

金属快速成形 3D 打印技术与应用

穆德敏^{1,2}, 陈宝欣^{1,2}, 陈艺文², 张舒翔²

沈阳工学院

e-mail: mudemin@situ.edu.cn

Summary. *With the gradual application of advanced manufacturing technology, the development of forced, removed and stacked forming technology is very rapid. As a relatively new rapid addition forming technology, 3D printing technology has achieved very good results in many fields, greatly improving the efficiency of parts, and playing an important role in promoting the development of social economy. This paper focuses on the analysis of metal 3D printing technology and equipment, and shares the case of 3D printing in real life.*

0 引言

增材制造技术 (AM), 是集 CAD 技术、数控技术、材料科学、机械工程、电子技术和激光技术等于一体的综合技术, 并采用材料逐层累加原理, 实现从零件设计到三维实体快速制造的一体化系统技术, 是自 20 世纪 80 年代逐渐发展起来的一种新型制造工艺技术, 早期被称为快速原型制造、实体自由制造^[1,2]。其最大特点是: 可减少或省略毛坯准备零件加工和装配等中间工序, 无需昂贵的刀具、夹具和模具等辅助工具, 在一台设备上可快速而精确的制造出任意复杂形状的零件。可实现的复杂结构零件成形, 大大减少加工工序, 缩短加工周期。常用的金属打印材料有铁基、镍基、铜基合金以及钛合金、钴铬合金、不锈钢、高温合金等材质, 因此, 研究金属 3D 打印技术及设备, 并在实际工程中加以应用, 具有一定现实意义。

1 金属快速原型制造工艺方法

自 20 世纪 80 年代由美国 3D Systems 公司发明的第一台商用光固化增材制造成形机以来, 出现了二十多种增材制造工艺方法。比如光敏液相固化法、叠层实体制造法、选区激光烧结法、熔丝沉积成形法等。其中选区激光烧结法 (Selective Laser Sintering, SLS), 是应用高能量的激光束将粉末材料逐层烧结成形的一种工艺方法。

具体方法是在一个充满惰性气体的密闭室内, 先将很薄的一层粉末沉积到成形桶底板上, 调整好激光束强度正好能烧结一个切片高度的粉末材料, 然后按切片截面数据控制激光束的运动轨迹对粉末材料进行扫描烧结。激光束按照给定的路径扫描移动后就能将所经过区域的粉末进行烧结, 从而生成零件实体的一个个切片层, 每一层都是在前一层顶部进行, 所烧结的当前层就能够与前一层牢固地黏接, 通过层层叠加, 去除未烧结粉末, 即可得到最终的三维零件实体^[3]。SLS 工艺特点是成形材料广泛, 不需要支撑材料, 由粉床充当自然支撑, 可成形悬臂、内空等其他工艺难成形的结构。

2 金属 3D 打印设备

金属 3D 打印设备主要有三部分组成: 计算机控制系统、主机、激光器冷却器, 如图 1 所示。

(1) 计算机控制系统: 由高可靠性计算机、性能可靠的各种控制模块、电机驱动单元、各种传感器组成, 配以 YIBORP SLM 软件系统。该系统用于三维图形数据处理, 加工过程的实时控制及模拟;

(2) 主机: 由五个基本单元组成, 包括工作缸、铺粉装置、落粉装置、电路系统、机身与机壳, 它主要完成系统的加工传动功能;

(3) 激光器冷却器: 由可调恒温水冷却器及外管路组成, 用于冷却激光器, 提高激光能量稳定性, 保护激光器, 延长激光器寿命。

3 工艺过程分析

(1) 建立三维实体模型 可以应用各种三维 CAD 系统, 包括 MDT、Solidworks、UG、Pro/E、Ideas 等, 将设计对象构建为三维实体数据模型; 或通过三坐标测量仪激光扫描仪、三维实体影像等手段对三维实体进行反求, 获取实体的三维数据, 以此建立实体 CAD 模型。

(2) 生成数据转换文件 将所建立的 CAD 三维实体数据模型转换为能够被增材制造系统所接受的数据格式文件, 如 STL、IGES 等。由于 STL 文件易于进行分层切片处理, 目前几乎所有增材制造系统均采用 STL 三角化文件格式。

(3) 分层切片 将 CAD 三维实体模型沿给定的方向切成一个个二维薄片层, 薄片厚度可根据增材制造系统的制造精度在 0.01~0.5mm 之间选取, 薄片厚度越小, 精度越高。分层切片过程也是增材制造由三维实体向二维薄片的离散化过程。

(4) 逐层堆积成形 增材制造系统根据切片的轮廓和厚度要求, 用粉材、丝材、片材等完成每一切片成形, 通过一片片堆积, 最终完成三维实体的成形制造。

(5) 成形实体的后处理 实体成形后, 需去除一些不必要的支撑结构或粉末材料, 根据要求尚需进行固化、修补、打磨、表面强化以及涂覆等后处理工序。

4 案例分享

沈阳工学院把“建设最好的应用技术大学”作为发展目标, 致力于培养“懂专业、技能强、能合作、善做事”的具有一定创新精神的高素质应用型人才。学生充分地利用第二课堂的优势, 自主学习 3D 打印技术, 效果显著, 操作过程如下:

首先, 使用 UG 软件, 根据校徽的实际尺寸, 生成三维校徽模型, 如图 2 所示, 将生成的三维模型导出为 OBJ 格式文件;

