

# 金属增材制造设备的智能化与自动化发展趋势

杨林康 肖孝光

洛阳盈创极光精密制造有限公司 河南 洛阳 471822

**摘要:** 随着科技的飞速发展,金属增材制造领域逐渐步入了自动化与智能化的新时代。因为自动化智能化是时代发展的主题,今后的发展中很长一段时间内都将会应用到。自动化智能化技术的发展成就很大程度会成为企业的发展竞争力,它对于整个企业来讲有着决定性的意义。本文深入研究了,金属增材制造自动化与智能化的发展趋势,旨在为相关从业者提供有益的参考。

**关键词:** 金属增材制造;设备智能化;自动化发展

引言:金属增材制造,作为创新驱动动力,正改变传统生产,以精准制造和高材料利用率著称。本文强调其必要性,指出该技术满足复杂结构需求,提升效率和利用率,对制造业影响深远。并介绍了选择性激光熔化设备、电子束熔化设备、电弧增材设备、激光送丝增材设备和粘合剂喷射设备。最后,展望智能化与自动化趋势,涵盖AI集成、物联网与云计算融合、多材料大尺寸打印、柔性定制及绿色环保推广,预示技术未来发展。

## 1 金属增材制造设备的必要性

### 1.1 满足复杂结构件制造需求

在制造业中复杂结构件的制造一直是个技术难题。传统的金属加工方法,比如铸造、锻造和机械加工,虽然各有千秋,但在面对复杂几何形状和结构件时,却显得有些力不从心。铸造需要制作模具,过程繁琐且耗时;锻造则受限于材料的可塑性和工艺条件;机械加工更是需要多步操作,稍有不慎就可能前功尽弃。而金属增材制造技术的出现,无疑为这个问题提供了全新的解决方案。它不需要模具,也不需要多步加工,只需要通过逐层堆积金属粉末或线材,就能直接制造出我们想要的复杂结构件<sup>[1]</sup>。这种一体化的制造方式,不仅大大提高了制造效率,还极大地拓宽了设计自由度,我们可以根据自己的需求,设计出各种形状和结构的零件,而不用担心制造过程中的种种限制。因此,金属增材制造技术特别适用于航空航天、汽车、医疗等领域。

### 1.2 提高材料利用率和生产效率

金属增材制造技术,在材料利用上展现出了非凡的精准与高效。与传统加工方式截然不同,它避免了因一刀切而导致的材料浪费现象。通过按需供给的原则,该技术确保了材料的使用量几乎与需求量完全匹配,使得材料利用率惊人地提升至90%以上,显著降低了企业的材料成本。这一创新不仅大幅缩短了生产周期,还极大地

提升了生产效率,使得企业能够迅速响应市场需求,摆脱订单积压的困扰。对于追求高效生产和成本控制的企业来说,金属增材制造技术无疑是一把利器,它既能有效节约材料成本,又能大幅提升生产效率,从而帮助企业实现整体运营成本的降低,为企业的可持续发展奠定坚实基础。

## 2 金属增材制造的常见设备

### 2.1 选择性激光熔化设备

选择性激光熔化设备,作为金属增材制造技术的前沿代表,正以其卓越的制造能力和广泛的应用前景,在制造业中占据着举足轻重的地位。该设备巧妙地利用了高能激光束作为热源,通过精确控制的扫描路径,对金属粉末床层中的特定区域进行快速而准确的熔化。这一过程是基于三维CAD模型的预先切片处理,确保了每一层熔化后的金属粉末在冷却后能够形成紧密的冶金结合,层层累积,最终构建出具有高精度和优异力学性能的完整金属零件。SLM技术的核心优势在于其能够直接制造出近乎全致密、力学性能出色的金属零件,这对于追求高质量、高精度制造的行业来说,无疑是一大福音。在航空航天领域,SLM技术展现出了巨大的潜力,它能够轻松制造出轻量化、高强度的结构件,不仅显著提升了飞行器的性能,还有效降低了制造成本和周期。

### 2.2 电子束熔化设备

与选择性激光熔化设备相似,电子束熔化设备同样在金属增材制造领域占据着重要地位。然而,与SLM设备不同的是,EBM设备采用了高能电子束作为热源。在打印过程中,电子束会多次快速扫描粉末层,通过预热至轻微烧结状态,再完全熔化选区内的金属粉末,从而实现实体零件的精确制造。这一过程在高真空环境中进行,这一独特的环境设置有效地防止了电子散射和金属氧化,确保了零件的高质量和纯净度。EBM技术的这

一特点,使其在制造轻量化整体结构和高性能复杂零部件方面具有显著优势。在航空航天领域,EBM技术被广泛应用于制造起落架部件和火箭发动机部件等关键零部件,为飞行器的安全和性能提供了有力保障。

