

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