

加载频率对高强钢超高周疲劳行为的影响

胡远培, 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 100190)

摘要: 本文以高强钢 GCr15 为例, 通过不同的热处理工艺得到拉伸强度分别为 2214 MPa 和 1588 MPa 的试样, 研究加载频率对超高周疲劳行为的影响。通过旋转弯曲疲劳试验机、高频疲劳试验机和超声疲劳试验机分别对试样施加 52.5 Hz、130 Hz 和 20 kHz 的加载频率。两种试样在三种加载频率下的 S-N 曲线呈现出不同的频率效应。对于 1588 MPa 试样, 20 kHz 下的疲劳强度和寿命明显高于 52.5 Hz 和 130 Hz 的疲劳强度和寿命 (I 型频率效应); 对于 2214 MPa 试样, 20 kHz 下的疲劳强度和寿命要低于 52.5 Hz 和 130 Hz 的疲劳强度和寿命 (II 型频率效应)。在光学显微镜和投射电子显微镜下对疲劳试样断口形貌进行了系统的观测, 两种强度的试样在三种加载频率下的裂纹起源模式呈现不同结果。本质上, 频率效应是应变率改变造成的结果, 同时随着应变率的提高, 试样的能量来不及耗散以热的形式聚集导致试样温度的升高。本文从应变率和温度两方面来综合分析频率效应, 进行了室温下三种应变率 (10^{-4}s^{-1} 、 10^{-3}s^{-1} 、 500s^{-1}) 以及高应变率下三种温度 (100°C 、 200°C 、 300°C) 的力学性能实验, 实验结果显示室温下随着加载应变率的提高, 材料的屈服强度和强度极限逐渐增加; 随着高应变率下温度的升高, 材料的屈服强度和强度极限逐渐降低。本文从加载频率、应变率、温度等多方面系统地研究了 GCr15 的频率效应, 揭示了相关机理并对工程应用具有重要意义。

关键词: GCr15, 频率效应, 超高周疲劳, 应变率, 温度