

面向天线罩的耐高温陶瓷激光焊接工艺研究

左全奇^{1,2}, 张屹^{1,2}, 陈聪^{1,2*}

¹湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室, 湖南长沙, 410082

²湖南大学机械与运载工程学院, 湖南长沙, 410082

chencong@hnu.edu.cn

天线罩是超高速飞行器的重要组成部分, 安装在超高速飞行器天线外面, 能够保护其内部结构。在超高速运动过程中, 需要满足雷达波透过后损失小、耐高温、重量轻、强度高和高温下材料性能稳定, 所以天线罩在选材上需要满足良好的介电性、抗热冲击性、结构性和低的温度敏感性^[1]。因此常选用耐高温陶瓷材料, 例如 Al_2O_3 陶瓷和 SiO_2 陶瓷、强钡长石陶瓷、氮化硼陶瓷、氮化硅陶瓷等^[2]。在天线罩外形上, 使用特定形状的模具来满足要求; 在天线罩连接上, 使用螺纹连接或者胶接方法与超高速飞行器连接环连接, 对材料的焊接性能没有要求, 但是随着信息化时代的到来, 对超高速飞行器的精准度、抗干扰能力提出了更高的要求, 天线罩也发展为具有频选功能的天线罩, 频率选择表面天线罩是通过将 FSS 植入天线罩的罩壁结构中, 使其具有透波特性和隐身特性, 由于天线罩结构变为多层结构以及内部含有频选电路, 天线罩材料烧结后精加工成型的工艺不能满足频选天线罩的结构要求, 对天线罩材料和成型工艺提出了新的要求和挑战^[3-5], 在材料的选择上, 除天线罩所要求的基本性能, 还要具有印刷电路的特性和焊接性能, 高温陶瓷中的 Al_2O_3 陶瓷和 SiO_2 陶瓷经成为天线罩的备选材料; 在制备工艺上, 不能损坏天线罩内部电路, 焊接成为天线罩制备的新方法。

耐高温陶瓷材料(如 Al_2O_3 陶瓷和 SiO_2 陶瓷)因其耐高温、低的导热系数、介电系数、介电损耗和密度等特性, 但是耐高温陶瓷材料的机械加工性能差、延性和冲击韧度低、耐热冲击能力弱, 其本身极高的熔点和硬脆性导致陶瓷无法像金属一样铸造和机加工, 而通过焊接成为超高速飞行器天线罩的制造途径, 常规的耐高温陶瓷焊接方式包括钎焊、摩擦焊、微波焊、固相扩散焊。其中钎焊和固相扩散焊的焊接接头强度较高, 但存在需要密闭空间加热、添加钎料和中间层和施加压力等问题; 摩擦焊和微波焊的焊接接头强度较低, 而且存在难均匀加热和需要特定工件形状等问题。由于常规的焊接方法存在以上的问题, 并且天线罩内部具有频选电路, 采用常规的耐高温陶瓷焊接方式, 会一定程度上破坏其内部电路。目前已经有学者使用激光焊接耐高温陶瓷, 例如, 使用双

激光束焊接耐高温陶瓷材料、激光直接焊接金属材料与耐高温陶瓷、炉内预热至 1400°C 后,使用激光焊接耐高温陶瓷、激光填料焊接耐高温陶瓷等方法,激光焊接具有柔性化程度高、能量密度高、非接触焊接、局部加热和焊接效率高等优点,加工过程中不会损坏天线罩内部预选电路。但面向天线罩的耐高温陶瓷(如 Al_2O_3 和 SiO_2 陶瓷)激光焊接工艺特性还不太清楚,研究其焊接工艺特性,具有一定的实际意义。

耐高温陶瓷作为超高速飞行器天线罩制造领域中主要的材料,本文选择 Al_2O_3 陶瓷和 SiO_2 陶瓷,使用激光焊接技术,解决焊接过程中产生的问题并优化焊接工艺,为超高速飞行器天线罩材料选择和结构设计提供新的设计思路。

关键词: 激光焊接; Al_2O_3 陶瓷; SiO_2 陶瓷; 微观组织; 天线罩

参考文献

- [1] 高冬云,王树海,潘伟,等. 高速导弹天线罩用无机透波材料 [J]. 现代技术陶瓷,2005,26(4):33-36. DOI: 10.3969/j.issn.1005-1198.2005.04.009.
- [2] 武小峰,胡由宏,宫永辉,等. 陶瓷导弹天线罩力热性能试验技术综述 [J]. 陶瓷学报,2019,40(4):418-424. DOI: 10.13957/j.cnki.tcx.2019.04.002.
- [3] 姜勇刚,张长瑞,曹峰,等. 宽频天线罩结构设计及制备工艺进展 [J]. 材料导报,2006,20(8):1-4. DOI: 10.3321/j.issn:1005-023X.2006.08.001.
- [4] 许媛. 频率选择表面天线罩研究现状与发展趋势 [J]. 科技创新导报,2017(19):123,125. DOI: 10.16660/j.cnki.1674-098X.2017.19.123.
- [5] 鲁戈舞,张剑,杨洁颖,等. 频率选择表面天线罩研究现状与发展趋势 [J]. 物理学报,2013(19): 1-10. DOI: 10.7498/aps.62.198401.