

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01N 25/00 (2006.01)

G01B 11/16 (2006.01)



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200720069074.6

[45] 授权公告日 2008 年 8 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 201096733Y

[22] 申请日 2007.4.19

[21] 申请号 200720069074.6

[73] 专利权人 华东理工大学

地址 200237 上海市徐汇区梅陇路 130 号

[72] 发明人 轩福贞 张宏宇 陈建钧 涂善东

[74] 专利代理机构 上海顺华专利代理有限公司
代理人 谈顺法

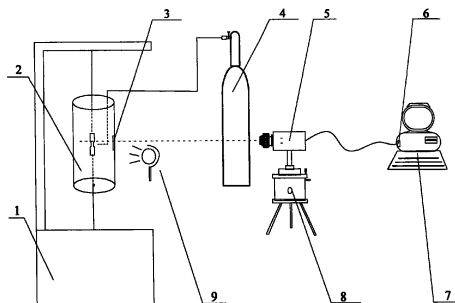
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 5 页

[54] 实用新型名称

一种涂层高温蠕变变形的测量装置

[57] 摘要

本实用新型涉及一种涂层高温蠕变变形的测量装置，结构为：高温加热炉 2 与加载机构 1 连接，涂层试件置于加热炉 2 内，惰性气体瓶 4 通过一根连通管与加热炉 2 相连，在加热炉开孔前方设置一白炽光源 9，并设置一带有三维移动三脚支架 8 的 CCD 摄像机 5，调整三维三脚移动支架，使通过加热炉开孔观测到的涂层试件的法向垂直于 CCD 摄像机的轴线，CCD 摄像机 5 的由数据线连接到数字散斑相关计算系统 7 的数据采集卡 6 上。该测量装置采用惰性气体作保护气，涂层试样直接与金属基体相连接，能够获得涂层在高温环境下的全场和微区蠕变变形，具有数字图像干涉测量模式，其位移测量精度可达到微米级。



1、一种涂层高温蠕变变形测量装置，其特征在于，所述装置包括加载机构（1），带开孔（16）的对开式高温加热炉（2），惰性气体瓶（4），CCD 摄像机（5），三维移动三脚支架（8），白炽光源（9），数据采集卡（6），数字散斑相关计算系统（7），所述的高温加热炉（2）与加载机构（1）连接，涂层试件置于加热炉（2）内，惰性气体瓶（4）通过一根连通管与加热炉（2）相连，在加热炉开孔前方设置一白炽光源（9），并设置一带有三维移动三脚支架（8）的 CCD 摄像机（5），调整三维三脚移动支架，使通过加热炉开孔观测到的涂层试件的法向垂直于 CCD 摄像机的轴线，CCD 摄像机（5）的由数据线连接到数字散斑相关计算系统（7）的数据采集卡（6）上；

其中，所说的数字散斑相关计算系统（7）为带有数字散斑相关计算软件的计算机。

2、如权利要求 1 所述的一种涂层高温蠕变变形测量装置，其特征在于，所述的高温加热炉（2）上设置耐高温玻璃（3）封住开孔（16），开孔（16）处挡圈（15）通过六角螺栓（10）与高温加热炉连接；耐高温玻璃（3）与挡圈（15）之间采用耐高温石棉（11）密封，耐高温玻璃（3）上镀一层抗反射膜。

一种涂层高温蠕变变形的测量装置

技术领域

本发明涉及一种高温环境下涂层蠕变变形的长时测量装置，属于材料性能测试技术领域。

背景技术

燃气轮机、航空发动机等燃烧系统中工作的许多零部件需经受高温、高应力、热冲击、燃气腐蚀、粒子冲蚀等因素作用。例如，当前先进发动机的涡轮进口温度已超过 1650℃，而现代高温合金的使用温度是 1000℃，Ni，Al 单晶的耐温极限也只有 1150℃。为此需在这些零部件表面覆盖热绝缘涂层即热障涂层(TBCs)，以起到隔热、抗氧化、防腐蚀的作用。热障涂层在高温下，即使所受应力低于该温度下的屈服点，长时间作用不可避免会发生缓慢连续的高温变形——蠕变，一旦其蠕变变形增加到一定程度就会发生功能失效，从而导致事故的发生。因此，研究涂层在高温环境下的蠕变变形显得尤为重要。传统的蠕变测量方法和装置均是基于接触式测量原理和方案，在试样尺寸和结果精度方面都不能满足要求。另一方面，现有涂层性能测试方法需要把涂层从基体上剥离，这一要求不仅使得试样制备困难，而且模拟试验条件与实际工作环境有较大差异。高温环境对测试装备和材料的特殊要求，更是增大了涂层蠕变变形的难度和复杂性。

