

## 计算高功率激光深熔焊接小孔深度的数学模型研究

祝宝琦<sup>1</sup>, 邹江林<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>北京工业大学材料与制造学部高功率及超快激光先进制造实验室, 北京市朝阳区平乐园 100 号北京工业大学, 100124

\*Email: [zoujianglin@bjut.edu.cn](mailto:zoujianglin@bjut.edu.cn)

**摘要:** 高功率激光深熔焊接以其加工效率高、焊接变形小等综合优势而广泛应用于制造领域。建立一个基于深熔小孔内激光束直接作用于孔壁的高功率激光深熔焊接小孔深度预测模型, 对于现阶段激光深熔焊接实际应用中加工结果、工艺参数的预知具有重要意义。课题组前期工作表明在激光深熔焊接过程中, 激光直接作用于小孔前壁, 小孔的深度主要由小孔前壁对入射激光的一次吸收决定。在此基础上, 本文忽略了入射激光在小孔内的多次反射吸收, 逐点计算小孔孔壁的能量平衡关系, 考虑焊接过程中材料吸收入射激光能量、材料蒸发和热传导等相关物理现象等, 建立了计算激光深熔焊接小孔深度的数学模型。该模型考虑了部分激光光学参数、聚焦系统参数、焊接工艺参数及材料性质等对小孔深度的影响, 可得到不同参数条件下的小孔深度及其与不同参数之间的变化关系。之后, 分别选用光纤激光和 CO<sub>2</sub> 激光进行焊接实验, 发现近似相同的工艺参数下, 低速焊接时 CO<sub>2</sub> 激光焊接熔深较深; 高速焊接时, 光纤激光焊接熔深相对较深, 该变化趋势与模型计算的结果较为吻合。从计算模型可以看出, 焊接速度是影响孔壁倾斜角度的重要因素之一。波长不同的两种激光, 当材料对入射激光的吸收率最大时, 对应的孔壁倾斜角度和焊接速度不同, 从而导致了光纤激光和 CO<sub>2</sub> 激光焊接熔深随焊接速度的变化趋势存在差异。同时, 基于建立的数学模型, 进一步分析讨论了激光功率、焊接速度、激光聚焦系统等参数对孔内能量分配和传递以及焊接过程的影响规律。

**关键词:** 激光深熔焊接; 深熔小孔; 能量平衡; 数学模型; 小孔深度

\*第一作者(报告人)联系方式: 祝宝琦、15534288711、15534288711@163.com