

Research on the Process of Additive Manufacturing Technology in the Forming of Complex Electromechanical Components

Xiaowei Fu

Qinhuangdao Drainage Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei, 066000, China

Abstract

Additive Manufacturing (AM) technology, which manufactures parts by layer-by-layer stacking, has been widely applied in the manufacturing industry in recent years. Especially in the forming process of complex electromechanical components, additive manufacturing technology has demonstrated its unique advantages, such as the free design of complex structures, material savings, and shortened manufacturing cycles. However, although additive manufacturing has many advantages, there are still certain challenges in aspects such as the optimization of process parameters, material selection, and surface quality control. This paper studies the additive manufacturing process of complex electromechanical components and explores the application and process improvement of additive manufacturing technology in the forming of electromechanical components.

Keywords

Additive Manufacturing Complex electromechanical components Process optimization Material selection Forming accuracy

增材制造技术在复杂机电零部件成型中的工艺研究

付小伟

秦皇岛排水有限责任公司, 中国·河北 秦皇岛 066000

摘要

增材制造技术 (Additive Manufacturing, AM), 即通过逐层堆积的方式制造零件, 近年来在制造业中得到了广泛应用。尤其在复杂机电零部件的成型过程中, 增材制造技术展示了其独特的优势, 如复杂结构的自由设计、节省材料、缩短制造周期等。然而, 尽管增材制造具有许多优点, 但其工艺参数的优化、材料选择、表面质量控制等方面仍存在一定的挑战。本文针对复杂机电零部件的增材制造工艺进行研究, 探讨了增材制造技术在机电零部件成型中的应用与工艺改进。

关键词

增材制造; 复杂机电零部件; 工艺优化; 材料选择; 成型精度

1 引言

随着制造技术的不断进步, 传统的减材制造方法面临着设计复杂性限制、生产效率低和材料浪费等问题。本研究通过分析增材制造在复杂机电零部件成型中的应用, 探讨了其工艺发展方向, 并提出了相应的优化策略。

2 增材制造技术概述与复杂机电零部件成型的特点

2.1 增材制造技术的基本原理与分类

增材制造技术 (Additive Manufacturing, AM), 也被称为 3D 打印技术, 是通过计算机辅助设计 (CAD) 模型, 逐层堆积材料来制造零部件的过程。这一技术的根本优势在于与传统的减材制造方法相比, 不需要通过预先加工模具或进

行复杂的切削、雕刻等操作, 而是直接将材料逐层堆积形成所需零部件的形状。由于增材制造技术不依赖传统模具和加工工具, 因此它可以在较短的时间内实现复杂形状零部件的制造, 极大地提高了设计自由度。

增材制造的应用领域非常广泛, 涵盖了航空航天、汽车制造、医疗、消费品等多个行业。它能够处理形态复杂、结构优化的部件, 尤其在传统加工方法难以完成的领域具有独特优势。根据不同的材料种类和制造方式, 增材制造技术可分为多个类型, 常见的几种技术如下:

选择性激光熔化 (SLM): 选择性激光熔化 (Selective Laser Melting, SLM) 是一种基于激光作为热源, 通过选择性地熔化金属粉末逐层固化的方法, 适用于金属零件的制造。SLM 技术能够精确控制激光的照射区域, 通过将金属粉末在高温激光照射下熔化, 使其逐层堆积并最终形成所需的零件。该技术广泛应用于航空航天、汽车和医疗领域, 能够制造出高强度、高精度的金属部件, 尤其适合制造复杂的几何形状, 如孔隙结构、曲面和集成功能的零件。

【作者简介】付小伟 (1987-), 男, 中国河北秦皇岛人, 本科, 助理工程师, 从事机电专业研究。

熔融沉积建模 (FDM)：熔融沉积建模 (Fused Deposition Modeling, FDM) 是利用加热挤出头将热塑性材料逐层挤出并通过冷却固化的方式制造零部件。FDM 技术是目前最为普及的 3D 打印技术之一，特别适用于塑料件的制造。其主要特点是工艺简单、成本低，适用于快速原型制作和小批量生产。FDM 可以处理多种塑料材料，如 PLA、ABS、尼龙等，并且能够实现高精度的零件制造，但在强度和耐用性方面相对较弱。

电子束熔化 (EBM)：电子束熔化 (Electron Beam Melting, EBM) 技术使用电子束作为热源，通过加热金属粉末使其熔化并逐层固化。与 SLM 不同，EBM 技术在真空环境中进行，适用于制造高强度金属部件。EBM 技术能够制造出比传统方法更高强度、更轻量化的零件，广泛应用于航空航天和医疗器械行业，尤其在需要高温耐受性和高强度要求的应用场景中有着重要地位。

