

激光增材制造过程熔池温度测试及预测方法的研究^{*}

赵宇辉^{1,2}, 姚 超^{1,2,3}, 王志国^{1,2}

(1.中国科学院沈阳自动化研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2.中国科学院机器人与智能制造创新研究院, 辽宁 沈阳 110169; 3.中国科学院大学, 北京 100046)

摘 要:金属材料激光增材制造过程中剧烈循环变化的温度场是影响成形质量的主要原因, 通过构建温度经验预测公式提前预测熔池温度, 进而指导工艺优化, 可有效地提高成形质量, 确保成形零件的尺寸高精度。本文通过构建激光增材制造熔池温度测量系统, 进行温度场测试实验, 并对实验结果进行数学模型的建立, 采用 Matlab 软件对实验数据进行多元线性回归分析, 建立了熔池温度经验公式, 测试结果与经验公式预测结果对比显示, 平均误差为 8.18℃, 平均精度误差达到 0.12%, 证明预测公式结果与实际测试结果具有较高的一致性。

关 键 词:激光增材制造; 预测方法; 红外测温; 熔池温度

中图分类号: TG146; TN249; TF124.5; TG156 文献标识码: A 文章编号: 1002-0322(2020)01-0076-07
doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2020.01.14

Research on Test and Prediction Method of Molten Pool by Laser Additive Manufacturing

ZHAO Yu-hui^{1,2}, YAO Chao^{1,2,3}, WANG Zhi-guo^{1,2}

(1.Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; 2.Institutes for Robotics and Intelligent Manufacturing, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110169, China; 3.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The forming part quality is mainly affected by the drastic changing of the temperature field during the additive manufacturing process. The molten pool temperature can be predicted by empirical equation to optimize the building process parameters, which will improve the forming quality and ensure the dimensional accuracy of the building parts. In order to build the empirical equation of molten pool temperature, an infrared measuring system was built to measure the molten temperature. The measurement data is used to establish mathematical models by multiple linear regression analysis method in Matlab. According to the comparison of the testing result by infrared measuring system and the calculation results by empirical equation, the mean error is 8.18℃ and the accuracy error is 0.12, which means the empirical equation has a certain accuracy in the appropriate range.

Key words: laser additive manufacturing; prediction method; infrared thermometer; temperature of molten pool

激光增材制造技术是一项典型绿色数字化制造技术, 具有能够制造复杂结构零件、成形速度快、一体成形无需装配、可制备梯度材料等优点, 被欧美国家誉为第三次工业革命载体之一^[1-2]。而当前金属增材制造领域, 由于“变形开裂”带来的质量不稳定的问题是制约其发展及大规模工业应用的关键, 而成形温度梯度引起较大的内应力分布不均匀又是造成其变形开裂的根本性原因^[3-6]。通过构建激光熔池温度经验预测公式预测熔池温

度, 对于指导工艺优化, 减少零件内部缺陷, 实现成形过程的“控形、控性”具有非常重要的意义。

近年来, 国内外诸多学者在激光增材制造过程温度场方面的研究不断取得进展。李延民等^[7]利用热电偶对激光加工过程的温度场进行了实时测量, 得出在工艺参数不变的情况下, 激光熔池的尺寸随涂敷层数增加而增大, 而温度梯度随之减小; 栗丽等^[8]建立了同轴送粉温度场理论计算模型, 通过 CCD 实验测量验证计算模型的有

收稿日期: 2019-09-05

作者简介: 赵宇辉(1983-), 男, 辽宁省沈阳市人, 博士, 副研究员。

^{*} 基金项目: 国家重点研发计划(2017YFB1104003); 国家自然科学基金(51805526)。