高温云纹干涉法其光栅与试件表面容易脱落，而且仅能获取单一材料的蠕变变形；发明专利 98115367.4 针对微米尺度微小型工件变形测量的困难，发明了光纤测杆三维触测适应性的优化几何结构，利用触测球体在光轴方法上离焦距离的测量方法，但未解决高温环境的问题，不能用于涂层的高温蠕变测量；中国专利 89107018.4 提供了一种高温陶瓷蠕变试验机，基于对比消除原理采用了双试样方式，但主要针对陶瓷块体材料，不能用于涂层低维试样；实用新型 200520127714.5 的目标是传统砝码蠕变试验机的改进，可实现金属材料在不同温度和拉应力下蠕变变形的数据自动采集，仍然基于了接触式变形测量原理，无法满足涂层低维试样的蠕变测量要求；中国专利 200420080166.0 可以对电子封装材料的高温蠕变变形进行测试，但其采用了红外热板加热方式，温度局限于 150℃，还不能满足涂层试验高温实验的要求（一般 600℃以上）。

发明内容

为了获取涂层在高温条件下的蠕变变形，本发明提供了一套实验装置，该实验装置基于非接触光学测量原理，能够较好的获取高温环境下涂层的局部和全场蠕变变形。

本发明技术方案如下：

一种涂层高温蠕变变形测量装置，其特征在于，所述装置包括加载机构 1，带开孔 16 的对开式高温加热炉 2，惰性气体瓶 4，CCD 摄像机 5，三维移动三脚支架 8，白炽光源 9，数据采集卡 6，数字散斑相关计算系统 7，所述的高温加热炉 2 与加载机构 1 连接，涂层试件置于加热炉 2 内，惰性气体瓶 4 通过一根连通管与加热炉 2 相连，在加热炉开孔前方设置一白炽光源 9，并设置一带有三维移动三脚支架 8 的 CCD 摄像机 5，调整三维三脚移动支架，使通过加热炉开孔观测到的涂层试件的法向垂直于 CCD 摄像机的轴线，CCD 摄像机 5 的由数据线连接到数字散斑相关计算系统 7 的数据采集卡 6 上；

所说的数字散斑相关计算系统 7 为带有数字散斑相关计算软件的计算机。

所述的高温加热炉 2 上设置耐高温玻璃 3 封住开孔 16，开孔 16 处挡圈 15 通过六角螺栓 10 与高温加热炉连接；耐高温玻璃 3 与挡圈 15 之间采用耐高温石棉 11 密封，耐高温玻璃 3 上镀一层抗反射膜。

所说的加载装置及高温加热炉可基于常规商业蠕变试验机。加载机构和加热炉的连接关系如下：所述的高温加热炉设有三个独立的加热区，每个加热区装有独立的电阻丝；加热炉的两个对开半圆筒形炉体分别通过一个连接元件 14 与加载装置的一侧立柱 12 悬臂连接；连接元件 14 一端与一侧立柱 12 转动连接，另一端固定在加热炉的对开半圆筒形炉体上；所述的连接元件 14 由一个圆环套筒和一块方形连接板焊接而成，圆环套筒套在一侧立柱上与立柱转动连接，方形连接板固定在电加热炉上；圆环套筒下方立柱上装有止滑圆环套 13，由两个半圆环组成，两个半圆环由斜削钉连接，并由一正销钉固定在立柱上。

