

# 三维打印快速成形技术及其应用

杨小玲,周天瑞

(南昌大学 机电工程学院,南昌 330031)

**摘要:** 阐述了快速成形技术及三维打印技术的基本概念,着重介绍了三维打印技术的基本原理、特点及其应用,分析了它的发展趋势。三维打印快速成形技术与其他快速成形技术相比具有许多优点,被认为是快速成形领域最有生命力的新技术之一,具有广阔的发展前景。

**关键词:** 快速成形;三维打印;基本原理;喷射技术

**中图分类号:** TH16

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1671-8798(2009)03-0186-04

## Three dimensional printing prototyping rapidly technology and its application

YANG Xiao-ling, ZHOU Tian-rui

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

**Abstract:** We present the basic concept of prototyping rapidly technology and three dimensional printing 3DP technology, introduce emphatically the basic concept, the basic principle, characteristics and applications, and analyze its development trend. Compared with other prototyping rapidly technologies, three dimensional printing 3DP has many advantages and is regarded as one of the most active prototyping rapidly technology in this field.

**Key words:** prototyping rapidly; 3D printing; basic principle; spray technology

快速成形技术(PR)是集技术、激光加工、CAD/CAM 技术、数控技术和新材料等技术领域的最新成果于一体的零件原型制造技术。快速成形制造技术(RPT)是 20 世纪 80 年代末出现的成形方式,是先进制造技术的重要组成部分。RPT 从成形思想上突破了传统的去除成形(车、铣、刨、磨、钳等)方法和受迫成形(锻压、铸造粉末冶金等)方法,它采用逐点或逐层堆积材料的方法制造物理模型,属于离散/

堆积成形方法,即分层实体制造。

RP 工艺发展迅速,目前已经有十多种成形工艺,主要工艺方法有<sup>[1]</sup>:立体印刷(SLA)、分层实体制造(LOM)、选择性激光烧结(SLS)、熔化沉积成形(FDM)、三维立体印刷(3DP)、固基光敏液相法(SGC)、热塑性材料选择性喷洒(Ink-jet)等。随着快速成形技术的发展,人们对原型件制造的成本、速度和操作的易用性可靠性都提出了更高的要求。当

收稿日期: 2009-06-25

基金项目: 江西省科技支撑计划项目(2007BG096050)

作者简介: 杨小玲(1987—),女,江西抚州人,硕士研究生,研究方向为 CAD/CAE/CAM 技术。

前商品化的高端 RP 系统价格昂贵,运行成本高,对环境要求较高,且需专门人员操作和日常维护。因此,基于喷射技术的三维打印成形(Three Dimensional Printing,3DP)技术由于其设备和材料便宜、运行成本低、操作简单、成形无污染、适合办公室环境,且打印速度快,可制作精细、复杂的零件<sup>[2]</sup>,已成为近年来 RP 行业研究和应用的热点。

1 3DP 成形技术的发展现状

3DP 技术是美国麻省理工学院 Emanuel Sachs<sup>[3]</sup>等人开发的。3DP 技术改变了传统的零件设计模式,真正实现了由概念设计向模型设计的转变。近几年来,3DP 技术在国外得到了迅猛的发展。美国 Z Corp 公司与日本 Riken Institute 于 2000 年研制出基于喷墨打印技术的、能够作出彩色原型件的三维打印机。该公司生产的 Z400,Z406 及 Z810 打印机是采用 MIT 发明的基于喷射黏结剂黏结粉末工艺的 3DP 设备。2000 年底以色列的 Object Geometries 公司推出了基于结合 3DInk-Jet 与光固化工艺的三维打印机 Quadra。美国 3D Systems、荷兰 TNO 以及德国 BMT 公司等都生产出自己研制的 3DP 设备。目前清华大学、西安交通大学、上海大学等国内高校和科研院所也在积极研发此类设备。3DP 技术在国内的家电、汽车、航空航天、船舶、工业设计、医疗等领域已得到了较为广泛的应用,但在国内尚处于研究阶段。

