



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107490514 A

(43)申请公布日 2017. 12. 19

(21)申请号 201710887289.7

(22)申请日 2017.09.27

(71)申请人 长春工业大学

地址 130012 吉林省长春市延安大街2055号

(72)发明人 崔丽娜 尤元

(74)专利代理机构 长春市四环专利事务所(普通合伙) 22103

代理人 张建成

(51)Int.Cl.

G01N 3/08(2006.01)

G01N 3/20(2006.01)

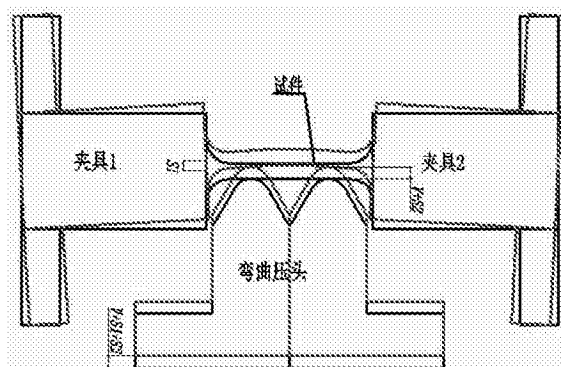
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

拉伸和弯曲预载荷下压痕测试装置的机架柔度分析方法

(57)摘要

本发明公开了一种拉伸和弯曲预载荷下压痕测试装置的机架柔度分析方法,本发明利用位移传感器测得的变形D,计算出被测试件的真实挠度 v ,从而获得机架柔度的值C,通过修正机架柔度,能够使利用该测试装置测试材料的力学性能参数时,获得准确的测量结果,能对复合载荷下的纳米压痕测试理论与方法进行更好的研究。



1. 一种拉伸和弯曲预载荷下压痕测试装置机架的柔度分析方法,包括如下步骤:

步骤一:被测试样的真实变形 v 与弯曲压头以及弯曲支撑头变形的关系可表示为:

$$v = D - S_1 - S_2 = D - (C_1 + C_2) F_b$$

其中: D 为位移传感器测得的变形(mm), C_1 、 C_2 分别表示四点弯曲压头和支撑头的柔度(N.mm), F_b 表示四点弯曲加载载荷(N), v 为被测试件的真实挠度值(N/mm), S_1 为弯曲支撑端变形量(mm), S_2 为弯曲压头前端行走位移(mm);

将整体机架柔度 C 表示为 $C = C_1 + C_2$,考虑到总的机架柔度,当作用载荷为 F_b 时,试样真实挠度值与位移传感器所测位移之间的关系可表示为:

$$v = D - CF_b$$

由上式可知,通过位移传感器测得的变形 D ,计算出被测试件的真实挠度 v ,从而获得机架柔度 C 值;

步骤二:材料弹性模量的四点弯曲计算公式为:

$$E = \frac{F_b L^3 (2L + 3m)}{24Iv} = \frac{L^3 (2L + 3m)}{24I} \left(\frac{\Delta F_b}{\Delta v} \right)$$

其中, E 为被测试样弹性模量(Pa), I 为转动惯量($\text{Kg} \cdot \text{m}^2$), L 为固定端到压头的距离(mm), m 为两压头之间的距离(mm);

由于试件实际变形包括弯曲压头和机座部分的变形,如果不消除,会造成弹性模量测试结果的偏小,当被测试件处于弹性阶段的过程时:

$$\frac{F_b}{v} = \frac{\Delta F_b}{\Delta v} = \frac{\Delta F_b}{\Delta D - C \times \Delta F_b} = \frac{1}{\Delta D / \Delta F_b - C}$$

其中, $\Delta D / \Delta F_b$ 表示被测试件处于弹性阶段时,力-挠度曲线的斜率;

可得两端固定式四点弯曲自动测试法的弹性模量计算公式为:

$$E = \frac{L^3 (2L + 3m)}{24I} \left(\frac{1}{\frac{\Delta D}{\Delta F_b} - C} \right)$$

