

3D 打印技术在机械部件制造中的应用

杨宁

杭州地铁开发有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

摘要: 随着工业 4.0 时代的到来, 3D 打印技术凭借其在复杂部件设计、定制化生产和快速原型制造等方面的优势, 逐渐在机械部件制造中得到广泛应用。与传统制造方式相比, 3D 打印能够显著缩短产品研发周期、降低生产成本并提高设计的灵活性。通过逐层叠加材料, 3D 打印能够实现传统加工方法难以制造的复杂几何形状, 尤其在航空航天、汽车、医疗等高精度领域具有重要应用价值。尽管如此, 3D 打印在材料性能、打印精度及大规模生产等方面仍面临一定挑战。未来, 随着技术的不断创新与优化, 3D 打印有望在机械部件制造领域发挥更大的潜力, 推动制造业向智能化、定制化和高效化方向发展。

关键词: 3D 打印; 机械部件; 制造技术

Application of 3D Printing Technology in Mechanical Component Manufacturing

Ning Yang

Hangzhou Metro Development Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: With the arrival of the Industry 4.0 era, 3D printing technology has gradually been widely applied in mechanical component manufacturing due to its advantages in complex component design, customized production, and rapid prototyping manufacturing. Compared with traditional manufacturing methods, 3D printing can significantly shorten product development cycles, reduce production costs, and improve design flexibility. By stacking materials layer by layer, 3D printing can achieve complex geometric shapes that are difficult to manufacture using traditional processing methods, and has important application value in high-precision fields such as aerospace, automotive, and medical. However, 3D printing still faces certain challenges in terms of material properties, printing accuracy, and large-scale production. In the future, with the continuous innovation and optimization of technology, 3D printing is expected to play a greater potential in the field of mechanical component manufacturing, promoting the development of the manufacturing industry towards intelligence, customization, and efficiency.

Keywords: 3D printing; mechanical components; manufacturing technology

0 前言

工业 4.0 时代, 3D 打印技术因其在复杂部件设计、定制化生产等方面的优势, 在机械部件制造中应用渐广。它与传统制造方式相比优势显著, 但也面临材料性能、精度等挑战。论文将探讨其原理、应用、实例及优化措施, 展望发展前景。

1 3D 打印技术概述

1.1 3D 打印的基本原理

3D 打印技术, 亦称为增材制造, 是一种通过逐层叠加材料构建三维物体的过程^[1]。与传统的减材制造不同, 3D 打印是通过计算机控制, 将三维模型切割为多个薄层, 然后按照每层的轮廓依次堆积材料, 直至完成整个物体的打印。3D 打印的核心过程包括从 CAD 模型到数字化的切片, 然后通过特定的打印设备, 利用各种打印材料进行逐层堆积。打印的每一层都会在上层之前进行固化或加热, 确保整个结构的稳定性和完整性。这种工艺具有较高的灵活性, 能够制造出复杂形状、轻量化或定制化的部件, 广泛应用于原型制作、制造工艺优化以及小批量生产等领域。

1.2 常见 3D 打印技术

目前, 3D 打印技术有多种类型, 每种技术都有其独特的优点和适用范围。最常见的技术包括熔融沉积建模 (FDM)、光固化立体光刻、选择性激光烧结 (SLS)、直接金属激光烧结 (DMLS) 等。FDM 技术通过加热并挤出热塑性材料逐层打印, 是最为普及且经济的 3D 打印方式, 适用于制造塑料原型和部件。SLA 技术则利用紫外激光将液态光敏树脂逐层固化, 能够实现高精度和光滑的表面, 广泛应用于珠宝、牙科和精密工业部件的制造。SLS 技术则通过激光熔化粉末材料, 适用于制造复杂结构的塑料或金属部件, 常用于航空航天和汽车制造等行业。DMLS 技术则专注于金属材料的打印, 能够制造出具有高强度和高精度的金属零件, 适用于高端工业应用, 如航空航天和医疗领域的精密零部件。