自美国麻省理工学院提出基于喷射黏接剂黏接粉末工艺的 3DP 成形技术以来,经过十几年的发展,国外已经开发出多种新材料新工艺的成形技术,并已生产出相应的三维打印机。根据其使用的不同材料类型,3DP 成形技术可分为黏接材料三维打印成形、光敏材料三维打印成形和熔融材料三维打印成形 3 种工艺<sup>[4]</sup>。

2 3DP 成形技术的基本原理及流程

2.1 3DP 成形技术的基本原理

3DP 技术与 SLA,SLS,FDM 和 LOM 技术一样,都是基于离散/堆积制造思想的快速成形技术。3DP 成形技术是一种基于喷射技术,从喷嘴喷射出液态微滴或连续的熔融材料束,按一定路径逐层堆积成形的 RP 技术。三维打印也称粉末材料选择性黏结,其工艺原理<sup>[5]</sup>如图 1 所示。喷头在计算机的控制下,按照截面轮廓的信息,在铺好的一层粉末材

料上,有选择性地喷射黏结剂,使部分粉末黏结,形成截面层。一层完成后,工作台下降一个层厚,铺粉,喷黏结剂,再进行后一层的黏结,如此循环形成三维产品。黏结得到的制件要置于加热炉中,作进一步的固化或烧结,以提高黏结强度。

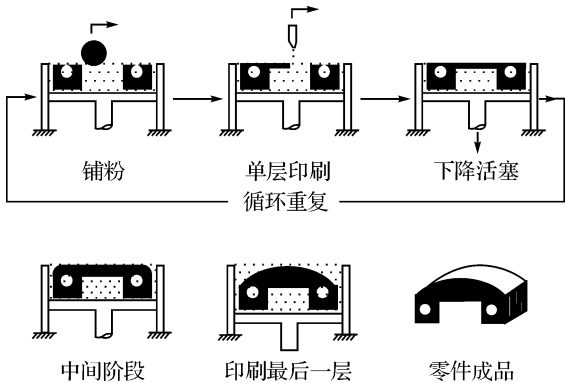


图 1 黏结成形 3DP 工艺原理图

Fig. 1 Bond 3DP forming process principle diagram

2.2 3DP 成形工艺的工作流程

3DP 技术是一个多学科交叉的系统工程,涉及 CAD/CAM 技术、数据处理技术、材料技术、激光技术和计算机软件技术等,其成形工艺过程包括模型设计、分层切片、数据准备、打印模型及后处理等步骤。

在采用 3DP 设备制件前,必须对 CAD 模型进行数据处理。由 UG,Pro/E 等 CAD 软件生成 CAD 模型,并输出 STL 文件,必要时需采用专用软件对 STL 文件进行检查并修正错误。但此时生成的 STL 文件还不能直接用于三维打印,必须采用分层软件对其进行分层。层厚大,精度低,但成形时间快;相反,层厚小,精度高,但成形时间慢。分层后得到的只是原型一定高度的外形轮廓,此时还必须对其内部进行填充,最终得到三维打印数据文件。

3DP 具体工作过程如下:

- 1)采集粉末原料;
- 2)将粉末铺平到打印区域;
- 3)打印机喷头在模型横截面定位,喷黏结剂;
- 4)送粉活塞上升一层,实体模型下降一层以继续打印;
- 5)重复上述过程直至模型打印完毕;
- 6)去除多余粉末,固化模型,进行后处理操作。

3 三维打印成形技术特点

SLA,SIS,LOM 等快速成形设备以激光作为能

源,但激光系统(包括激光器、冷却器、电源和外光路)的价格及维护费用非常昂贵,致使制件的成本较高,而基于喷射黏结剂堆积成形的3DP设备采用相对较廉价的打印头。另外,3DP快速成形方法避免了SLA,SLS,LOM及FDM等快速成形方法对温度及环境的要求。

三维打印成形技术具有以下特点:

1)成本低,体积小。无需复杂的激光系统,整体造价大大降低,喷射结构高度集成化,没有庞杂的辅助设备,结构紧凑,适合办公室使用。

2)材料类型广泛。根据使用要求,可以是热塑性材料、金属或陶瓷材料,也可以是种类繁多的粉末材料,如陶瓷、金属、石膏、淀粉及各种复合材料,还可以是成形复杂的梯度材料零件。