有益效果

本装置是基于数字散斑相关原理开发的方法和实施机构，涂层试样可直接采用与金属基体的连接状态，不需从基体上剥离，试样的表面也不需加工处理。采用惰性气体作保护气以防止试件表面被氧化；在耐高温玻璃上镀一层抗反射膜以减少耐高温玻璃对光线的反射；在高温加热炉和耐高温玻璃之间采用耐高温石棉密封以保证炉内温度稳定；采用 LEG 光源作白炽光源以增加试件表面反射光强度；调整白炽光源和 CCD 摄像机以得到高温环境下高质量的试件表面视频信号；调整三维三脚移动支架使被测试件的法向垂直于 CCD 摄像机的轴线；由 CCD 摄像机摄取高温环境下试件变形前后或不同时刻变形的图像，摄取的视频信号传入数据采集卡，通过数据采集卡将视频信号转换为数字信号并存储在电子计算机上；通过数字散斑相关计算系统即可实现涂层的微区蠕变变形。涂层的全场蠕变变形可通过加载装置上的位移传感器获取。

本发明能够较好实现涂层在高温环境下的局部和全场蠕变变形的长时测量。

附图说明

图 1 为本发明的测量系统装置图。图中 1—加载机构；2—高温加热炉；3—耐高温玻璃；4—惰性气体瓶；5—CCD 摄像机；6—数据采集卡；7—数字散斑相关计算系统；8—三维三脚移动架；9—白炽光源。

图 2 为加载机构与高温炉的连接图。图中 12—立柱；13—止滑圆环套；14—连接元件。

图 3 为高温炉的开孔示意图，图中 10—六角螺栓。

图 4 为图 3 的 A-A 剖面图，图中 11—耐高温石棉；15—挡圈；16—加热炉开孔。

图 5 为实施案例测试试样图。

图 6 为实施案例涂层界面示意图，图中 A—基体材料(2.25Cr1Mo)；B—基体材料与 NiCrAlY 粘结界层；C—ZrO₂ 表层。

图 7 为实施案例涂层高温蠕变的涂层界面应力—时间图。

图 8 为实施案例涂层高温蠕变后涂层界面各个点的应力图。

具体实施方式

如图 1 所示，打开加载机构 1 的计算机控制系统、高温加热炉 2 及其温度控制系统，设定试验参数，启动高温加热炉 2；打开惰性气体瓶 4 阀门，调节气体流量，让试件表面有稳定的惰性气流；打开白炽光源 9，让白光照射到试件表面，反射回来的光线透过耐高温玻璃 3 被 CCD 摄像机 5 捕捉；CCD 摄像机 5 摄取的视频信号通过数据线传输到数据采集卡 6，数据采集卡 6 将其转换成数字图像，然后存储在电子计算机上；启动加载机构 1 对试件进行加载；稳定后，对试件表面的图像进行采集；随后，每隔一段时间采集一幅图像，直至试验终止。通过运用数字散斑相关系统 7 即可获得涂层在高温环境下的微区蠕变变形。涂层全场蠕变变形可通过加载机构上的位移传感器获得。

实施案例

在本案例中，采用沉积在基体材料为 2.25Cr1Mo 的 NiCrAlY 金属粘结界层与 ZrO₂ 陶瓷顶层双层结构涂层作为测试试件（如图 5、图 6），在温度为 873K、拉伸力 100MPa 的条件下，按照上述的实施方式，对试件进行高温微区蠕变变形测量和全场蠕变变形测量，经过 112.5 小时的长时拉伸，测试试件被拉断，试验终止。试验结果表明，我们较好的获得了涂层在高温条件下的微区蠕变变形和全场蠕变变形（如图 7、图 8）。

