

引用格式: 徐会, 康仁科, 陈燕. 磁力研磨法去除燃油喷嘴积碳的试验研究[J]. 航空学报, 2020, 41(2): 623505. XU H, KANG R K, CHEN Y. Experimental study on removing carbon from fuel nozzles by magnetic grinding[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2020, 41(2): 623505(in Chinese). doi: 10.7527/S1000-6893.2019.23505

磁力研磨法去除燃油喷嘴积碳的试验研究

徐会^{1,2}, 康仁科¹, 陈燕^{2,*}

1. 大连理工大学 精密与特种加工教育部重点实验室, 大连 116024
2. 辽宁科技大学 机械工程与自动化学院, 鞍山 114051

摘要: 针对燃油喷嘴大修再制造中积碳难去除的问题。利用扫描电子显微镜(SEM)分析喷嘴表面积碳的微观形貌和成分组成,为磁力研磨技术去除积碳方法的确定和工艺研究奠定基础。从旋转磁场的产生原理、磁针在磁场中受力和磁针在磁场中运动三方面综合分析了磁力研磨法的材料去除机理。采用电磁研磨装置对喷嘴进行积碳去除试验,运用响应面分析法分析旋转磁场转速、磁针的型号尺寸和研磨时间的交互作用对材料去除量和表面粗糙度的影响规律,确定试验的最佳工艺参数。最优的工艺参数为:磁针型号尺寸 $\varnothing 0.8\text{ mm}\times 5\text{ mm}$,旋转磁场转速 $1\ 000\text{ r/min}$,研磨时间 40 min 。通过微观形貌的观测以及表面应力检测分析,综合评价研磨后的喷嘴表面质量。结果表明,研磨后的喷嘴表面积碳基本去除,表面光滑,残余应力明显下降,金相组织完好。经过专业测试,研磨后的残余积碳小于技术要求规定值。采用磁力研磨技术,可以有效去除燃油喷嘴表面积碳,去除效率高,技术环保,满足绿色再制造的要求。

关键词: 喷嘴; 再制造; 积碳; 磁力研磨; 表面粗糙度

中图分类号: V26.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-6893(2020)02-623505-12

伴随着现代工业化的进程,中国目前大力发展再制造产业。《中国制造 2025》提出^[1]“实施高端再制造、智能再制造、在役再制造,推进再制造产品认定,促进再制造产业持续健康地发展”。再制造产品和原型产品相比,具有显著的经济效益、社会效益和生态效益优势。再制造产品质量和原型新品相当,甚至高于新品,但生产成本却是新品的 50%左右,能够节省 70%的材料和 60%的能源,降低 80%的污染物排放量^[2-4]。再制造流程如图 1 所示,主要包括 5 个关键步骤:① 废旧产品的拆解;② 零部件清洗;③ 检测;④ 再制造成形装配;⑤ 性能测试。在整个再制造生产流程中,零部件清洗占据着十分重要的位置。再制造清洗就是借助设计开发的针对被清洗零部件的清

洗剂及清洗工艺,通过机械、物理、化学等方法,将清洗件表面附着的油脂、积碳、表面涂覆层等污物去除。再制造清洗的目的是使零部件表面的清洁度达到零部件再制造要求,同时也为零部件分类检测、再制造设计加工、再制造装配等做好准备^[5]。

燃油喷嘴是航空发动机燃烧室的关键零件,其喷雾性能的优劣对火焰的燃烧效率以及飞机动力的输出均有重要影响^[6-7]。在实际使用过程中,喷嘴易产生积碳,一旦被积碳严重堵塞,喷嘴的燃油喷射质量,即液雾尺寸及尺寸分布、燃油流量、喷雾锥角和燃油周向分布的均匀度都将恶化,对燃油效率、热部件寿命乃至发动机工作可靠性和安全性都有重要的影响。由于喷嘴结构复杂,积碳无法彻底清洗,大部分都直接报废,造成人力、

收稿日期: 2019-09-16; 修稿日期: 2019-10-08; 录用日期: 2019-10-14; 网络出版时间: 2019-11-22 11:54

网络出版地址: <http://hkxb.buaa.edu.cn/CN/html/20200205.html>

基金项目: 国家自然科学基金(51775258); 辽宁省自然科学基金重点项目(20170540458); 精密与特种加工教育部重点实验室基金(B201703)

* 通信作者. E-mail: laochen412@gmail.com