3)工作过程中无污染。成形过程中无大量热产生,无毒无污染,环境友好。

4)成形速度快。成形头一般具有多个喷嘴,成形速度比采用单个激光头逐点扫描要快得多。

5)运行费用低且可靠性高。成形喷头维护简单,消耗能源少,可靠性高,运行费用和维护费用低。

6)高度柔性。这种制造方式不受零件的形状和结构的任何约束,使复杂模型的直接制造成为可能。

但是,三维打印成形也存在以下不足之处:

1)制件强度较低。由于采用液滴直接黏结成形,制件强度低于其他快速成形方式,一般需要进行后处理。

2)制件精度有待提高。特别是液滴黏结粉末的三维打印成形,其表面精度受粉末材料特性的约束。

## 4 三维打印成形技术的应用

### 4.1 原型制作

三维打印成形可以用于产品模型的制作,以提高设计速度,提高设计交流的能力,成为强有力的与用户交流的工具,进行产品结构设计及评估,以及样件功能测评。除了一般工业模型,三维打印可以成形彩色模型,特别适合生物模型、化工管道及建筑模型等<sup>[6]</sup>。此外,彩色原型制件可通过不同的颜色来表现三维空间内的温度、应力分布情况,这对于有限元分析是非常好的辅助作用。

### 4.2 快速模具

三维打印成形可用于制作母模、直接制模和间

接制模,对正在迅速发展和具有广阔前景的快速模具领域起到积极的推动作用。将三维打印成形制件经后处理作为母模,浇注出硅橡胶模,然后在真空浇注机中浇注聚亚胺酯复合物,可复制出一定批量的实际零件。聚亚胺酯复合物与大多数热塑性塑料性能大致相同,生产出的最终零件可以满足高级装配测试和功能验证。直接制作模具型腔是真正意义上的快速制造,可以采用混合用金属的树脂材料制成,也可以直接采用金属材料成形。三维打印快速成形直接制模能够制作带有工形冷却道的任意复杂形状模具,甚至在背衬中构建任何形状的中空散热结构,以提高模具的性能和寿命。

### 4.3 快速制造

快速成形技术的发展目标是快速经济地制造金属、陶瓷或其他功能材料零件。美国 Extrude Hone 公司采用金属和树脂黏接剂粉末材料,逐层喷射光敏树脂黏接剂,并通过紫外光照射进行固化,成形制件经二次烧结和渗铜,最后形成60%钢和40%铜的金属制件。其金属粉末材料的范围包括低碳钢、不锈钢、碳化钨,以及上述材料的混合物等。美国 Pro Metal 公司通过喷射液滴逐层黏接覆膜金属合金粉末,成形后再进行烧结,直接生产金属零件。美国 Automated Dynamics 公司则生产喷射铝液滴的快速成形设备,每小时可以喷射1 kg的铝滴。

### 4.4 医学模型

三维打印成形可以进行假体与移植物的制作,利用模型预制个性化移植物(假体),提高精确性,缩短手术时间,减少病人的痛苦。此外。三维打印成形制作医学模型可以辅助手术策划,有助于改善外科手术方案,并有效地进行医学诊断,大幅度减少时间和费用,给人类带来巨大的利益<sup>[7]</sup>。

### 4.5 制药工程

缓释药物可以使药物维持在希望的治疗浓度,减少副作用,优化治疗。提高病人的舒适度,是目前研究的热点。缓释药物具有复杂内部孔穴和薄壁部分,麻省理工学院采用多喷嘴三维打印快速成形,用PMMA材料制备了支架结构,将几种用量相当精确的药物打印入生物相融的、可水解的聚合物基层中,实现可控释放药物的制作。美国 Therics 公司使用三维打印快速成形生产这种可控释放药物,其药剂偏差量小于1%,而当前制药方法的药剂含量偏差约为15%<sup>[8]</sup>。目前三维打印快速成形能够快速并无浪费地制造具有复杂药物释放曲线、精确药量控