由上式可以看出,试样的尺寸已知时, $\frac{L^3 (2L + 3m)}{24I}$ 是个定量, F_b-v 曲线斜率可以根据测试装置所得数据直接求出,从而可以计算出 $\frac{\Delta D}{\Delta F_b}$ 的值,因为测试试样的弹性模量已知,因此可计算得出测试装置的机架柔度 C 的值。

拉伸和弯曲预载荷下压痕测试装置的机架柔度分析方法

技术领域

[0001] 本发明涉及压痕测试装置的机架柔度分析方法,特别涉及一种拉伸和弯曲预载荷下压痕测试装置的机架柔度分析方法。

背景技术

[0002] 材料是人类生产生活的物质基础,因对材料变形损伤和破坏机理缺乏研究,致使材料在正常服役中失效破坏的现象时有发生,给国家经济和人民的生命财产安全造成了巨大损失。

[0003] 目前,英、美和瑞士等国都有商业化的压痕测试仪器产品,所开展的压痕测试都是针对样品材料开展的单一压痕测试,而缺少对复合载荷下的纳米压痕测试理论与方法的研究,因此,针对材料在复合载荷下的纳米压痕测试研究越来越受到国内外学者的广泛关注,复合载荷下的纳米压痕测试,由于可以借助显微成像系统,对材料的力学行为进行原位观测,在材料力学测试、生物力学和生物医学等领域具有广泛的应用前景。

发明内容

[0004] 本发明的目的是解决上述现有技术缺少对复合载荷下的纳米压痕测试理论与方法的研究,而提供一种拉伸和弯曲预载荷下压痕测试装置的机架柔度分析方法。

[0005] 一种拉伸和弯曲预载荷下压痕测试装置的机架柔度分析方法,包括以下步骤:

[0006] 步骤一:被测试样的真实变形 v 与弯曲压头以及弯曲支撑头变形的关系可表示为:

[0007] $v = D - S_1 - S_2 = D - (C_1 + C_2) F_b$

[0008] 其中: D 为位移传感器测得的变形, C_1 、 C_2 分别表示四点弯曲压头和支撑头的柔度, F_b 表示四点弯曲加载载荷, v 为被测试件的真实挠度值; S_1 为弯曲支撑端变形量; S_2 为弯曲压头前端行走位移;

[0009] 可将整体机架柔度 C 表示为 $C = C_1 + C_2$,考虑到总的机架柔度,当作用载荷为 F_b 时,试样真实挠度值与位移传感器所测位移之间的关系可表示为:

[0010] $v = D - CF_b$

[0011] 上式可知,通过位移传感器测得的变形 D ,计算出被测试件的真实挠度 v ,从而获得机架柔度 C 值;

[0012] 步骤二:材料弹性模量的四点弯曲计算公式为:

[0013]
$$E = \frac{F_b L^2 (2L + 3m)}{24 \delta v} = \frac{L^2 (2L + 3m)}{24 I} \left(\frac{\Delta F_b}{\Delta v} \right)$$

[0014] 其中, E 为被测试样弹性模量(Pa), I 为转动惯量($\text{Kg} \cdot \text{m}^2$), L 为固定端到压头的距离(mm), m 为两压头之间的距离(mm);

[0015] 由于试件实际变形包括弯曲压头和机座部分的变形,如果不消除,会造成弹性模量测试结果的偏小,当被测试件处于弹性阶段的过程时:

[0016]
$$\frac{F_b}{v} = \frac{\Delta F_b}{\Delta v} = \frac{\Delta F_b}{\Delta D - C \Delta F_b} = \frac{1}{\Delta D / \Delta F_b - C}$$

[0017] 其中, $\Delta D / \Delta F_b$ 表示被测试件处于弹性阶段时, 力-挠度曲线的斜率。

[0018] 可得两端固定式四点弯曲自动测试法的弹性模量计算公式为:

$$[0019] \quad E = \frac{F_b^2 (2L+3m)}{24I} \left(\frac{1}{\frac{\Delta D}{\Delta F_b} - C} \right)$$