立体光刻 (SLA)：立体光刻 (Stereolithography, SLA) 是利用紫外光照射液态光敏树脂，通过光聚合反应使树脂逐层固化的增材制造技术。SLA 技术常用于高精度塑料零部件的制造，尤其在原型设计、艺术品和珠宝行业中具有广泛应用。SLA 技术能够制造出精细且光滑的零件表面，适合对尺寸精度和表面质量有较高要求的部件。然而，由于其适用材料的限制，SLA 主要用于非结构性零件的制造。

每种增材制造技术在材料选择、制造精度、生产效率等方面具有不同的优势，选择合适的技术能够有效提升复杂机电零部件的成型效果，尤其是在结构优化、功能集成和精密制造方面。

2.2 复杂机电零部件的成型特点

复杂机电零部件通常具有以下几个显著特点，这些特点决定了它们的制造难度以及对制造技术的要求：

复杂几何形状：现代机电零部件的设计趋向于更加复杂的几何形状，包括多孔结构、复杂曲面、内腔结构等。传统的减材制造方法，如铣削、车削等，难以加工这些复杂的形状，尤其是那些含有复杂孔道、内部通道或多重功能集成的部件。增材制造技术能够通过逐层堆积的方式，直接在三维空间中构建出这些复杂结构，因此，增材制造成为加工这类零部件的理想选择。

高精度要求：许多机电零部件尤其是精密仪器、传感器和高端设备中的零部件，对尺寸精度和表面光洁度有较高的要求。增材制造技术具有较高的精度控制能力，能够实现微米级的尺寸精度。特别是选择性激光熔化 (SLM) 和立体光刻 (SLA) 等技术，它们能够提供极高的表面质量和精度，非常适合用于高精度部件的制造。

性能需求高：机电零部件不仅要求尺寸和形状精确，还需要具备良好的机械性能，如高强度、耐腐蚀性、耐高温性等。增材制造技术可以通过选择适当的材料，如高强度合金、耐腐蚀材料等，满足这些性能要求。此外，增材制造还

能够通过优化设计，减少零件的质量，并提升其强度和刚度。

多功能集成：现代机电零部件的设计趋向于多功能集成，即在一个零部件中同时集成多个功能，如机械功能、电气功能、热管理功能等。增材制造技术能够实现这种功能集成，因为它能够在同一零部件中构建不同的材料或结构，以适应不同的功能需求。通过增材制造，设计人员可以实现更为灵活和创新的设计方案，降低零部件数量，并减少制造过程中的复杂性。

针对这些特点，增材制造技术能够通过自由设计和精确控制来满足复杂机电零部件的制造要求，尤其在结构优化和功能集成方面表现出独特的优势。

2.3 增材制造技术在机电零部件中的优势

提高设计自由度：增材制造技术能够制造传统制造方法难以加工的复杂形状，尤其在多孔、复杂内部结构的零件上，能够通过设计优化实现重量减轻和性能提升。由于增材制造不依赖传统模具和工具，其设计空间几乎没有限制，可以充分发挥设计人员的创意，制造出具有复杂内部结构和创新形状的零部件。

减少材料浪费：与传统的减材制造方法相比，增材制造技术通过逐层堆积材料来构建零部件，避免了传统加工中材料的浪费。在传统制造中，切削和雕刻会导致大量的材料被丢弃，而增材制造通过精确控制材料的使用，大大提高了材料的利用率。这对于降低成本、减少资源浪费具有重要意义，尤其在高价值材料的应用中更加突出。

缩短生产周期：增材制造技术不需要制造复杂的模具或工具，因此可以大大缩短生产周期。尤其在原型制作和小批量生产中，增材制造能够显著减少从设计到生产的时间。在一些复杂零件的制造中，传统的制造方法可能需要数周甚至数月的时间，而通过增材制造，设计人员可以在几天内完成零件的制造。

定制化生产：增材制造技术的另一个显著优势是能够进行定制化生产。通过数字化设计和制造，增材制造能够根据客户需求进行零部件的定制，尤其适用于少量生产和复杂小批量生产。在传统制造方法中，定制化生产往往面临高昂的模具费用和长时间的生产周期，而增材制造能够以较低的成本和较短的周期完成定制化零部件的制造，满足个性化需求。

3 增材制造工艺在复杂机电零部件成型中的应用研究

3.1 材料选择与工艺参数的优化

在增材制造过程中，材料的选择对零件的性能有着重要影响。机电零部件通常要求较高的机械性能和耐久性，因此在选择材料时，必须考虑材料的强度、硬度、耐腐蚀性等性能要求。常用的增材制造材料包括金属粉末、塑料、陶瓷等。

