

金属 3D 打印技术研究现状及其趋势

王正阳

航发优材（镇江）增材制造有限公司，江苏 镇江 212000

[摘要] 三维打印是一种先进的工业技术，由于其特殊性，应用范围非常大，已经在军事工程、医学、文化修复、食品加工、航空航天等领域广泛使用。本文介绍了对三维打印技术及其特性。尽管三维打印技术现如今存在很多问题，但发展的前景仍然广阔。

[关键词] 金属 3D 打印；发展；设备

DOI: 10.33142/ec.v5i3.5521

中图分类号: TP391.73

文献标识码: A

Research Status and Trend of Metal 3D Printing Technology

WANG Zhengyang

Hangfa Youcai (Zhenjiang) Zengcai Manufacturing Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212000, China

Abstract: 3D printing is an advanced industrial technology. Due to its particularity, it has been widely used in military engineering, medicine, cultural restoration, food processing, aerospace and other fields. This paper introduces the 3D printing technology and its characteristics. Although there are many problems in 3D printing technology, its development prospect is still broad.

Keywords: metal 3D printing; development; equipment

引言

三维打印技术的出现促成了快速配置技术的发展，即利用计算机技术将物体分成层层“薄片”，然后在二维空间一个层一个层的制造，形成三维立体零件的增材制造技术。目前在航空航天、工业制造、生物医学、艺术修复、摄影模型和日常生活消费品设计等领域广泛使用。随着现代科学和技术的不断发展，3D 打印技术有可能继续获得更多的开发应用和创新空间，并将在今后应用于更多的工业领域。现代机械工程将对自动化技术领域产生重大影响，导致其更快的增长。

1 三维打印技术在国内外的发展

20 世纪 70 年代，美国和日本科学家提出了三维打印的概念。1922 年，一家美国公司生产了第一台三维打印机。1980 年代，美国开发了激光合成技术，将粉末以激光产品的形式组合。在 1990 年代，德国激光研究所开发了用于粉末材料熔化和稳定化的激光熔化成型技术。1993 年，美国 SACHS 公司发明了三维打印技术，并获得了生产三维打印机的许可证。我国政府已将三维打印列为优先发展项目，要求到 2020 年将三维打印行业的销售收入达到 200 亿元，并将技术推广到国际。与国外相比，三维打印技术已经进入后期阶段，主要在清华大学、北航、华中科大等大学以及湖南华曙高科等企业学习。与国际发展相比，仍然存在一些差异，但一直在以一定的步伐在追赶。

2 三维打印技术的应用

在医学领域，3D 打印技术主要用于人体器官、模拟模型和移植骨打印。2012 年，有公司使用 3D 打印技术为

病人打印了人工假体，并且使用性能良好。国外有公司还使用三维打印技术打印肝脏组织，可以发挥正常的肝脏功能。国内清华大学此外，2014 年，有医院成功地给患者安装了三维打印的假体；并且 3D 打印技术可用于修补病人颅骨，以提高手术效率，减少并发症；脑血管模型的三维打印可以模仿医生的手术环境，以减少风险。

在陶瓷工业中，三维打印可以用于制作模型，现在可以生产真正的陶瓷产品。国外公司在使用 3D 打印技术制作陶瓷产品方面取得了飞跃。2012 年，有公司展示了由其开发的三维打印设备成功印制的陶瓷产品，这些产品质量很高。

在建筑业，三维打印技术用于建筑施工中，人们相信很快就能住进 3D 打印的建筑物里。就建筑工人而言，三维打印可以减少工作强度，并减少一些挑战。3D 打印也可在模具制造过程中优化设计，从而减少处理复杂产品所需的时间。

在航空航天领域中，例如宇宙飞船和运载火箭等航空航天工具，进行太空的探索需要消耗很大的能量。进行太空探索需要尽可能的减少飞船、火箭等航天工具的重量，这样才能减少在太空中的能源消耗，进而延长航空航天运载工具在太空中的作业时间。许多航空航天设备需要众多精密零件，金属 3D 打印能够制作出更高精度的零件，从而带动了航空航天工具的整体性能的提升。在航空航天，三维打印中添加的更典型的应用中，就是 3D 打印技术生产喷嘴，通过 3D 打印技术的工程，过去喷嘴多达 260 个部件，现在通过三维打印只需要 20 个部件，大大降低

了设计和制造成本,且比传统喷油嘴轻了 25%,提高了 30% 的燃烧效率。西北大学通过用钛合金进行激光打印,生产了钛合金翼梁,同时与中国工商和航空公司合作,利用 3D 打印技术制作了大型 C919 型飞机的中央翼梁,并通过了商业航空公司的业绩测试;北京航空航天大学王华明团队成功地制造了我国最大的大型钛合金飞行器的主要生产结构,并在国际上率先渗透了大型复杂的关键备件(如钛合金和超密度钢)的催化剂处理、设备和应用程序。

