

· 中国学者海外论文摘要 ·

曲轴再制造毛坯剩余寿命评估技术研究取得重要进展

曲轴是发动机的关键零件,制造工艺复杂,成本昂贵。为充分利用退役曲轴的剩余价值,对其进行再制造。退役曲轴在服役过程中可能产生各种损伤,为保证再制造质量,再制造前必须首先评估废旧曲轴损伤程度,预测其剩余寿命。如何预测再制造曲轴毛坯的剩余寿命,目前尚无系统研究。徐滨士院士指导团队中董丽虹等人基于曲轴有限元模拟分析结果,采用金属磁记忆和涡流综合检测技术,采集曲轴薄弱部位疲劳损伤过程中的电磁损伤信息,建立 BP 神经网络评估模型,并研发曲轴早期疲劳损伤的评估设备。该文发表在《Advances in Manufacturing》2013 年第 1 期。

作者选取斯太尔 WD615.68 系列曲轴易发生疲劳破坏的第四曲拐建立实体模型,导入有限元分析软件 ANSYS 中进行自由网格划分。以活塞运动到下止点位置时刻载荷和约束状态施加曲拐的边界条件,确定曲轴薄弱部位。

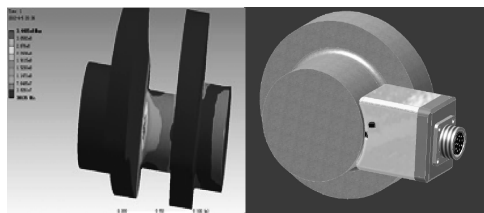


图 1 曲拐有限元模拟和专用检测探头

在 CBFT—II 型卧置谐振式曲轴弯曲疲劳试验机上进行不同损伤程度的退役曲轴的弯曲疲劳台架试验,在线卸载采集曲拐 R 角电磁信号,采用信号处理技术分析信号特征。采用金属磁记忆技术研究曲轴 R 角是否存在早期损伤,结合神经网络技术评估疲劳损伤的严重程度;对生成疲劳裂纹的曲轴毛坯,采用多频涡流技术诊断裂纹深度。

作者根据有限元仿真模拟结果确定曲拐的过渡圆角 R 角时曲轴最为薄弱的部位。根据曲轴的结构尺寸特征,设计制作专用 R 角涡流/磁记忆的专用仿形探头。采集新品曲轴和废旧曲轴的 R 角电磁信号,新品曲轴和表面状态较好的退役曲轴 R 角圆周的检测信号呈现规律的曲线特征,而表面磨损

严重的退役曲轴,检测信号杂乱。弯曲疲劳载荷对废旧曲轴起到激励磁场作用,水平分量 $H_p(x)$ 信号和法向分量 $H_p(y)$ 信号呈现不同变化趋势。基于磁记忆和涡流信号分析结果研发了曲轴 R 角疲劳损伤评估设备。

徐滨士院士指出,由于再制造毛坯损伤的复杂性,准确评估其剩余寿命一直是再制造领域的重大难题。再制造重点实验室针对发动机关键零件曲轴开展了剩余寿命评估技术的探索工作,虽然取得了一些进展,但目前仅实现了半定量分级评估。今后的研究工作还将增加采集声、光、热等损伤信息,利用多信息融合技术,推进曲轴再制造毛坯剩余寿命预测的定量化水平。

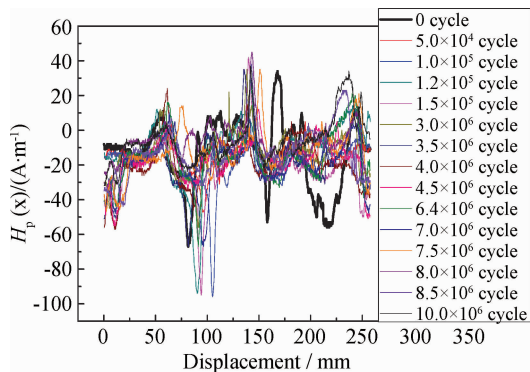


图 2 弯曲疲劳试验采集的磁记忆信号

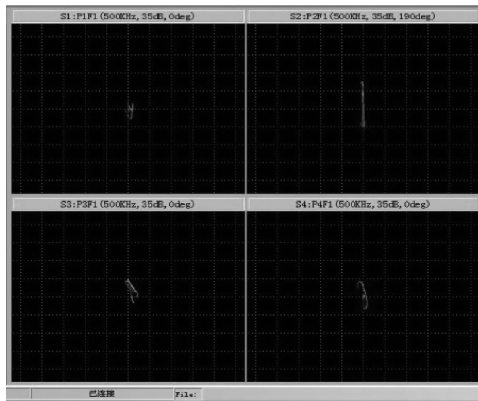


图 3 曲轴 R 角疲劳裂纹的涡流表征信号

(装甲兵工程学院 董丽虹 供稿)