[0020] 由上式可以看出, 试样的尺寸已知时, $\frac{F_b^2 (2L+3m)}{24I}$ 是个定量, F_b-v 曲线斜率可以根据测试装置所得数据直接求出, 从而可以计算出 $\frac{\Delta D}{\Delta F_b}$ 的值, 因为测试试样的弹性模量已知, 因此可计算得出测试装置的机架柔度 C 的值。

[0021] 本发明的有益效果:

[0022] 本发明利用位移传感器测得的变形 D , 计算出被测试件的真实挠度 v , 从而获得机架柔度的值 C , 通过修正机架柔度, 能够使利用该测试装置测试材料的力学性能参数时, 获得准确的测量结果, 能对复合载荷下的纳米压痕测试理论与方法进行更好的研究。

附图说明

[0023] 图1是本发明弯曲模块机架变形示意图。

[0024] 图2是本发明实施例中Q235四点弯曲载荷-挠度的试验曲线图。

[0025] 图3是本发明实施例中6061铝合金校正后弯曲载荷-挠度试验曲线图。

[0026] 图4是本发明实施例紫铜校正后弯曲载荷-挠度试验曲线图。

具体实施方式

[0027] 请参阅图1所示, 一种拉伸和弯曲预载荷下压痕测试装置的机架柔度分析方法, 包括以下步骤:

[0028] 步骤一: 被测试样的真实变形 v 与弯曲压头以及弯曲支撑头变形的关系可表示为:

$$[0029] \quad v = D - S_1 - S_2 = D - (C_1 + C_2) F_b$$

[0030] 其中: D 为位移传感器测得的变形, C_1 、 C_2 分别表示四点弯曲压头和支撑头的柔度, F_b 表示四点弯曲加载载荷, v 为被测试件的真实挠度值; S_1 为弯曲支撑端变形量; S_2 为弯曲压头前端行走位移;

[0031] 可将整体机架柔度 C 表示为 $C = C_1 + C_2$, 考虑到总的机架柔度, 当作用载荷为 F_b 时, 试样真实挠度值与位移传感器所测位移之间的关系可表示为:

$$[0032] \quad v = D - CF_b$$

[0033] 由上式可知, 通过位移传感器测得的变形 D , 计算出被测试件的真实挠度 v , 从而获得机架柔度 C 值;

[0034] 步骤二: 材料弹性模量的四点弯曲计算公式为:

$$[0035] \quad E = \frac{F_b L^3 (2L+3m)}{24Iv} = \frac{L^3 (2L+3m)}{24I} \left(\frac{\Delta F_b}{\Delta v} \right)$$

[0036] 其中, E 为被测试样弹性模量 (Pa), I 为转动惯量 ($\text{Kg} \cdot \text{m}^2$), L 为固定端到压头的距离 (mm), m 为两压头之间的距离 (mm);

[0037] 由于试件实际变形包括弯曲压头和机座部分的变形, 如果不消除, 会造成弹性模量测试结果的偏小, 当被测试件处于弹性阶段的过程时:

[0038]
$$\frac{F_b}{v} = \frac{\Delta F_b}{\Delta v} = \frac{\Delta F_b}{\Delta D - C \times \Delta F_b} = \frac{1}{\Delta D / \Delta F_b - C}$$

[0039] 其中, $\Delta D / \Delta F_b$ 表示被测试件处于弹性阶段时, 力-挠度曲线的斜率;

[0040] 可得两端固定式四点弯曲自动测试法的弹性模量计算公式为:

[0041]
$$E = \frac{l^2(2l+3m)}{24I} \left(\frac{1}{\frac{\Delta D}{\Delta F_b} - C} \right)$$

[0042] 由上式可以看出, 试样的尺寸已知时, $\frac{l^2(2l+3m)}{24I}$ 是个定量, F_b-v 曲线斜率可以根据测试装置所得数据直接求出, 从而可以计算出 $\frac{\Delta D}{\Delta F_b}$ 的值, 因为测试试样的弹性模量已知, 因此可计算得出测试装置的机架柔度 C 的值。

[0043] 实施例

[0044] 请参阅图2、图3和图4所示:

