

金属增材制造设备的技术创新与发展趋势研究

肖孝光 杨林康

洛阳盈创极光精密制造有限公司 河南 洛阳 471822

摘要: 金属增材制造设备,作为先进制造技术的重要组成部分,近年来在全球范围内得到了快速发展,其应用领域不断扩展,涵盖了航空航天、汽车制造、医疗等多个关键行业。尽管技术进步显著,金属增材制造设备的技术创新中仍面临着一系列主要问题,这些问题制约了其进一步的市场拓展和商业化应用。基于此,论文针对金属增材制造设备的技术创新与发展趋势展开了深入研究和探讨。

关键词: 金属增材制造设备;技术创新;发展趋势

引言:在数字化和智能化的工业浪潮中,金属增材制造技术以其独特的优势成为制造业的革命性力量。该项技术通过逐层堆积材料的方式构建复杂金属零件,不仅大幅提升了设计自由度,还显著缩短了产品开发周期。随着新材料、新工艺的不断涌现,金属增材制造正逐步突破传统限制,向更高精度、更强性能、更广泛的应用场景进军。

1 金属增材制造设备技术创新的价值

1.1 推动制造业的转型升级

众所周知,传统制造业中复杂结构的零部件往往需要经过多道工序的加工和组装,导致生产周期长且成本较高。金属增材制造设备技术的创新使得制造复杂形状的金属零部件成为可能。像是在航空航天领域,发动机内部一些具有复杂冷却通道的部件,通过传统工艺制造难度极大,但借助先进的金属增材制造设备可以轻松实现一体化打印。此举提高了零部件的质量和性能的同时,还大大缩短了产品的研发和生产周期,进而成功地推动制造业从传统的粗放型、劳动密集型向高效、精密的智能化制造模式转变。

1.2 激发设计的创新潜力

创新的金属增材制造设备打破了传统设计的束缚,设计师们不再受限于传统加工工艺对设计的限制,可以更加专注地自由发挥创意^[1]。比如可以设计出具有内部镂空结构、拓扑优化结构等新颖独特的零部件。创新设计能够有效减轻零部件重量,在某种程度上也能保证甚至提高其机械性能。所以,以上举措为产品设计开辟了全新的思路和广阔的空间,促进了设计行业的创新发展。

1.3 提高材料的利用效率

传统制造工艺在加工金属零部件时,往往会产生大量的废料,材料利用率明显较低。而金属增材制造设备是按照设计模型逐点、逐层堆积材料进行制造。它可

以精确地控制材料的使用量,几乎没有废料产生。尤其是对于一些昂贵的特种金属材料,如钛合金、高温合金等,材料利用效率的提高可以显著降低生产成本。在资源日益紧张的今天,这样的做法对于可持续发展具有重要意义。

1.4 助力个性化定制的发展

随着消费者需求的日益多样化,个性化定制产品越来越受到市场的欢迎。金属增材制造设备技术的创新为个性化定制提供了强大的技术支持。无论是高端珠宝首饰、医疗器械,还是定制化的工业零部件,都可以根据客户的特定需求进行快速定制生产。例如定制的骨科植入物,能够根据患者的骨骼结构和生理特征进行精确设计和制造,提高植入物与患者身体的适配性,从而更好地满足医疗需求。不仅提高了客户的满意度,还拓展了市场的广度和深度。

2 金属增材制造设备的技术创新中存在的主要问题

2.1 材料质量问题

金属增材制造中使用的材料必须具备高强度、高韧性和高耐热性等优异性能,还需具备良好的成型性能。调查发现,当前市场上可用的金属增材制造材料存在诸多问题,如内部含氧量过高、成分不均等,这些问题直接影响材料的结构和性能。更严重的是,材料质量的不稳定性增加了制造过程中的不确定性,可能导致成品件的性能达不到预期要求。

2.2 成本高昂

当前市场上金属增材制造设备和材料的价格普遍较高,导致整体制造成本居高不下。例如,金属粉末(如纯钛和钛合金)的价格远高于传统工艺用原材料,而光敏树脂和塑料等高分子材料的增材制造工艺专用材料也是传统材料的几十倍。再加上生产速度缓慢,过长的生产周期也严重增加了机器和厂房的折旧率。

2.3 构建速度缓慢

金属增材制造技术虽然能够生产出复杂的结构和形状,但其构建速度远不及传统金属制造方式^[2]。究其原因,增材制造需要逐层堆积材料,并经过多个加工阶段。构建速度的缓慢限制了其在需要大规模生产领域的应用。

