

利用交变旋转磁场去除叶片气膜孔毛刺的试验研究*

李 阔, 陈 燕, 张志超, 金文博

(辽宁科技大学先进磨削技术研究所, 鞍山 114051)

[摘要] 对航空发动机叶片采用电火花打出气膜冷却孔后产生的毛刺, 用传统的加工方法难以去除, 利用交变旋转电磁场带动微细磁针旋转与气膜冷却孔发生碰撞可有效去除叶片气膜冷却孔的毛刺。从理论上分析了磁力研磨法的工作原理、磁力研磨过程中磁针的运动方式以及影响磁力研磨加工效率的因素, 并对气膜冷却孔进行磁力研磨抛光试验; 采用 3D 超景深显微镜观察叶片气膜冷却孔研磨前后表面微观形貌的变化。试验结果表明: 利用磁力研磨法可以有效去除叶片气膜冷却孔的毛刺, 使表面形貌得到改善, 满足工件的使用要求。

关键词: 气膜冷却孔; 磁力研磨; 交变旋转磁场; 毛刺; 磁针

Experimental Study on Film Cooling Hole Deburring by Alternating Rotating Magnetic Field

LI Kuo, CHEN Yan, ZHANG Zhichao, JIN Wenbo

(Institute of Advanced Grinding Technology, University of Science and Technology Liaoning, Anshan 114051, China)

[ABSTRACT] After processed by electrical discharge machining (EDM), the film cooling hole of aircraft engine blade was surrounded by burr. It is difficult to remove the burr by using the method of traditional polishing. Using rotating electromagnetic field to drive the tiny magnetic pin rotating and collide with film cooling holes can effectively remove the burr which on the edge of film cooling holes. The principle of magnetic abrasive finishing (MAF), the motion trajectory of magnetic pin during in MAF, and the influence factor of magnetic abrasive machining efficiency were theoretically analyzed. Then the film cooling hole of blade was accomplished in the MAF experiment. The surface topography of the film cooling hole before and after polishing by the 3D depth of field electron microscopy is observed and recorded. The result shows that using magnetic abrasive finishing could achieve a good effect on removing burr on film cooling holes, improve the surface morphology and meet the requirement and precision.

Keywords: Film cooling hole; Magnetic abrasive finishing; Alternating rotating magnetic field; Burr; Magnetic pin

DOI: 10.16080/j.issn1671-833x.2017.09.066

高压涡轮叶片作为燃气涡轮发动机的关键部件, 其质量的好坏直接影响涡轮发动机的服役年限。而涡轮叶片的性能很大程度上取决于涡轮的进口温度, 它受涡轮叶片材料和结构的限制^[1-2]。目前, 通过气膜冷却孔技术对航空发动机的叶片进行冷却已经成为应用最为广泛的冷却方式之一^[3]。通过气膜孔冷却技术对涡轮叶片进行连续不断的冷却, 使之可以在允许的工作环境温度中超过材料的熔点仍能安全可靠的工作, 可大大提高涡轮发动机的使用性能及叶片的使用寿命, 但是该技术的应用也会对气膜冷却孔的质量提出更高的要求^[4-5]。由于气膜冷却孔直径小(通常为 0.4~0.5 mm)、空间分布

复杂且位置精度要求高, 目前在航空制造业中高压涡轮叶片气膜冷却孔大都采用电火花加工, 但由于工作液压力降低、基体杂质等导致加工时间延长, 造成重融层增厚超标, 甚至出现微裂纹; 另外, 电极进出工件材料边缘时容易产生电压突变, 会在气膜孔的棱边处留下诸多毛刺。叶片若不经处理直接使用, 容易造成毛刺的脱落, 使气膜冷却孔局部堵塞, 导致综合冷却效率降低, 进而影响燃气涡轮发动机的使用寿命和性能^[6-9]。针对这一现象采用传统的研磨方法很难去除掉气膜冷却孔棱边处的毛刺, 而采用磨粒流加工方法只能去除部分毛刺; 而且, 由于磨粒流中含有一些化学成分会对叶片材料产生化学反应, 加之磨粒流的方向性, 使得气膜孔棱边的毛刺去除不彻底, 成为企业急需解决的问题^[9-13]。针对

* 基金项目: 国家自然科学基金项目(51105187); 辽宁科技大学研究生教育改革与科技创新创业项目(LKDYC201607)。