[0045] 首先选取Q235试样作为样件, 在整个四点弯曲测试过程中, 标距 l 为20mm, 弯曲压头和支撑头半径 R 为2.5mm;

[0046] 两组曲线斜率的平均值为303.56, 故上节公式中的计算值 $\frac{\Delta D}{\Delta F_b}$ 为 $1/303.56$, 即

$E = 250 \times \left(\frac{1}{\frac{1}{303.56} - C} \right)$, 由商业化试验机测得Q235的弹性模量为202GPa, 得柔度系数 C 为 $3.3 \times 10^{-3} \text{ mm/N}$;

[0047] $v = D - CF_b = D - 3.3 \times 10^{-3} \times F_b$

[0048] 为了验证弯曲测试单元的校准方法以及所测得的柔度系数 C 值是否正确, 针对试样材料6061铝合金和紫铜进行弯曲测试, 利用提出的四点弯曲校准方法进行修正, 其中所测的挠度 v 利用上式处理, 图3和图4是四点弯曲加载下被测试件校正后的弯曲载荷-挠度曲线;

[0049] 由图3和图4可以看到, 利用该测量装置测得的同种材料的弯曲载荷-挠度曲线重复性比较好。同时将弯曲测试单元校正后弹性模量值 E_1 和商业化试验机测得弹性模量 E_2 作对比, 表1是两者对比结果。其中可根据图3和图4中的试验数据计算出这两种不同材料的弹性模量为:

[0050]
$$E = 250 \times \left(\frac{1}{\frac{\Delta D}{\Delta F_b} - 3.30 \times 10^{-3}} \right)$$

[0051] 弯曲测试单元校正后弹性模量 (E_1) 与商业化试验机测得弹性模量 (E_2) 对比表如下:

	试样	6061 铝合金	紫铜
[0052]	弹性模量 E_1 (GPa)	75.26	146.10
	弹性模量 E_2 (GPa)	78.86	148.36
[0053]	相对误差 (%)	4.78	1.52

[0054] 利用所研制的弯曲测试单元测得的6061铝合金和紫铜的弹性模量平均值分别为75.26GPa和146.10GPa,由商业化试验机测得的两种材料弹性模量分别为78.86GPa和148.36GPa,计算两种不同材料弹性模量的误差分别为4.78%和1.52%,验证了校准方法的可靠性。