2.4 基础研究滞后

我国虽然在增材制造技术方面起步较早,但基础理论研究滞后于技术发展需求的矛盾日益突出。材料组织形貌表征及控制的研究工作不完善,导致微观结构难以控制,加工性能不可控,进而影响成品质量。另一方面,模拟能力不足也是一大问题,增材制造是一个复杂过程,对晶体等微观组织的仿真分析仍面临较大挑战。

2.5 产业链协同不足

尽管我国增材制造设备生产企业众多,但产业链上下游之间的协同明显不足。设备生产商与原材料供应商及应用商之间缺乏有效沟通与合作,导致打印材料选择有限且应用场景狭窄,制约了金属增材制造技术的整体发展和应用拓展。

3 金属增材制造设备的技术创新策略

3.1 深化材料研究与开发,确保质量稳定

金属增材制造技术的核心在于材料,因此,解决材料质量问题是重中之重。为此,应从以下几个方面入手:

3.1.1 相关部门应加大对新材料研发的投入,探索具有更高强度、更好韧性和更优耐热性的金属材料,同时优化现有材料的成分配比与制备工艺,减少内部缺陷,提高材料的纯净度和均匀性。

3.1.2 建立严格的质量检测体系,对每一批次材料进行严格把关,确保材料质量稳定可靠。利用产学研合作,加速科研成果向生产实践的转化,为金属增材制造提供高质量、多样化的材料选择。

3.2 多管齐下,有效降低制造成本

为达到金属增材制造设备的技术创新目的,低制造成本不失为一个有效的策略。具体方法如下:第一,需要从材料源头入手。相关部门应加大对新材料的研发投入,探索具有更高强度、更好韧性和更优耐热性的金属材料,并通过优化现有材料的成分配比与制备工艺,减少内部缺陷,提高材料的纯净度和均匀性。更重要的是,相关部门应建立严格的质量检测体系,对每一批次材料进行严格把关,确保材料质量稳定可靠,并通过产学研合作加速科研成果的转化^[3]。第二,优化生产工艺流程,减少不必要的加工环节和材料浪费,提高生产效率。引入先进的自动化和智能化技术,如智能调度系

统、在线监测系统等,可以进一步提高设备利用率和精准度,从而降低成本。

3.3 提升构建速度

3.3.1 优化打印方向和支撑结构设计:优化打印方向,可以减少需要的支撑结构,从而减少材料使用和后处理时间。调整打印路径还能使热应力均匀,减少产品缺陷。这些改进提高作业效率,节省成本,尤其在批量生产中效果显著。

3.3.2 发展多激光系统或高速扫描技术。采用多激光系统可以同时加工多个层面,显著提高打印速度。高速扫描技术如振镜的优化,也提高了扫描速度和精度。技术的结合,大大提升了设备吞吐量和生产效率。

3.3.3 创新更高效的材料沉积技术。改进粉末床熔融或直接能量沉积方法,可快速提升材料熔化和凝固速度。优化能量输入控制,调节激光功率和扫描策略,减少了热影响区域,改善了打印件的微观结构和性能。

3.3.4 推广机器学习和人工智能算法:利用机器学习和人工智能算法,实时分析制造过程数据,自动调整参数优化打印速度和质量。AI算法预测过程中可能出现的缺陷,及时调整加工参数,提升生产效率,保证产品质量一致性。

3.4 加强基础理论研究,提升仿真与模拟能力

基础理论研究是金属增材制造技术持续发展的最基本措施和保证。应加大对基础研究的投入力度,吸引更多优秀科学家和工程师投身于该领域的研究工作。一方面,重点开展材料组织形貌表征及控制、微观结构演化机制等方面的研究,揭示金属增材制造过程中的物理和化学现象。另一方面,加强仿真与模拟技术的研究与应用,开发高精度、高效率的仿真软件平台,实现对增材制造过程中温度场、应力场、流动场等关键参数的精准预测与控制。利用基础研究的深入和仿真模拟能力的提升,为金属增材制造技术的创新与发展提供坚实的理论支撑和技术保障。

3.5 构建完善产业链生态,促进协同发展

产业链生态体系的构建离不开产业链上下游企业之间的合作与交流。第一,建立跨行业、跨领域的工业互联网平台或产业联盟,促进信息共享与资源整合。利用平台或联盟的作用,加强设备开发商与原材料供应商、应用商之间的沟通与协作,共同解决产业链中的瓶颈问题^[4]。第二,推动产学研深度融合发展,鼓励高校、科研院所与企业建立长期稳定的合作关系,共同开展技术研发和人才培养工作。产学研合作模式的创新与实践的应用,能够加速科研成果向生产实践的转化与应用。

