

同的变形量 (0%,4%,8%, 12%,16%,20%) 来改变其位错密度。研究室温下, 恒定的拉伸速度下 (250um/s) 不同的预变形量对铝合金中 PLC 效应的影响; 同时通过动态数字散斑干涉法对材料的 PLC 效应进行直接观察和定量研究。结果表明, 随着预变形量的增加, 锯齿出现的临界应变逐渐减小; 同时变形带的类型由 A 带逐渐转变为 B 带, 并且 A 带存在的时间越来越短, B 带的特征越来越明显。最后根据透射电镜得到的不同预变形状态下合金材料的微观结构, 结合动态应变时效机制对实验结果进行了定性解释与讨论。

关键词: Portevin-Le Chatelier 效应; 动态数字散斑干涉; 动态应变时效; 预变形

形状记忆聚合物粘弹特性实验研究

李郑发 王正道 畅若妮

(北京交通大学土建学院力学系, 北京 100044)

摘要: 形状记忆聚合物作为一类新型功能材料, 近年来受到高度重视。由于其形状固定和恢复是通过特定热力学过程实现的, 因此了解其热力学特性是保证这类材料功能实现的理论基础。但目前对其热力学性质研究均是基于热稳态和弹性假设, 并不考虑粘弹性对其形状固定和恢复特性的影响。本文主要通过实验研究材料粘弹特性以及对其形状记忆特性的影响。除开展了较为系统的不同预应变下的 SMP 形状记忆和恢复实验外, 还测试了不同温度下 SMP 应力~应变循环关系和应力松弛特性。在此基础上, 结合材料微结构随温度的变化, 对实验结果进行了分析, 尤其讨论了 SMP 形状固定和恢复转变温度和我们通常提到的高分子材料玻璃化转变温度间的关系。本文研究结果对了解这类功能材料基本热力学性质和建立与之对应的率相关热力学本构具有重要意义。

关键词: 形状记忆聚合物; 粘弹性; 热力学; 形状转变温度

仪器化纳米压入力学表征技术的发展

张泰华

(中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室, 北京 100190)

摘要: 仪器化纳米压入是一种表面、微区、微损的力学表征技术, 明显不同于传统的拉伸/压缩等单轴测试, 正逐渐成为微/纳米力学表征领域中最重要测试手段之一。

第一部分, 介绍纳米压入仪的测量原理、典型应用和影响因素。此类仪器采用压入深度测量原理, 不同于传统的硬度测试, 可以进行硬度和力学参数如弹性模量等的测试。简要介绍该技术在尺寸有限的样品(块体金属玻璃和薄膜)、原位(激光表面改性)、微区(植物细胞壁)、微力(MEMS/NEMS)等测试中的典型应用。通过对仪器的结构和测量原理的分析, 研究影响测试的若干因素(仪器、环境、方法、样品以及试验人员等), 并介绍该类仪器在微/纳米力学测试中所涉及的科学问题。

第二部分, 介绍纳米压入表征技术的发展趋势。在仪器发展方面, 纳米压入仪已经成为微/纳米尺度力学测试中最为常用的设备, 近年来仪器化显微/常规压入技术也受到了关注。在分析方法方面, 材料力学参数的识别技术成为研究的重点, 例如塑性参数(屈

服应变和幂硬化指数)、断裂参数(断裂韧性)、蠕变参数等。

第三部分,介绍仪器化纳米压入技术的标准化进展情况。主要包括标准的作用、国家标准研究和制定、全国纳米压入与划入技术标准化工作组(SAC/TC279/WG4)的组成、工作范围及其标准制定的发展规划。从2005年开始,中科院力学所和宝钢研究院合作,着手相关国家标准制定的准备工作。2007年,全国纳米技术标准化技术委员会批准成立了纳米压入与划入技术标准化工作组。负责纳米压入、纳米划入等有关纳米力学检测技术国家标准的规划和制定工作。2008年10月29日,国家标准《仪器化纳米压入试验方法通则》正式发布,2009年5月1日实施。2009年7月7日,国家标准《仪器化纳米压入试验方法 薄膜的压入硬度和弹性模量》通过专家评审,目前处于报批阶段。

关键词: 仪器化纳米压入; 力学表征; 力学参数; 国家标准

金属材料塑性参数的仪器化压入表征方法

姜鹏 张泰华

(中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室, 北京 100190)

摘要: 本文旨在发展一种识别材料塑性参数(屈服强度和硬化指数)的球压入表征方法,以丰富仪器化压入的测试内容,拓展该测试技术的使用范围。这项工作的主要内容可以分为两方面。第一,如何选取压入试验中的可测量作为分析参量;第二,如何建立分析参量和材料塑性参数之间的函数关系。

通过对压入试验中可测量的综合分析,本文选取压入总功 W_t 和 Meyer 系数 m 作为分析参量,原因如下:一、压入总功和 Meyer 系数都是压入试验中的加载段信息,可以降低噪声等不确定因素的影响,易于精确测量;二、由文中的分析可知,压入总功和 Meyer 系数之间存在充分的独立性,有助于方法的稳定。

为建立所选分析参量与材料力学参量之间的关系式,本文基于现有孔洞模型,考虑了凸起(pile-up)的影响,并结合数值修正方法建立了压入总功 W_t 与材料塑性参数之间的函数关系。其次,对 Meyer 关系式的合理性进行探讨,并在固定范围内对 Meyer 关系式进行经验性修正,解决其适用范围的不确定性问题。至此,将试验中测得的压入总功和 Meyer 系数,代入上述两个关系式中求解,便可得到材料的屈服强度和硬化指数。该方法的特点有:可直接利用载荷-深度数识别材料的塑性参数,且方法所选取的分析参量易于精确测量,适应于仪器化压入测试技术的发展;球压头的采用避免了压头的更换,且方法中只含有少量的经验系数,便于方法在仪器化压入体系下的推广应用。

为了验证方法在实际工况下的工作性能,对数种典型金属材料分别进行压入试验和拉伸试验。比对试验结果表明,该方法预测屈服强度的最大误差为20%左右,对于大多数材料,该误差可以控制在10%以内。可见,本文提出的方法可以较准确地识别材料的屈服强度和硬化特性,可为工程应用提供有效参考数据。

关键词: 仪器化压入; 金属材料; 力学性能; 屈服强度; 硬化指数