其次, 使用 Netfabb Basic 软件检测并修复模型中的网格错误, 再将其转化成 3D 打印软件最常用的 STL 格式;

第三, 使用 Cura 软件, 将三维模型大小调整为适合打印的尺寸, 由于校标有弧形的底部和内凹的空缺部分, 此处需要放置一个支架来保证模型在打印过程中不会坍塌;

第四, 将文件发送到打印机, 利用不锈钢材料将文件打印出来, 中间过程如图 3 所示, 成品图如图 4 所示。

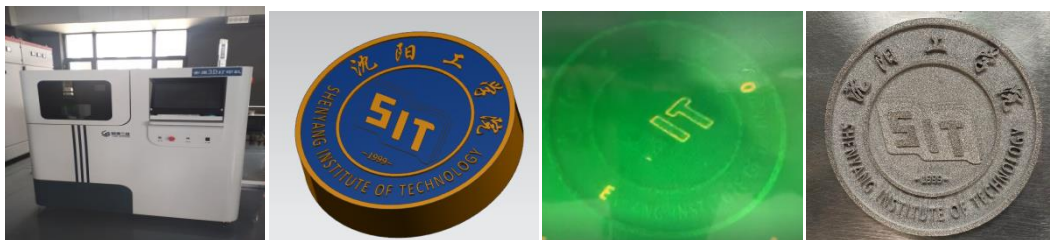


图 1 设备外观图 图 2 校徽数模 图 3 中间过程图 图 4 成品图

5 结论

(1) 3D 打印技术通过叠加和粘合材料层, 可以从无到有地构建出一个完整的功能部件;

(2) 3D 打印出来的产品完全按照图纸原形打印而出, 而且误差在 $\pm 0.1-0.3\text{mm}$; 所以, 在一切使用个性定制的部件上, 成本优势凸显, 是传先进制造技术的发展方向;

(3) 3D 打印生产保密性好, 而且依靠 3D 打印技术, 设计师直接可以进行样品打样, 确保原文件不泄露, 更好维护知识产权^[4]。

(4) 3D 打印稳定, 可以大量研发生产, 可以大幅度提升人员的工作效率和产品开发数量, 让 3D 打印效率更加快捷。

参考文献

- [1] 增材制造技术的研究现状及其发展趋势 [J]. 郭志飞,张虎. 机床与液压. 2015(05).
- [2] 增材制造(3D 打印)技术发展[J]. 卢秉恒,李涤尘. 机械制造与自动化. 2017(04).
- [3] 3D 打印技术研究现状和关键技术[J]. 张学军,唐思熠,肇恒跃,郭绍庆,李能,孙兵兵,陈冰清. 材料工程. 2016(02).
- [4] 基于 BIM 的 3D 打印技术在建筑行业的应用研究[J]. 季安康,王海飙. 科技管理研究. 2016(24).

A SINGLE SOURCE REACHABLE QUERY METHOD FOR GENE REGULATORY NETWORKS

Zhaoyuan Zhang, Ziheng Ding, Hanwen Wang, Keyi Liu, Weiyiqi Wang
School of Computer Science and Engineering, Northeastern University, China

Summary. *With the deepening of research on gene regulatory network, the construction technology of gene regulatory network has been relatively mature. However, according to the characteristics of gene regulatory network, it is still a problem to realize efficient reachable probability query and reachable path query among gene pairs on the constructed gene regulatory network. Therefore, this paper proposes an efficient and accurate single-source reachable query algorithm GRN-RQ based on gene regulatory network, in which the meaning of single-source is: the reachable query between gene pairs with both starting and ending nodes being single nodes can be realized. Algorithm GRN-RQ mainly includes three parts, respectively, an active graph pruning algorithm AP, which is applicable to different node situations, is used to reduce the size of probability graphs, a concurrent reachable query algorithm PSRA for partial instance graph generation and staged graph search, which is used to improve operational efficiency, the dual nodes optimal reachable path query algorithm DOP based on the dual path evaluation rule DPOR. Through experimental verification, the algorithm GRN-RQ proposed in this paper can not only quickly obtain the reachable probability between gene pairs and the optimal reachable path between them on the gene regulatory network, but also improve the accuracy of the reachable query result compared with the traditional method.*

Keywords. *gene regulatory network, single source reachable query, graph pruning, concurrent reachable query, optimal reachable path.*

Paper Background

As the gene regulatory network construction technology becomes more and more mature in recent years, a fast and accurate reachable query algorithm is urgently needed to be applied to the established gene regulatory network, so as to provide a reliable basis for biomedical research based on the relationship between genes. The existing relevant reachable query algorithms have some drawbacks and limitations when applied to gene regulatory networks, some of which cost too much time, some have unstable results, and others are not applicable to gene regulatory networks. Based on this, the project team proposes a reachable query algorithm suitable for gene regulatory network in detail.

Paper Innovation Scheme

The innovation scheme includes the innovation ideas of the algorithm and the specific algorithm introduction.

There are three main innovation ideas of the project algorithm. The first is to design efficient and diverse graph pruning algorithms based on gene regulatory network. The second is to use the concurrent reachable query algorithm to save time. The third is to design dual path evaluation rules to get the optimal path and suboptimal path. The specific algorithm design is as follows.