

梯度强化材料中疲劳裂纹扩展的扩展有限元模拟

张诗佳、谢季佳、孙成奇、洪友士

(中国科学院力学研究所 非线性力学国家重点实验室, 北京 10010)

摘要: 表面强化处理作为一种提高疲劳强度和寿命的方法, 被广泛应用于工程构件中。这种处理会在构件的亚表面形成硬化层并引入残余压应力, 从而提高疲劳性能。由于表面硬化层的微结构和力学性能具有梯度特征, 疲劳裂纹在这种梯度层内的裂纹扩展行为难以定量预测。其中残余应力在裂纹萌生和裂纹扩展中起到十分重要的作用。

本工作采用扩展有限元方法(XFEM), 结合内聚力模型对梯度材料进行建模和计算。建模的对象选择表面强化的 S38C 钢, 其具有梯度分布的微结构及残余压应力层。通过断裂能实验和拉伸试验, 确定梯度材料的基本力学属性, 建立内聚力模型单元。在此基础上, 应用 XFEM 方法对疲劳裂纹扩展行为进行模拟计算, 并与实验结果对比, 找到一种可以解决梯度材料定量预测裂纹扩展行为的方法。

关键词: 梯度强化材料, 疲劳裂纹扩展, 扩展有限元, 内聚力模型, 残余应力