

激光熔覆和激光冲击强化复合工艺改善 TC4 钛合金再制造疲劳性能研究

汤洋¹, 张永康^{1,*}, 葛茂忠², 吴清源¹, 廖一凡¹

¹ 广东工业大学机电工程学院, 广东广州, 510006

² 江苏理工学院材料工程学院, 江苏常州, 213001

*Email: zykseu@163.com

摘要: 为了提高再制造 TC4 钛合金的疲劳性能, 采用激光熔覆和激光冲击喷丸 (LSP) 相结合的工艺作为一种抗疲劳再制造方法, 恢复模拟损伤样品的几何形状, 并改变修复区域的表面完整性。研究了 TC4 钛合金试样在抗疲劳再制造前后的组织变化、残余应力分布、疲劳裂纹扩展速率和断裂形态。结果表明, 激光熔覆修复后的成分从修复基体中的等轴 α 相和少量 β 相逐渐演变为典型的魏氏组织, 修复区域有细小的针状 α 和编织状 $\alpha+\beta$ 板条组织。在抗疲劳再制造区, 没有产生新的晶相, α 和 β 相明显细化, 产生了厚度为 10 至 30nm 的高密度位错和丰富的纳米孪晶, 残余拉应力转化为压应力, 影响深度约为 900 μm 。抗疲劳再制造后, TC4 钛合金样品的平均疲劳寿命是基体样品的 2.64 倍。提出了一种考虑实验不确定性的计算裂纹扩展速率的新方法。抗疲劳再制造后, TC4 试样的疲劳裂纹扩展速率明显小于基体试样, 这主要归因于激光熔覆产生的魏氏组织和 LSP 诱导的有利微观结构改性以及激光熔覆修复区拉伸残余应力的去除的综合作用。

关键词: 激光冲击强化; 激光熔覆修复; TC4 钛合金; 疲劳性能

参考文献

- [1] Luo S, He W, Chen K, et al. Regain the fatigue strength of laser additive manufactured Ti alloy via laser shock peening[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2018, 750: 626-635.
- [2] Morgano M, Kalentics N, Carminati C, et al. Investigation of the effect of laser shock peening in additively manufactured samples through Bragg edge neutron imaging[J]. Additive Manufacturing, 2020, 34: 101201.
- [3] Dorman M, Toparli M B, Smyth N, et al. Effect of laser shock peening on residual stress and fatigue life of clad 2024 aluminium sheet containing scribe defects[J]. Materials Science and Engineering: A, 2012, 548: 142-151.
- [4] Chen L, Sun Y, Li L, et al. Improvement of high temperature oxidation resistance of additively manufactured TiC/Inconel 625 nanocomposites by laser shock peening treatment[J]. Additive Manufacturing, 2020, 34: 101276.
- [5] Sun R, Li L, Zhu Y, et al. Microstructure, residual stress and tensile properties control of wire-arc additive manufactured 2319 aluminum alloy with laser shock peening[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2018, 747: 255-265.
- [6] 张佩宇, 汪诚, 谢孟芸, 等. 激光冲击对 K403 合金激光熔覆修复微观组织和性能的影响[J]. 红外与激光工程, 2017, 46(09): 27-33.

*第一作者 (报告人) 联系方式: 汤洋、18261190171、ty24012215@163.com