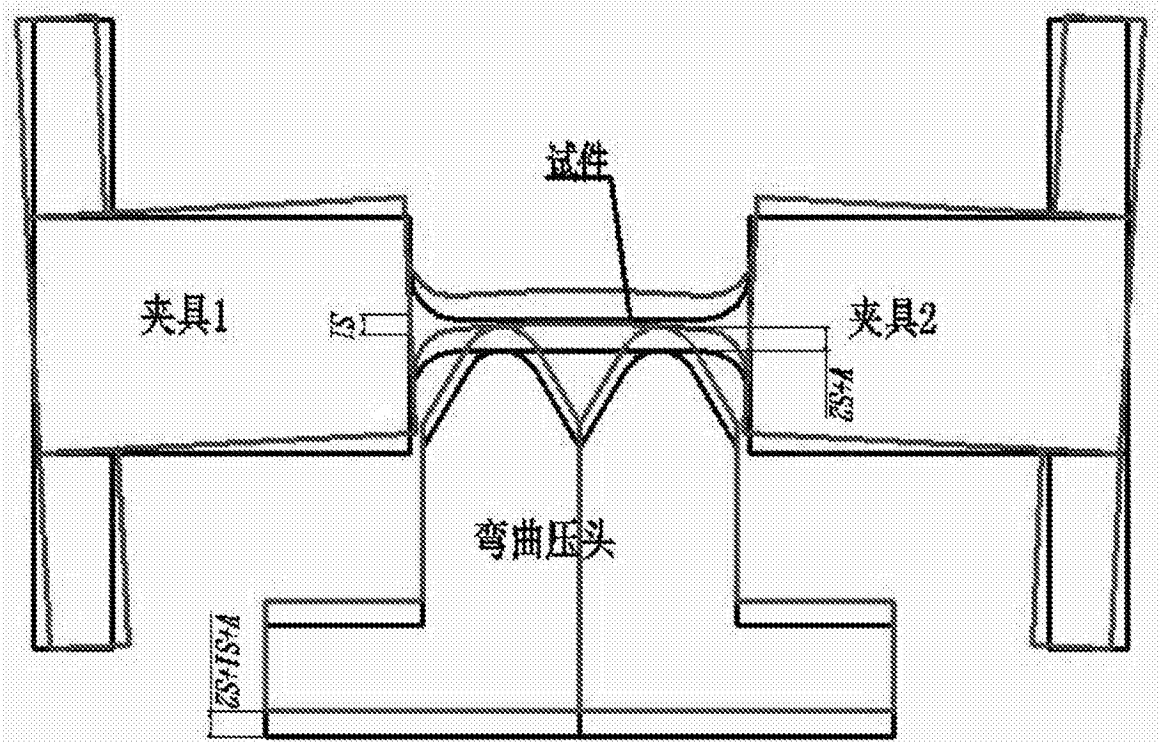


图1