4 金属增材制造设备的发展趋势

4.1 高精度、高性能化

金属增材制造领域正步入一个前所未有的高精度、高性能时代。随着超精密激光系统的研发与电子束技术的迭代升级,设备能够实现的打印精度已逼近微米级,甚至更细,为复杂微结构件的直接制造开辟了道路。在此形势下,高性能材料如高温合金、钛合金等的高效加工能力显著提升,缩短了生产周期,还极大地拓宽了金属增材制造在极端工况下的应用范围,如深空探测装备、高精度医疗植入物等,引领着高端制造的新潮流。

4.2 智能化、自动化水平的全面跃升

智能化与自动化正深刻重塑金属增材制造行业的面貌。借助先进的AI算法与大数据分析,设备能够自主学习并优化打印策略,精准调控每一层材料的沉积,确保制品质量的均一性与稳定性。而应用物联网技术则实现了设备间的无缝互联,构建了智能工厂生态,使得远程监控、故障预警、维护调度等成为可能,极大地提升了生产灵活性与响应速度。自动化生产线的智能集成,更是将人力从繁琐的工序中解放出来,促进了生产的连续性与高效性。

4.3 多功能化、一体化趋势的深度融合

金属增材制造设备正加速向集大成者迈进,多功能化与一体化的设计理念深入人心。未来的设备将不再局限于单一的打印功能,而是集材料预处理、精密打印、热处理、表面处理及质量检测等多种工序于一体,形成闭环的智能制造系统。高度集成的设备简化了生产流程,减少了中间环节的误差积累,还通过模块化设计提升了设备的灵活性与可扩展性,为用户提供了从设计到成品的一站式解决方案,极大地提升了生产效率与经济效益。

4.4 绿色环保、可持续化

现阶段,金属增材制造设备的绿色环保和可持续化趋势日益凸显。制造商不仅追求设备的能效优化,还致力于开发环保材料,减少生产过程中的有害排放。采用清洁能源、改进工艺流程,设备生命周期内的能耗和废弃物显著降低。除此之外,通过回收再利用材料、减少物流运输距离等措施,设备在整个生命周期中实现了资源的最大化利用和环境的最低影响,体现了制造业向绿色、低碳、循环经济模式的转变,为构建可持续发展的

未来社会贡献力量。

4.5 多材料、多工艺兼容

金属增材制造设备正在向多材料和多工艺兼容性方向发展。随着新型金属材料和工艺的不断出现,未来的设备需要具备更广泛的材料适应性和工艺兼容性^[5]。这方面的发展不仅提升了设备的灵活性,还能够针对不同行业和用户的特定需求提供定制化的解决方案。多材料和多工艺的兼容将极大扩展金属增材制造的应用范围,推动行业创新和材料科技的发展。

4.6 远程监控与维护

物联网和云计算等先进技术的应用使金属增材制造设备能够实现远程监控与维护。在实时收集和分析设备运行数据的基础上,制造商和用户可以远程诊断设备状态,预防和解决可能出现的故障。智能的维护方式提高了设备的使用寿命,并降低了维护成本。这样以来,远程监控与维护不仅提升了设备操作的便捷性和效率,也为设备管理提供了更加科学和系统的支持。

结束语

总之,金属增材制造设备技术创新在制造业转型、设计创新、材料利用、个性化定制以及跨学科发展等方面都展现出了不可替代的价值。它为工业生产和社会发展注入了新的活力,是未来制造业发展的重要趋势之一。随着技术的不断进步和完善,其价值还将进一步得到挖掘和拓展。

参考文献

- [1]杨来侠,党苏武,王鑫宇.面向野外装备应急维修的金属增材制造技术[J].粉末冶金技术,2022,40(4):325-333.
- [2]赵志坤,熊文博,毛家淦,等.金属增材制造在航空航天领域的发展趋势与展望[J].军民两用技术与产品,2024(2):4-12.
- [3]郭立杰,许伟春,齐超琪,等.金属增材制造监测与控制技术研究进展[J].南京航空航天大学学报,2022,54(3):365-377.
- [4]顾波.增材制造技术国内外应用与发展趋势[J].金属加工(热加工),2022(3):1-16.
- [5]王冠博,李建杰,何刚文,等.大型金属增材制造装备开发与技术探讨[J].科技与创新,2023(10):63-65.