2 3D 打印在机械部件制造中的应用

2.1 部件设计优化

传统的机械加工方式受限于工具、模具和工艺的限制,

复杂形状和内部结构往往需要多个工序甚至是多次装配。而 3D 打印技术突破了这一瓶颈,能够直接打印出具有复杂几何形状和结构的部件,如内腔、复杂曲面或不可分割的多维度部件。这一优势使得设计师可以在设计阶段不受传统加工工艺限制,创造出更加创新和高效的设计方案。

在机械部件的设计中,轻量化一直是一个重要的目标。通过 3D 打印,设计师可以利用拓扑优化算法,对部件进行形态优化,去除不必要的材料,实现材料的最优分布。这样不仅减轻了部件的重量,还能在保证强度和功能的前提下,降低能耗和提高性能。例如,航空航天和汽车行业常常采用这种方式来制造轻质高强度的零部件。3D 打印技术支持定制化生产,能够根据客户需求或特定应用场景,生产出独一无二的部件,这种定制化设计不仅限于外观,还涉及功能和适配度。

2.2 制造过程中的优势

传统制造中,尤其是涉及复杂零部件时,往往需要昂贵的模具、工具和大量人工来进行加工与装配。而 3D 打印技术通过直接从 CAD 模型生成实物,省去了模具制造、加工设备的准备及相关步骤,显著缩短了生产周期,降低了生产成本。对于小批量生产而言,3D 打印能够以较低成本实现快速原型和最终部件的生产,尤其是在产品试制阶段具有极大的优势。

传统的减材制造方式需要通过切割、铣削等手段去除大量材料,导致材料浪费严重。相比之下,3D 打印采用增材制造的方式,材料仅在需要的地方进行添加,在保障产品质量、功能等方面均符合相关规范要求,具有较高的应用效率,避免返工处理,降低生产成本^[2]。

3D 打印技术的灵活性使其特别适合复杂环境下的快速应变和需求调整。在传统生产中,生产线和工具的更换往往意味着昂贵的设备更新和停工时间,而 3D 打印只需修改数字模型即可快速应对设计变更或生产需求的变化,适应不同规模和不同复杂度的生产任务。此外,3D 打印设备能够在较小的空间内完成多样化的生产,降低了工厂布局的复杂性和固定成本。

2.3 质量控制与精度问题

3D 打印的精度受到多方面因素的影响,包括打印材料、打印工艺、打印速度和设备精度等。不同的 3D 打印技术具有不同的精度表现,其中光固化打印技术(SLA)通常可以提供较高的表面精度,而熔融沉积建模(FDM)在细节精度方面较为有限。除了技术本身的差异,打印过程中温度波动、材料流动性等因素也会影响打印精度。因此,在进行机械部件生产时,精确控制这些因素至关重要。

在 3D 打印过程中,由于材料的固化或熔融速度、温度控制等因素的变化,可能会导致打印件出现翘曲、收缩、变形等质量问题。为了保证部件的质量和精度,需要实时监控打印过程,并采取必要的后处理措施,例如热处理、表面抛光和后期机械加工等。通过后处理技术,能够进一步优化部件的表面光

洁度、尺寸精度以及功能性能,确保其达到设计要求。

尽管 3D 打印在许多领域已得到广泛应用,但仍存在一些部件性能和可靠性方面的问题。例如,部分材料在打印过程中可能存在层间结合不牢固的问题,这可能导致零部件的力学性能不稳定,进而影响其在工作环境中的可靠性。为了应对这一挑战,制造商可以通过选择合适的材料、优化打印工艺或采取特殊的强化处理措施,确保打印部件具有足够的强度、耐用性和稳定性,以满足工业应用的高要求。