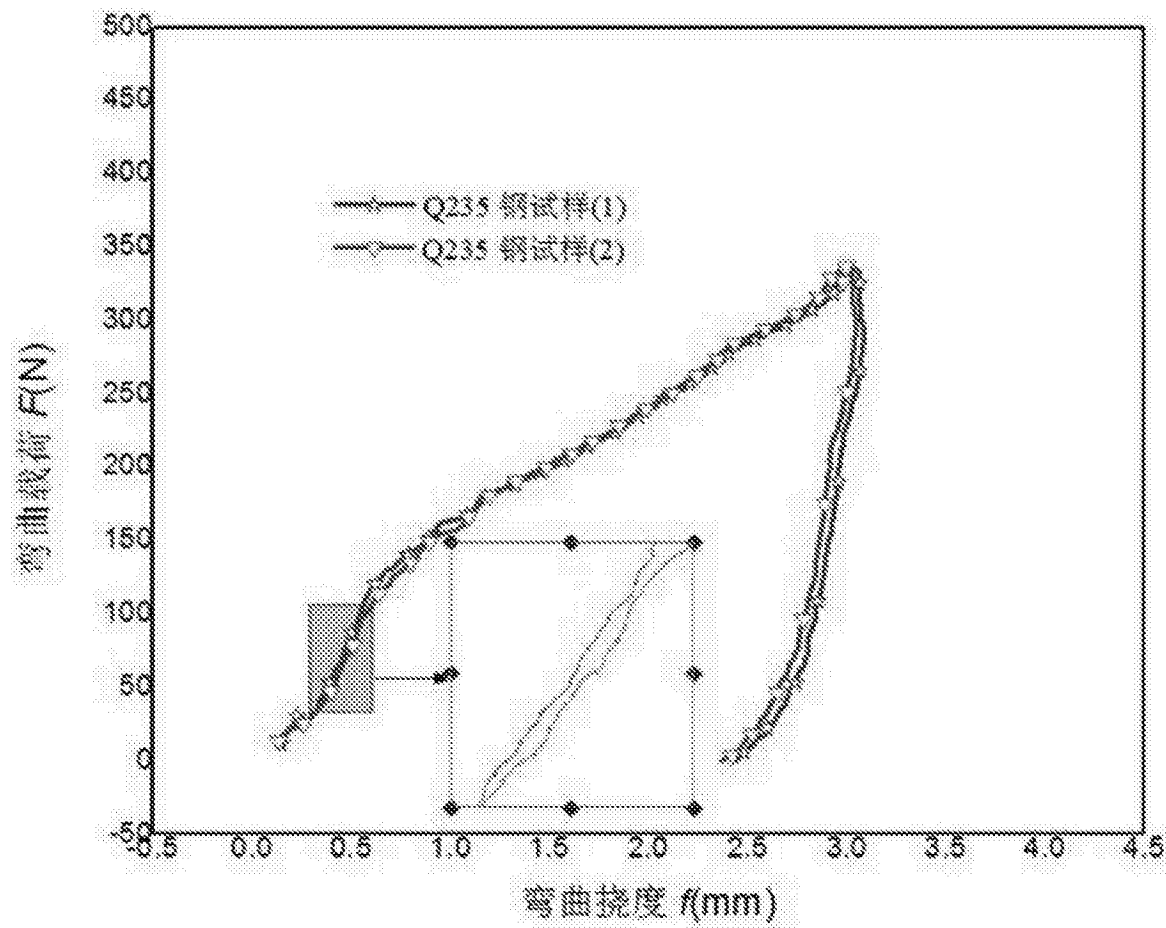


图2

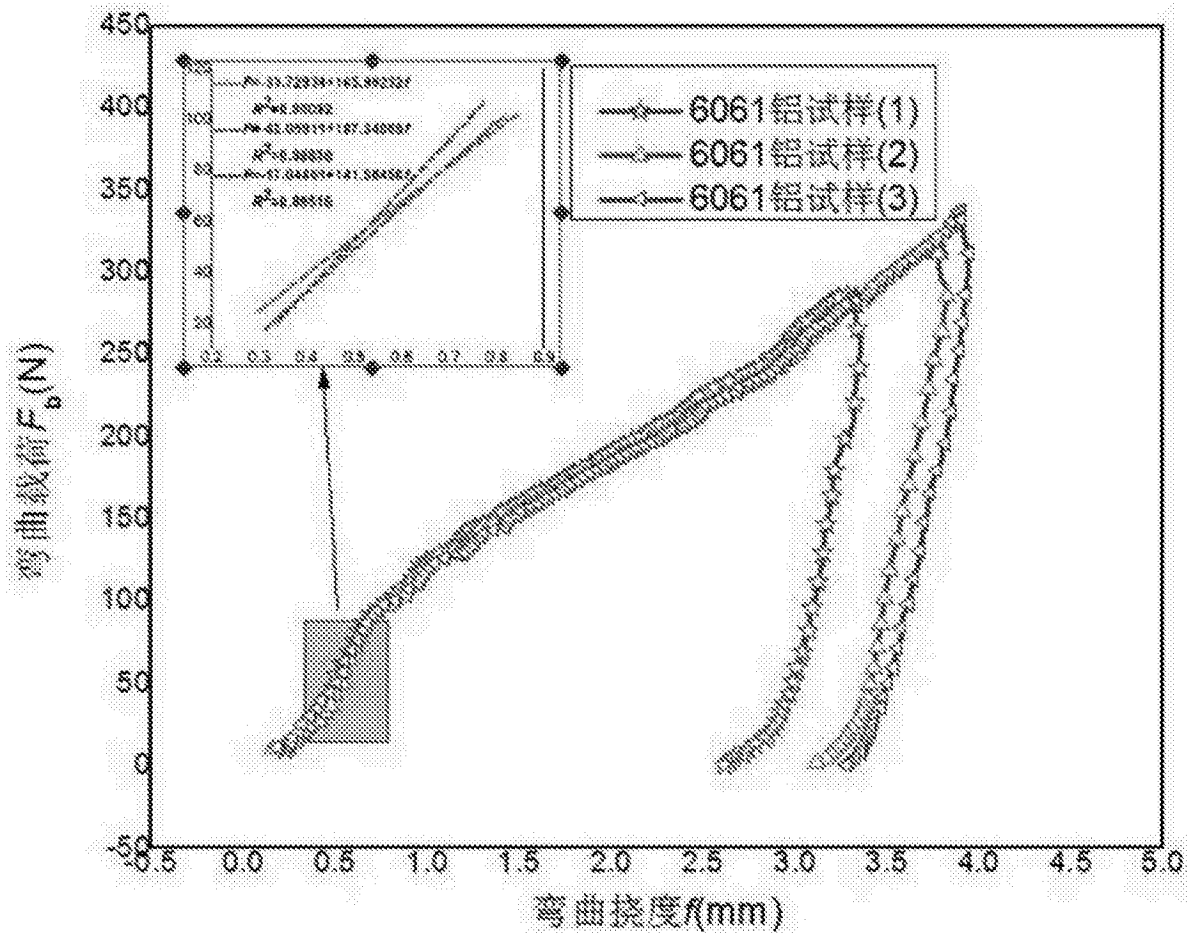


