

1. 博士论文研究方向： 激光增材制造

选题类别： ☒ 基础性研究

☐ 应用性研究

☐ 工程技术攻关研究

☐ 新开辟的研究方向

☐ 已有研究方向的继续

☐ 其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

航空发动机作为先进高端装备制造领域的皇冠，是国之重器，也是衡量一个国家工业技术水平重要标志。航空发动机长期服役在高温、高压、高转速、交变负载等条件下，其关键零部件加工制造工艺复杂，对保障发动机关键零部件制造质量与性能至关重要。航空发动机制造技术的前沿需求是兼顾高精度、高性能、高柔性快速反应，成形结构十分复杂的金属关键零部件。尽管各种传统加工技术都尽力发挥近于极限，但由于其各自技术原理所带来的本质性限制，难以满足极限化需求，成为制约航空发动机制造技术发展瓶颈，严重制约着我国航空发动机的发展。航空发动机核心技术突破主要围绕在关键零部件材料制备、先进制造及服役运行安全保证等基础科学问题。针对航空发动机关键构件先进制造的极限化需求，增材制造技术弥补了传统制造技术的空白，降低了制造极限。激光粉床熔融（LPBF）基高温合金增材制造技术为航空发动机复杂关键零部件制造提供了重要技术途径，但仍存在成形质量、密实度、内应力及组织均匀一致性控制等瓶颈问题，导致零部件性能的稳定性和重复性及一致性等难以保障。LPBF基高温合金增材制造过程易产生形态各异、多尺度缺陷，对零部件的使用性能、使用寿命及安全性危害很大。

面向航空发动机高温合金典型部件LPBF基增材制造质量高可靠性的迫切需求，针对航空发动机高温合金增材制造的成形机理、状态演化及调控机制等核心问题，开展LPBF基高温合金增材制造过程监测诊断与调控研究。突破高温合金增材制造过程多物理场响应机制、缺陷产生/演变及形态、多物理场响应诱导光/热/声多源信息表征与质量性能表征的映射关系、高温合金增材制造过程监测诊断方法、质量性能的外能场辅助多参数一体化调控方法、独立集成的监测诊断软硬件系统设计与开发等基础科学问题与核心关键技术，形成融合监测诊断与多能场辅助多参数一体化调控的“测-判-控”技术体系，提升航空发动机高温合金典型部件增材制造质量可靠性。

主要研究内容

（1）高温合金激光增材制造熔化凝固过程的多物理场响应与多源信息表征

高温合金激光增材制造过程的粉材熔融及凝固过程和微观组织变化过程均产生多源物理场响应信息（如辐射光谱、热辐射、弹性声波等），通过多物理场响应的感知/监测可实现高温合金熔化与凝固过程的组织结构演变与缺陷形成的表征。

（2）高温合金增材制造过程成形质量及部件性能的在线监测与智能诊断

通过实时监测与智能诊断可实现对制造过程的实时控制与优化，提高成形质量与性能。依靠高温合金增材制造过程多物理场响应及多源信息表征的在线监测为智能诊断提供理论支撑，以成形过程的实时监测关键参数为基础、智能诊断为指导，为外能场辅助与增材制造工艺多参数一体化调控提供精准关键参数信息，提高制造过程可控性、降低成本、提高典型部件质量与力学性能。

（3）高温合金增材制造成形质量性能的外能场与多参数一体化调控

依据激光增材多源融合监测及信息表征、智能诊断结果，针对LPBF逐层加工缺陷及成因进行多参数调控，通过施加电磁场/磁场外能场融合调控熔池热动力学及形貌特征，改善成形层微观组织形貌与形态，实现晶粒/晶枝可控生长，最终实现高温合金增材制造过程微缺陷修复/力学性能改善，提高质量与性能。

（4）航空发动机高温合金典型部件增材制造质量在线监测诊断技术与应用

质量在线监测与诊断技术能够实时获取关键质量参数和特征，如成形层质量、熔池形态和沉积层内缺陷检测，从而及时发现潜在问题并采取调控措施。这有助于保证部件制造质量和性能符合要求。研究和应用在线监测诊断技术将推动增材制造过程的可控性和稳定性提高，提升航空发动机高温合金部件增材制造质量可靠性

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金