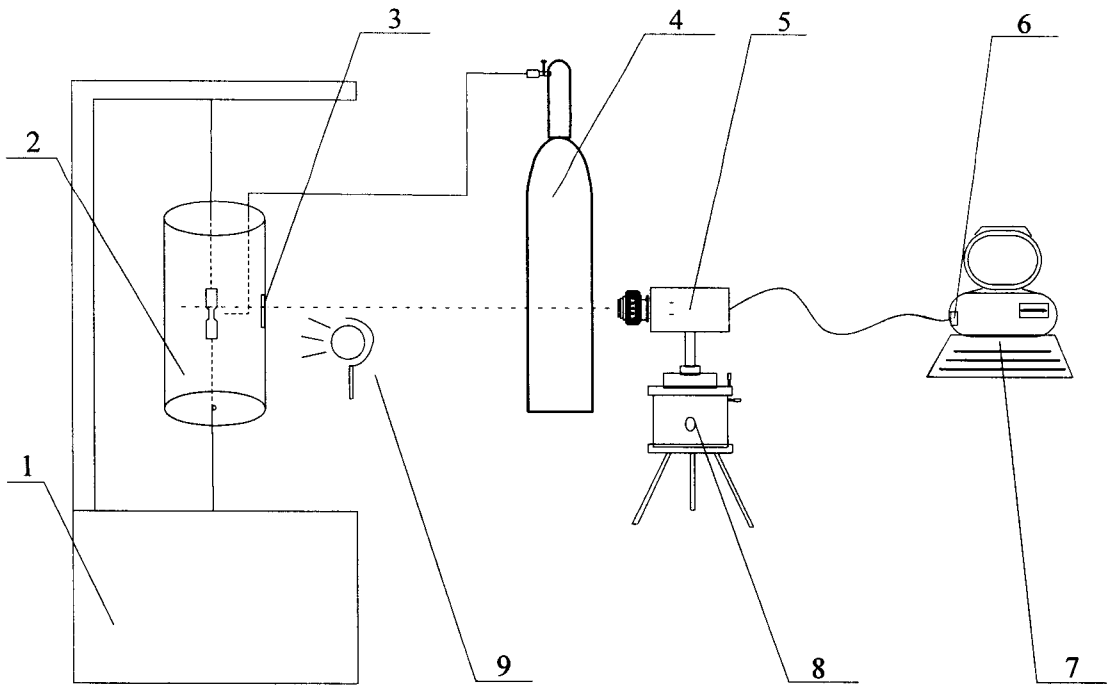


图 1

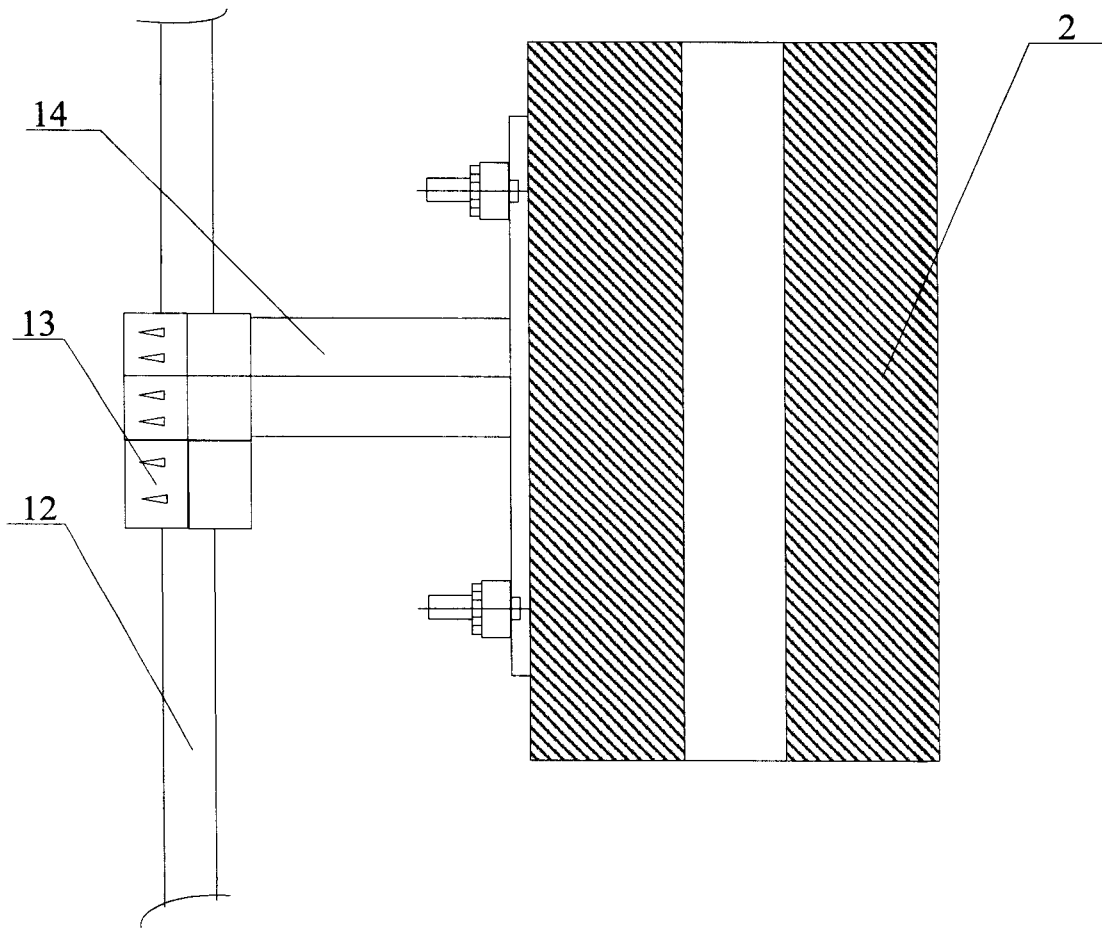


图 2