3 3D 打印技术应用实例

3.1 航空航天领域

在航空航天领域,3D 打印技术的应用主要体现在轻量化零部件的制造上。传统的航空航天零部件通常采用铝合金、钛合金等高强度材料,但这些材料的加工过程复杂且成本高昂。通过 3D 打印,设计师可以利用增材制造技术优化部件的形状和结构,实现更轻便、更具高强度和耐高温性能的零件。例如,航空发动机的燃油喷射器、涡轮叶片等部件,采用 3D 打印技术后,不仅重量减轻,还提高了热效率和性能稳定性。这些高精度的零部件通常能承受极端的工作环境,极大地提升了飞机整体的燃油效率和飞行性能。

此外,3D 打印还在航天器的快速原型制作和维修中得到了广泛应用。在复杂的航天任务中,传统的备件采购周期长,且可能由于空间和环境限制无法携带足够的零部件。而 3D 打印技术能够在地面站或太空站快速生产所需的零部件,极大提高了任务的应变能力和操作效率。通过建立“数字化备件库”,航天器上的零部件可以根据实际需求快速设计并打印出来,为太空探索和卫星维修提供了重要的技术支持。

3.2 汽车制造领域

3D 打印技术在汽车制造领域的应用,首先体现在零部件的快速原型设计和小批量生产上。传统的汽车零部件生产需要经过复杂的模具制作和大规模的生产线,但通过 3D 打印,车企可以直接从设计模型打印出所需的部件,快速进行功能验证和测试。具体而言,在模型设计环节,应根据汽车设计需求,使用计算机辅助设计(CAD)软件,设计出汽车零部件的三维模型^[3]。

另外,3D 打印技术在汽车定制化生产方面也展现了巨大潜力。随着消费者对个性化需求的日益增加,汽车行业逐渐向定制化和小批量生产方向发展。3D 打印技术可以根据不同消费者的需求,制造出定制化的车身零件、内饰件或配件,如座椅、方向盘、车灯等。这不仅提供了个性化选择,还可以满足高端车型的特殊需求,推动了汽车产业在创新和高端市场的进一步发展。

3.3 工业装备领域

在工业装备领域,3D 打印技术主要用于制造高精度的零部件和复杂的工具夹具。在传统制造中,一些特殊或高精度的零部件往往需要昂贵的模具和多道工序,但通过 3D 打印技术,能够一次性完成复杂结构的制造,减少了生产流程

中的步骤。例如,3D 打印可以用来制造定制化的工具、夹具和测量仪器,这些装备通常用于精密加工和测试中,能够提高整体生产效率并降低人工成本。

此外,3D 打印技术在工业装备领域的另一个应用是用于备件的生产。在许多生产设备中,备件往往需要较长的采购周期,且库存成本较高。而 3D 打印则能够根据需求快速生产所需的备件,尤其适用于那些生产周期长、备件不易获取的设备。通过数字化管理,企业可以将常用备件进行数字化存档,在需要时快速打印,减少了生产停机时间,提高了设备的运行效率和可靠性。

4 优化 3D 打印在机械部件制造中的应用措施

4.1 跨学科融合与技术创新

跨学科融合是推动 3D 打印技术在机械部件制造中发展的关键因素之一。随着材料科学、计算机科学、机械工程等学科的不断交叉与创新,3D 打印技术的应用逐渐突破了传统制造的局限。材料科学的进步使得 3D 打印能够使用更为广泛和多样的材料,提升了部件的性能,如金属材料、复合材料、陶瓷等新型高性能材料的使用,大大扩展了 3D 打印在机械部件制造中的应用范围。同时,计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)技术的结合,使得设计者能够更精确地控制部件的几何形状和结构性能,实现更加高效的部件设计和制造过程。

技术创新是 3D 打印在机械部件制造中进一步提升性能和效率的重要推动力。通过在 3D 打印设备中加入激光技术、激光熔化技术以及喷射技术等,制造精度和材料适用性得到了极大提升。此外,智能制造的理念也促进了 3D 打印技术的创新应用。通过将先进的传感器和自动化控制系统集成到打印过程中,能够实时监控打印过程中的各项参数,自动调整打印条件,提高了产品的精度和一致性。随着跨学科合作的深入,未来 3D 打印将在机械部件制造中实现更多的技术突破和应用创新,推动制造业朝着更高效、更精准和可持续发展的方向发展。