制的药物。

#### 4.6 微型机电制造

微型机电是指集微型机构、微型传感器、微型执行器以及信号处理和控制电路,甚至外围接口通讯电路和电源等于一体的微型器件或系统。其主要特点是体积小、重量轻、耗能低、性能稳定和技术含量高。目前微型机电制造方法要么只适合平面加工,难以加工出三维复杂结构;要么工艺步骤复杂、设备投资大、成本费用昂贵。若将需要成形的材料制成打印头可打印的悬浮液,利用基于分层制造原理的 3DP 快速成形技术能够较容易地成形出复杂三维结构的微器件。随着 3DP 技术成形精度的不断提高,它必将在微机械、电子元器件、电子封装、传感器等微型机电制造领域有着广泛的应用前景<sup>[9]</sup>。

### 5 展 望

三维打印快速成形技术与其他快速成形技术相比具有众多优点,被认为是快速成形领域最有生命力的新技术之一,具有良好的发展潜力和广阔的应用前景。随着快速成形技术及相关学科的发展,3DP 必将得到越来越广泛的应用。目前 3DP 成形技术还有很大的发展空间:

1) 体积小小型化,桌面化。三维打印机在普及的过程中,为了方便人们使用,将出现更加经济、外形更加小巧、更适合办公室环境的的机型。

2) 新材料的研究与开发。目前相对于其他 RP 技术,3DP 成形技术可供选择的材料范围较小,需进一步研究开发出更多具有良好综合性能的成形材料,以满足各个行业的需要。

3) 软件集成化。实现 CAD/CAPP/RP 一体化,由于现有的三维打印系统和 CAD 系统之间必须经过一个接口作为过渡才能进行通讯,目前普遍采用 STL 文件格式,它将三维 CAD 模型进行近似处理,生成三角面片的文件,然后再进行切片分层。在这过程中不可避免地会出现缺陷,影响了成形精度和

效率。

4) 新工艺的开发和设备的改进随着喷射技术的进步,开发新工艺,在三维打印机上实现高端 RP 设备的一些高级功能,进一步提高原型件的表面质量和尺寸精度。

#### 参考文献:

- [1] 朱林泉,白培康,朱江森.快速成形与快速制造技术[M].北京:国防工业出版社,2003:8-14.
- [2] 李晓燕,张曙,余灯广.三维打印成形粉末配方的优化设计[J].机械科学与技术,2006,25(11):1343-1346.
- [3] SCANS E M, HAGGERTY J S, CIMA M J, et al. Three-dimensional Printing Technique: US patent, NO. 5204055[P],1993-4-20.
- [4] 伍咏晖,李爱平,张曙.三维打印成形技术的新进展[J].机械制造,2005(12):62-64.
- [5] 赵志文,程昌圻,韩秀坤.快速原型制造技术及应用[J].北京理工大学学报,1994(10):58-65.
- [6] DIMITROV D, SCHREVE K, DE BEER N. Advances in Three Dimensional Printing-State of the Art and Future Perspective[J]. Rapid Prototyping Journal, 2006, 12(3):136-147.
- [7] LEONG K F, CHEAH C M, CHUA C K. Solid Freeform Fabrication of Three-dimensional Scaffolds for Engineering Replacement Tissues and Organs[J]. Biomaterials, 2003,24(13):2363-2378.
- [8] 李晓燕,张曙.三维打印成形技术在制药工程中的应用[J].中国制造业信息化,2004,33(4):105-107.
- [9] 刘厚才,莫健华,刘海涛.三维打印快速成形技术及其应用[J].机械科学与技术,2008,27(9):1184-1190.
- [10] Paul Calvert. Ink jet printing for materials and devices[J]. Chem Mater,2001,13(10):3299-3305.
- [11] 曹炜,曾忠,李合生.快速成形技术及其发展趋势[J].机械设计与制造,2006(5):104-107.
- [12] 伍咏晖.彩色三维打印成形技术及应用[J].机械工程师,2007(2):57-59.