

# 航空发动机钛合金导管内表面 精密研磨试验研究\*

陈燕,李龙邦,曾加恒,康璐,韩冰

(辽宁科技大学机械工程及自动化学院,鞍山 114051)

[摘要] 航空发动机外部导管大都是钛合金弯管,弯管在冷弯过程中产生的内表面缺陷用传统的研磨方法难以去除,是一个技术瓶颈问题。利用磁力研磨加工方法可以实现钛合金弯管内表面的研磨抛光。从航空发动机内部钛合金导管的应用案例出发,解析了磁力研磨钛合金弯管内表面的基本原理,同时分析在设计研磨装置过程中的关键技术问题,在磁场发生源和磁极运动轨迹构成以及磁极形状设计等方面,加以理论解剖和有限元模拟分析,得到了一套较完善的工艺方案,试验结果表明磁力研磨加工方法对弯管内表面缺陷去除起到良好的作用。

关键词:钛合金弯管;磁力研磨;磁极运动轨迹;磁极形状;有限元模拟

DOI: 10.16080/j.issn1671-833x.2018.09.040



陈燕

工学博士、教授、辽宁科技大学先进磨削技术研究所所长。从事光整技术与表面完整性控制理论、精密加工与精密测量相关的教学与科研工作。作为首席科学家主持完成了中国人民解放军总装备部下达的国家重点专项研究课题1项;主持国防973科研项目的子课题及省科研项目多项,获得省科技进步三等奖和市科技进步一等奖。获得发明专利和实用新型专利20多项。

在航空发动机外部设有数以百计的导管,由于空间狭小,导管都设计成各种曲率半径不同的弯管(图1),而且航空发动机外部导管又是燃油、润滑以及油气混合物的传输载体,连接航空发动机的各个附件,工作可靠性要求较高,实际工况下,弯管处压力载荷分布的不均匀性加剧了弯管的应力集中。针对弯管,国内外学者主要从理论分析、试验研究和数值模拟方面开展了研究工作。

目前,冷弯方式作为一种比较常用的管材弯曲方法,能够满足对塑性成形产品多方面的要求,达到质量轻、强度高、耗能低,而且是一种高效且精确的加工工艺,同时可以节省材料,具有较好的成形加工性能。航空发动机外部导管由于曲率的影响,

其受力状况较为复杂,往往是管道的应力集中部位,在制造过程中的冷弯工艺会造成管材应力分布不均现象,在工作运行过程中,复杂的工作环境还会导致其产生应力腐蚀裂纹,造成管道承载能力下降,从而成为管道系统的最薄弱环节之一。参考国外最新的航空发动机所使用的导管材料,大都采用密度较低的钛合金导管,而且管内表面加工质量很高。在我国由于加工工艺的原因,管材在弯曲过程中,在力矩的作用下,外侧受到拉应力作用,材料延展产生微裂纹,在交变应力作用下容易产生微裂纹扩展、断裂,破坏导管的疲劳寿命;内侧受到压应力作用,材料压缩在弯管内侧产生褶皱,内表面粗糙而且伴有浅度裂纹,严重影响了流场的均匀性,引发流量、流速、压力的不稳定性;同时,浅度裂纹还会引发应力集中而产生疲劳断裂,极大地降低了管路的工作可靠性。另外,管路外部在制造和使用过程中常会出现划伤,钛合金材

\*基金项目:国家自然科学基金项目(51105187);辽宁省自然科学基金计划重点项目(20170540458);精密/特种加工及微制造技术教育部重点实验室(B类)开放课题基金(B201703)。