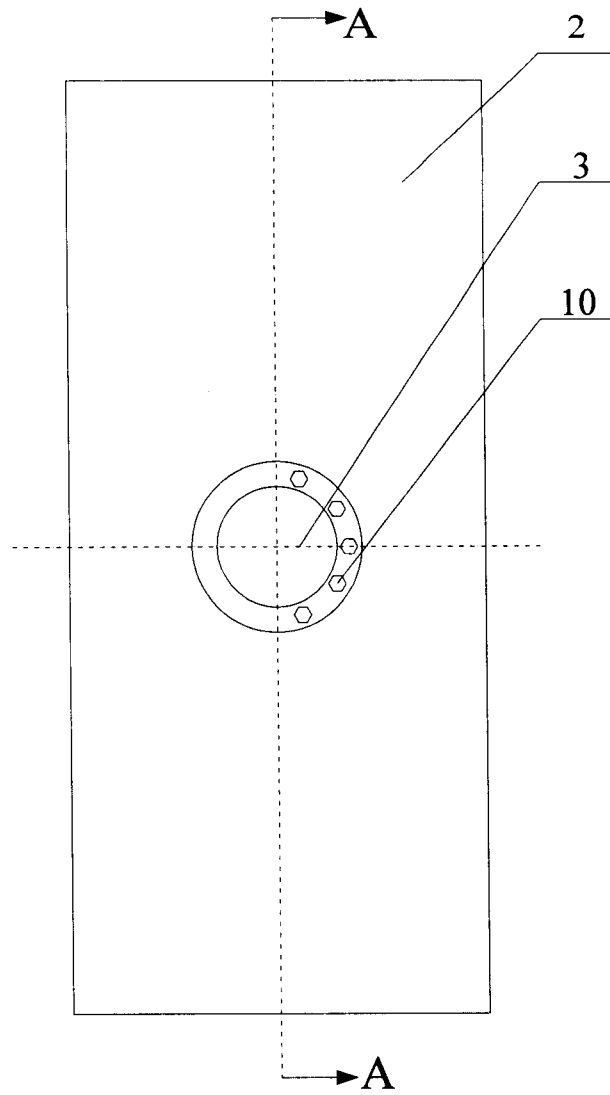


图 3

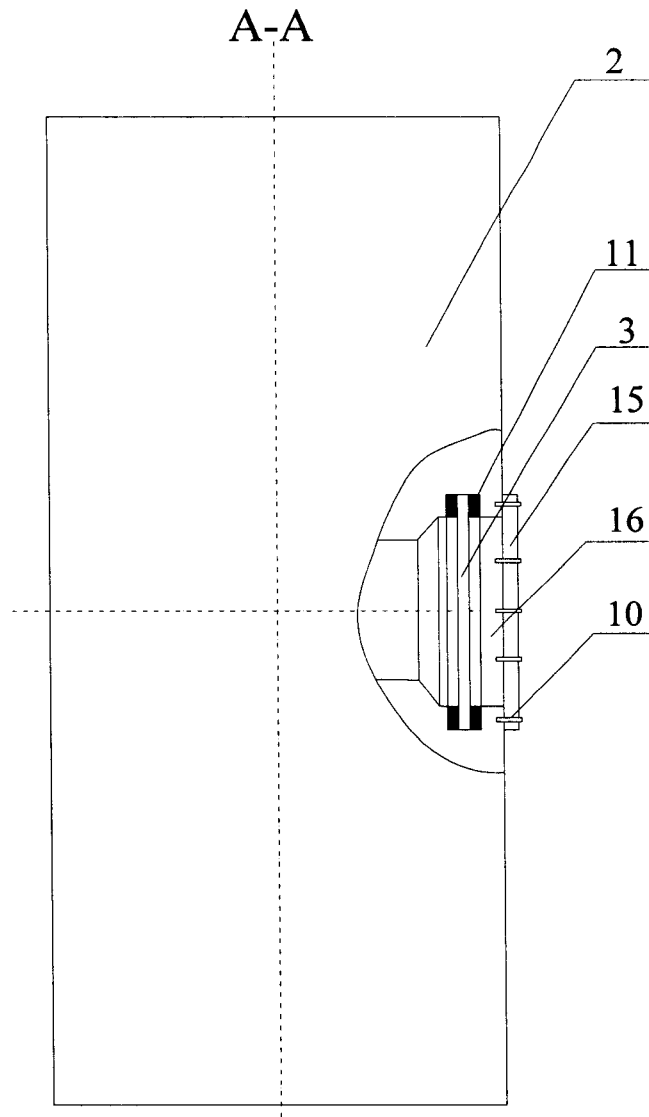


图 4

