

TC4 合金表面仿生氮化层激光制备与性能研究

张玉清^{1,2,3}, 吴国龙^{1,2,3*}, 吴浩^{1,2,3}, 王晔^{1,2,3}, 姚建华^{1,2,3}

¹ 浙江工业大学激光先进制造研究院, 浙江, 杭州, 310012

² 浙江工业大学机械工程学院, 浙江, 杭州, 310012

³ 高端激光制造装备省部共建协同创新中心, 浙江, 杭州, 310012

Email: glwu@zjut.edu.cn

摘要: 由于钛合金具有较为理想的综合性能, 使用钛合金替代不锈钢制造汽轮机末级叶片正成为国际发展趋势。然而, 钛合金的低硬度和较差的耐磨性能限制了其工业应用。激光气体氮化技术能够在钛合金表面生成一层由硬质材料TiN构成的氮化层, 显著提高表面硬度。但在大面积氮化时, 仍存在氮化层易开裂、厚度及均匀性难以控制等问题。受到生物表面软硬相间的结构特性及仿生耦合原理的启发, 本文提出了一种可以替代传统激光氮化方案以改善钛合金表面耐磨耐蚀性能的仿生激光氮化方法。设计制备了条纹形、正方形、正三角形和正六边形的仿生表面, 并对仿生单元体的显微硬度、微观组织和物相组成进行了详细分析。对比分析了整体氮化与仿生氮化试样的耐磨损性能与抗汽蚀性能, 并对失效机制进行了分析。结果表明: 整体氮化和仿生氮化试样的耐磨性相比基体均提高了3倍左右。仿生氮化试样的耐磨性能在整体氮化试样的基础上有所提升, 正六边形结构氮化试样的摩擦系数和磨损量最低, 表现出优异的耐磨性能。钛合金表面经过激光气体氮化处理后, 抗汽蚀性能均得到有效提升。仿生氮化试样的实际累计失重量均小于理论累计失重量, 仿生氮化试样抗汽蚀性能提升是表面硬度提升和软硬相间的硬度特征共同作用的结果。

关键词: 激光气体氮化; TC4合金; 仿生耦合; 耐磨性能; 抗汽蚀性能