4.2 3D 打印与人工智能、大数据的结合

人工智能与大数据的结合为 3D 打印技术提供了新的发展空间,尤其在机械部件的设计、优化和生产过程控制中具有重要作用。通过人工智能的算法和大数据分析,设计师可以根据大量历史数据和实际需求,自动化地生成最优的部件设计方案。例如,AI 可以根据不同材料的特性、使用环境以及设计目标,自动推荐最适合的结构设计,优化部件的强度、刚度和重量等性能指标。此外,AI 还可以在生产过程中实时分析打印参数,动态调整打印速度、温度等工艺条件,以应对各种制造过程中可能出现的偏差,提高打印精度和质量。

大数据技术的结合则使得 3D 打印过程中的质量控制更加精准。通过对大量生产数据进行收集、整理与分析,制造商能够实时监测 3D 打印的每个环节,发现潜在的质量问题并进行预测^[4]。数据驱动的优化可以帮助企业提高生产效率,

降低废品率,并根据不同的生产需求灵活调整生产策略。例如,数据分析可以揭示某一特定材料在打印过程中的表现,并为后续的生产提供指导意见,从而减少试错成本,提升制造过程的可靠性和一致性。通过人工智能与大数据的深度融合,3D 打印技术将在智能制造领域发挥越来越重要的作用。

4.3 3D 打印在定制化、智能化生产中的潜力

3D 打印在定制化生产中的潜力主要体现在个性化产品的制造上。随着消费者需求的多样化和个性化,传统的批量生产模式难以满足个性化需求。3D 打印则能根据每个客户的具体要求快速制造独特的产品或零部件,尤其适用于定制化、小批量生产的需求。例如,在汽车、医疗和时尚等行业,消费者可以根据自己的需求定制车身部件、假体或服饰配件,3D 打印能够在不增加大量成本的情况下提供个性化服务。此外,3D 打印还支持复杂形状的制造,使得传统加工方式难以实现的创新设计得以付诸实践,进一步推动了定制化生产的发展。

智能化生产是 3D 打印在工业领域的另一个重要应用方向。随着智能制造概念的推广,3D 打印技术能够与自动化生产线、物联网(IoT)以及云计算等技术结合,实现生产过程的全程监控和自动调节。在智能化生产系统中,3D 打印不仅能够根据实时数据和需求动态调整生产策略,还能通过远程监控与预测维护,优化生产效率并降低运营成本。通过智能化的系统集成,3D 打印技术可以大规模、低成本地生产定制化产品,并与传统制造模式协同,满足日益复杂的市场需求。3D 打印技术的智能化升级,将极大地提升其在生产效率、精度和成本控制方面的优势,推动制造业向智能化、个性化和柔性化方向转型。

5 结语

3D 打印技术作为现代制造业的一项核心创新,凭借其高效、灵活和定制化的特点,已经在多个领域展现出独特的优势。从复杂零部件的轻量化设计到高精度制造,3D 打印正在改变传统的生产模式。然而,技术在精度控制、材料多样性和大规模应用上仍面临挑战。展望未来,随着人工智能、大数据和新型材料技术的深度融合,3D 打印将进一步提升效率和质量,拓展应用场景,在智能化制造和个性化定制方面释放更大的潜力,为全球制造业带来全新的发展机遇。

参考文献:

- [1] 卢成绩,张敏凯,张还,等.3D打印技术在精密机械制造中的应用分析[J].中国机械,2024(18):32-35.
- [2] 卞晨.3D打印技术在机械制造中的应用探究[J].中国设备工程,2024(5):213-215.
- [3] 邢志鹏,叶艳秋.3D打印技术在汽车机械制造领域的应用[J].汽车测试报告,2023(20):46-48.
- [4] 史召峰.基于3D打印技术的微小机械零件三维建模方法[J].太原学院学报(自然科学版),2023,41(2):45-50.