金属材料：如不锈钢、钛合金、铝合金等，这些金属材料能够提供较好的机械性能，适用于需要高强度和高精度的机电零部件。

塑料材料：如聚碳酸酯（PC）、尼龙（Nylon）、聚乳酸（PLA）等，适用于低成本、低强度要求的零件。

复合材料：通过将增强纤维与聚合物基体结合，增强材料的力学性能，适用于高强度、复杂功能要求的零部件。

在优化增材制造工艺时，工艺参数的选择至关重要。关键工艺参数包括激光功率、扫描速度、层厚、熔池温度等，这些参数直接影响零部件的成型质量、尺寸精度和机械性能。通过实验设计和数值模拟，可以优化这些参数，达到最佳的成型效果。

3.2 成型过程中的热处理与后处理

增材制造过程中，零部件在层层堆积过程中会经历快速的加热和冷却，容易出现应力集中和变形，因此需要进行适当的热处理和后处理。热处理的目的是消除内部残余应力，提高材料的机械性能和尺寸稳定性。常见的热处理方法包括退火、淬火、时效等。后处理则包括表面处理、尺寸修正和去除支撑结构等，进一步改善零件的表面质量和机械性能。

通过优化热处理工艺和后处理流程，可以提高增材制造零件的质量，保证零部件在实际应用中的长期稳定性和可靠性。

3.3 增材制造的多功能集成应用

增材制造技术能够通过设计自由度实现多功能集成，特别适用于复杂机电零部件。通过优化设计，能够在同一零部件中集成多个功能，如结构支撑、散热、气流控制等。这一优势在航空航天、汽车制造和精密仪器等领域得到了广泛应用。

例如，增材制造技术可以通过优化内部结构实现零部件的轻量化和强度增强；在发动机部件中，增材制造技术可以集成散热和冷却功能，降低发动机的工作温度，提升性能和寿命。

4 增材制造工艺的未来发展趋势与挑战

4.1 智能化与自动化的结合

随着人工智能和机器学习技术的不断进步，增材制造工艺将更加智能化。未来，增材制造设备将具备自动优化功能，能够根据实际生产过程中的数据自动调整工艺参数，进

一步提高生产效率和零部件质量。同时，AI技术的应用也将推动增材制造的设计优化，使得零部件的设计和生产过程更加智能化和高效。

4.2 多材料和多工艺集成发展

未来的增材制造工艺将趋向于多材料、多工艺集成的方向发展。例如，金属和塑料的混合打印技术能够制造出既有强度又具备良好表面特性的零部件。同时，复合材料的应用将大大提高零部件的力学性能，满足更高的应用要求。通过集成不同材料和工艺，可以进一步提升复杂机电零部件的功能性和适应性。

4.3 环保与成本控制

尽管增材制造技术具有许多优势，但其成本仍然较高，尤其是在材料和设备方面。未来，增材制造技术的成本将通过优化工艺流程、提高设备的生产效率以及开发低成本的新型材料来进一步降低。同时，环保问题也将成为增材制造发展的重要考量。开发可回收、环保的材料，将使增材制造技术更加可持续。

5 结语

增材制造技术作为一种创新的制造方法，在复杂机电零部件成型中具有重要的应用前景。通过优化工艺参数、选择合适的材料并进行适当的后处理，可以有效提升零部件的性能和质量。然而，增材制造技术在实际应用中仍面临一些挑战，如高成本、材料选择和表面质量控制等问题。未来，随着技术的进步和成本的降低，增材制造将在更广泛的领域得到应用，并推动复杂机电零部件的生产工艺向更加高效、环保和智能化的方向发展。

参考文献

- [1] 张金峰,岳凌宇,祝颖丹,等.连续纤维增强热塑性复合材料成型工艺仿真的研究进展[J].塑料工业,2024,52(12):8-16.
- [2] 郭智威,吴祖旻,饶响,等.船舶与港口装备轻量化技术的研究现状与展望[J].现代交通与冶金材料,2024,4(06):1-14.
- [3] 高晨溪,陈健,黄常聪,等.陶瓷挤出成型3D打印技术研究与应用进展[J].陶瓷学报,2024,45(05):865-885.DOI:10.13957/j.cnki.tctxb.2024.05.002.
- [4] 胡峰,侯龙轲,杨小乐,等.熔融沉积技术增材制造先进陶瓷材料研究现状和发展趋势[J].陶瓷学报,2024,45(05):849-864.DOI:10.13957/j.cnki.tctxb.2024.05.001.
- [5] 孙杨.金属热熔成型系统设计及材料力学性能调控试验研究[D].吉林大学,2024.DOI:10.27162/d.cnki.gjlin.2024.008451.