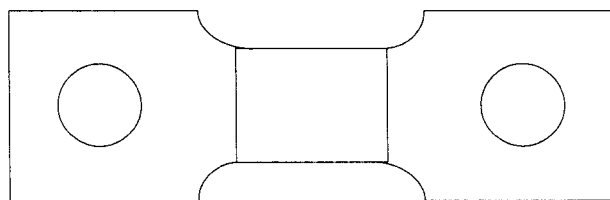


图 5

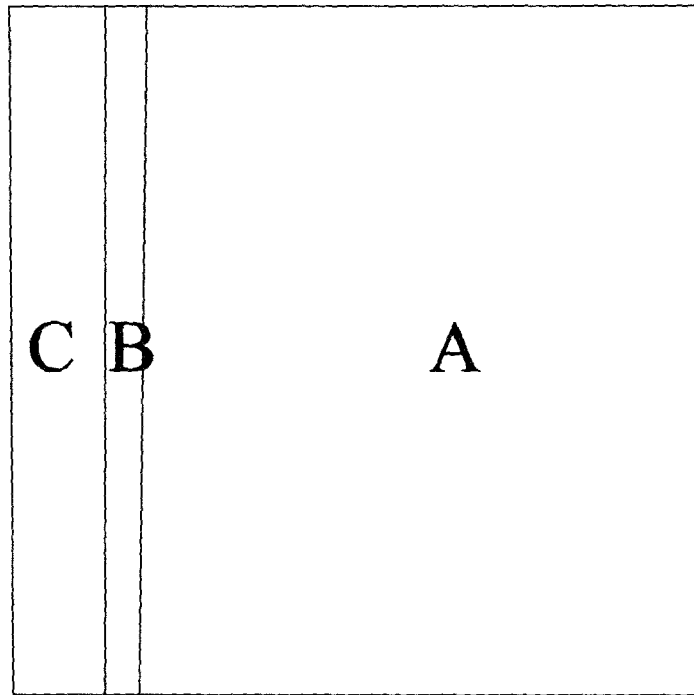


图 6