图3

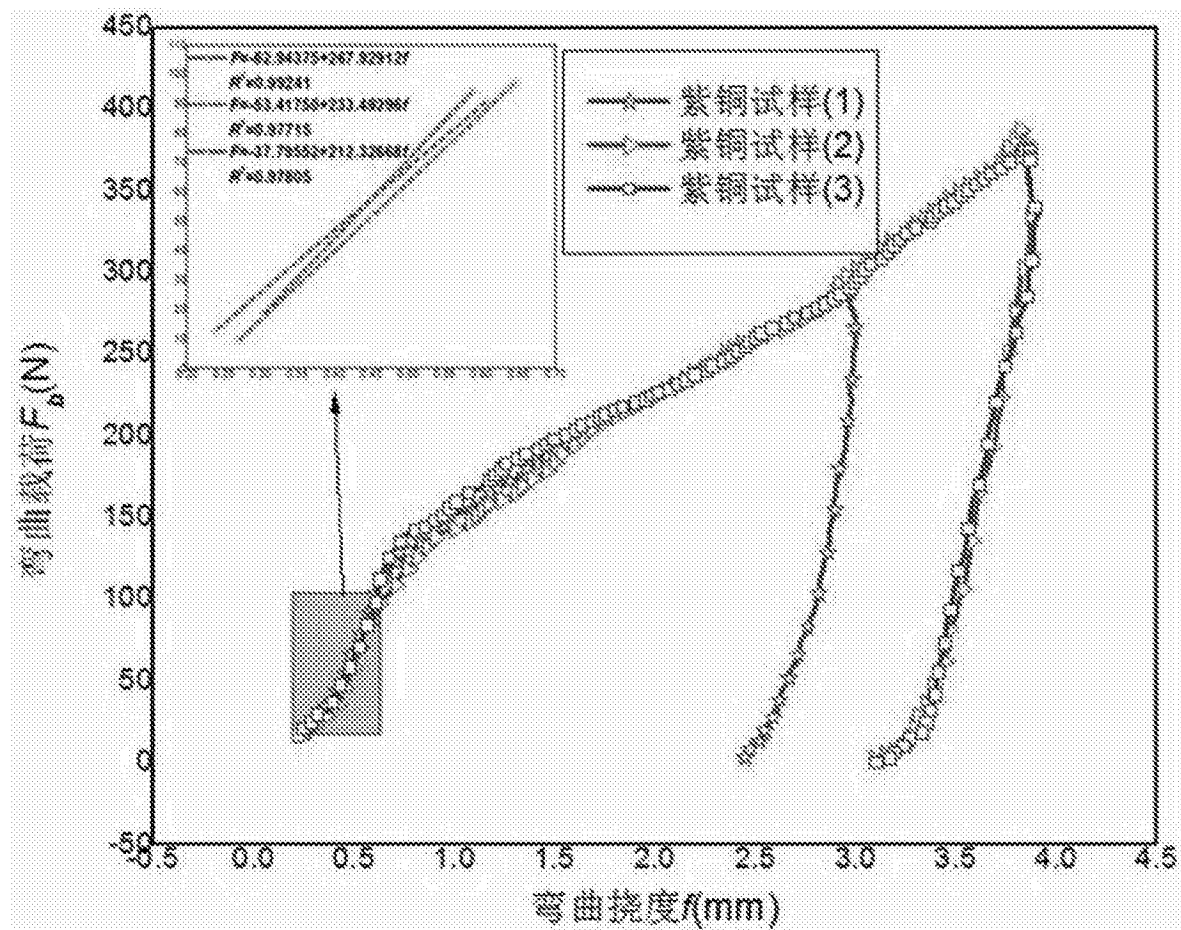


图4