

## 复合脉冲激光打孔的动力学仿真

徐谱昌<sup>1,2</sup>, 朱广志<sup>1,2,\*</sup>, 成文昊<sup>1,2</sup>, 张政<sup>1,2</sup>, 马翔宇<sup>1,2</sup>, 王海林<sup>1,2</sup>, 朱晓<sup>1,2</sup><sup>1</sup>华中科技大学光学与电子信息学院, 湖北, 武汉, 430074,<sup>2</sup>华中科技大学激光加工国家工程研究中心, 湖北, 武汉, 430074

\*Email: zgzlaser@hust.edu.cn

基于有限元分析的方法建立了完善的流热耦合模型, 对复合脉冲激光打孔的动态演变过程进行了动力学仿真。该模型采用水平集方法追踪小孔界面, 用混合相模型处理固液相变, 综合考虑了表面张力、反冲压力、浮力、潜热以及马兰戈尼效应等因素, 实现了对激光打孔这个复杂的包含多相相变、温度、压力、速度变化, 以及非线性瞬态温度传递和流体流动过程的仿真模拟。

在此模型的基础上, 对不同参数的复合脉冲打孔进行了数值仿真, 分析了复合脉冲的作用机理, 并对复合脉冲打孔与连续打孔、脉冲打孔的打孔速率、打孔效果进行了比较。结果表明: 复合脉冲用ms脉冲激光和ns脉冲激光复合的方式, 可以实现更高速率、更高精度的打孔。ms脉冲激光提供注能以维持足够的熔池及材料表面的温度, 高功率的ns脉冲激光导致的反冲压引起熔融材料大量以液态形式排出。熔体的排出使激光更易于直接作用在底层材料, 同时也减少了因熔池过热而损失的能量和径向传导到小孔边缘的能量, 使得能量利用率更高、打孔速度更快、热影响区和小孔半径更小。进一步研究了同时作用和交替作用两种复合方式, 以及不同工艺参数的打孔效果, 筛选出了合适的参数。通过实验与仿真结果对比, 验证了结果的正确性。

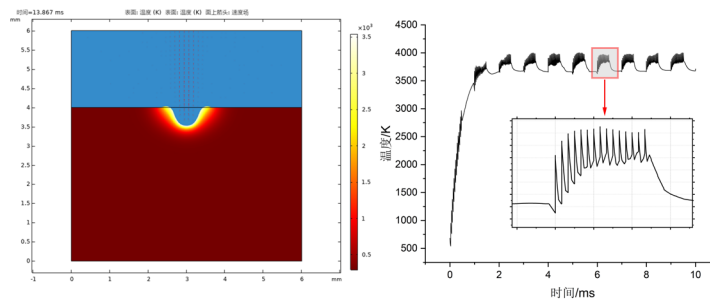


Fig. 1 Simulation diagram of small hole morphology of composite pulse drilling(left); Maximum surface temperature change curve of composite pulse drilling(right).

**关键词:** 复合脉冲; 精密打孔; 动力学仿真

联系方式:

姓名: 徐谱昌

手机号: 18870072352

邮箱: m202172695@hust.edu.cn