服电机旋转,带动丝杠按照设定的程序顺序施加恒定应力载荷和二级疲劳应力载荷;如图4所示,恒定应力载荷保持完成后自动切换至一级疲劳载荷,一级疲劳载荷加载完成后自动切换至二级疲劳载荷,直至完成规定的循环次数。整个应力加载过程中,试样将经受环境腐蚀和力学载荷的耦合作用,产生腐蚀损伤。

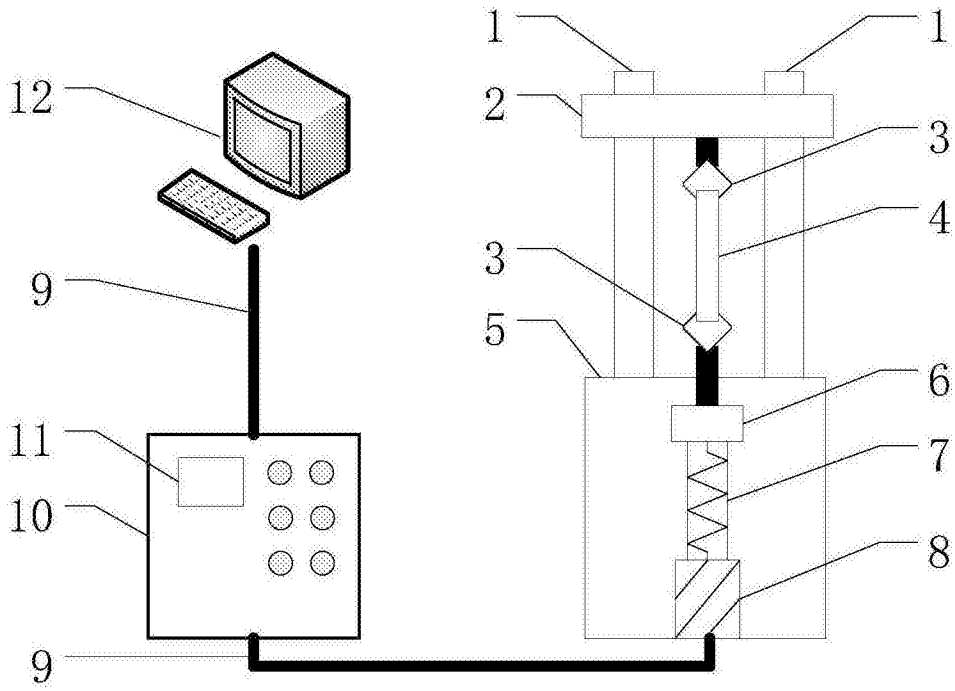


图1

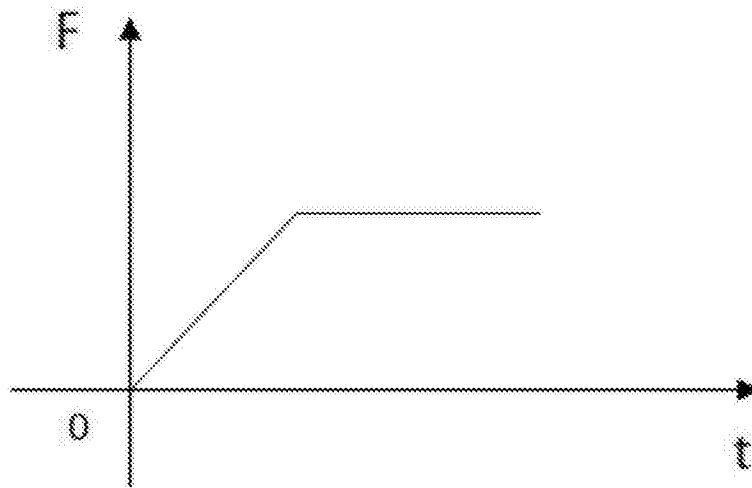


图2

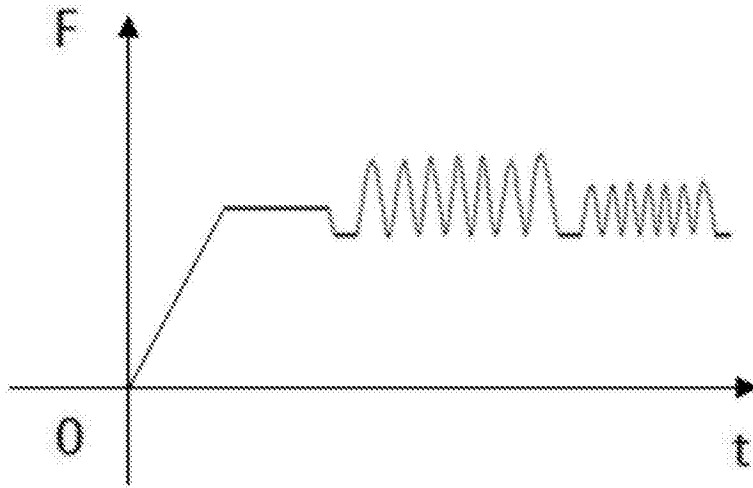


图3

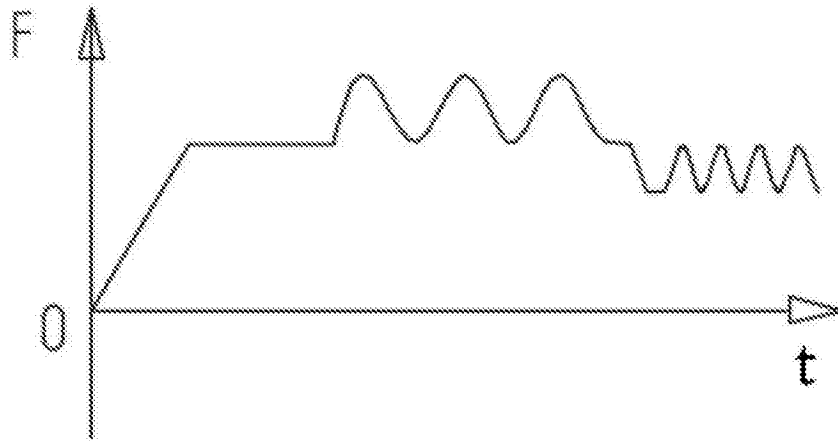


图4