### 2.3 电弧增材制造设备

电弧增材制造设备,简称WAAM,是金属增材制造技术领域中的一颗璀璨新星。它巧妙地利用电弧作为热源,通过逐层堆焊金属丝材的方式,实现了实体零件的快速且高效的制造。在打印过程中,电弧的高温将金属丝材迅速熔化,并按照预定的路径逐层堆积,最终形成所需的金属零件。尽管WAAM技术在零件表面精度上略显不足,需要后续的机械加工进行精整,但其突出的制造成形效率和低廉的设备成本,使得它在众多行业中备受瞩目。特别是在船舶、能源、重型机械等领域,WAAM技术凭借其能够制造和修复大尺寸及复杂结构构件的能力,展现出了广泛的应用前景<sup>[2]</sup>。随着科技的不断进步和技术的日益完善,我们有理由相信,电弧增材制造设备将在更多领域发挥其独特的优势,为制造业的转型升级注入新的活力,展现出更加迷人的魅力和价值。

### 2.4 激光送丝增材制造设备

激光送丝增材制造设备是一种高效、高精度的金属增材制造设备。它利用激光束作为热源,将金属丝材直接送入熔池进行熔化沉积。这种技术结合了激光熔化和送丝技术的优点,具有沉积速率高、打印自由度大、打印量大等特点。例如,某些先进的激光送丝增材制造设备采用多激光同轴送丝技术,实现了更高精度和效率的金属零件制造。这种设备广泛应用于航空航天、船舶、能源等重点行业,能够满足大尺寸、高效率、低成本、高精度的打印需求。在航空航天领域,激光送丝增材制造设备能够制造出轻量化、高强度的结构件和复杂形状的零件;在船舶领域,它能够快速制造出大型的船体构件和修复部件;在能源领域,它则被用于制造高效的能源转换设备和储能装置。

### 2.5 粘合剂喷射设备

粘合剂喷射设备是一种独特的金属增材制造设备,它使用液体粘合剂将粉末材料粘结成型。在打印过程中,铺粉器首先在打印床上铺上一层薄薄的粉末材料,然后打印头根据零件的几何形状将粘合剂精确地喷射到粉末中。粘合剂层完成后,构建平台下降并铺上新一层粉末,重复此过程直至打印完成。打印后的生坯部件通常需要经过烧结等后处理以获得所需的力学性能。粘合剂喷射技术的优势在于其能够制造金属、陶瓷、沙子等多种材料的复杂形状零件,且成本相对较低。在金属增

材制造领域,粘合剂喷射设备特别适用于制造小型金属部件和用于金属铸造的砂型模具。此外,它还被广泛应用于珠宝、过滤器、工业部件等领域,为这些行业提供了高效、低成本的制造解决方案。

## 3 金属增材制造设备的智能化与自动化发展趋势

### 3.1 深度集成人工智能技术

在金属增材制造领域,深度集成人工智能技术将成为推动技术进步的重要力量。随着深度学习、机器学习等先进算法的不断成熟,金属增材制造设备将具备更强的自主学习和优化能力。这意味着设备将能够自动分析并调整打印参数,以适应不同材料和打印需求,从而显著提高打印精度和效率。(1)人工智能技术的应用不仅限于打印参数的优化。在缺陷预测与修复方面,AI技术将发挥巨大作用。通过分析和学习大量打印数据,AI系统能够准确预测潜在的打印缺陷,并在打印过程中及时进行调整,以避免缺陷的产生。此外,AI技术还将用于质量控制环节,通过实时监测和分析打印过程中的数据,确保产品质量的稳定性和一致性。(2)深度集成人工智能技术还将推动金属增材制造设备的智能化升级。未来的设备将具备更强的自我诊断和修复能力,能够在出现故障时自动进行故障排查和修复,从而大大减少停机时间和维修成本<sup>[3]</sup>。智能化设备还将能够根据生产需求自动调整工作计划和打印策略,实现生产过程的灵活性和高效性。

### 3.2 物联网与云计算的深度融合

物联网与云计算技术的深度融合将为金属增材制造设备的智能化与自动化发展提供强大支持。物联网技术使得设备之间的互联互通成为可能,实现了数据的实时共享和交换。(1)云计算平台则为金属增材制造提供了强大的数据处理和分析能力。通过云计算技术,可以将大量的打印数据上传至云端进行存储和分析。这不仅有助于实现数据的长期保存和备份,还可以为后续的打印优化和质量控制提供有力的数据支持。(2)云计算平台还可以提供远程监控和诊断服务,使得用户可以随时随地掌握设备的运行状态和打印进度。(3)物联网与云计算的深度融合还将推动智能生产网络的建设。通过构建智能生产网络,可以实现生产过程的实时监控和优化调整。这意味着生产人员可以实时获取设备的运行数据和打印状态,并根据实际情况进行及时调整和优化。这将有助于提高生产效率和产品质量,降低生产成本和风险。

