

电子束增材制造设备及应用进展*

吴 凡^{1,2,3,4}, 林博超^{1,2,3,4}, 权银洙¹, 陈 玮^{1,2,3,4}, 杨 洋^{1,2,3,4}

(1. 中国航空制造技术研究院, 北京 100024; 2. 高能束流加工技术重点实验室, 北京 100024;
3. 高能束流金属增量制造技术与装备北京市重点实验室, 北京 100024;
4. 增材制造航空科技重点实验室, 北京 100024)

摘 要: 电子束增材制造是增材制造技术的主要方向之一, 它在真空中进行, 具有能量利用率高、零件残余应力低等优势, 在航空航天、医疗领域获得较为广泛的应用。介绍了两种电子束增材制造方法——电子束选区熔化和电子束熔丝沉积, 总结了设备、电子枪、工艺、材料组织调控等方面的研究与应用进展, 并对电子束增材制造技术的发展进行了展望。

关 键 词: 增材制造; 电子束; 电子束选区熔化; 熔丝成形

中图分类号: TG66

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2022)01-0079-07

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2022.01.15

Review on Equipment and Application of Electron-beam Based Additive Manufacturing

WU Fan^{1,2,3,4}, LIN Bo-chao^{1,2,3,4}, QUAN Yin-zhu,¹ CHEN Wei^{1,2,3,4}, YANG Yang^{1,2,3,4}

(1. AVIC Manufacturing Technology Institute, Beijing 100024, China; 2. Key Laboratory on Power Beam Processing, Beijing 100024, China; 3. Beijing Key Laboratory on Power Beam Metal Additive Manufacturing Technology and Equipment, Beijing 100024, China; 4. Aviation Key Laboratory of Science and Technology on Additive Manufacturing, Beijing 100024, China)

Abstract: Electron-beam based additive manufacturing (EBAM) technologies operate in vacuum chambers and possess the characteristics such as high energy efficiency and low residual stress, which makes them widely used in fields including aerospace and medical. This paper focused on two EBAM technologies of electron beam melting (EBM) and electron beam solid freeform fabrication (EBF³). The research and application progress of equipment, electron beam gun, processing technology, microstructure control were reviewed. Prospects on development of EBAM technologies were made.

Key words: additive manufacturing; electron beam; electron beam melting; wire deposition

增材制造是基于离散-堆积原理, 利用三维数模, 将材料逐层累加实现直接成形的技术^[1]。增材制造无需模具, 与传统成形工艺相比可大幅提高设计自由度, 缩短研发周期。同时, 增材制造是一种近净成形技术, 材料利用率高且后续加工少, 尤其适合钛合金、高温合金等难加工材料的成形。

根据原材料送进方式的不同, 金属增材制造主要分为粉末床选区熔化和直接能量沉积技术, 其中粉末床选区熔化成形精度高, 而直接能量沉

积成形效率高。根据热源的不同, 金属增材制造则又可分为激光、电弧以及电子束增材制造技术(表 1)。其中, 电子束增材制造具有以下典型特征: 真空成形, 环境污染小; 电子束的能量吸收率高, 比激光更适用于高反射率材料的加工; 电子束功率、能量密度更高, 电子束扫描速率高(选区熔化), 成形效率更高(熔丝); 通过控制电子束焦距和电流等参数, 可以实现粉末预热, 以降低成形应力^[2-3], 还可以进行随形热处理, 在线调控材料的组织和性能^[4]。

收稿日期: 2021-04-03

作者简介: 吴凡(1987-), 男, 山东省临朐县人, 博士, 工程师。

通讯作者: 陈玮, 研究员。

* 基金项目: 国防基础科研计划(JCKY2017205A002)。