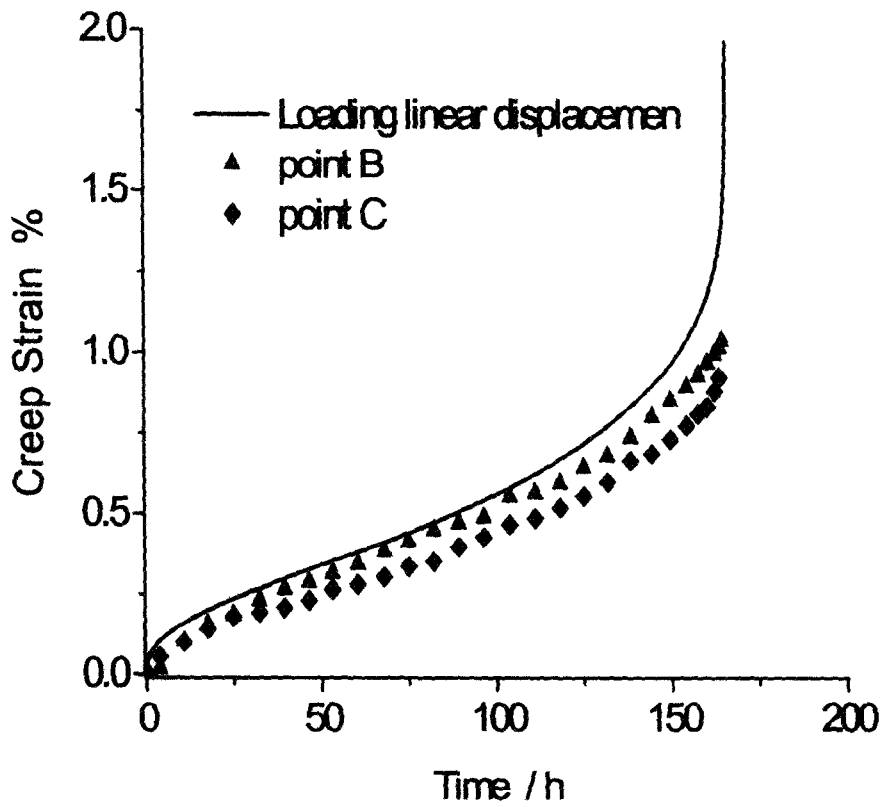


图 7

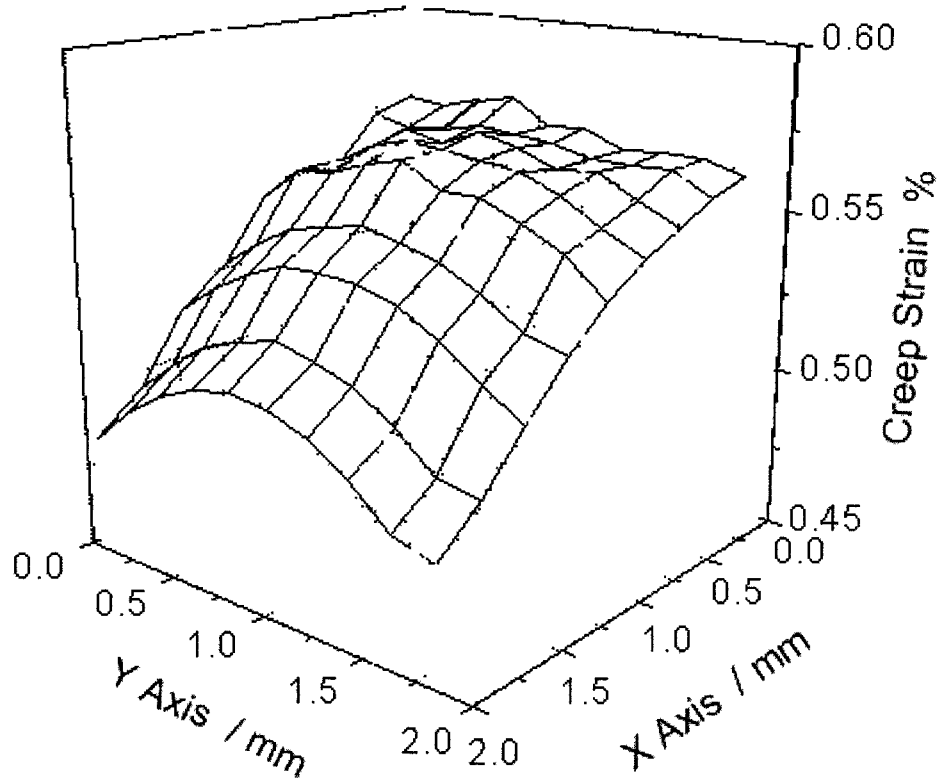


图 8