3 三维打印技术的技术特点

三维金属打印材料具有良好的机械、机械和化学特性,是工业生产和日常生活的理想材料。

3.1 提高打印设备的效率

与其他传统的打印机制造技术相比,3D 打印并不需要复杂的流程,如工具、安装和一些机械组装部件,可以大大减少机器部件的制造周期。产品的生产可以大量有效地进行,也可以提高整个产品的精确度和质量。三维打印技术不仅大大提高了机械产品的制造和加工速度,提高了工作效率,而且大大降低了加工产品失败的可能性,从而给制造业带来更大的经济效益。

3.2 降低产品制造成本

通过应用 3D 打印机技术,我们的机械加工设备制造商在很大程度上实现了各种机械加工技术,同时避免了复杂的传统机械加工工艺的重复,重点是机械产品的研究和开发。这大大降低了制造工序发展所需的业务成本,增加了加工公司的经济效益。与其他传统的打印方法相比,三维打印技术不需要特别的研磨和热处理,技术人员通常需要在产品加工后对程序文件进行科学处理和调整。因此,三维机械打印的生产既容易又迅速,降低了生产过程的成本,并为许多公司生产新的高质量机械打印产品提供了基础。

三维打印技术比大批量生产和定制小数量的备件更具成本效益。该技术能够根据需要制造和更换备件,以便迅速交付和安装。这将减少故障维修时间和相关费用。与此同时,技术可以在不同地点制造必要的部件,而不是集中在一个工厂,这也可以降低运输和储存成本。

3.3 零部件整合

可通过 3D 打印合并各个部分,从而实现功能整合,提高可靠性和性能。制造额外材料将把几个简单的部件合并成一个单位,并实现功能整合,而不需要焊接和螺栓等步骤,从而降低备件、加工和维修费用。

4 金属 3D 打印技术分类

4.1 选择性激光烧结技术(SLS)

这一工艺主要依靠金属提取机制,即通过在液相燃烧形成部件,利用激光束熔化金属粉末,稳定熔化金属物质,并重新稳定不溶解的固体粉末颗粒,从而提高粉末的密度。

4.2 选择性激光冶炼技术(SLM)

该技术以 SLS 为基础的快速配置技术为基础,该技术

基于通过三维建模软、切片分层、提取工艺参数、在激光测距仪设计完成 SLM 后,使用条形码数据设计激光测距仪(计算机激光束控制,按特定路径注入熔化金属粉末,然后逐渐积累)的原理。其优点是金属部件密度高达 99%,机械性能可以等同于锻炼结果,体积较大,使用更广,不需要经过后处理。

4.3 电子束熔化技术(EBM)

在 EBM 上,当金属粉末受到严重的电子撞击时,动能会转化为热能,熔化金属粉末。该过程的主要步骤是在平台上放置在一定温度上的均匀金属粉末,并通过预热和熔炼阶段对每个层进行扫描成形。在预热时,通过将高电子束调整到高扫描速度,将粉末层在 0.4 至 0.6Tm 的温度下多次加热。在熔炼过程中,将电子设备调为较低的测量速率,然后将电子束组织成较低的能量和速度,金属粉末进行熔化,完成一层扫描,粉末层重新固定一次,加热新的粉末层并熔化,并重新启动金属部件。

4.4 激光工程化净成形技术(LENS)

该系统包括激光系统、粉末运输系统和惰性气体保护系统。与 SLS 不同的是,切片数据和扫描路径数据被转移到 LENS 系统,该系统可能根据预先数据形成。这一过程能够处理更多的部件,制造程度更高,设计自由度较高,因此更适合处理结构复杂的金属部件。

5 金属三维打印的缺点

与冶金工艺相比,金属在三维打印过程中移动金属粉末,是冶炼加热熔化后快速冷却的过程,这是一个复杂的、组织的过程,在转化过程中,在高温融化的支柱之间有很大的相互作用。

组织特征主要表现在本组织内部的不平等、异性的明显差异以及晶界组织的微小化。关于 3D 打印组织的特点,研究无损晶片检测方法是组织监测、在线业绩和闭环业务的理论和实验基础。

在三维金属打印过程中,能源投入的集中、极端材料的相互作用、复杂的溶解池的行动、工作温度控制的困难以及以及各种因素的结合,都使得在部件打印中出现各种类型的缺陷,包括孔洞、未熔融和断裂等。最明显的缺陷是多孔性缺陷,这些缺陷大多是球形或椭圆形。缺陷的出现可能会使某些性能的钛合金产品的机械性能大幅下降,缺陷导致压力集中,造成裂缝,并降低材料的抗压能力。未熔融的缺陷是由于中层和道间之间的金属粉末未溶解而造成的。这些缺陷边缘往往很尖锐,因此更加集中于压力,造成分裂。与孔隙和不溶解的隙相比,裂隙是对金属三维打印测试产生重大影响的一个缺陷,一般可分为部分或全部裂隙。虽然部分断裂会减少材料的疲劳,并大大降低制造元件的使用寿命,但整体断裂的存在会降低试验元件的操作性能,甚至可能导致制造元件的总寿命降低。在三维金属打印的加热过程中,由于温度的原因,