### 3.3 多材料、大尺寸、高效率打印技术的发展

随着市场需求的不断变化,金属增材制造设备将向多材料、大尺寸、高效率方向发展。多材料打印技术将

能够同时处理多种金属材料或复合材料,满足复杂结构件的需求。这将使得金属增材制造技术在更多领域得到应用,如航空航天、汽车制造、医疗器械等。通过多材料打印技术,可以制造出具有优异性能和复杂结构的零件,从而提高产品的竞争力和附加值。(1)大尺寸打印技术则是针对当前金属增材制造设备在打印尺寸上的限制而提出的。随着技术的不断进步,未来的金属增材制造设备将能够制造出更大体积的零件。这将使得金属增材制造技术在制造大型结构件和复杂组件方面具有更大的优势。大尺寸打印技术还将推动金属增材制造技术在建筑、桥梁、船舶等领域的应用。(2)高效率打印技术则是金属增材制造技术发展的重要方向。通过优化打印路径、提高激光或电子束功率等手段,可以显著提升打印速度和生产效率。

#### 3.4 柔性化与定制化生产能力的提升

在快速变化的市场环境中,柔性化与定制化生产能力已成为制造业企业保持竞争力的关键因素。金属增材制造技术,凭借其高度的灵活性和精确的制造能力,正逐渐成为实现这一目标的重要手段。(1)柔性化生产能力的提升,主要得益于金属增材制造设备的模块化设计。通过模块化设计,设备可以更容易地进行升级和改造,以适应不同材料和工艺的需求。这种设计方式不仅提高了设备的通用性,还降低了企业的投资成本,因为企业可以根据实际生产需求,灵活选择所需的模块进行组合,而无需更换整台设备。(2)定制化生产能力的提升,则依赖于金属增材制造技术的精确制造能力和快速换型技术;金属增材制造技术可以精确地按照客户的设计要求,制造出具有复杂形状和结构的零件。并且,快速换型技术使得设备能够在短时间内完成不同产品之间的切换,从而大大提高了生产效率和响应速度。

#### 3.5 绿色化与环保生产理念的推广

随着全球环保意识的不断提升,绿色化与环保生产理念已成为制造业发展的重要趋势。金属增材制造领域也不例外,未来金属增材制造设备将更加注重节能减排

和资源循环利用等方面的问题。(1)在节能减排方面,金属增材制造设备将通过优化打印工艺和采用高效能源管理系统等手段,降低生产过程中的能耗和排放。例如,通过精确控制激光或电子束的功率和扫描速度,可以减少不必要的能量损失和废弃物产生。设备还将采用先进的散热系统和节能材料,进一步降低能耗和温室气体排放<sup>[4]</sup>。(2)在资源循环利用方面,金属增材制造设备将注重材料的可回收性和再利用性;一方面,设备将采用环保材料,如可降解或可回收的金属粉末,以减少对环境的污染;另一方面,设备还将开发废料回收和再利用技术,将打印过程中产生的废料进行回收和处理,然后再次用于打印或作为其他用途的原材料。这将有助于实现资源的循环利用和可持续发展。(3)金属增材制造技术的绿色化与环保生产理念还将推动整个制造业的转型升级。通过采用金属增材制造技术,企业可以减少传统制造过程中产生的废料和污染物,降低对环境的负担。

结束语:综上所述,金属增材制造设备在现代制造业中发挥着举足轻重的作用。它不仅能够满足复杂结构件的制造需求,提高材料利用率和生产效率,还通过不断的技术创新推动着制造业的智能化与自动化发展。未来,随着深度集成人工智能技术、物联网与云计算的深度融合、多材料、大尺寸、高效率打印技术、柔性化与定制化生产能力的提升以及绿色化与环保生产理念的推广等趋势的不断深入,金属增材制造技术将在更多领域得到广泛应用,并为制造业的可持续发展注入新的动力。

#### 参考文献

- [1] 龚燃. 浅谈智能制造在有色金属加工行业的发展[J]. 有色金属加工, 2022, 51(6): 10-14.
- [2] 杨金平. 润滑技术在金属压力加工中的应用[J]. 冶金管理, 2022(01): 4-6.
- [3] 陶永亮, 邱峰, 王青青, 田书竹. 3D金属打印与数控机床复合加工的发展趋势[J]. 模具制造, 2020, 231(10): 77-81.
- [4] 张春雨, 陈贤帅, 孙学通. 金属3D打印制造技术的发展[J]. 激光技术, 2020, 044(3): 393-398.