

引文格式: 朱慧宁, 马小刚, 程海东, 等. 磁针磁力研磨工艺对发动机涡轮叶片表面质量的试验研究 [J]. 航空制造技术, 2021, 64(18): 62-68.

ZHU Huining, MA Xiaogang, CHENG Haidong, et al. Experimental study on surface quality of engine turbine blade by magnetic needle magnetic abrasive technology[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2021, 64(18): 62-68.

磁针磁力研磨工艺对发动机涡轮叶片表面质量的试验研究

朱慧宁, 马小刚, 程海东, 陈 燕, 韩 冰

(辽宁科技大学, 鞍山 114051)

[摘要] 航空燃气涡轮发动机中涡轮叶片表面质量的好坏直接影响发动机的整体性能, 针对目前国内外对涡轮叶片进行表面处理过程中存在的几何精度偏低、质量不稳定等现状, 引入磁针磁力研磨工艺, 并以不同磁针型号、磁极转速及研磨时间为变化因素, 以叶片气膜孔周边毛刺高度、叶片表面粗糙度及残余应力大小为指标通过试验来进行变化因素与指标参数间的规律分析。结果表明, 涡轮叶片表面残余应力由原始拉应力转变为压应力, 压应力值随磁针长度和磁极转速的增加而增加。涡轮叶片表面粗糙度及气膜孔周边毛刺高度经磁针磁力研磨后均得到明显改善。研究结果可为磁针磁力研磨工艺对涡轮叶片表面质量的改善提供参考依据。

关键词: 磁力研磨; 残余应力; 表面质量; 气膜孔冷却; 涡轮叶片

DOI: 10.16080/j.issn1671-833x.2021.18.062



朱慧宁

硕士研究生, 研究方向为磁针磁力研磨技术的工程化应用。

航空发动机涡轮叶片作为航空发动机上的重要组成部分, 长期在高温、高压等恶劣环境下工作^[1], 是航空发动机最容易发生故障的部件之一^[2]。目前, 通过叶片上密布排列的气膜孔进行冷却已经成为最广泛的冷却方式^[3], Bunker^[4]在2006年提到, 提高冷却性能和降低循环过程的气动损失是涡轮冷却技术的两个主要目标。气膜冷却的相关研究一直关注几何参数(孔形、节距等)和气动参数(吹风比、密度比等)对两个指标的影响^[5]。除了涡轮叶片气膜孔的尺寸精度、表面质量要求, 涡轮叶片气膜孔的形状对冷却效果的影响至关重要^[6-7]。然而, 电火花和激光加工作为当下最成熟的气膜孔加工技术存在重熔层增厚超标、微裂

纹、气膜孔棱边毛刺残留等缺陷, 涡轮叶片若不经处理则会在使用过程中造成毛刺、熔融积瘤等的脱落, 导致气膜孔局部阻塞, 进而严重影响涡轮发动机的使用寿命^[8-11]。传统研磨工艺中很难去除气膜孔棱边处重熔层积瘤和毛刺, 水射流、磨粒流等新技术也只能去除部分毛刺或造成化学成分残留。同时, 残余应力作为一种非稳定状态下而产生的残留应力, 其大小可直接导致工件的翘曲变形及尺寸变化等问题, 是工件因环境应力开裂的主要原因^[12], 但涡轮叶片残余应力的研究并无过多参考资料。航空发动机涡轮叶片表面质量、残余应力等的改善研究已成为企业亟须解决的重大问题之一。目前, 磁针磁力研磨应用广泛, 可以去除蒙