每个部件的熔化和冷凝过程并不同步，造成不同地点的收缩程度不一致，从而产生热应激。由于组织压力和反复热循环的热压力，三维金属打印的内部压力产生复杂而多样的分布，在内部压力达到一定价值时，内部裂开，并会扩大，甚至可能导致整体分离。在三维金属打印模式方面，热压力、组织压力释放后积聚到室内温度，导致零部件变形。

由于金属某些部分对传统的无损检测构成了重大挑战，这在很大程度上妨碍了在航空航天和个人医疗设备等高度尖端领域应用三维金属打印技术。为便利三维金属打印技术的部署，一方面，必须查明和评估预制零件的冶炼特性，包括组织、瑕疵和压力，另一方面，必须将质量监测工作转到三维打印作业，以便迅速和准确地查明各种冶炼特性，而在测试信息反馈的基础上大大降低报废率。利用 3D 打印法打印产品，可以提高产品生产效率，提高产品质量，并带来可观的经济价值和利益。

6 三维金属打印技术的发展方向

6.1 继续改进设备性能

设备性能的改进包括改进数字控制系统设备和优化软件算法。设备数字控制系统的精确度和单层材料厚度的精确度是打印质量的重要指标。改进软件的智能算法将自动改变电子模型的合理性，并提出打印的合适角度。关于以溶解沉淀物为基础的常见的 3D 打印，建议放置方向是直立的，不可以平躺放置也不可以倾斜放置。与此同时，可以自动拆除物理模型或单面区域，或加厚薄弱区域深化，有效支持和填充空间，形成统一的切片数据集，并增强打印材料的机械力量。这将优化内部打印结构，节省打印费用，提高打印效率，并提高打印设备技术。

6.2 设备消耗的充足和成本

金属的 3D 打印对于相关材料的要求比较高，有些金属零部件模型打造需要特定的材料才能实现，因此金属 3D 打印造价成本相对高昂。伴随着金属 3D 打印技术越来越成熟，应用的领域越来越广阔，许多金属 3D 打印材料的价格已经有了很大的下降空间。

6.3 与其他技术的深度融合

整合多种数字处理技术与云计算和人工智能技术，将对传统工艺产生深远影响。技术革命涉及计算机设备的形成和方案之间的联系。与此同时，关于艺术创作，建立数字模型数据库将大大提高数字技术渗透各个艺术领域的可能性。

6.4 三维打印机的快速技术发展

三维打印机目前的方向。首先，三维打印将更有效、更精确，三维打印机也是不可缺少的发展方向，因此三维打印机也通过更精确的打印形式和更广泛的打印形式实现多自由的发展，以避免出现印面结构形成阶梯状，从而减少打印时所需的支撑结构。第二，实际打印经常需要不同的材料或颜色，单头三维打印机无法满足需要，目前正在考虑开发多维打印机，以满足国内外的需要。第三，三维打印还得到了发展，可能会发展到四维中。三维打印在 21 世纪非常重要，从科学研究到生产的良好发展，从简单的框架结构到在 3D 打印机中使用自动结构，包括连接器，以满足不同的打印需求。在互联网时代，三维打印机也适应了发展和智力发展的趋势，并相信，在不久的将来，三维打印机将进入生活的各个领域，进入家庭和以产品私有化和改造为特点的未来。

7 结语

三维打印发展至今，相关技术正在成熟，工业开发、航空航天、汽车制造和医疗设备制造等行业的应用也已普及。然而，严格的工业生产安全和可靠性要求仍然是一条不可逾越的红线，原材料生产需要很长时间才能证明其足够的安全性和可靠性。因此，对增材制造技术的需求增加。三维打印技术今后将发展到材料的多样性、智慧、独特性和耐久性，这是一种不可避免的趋势。

【参考文献】

- [1]黎志勇,杨斌,王鹏程,等.金属 3D 打印技术研究现状及其趋势[J].新技术新工艺,2017(4):25-28.
 - [2]黄忠,韩江.金属 3D 打印技术的发展现状及制约因素[J].山东农业工程学院学报,2018,35(3):40-43.
 - [3]蒲以松,王宝奇,张连贵,等.金属 3D 打印技术的研究[J].表面技术,2018,47(3):78-84.
 - [4]赵高升,刘秀军,张志明,等.金属零件 3D 打印技术研究进展[J].化工新型材料,2018,46(8):48-51.
 - [5]于永泽,刘静.液态金属 3D 打印技术进展及产业化前景分析[J].工程研究:跨学科视野中的工程,2017,9(6):9.
 - [6]方浩博.基于数字光处理技术的 3D 打印设备研制[D].北京:北京工业大学,2016.
- 作者简介:王正阳(1987.1-)男,毕业于昆明理工大学,硕士研究生,材料学专业,目前就职单位:航发优材(镇江)增材制造有限公司,热喷涂工段负责人,中级工程师。