

3D打印技术系列丛书

丛书主编 沈其文 王晓斌

黏结剂喷射与熔丝制造 3D打印技术

● 主编 王运赣 王宣



3D



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

3D 打印技术系列丛书

丛书主编 沈其文 王晓斌

黏结剂喷射与熔丝制造 3D 打印技术

主编 王运赣 王 宣

参编 魏俊杰 周建东 秦 岭 任 毅

覃 琴 黄 强 张崇伦 张素娟

马文生 苏智铭 王金宏

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书内容共3章,分别为3D打印技术概述、黏结剂喷射式3D打印和熔丝制造式3D打印,较为详细地介绍了3D打印技术的工作原理、3D打印机的种类及主流机型、3D打印技术的应用与发展;黏结剂喷射式3D打印机和熔丝制造式3D打印机的工作原理和型式、打印工艺分析、打印机操作、打印机使用的成形材料和典型应用。

本书可供从事3D打印技术的研发人员学习参考,亦可作为大中专和职业院校专业教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

黏结剂喷射与熔丝制造 3D 打印技术/王运赣,王宣主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2016.9

(3D 打印技术系列丛书)

ISBN 978-7-5606-4265-9

I. ①黏… II. ①王… ②王… III. ①立体印刷—印刷术 IV. ①TS853

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 217348 号

策 划 陈 婷

责任编辑 陈 婷

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西百花印务有限责任公司分公司

版 次 2016年9月第1版 2016年9月第1次印刷

开 本 787毫米×960毫米 1/16 印 张 10

字 数 172千字

印 数 1~2000册

定 价 36.00元

ISBN 978-7-5606-4265-9/TS

XDUP 4557001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

3D 打印技术又称为快速成形技术或增材制造技术,该技术在 20 世纪 70 年代末到 80 年代初期起源于美国,是近 30 年来世界制造技术领域的一次重大突破。3D 打印技术是光学、机械、电气、计算机、数控、激光以及材料科学等技术的集成,它可将数学几何模型的设计迅速、自动地物化为具有一定结构和功能的原型或零件。3D 打印技术改变了传统制造的理念和模式,是制造业最具有代表性的颠覆技术。3D 打印技术解决了国防、航空航天、交通运输、生物医学等重点领域高端复杂精细结构关键零部件的制造难题,并提供了应用支撑平台,有极为重要的应用价值,对推进第三次工业革命具有举足轻重的作用。随着 3D 打印技术的快速发展,其应用将越来越普及。

在新的世纪,随着信息、计算机、材料等技术的发展,制造业的发展将越来越依赖于先进制造技术,特别是 3D 打印制造技术。2015 年国务院发布的《中国制造 2025》中,3D 打印技术及其装备被正式列入十大重点发展领域。可见,3D 打印技术已经被提升到国家重要战略基础产业的高度。3D 打印先进制造技术的发展需要大批创新型的人才,这对工科院校、特别是职业技术学院及职业院校学生的培养提出了新的要求。

我国 3D 打印技术正在快速成长,其应用范围不断扩大,但 3D 打印技术的推广与应用尚在起步阶段,3D 打印技术人才极度匮乏,因此,出版一套高水平的 3D 打印技术系列丛书,不仅可以让最新的学术科研成果以著作的方式指导从事 3D 打印技术研发的工程技术人员,以进一步提高我国“智能制造”行业技术研究的整体水平,同时对人才培养、技术提升及 3D 打印产业的发展也具有重大意义。

本丛书主要介绍 3D 打印技术原理、主流机型系列的工艺成形原理、打印材料的选用、实际操作流程以及三维建模和图形操作软件的使用。本丛书共五册,分别为:《液态树脂光固化 3D 打印技术》(莫健华主编)、《选择性激光烧结 3D 打印技术》(沈其文主编)、《黏结剂喷射与熔丝制造 3D 打印技术》(王运赣、王宣主编)、《选择性激光熔化 3D 打印技术》(陈国清主编)、《三维测量技术及

应用》(李中伟主编)。

本丛书由广东奥基德信机电有限公司与西安电子科技大学出版社共同策划,由华中科技大学自20世纪90年代末就从事3D打印技术研发并具有丰富实践经验的教授,结合国内外典型的3D打印机及广东奥基德信机电有限公司的工业级SLS、SLM、3DP、SLA、FFF(FDM)3D打印机和三维扫描仪等代表性产品的特性以及其他各院校、企业产品的特性进行编写,其中沈其文教授对每本书的编写思路、目录和内容均进行了仔细审阅,并从整体上确定全套丛书的风格。

由于编写时间仓促,且要兼顾不同层次读者的需求,本书涉及的内容非常广泛,丛书中的不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2016年6月于广东佛山

前言

黏结剂喷射式 3D 打印和熔丝制造式 3D 打印是增材制造的两种主要工艺方法，这两种类型的 3D 打印都起始于 1993 年，至今已有 20 多年的历史。

长期以来，黏结剂喷射式 3D 打印可采用的材料比较少，通常仅有石膏粉、淀粉等有限的几种，其成形件的强度较低，往往必须在后处理工序中予以补救，非常麻烦，致使这种工艺的应用受到很大的限制。随着适用于黏结剂喷射式 3D 打印的一些塑料粉的出现，使这种局面在近年来有了很大的变化。黏结剂喷射式 3D 打印技术能打印高强度的连续渐变色的全彩色柔性塑料件，而且还能用作熔模铸造模，成为增材制造中的一枝独秀；黏结剂由有机材料向无机材料的变化，使得打印高强度的大型铸造砂模成为可能；更令人振奋的是，黏结剂喷射式 3D 打印在新型给药系统的制作上取得了突破性的进展，首款采用黏结剂喷射式 3D 打印技术制作的抗癫痫药已在美国正式上市。

熔丝制造式 3D 打印也经历了类似的过程，在相当长的时间，这种工艺一般采用 ABS 塑料丝为成形材料，打印件的精度不够理想，而且在打印过程中不得不用保温措施来减少工件的翘曲变形。近年来，廉价桌面式熔丝制造 3D 打印机的大量涌现，以改性聚乳酸为代表的高性能环保塑料丝的出现，使得这种 3D 打印技术的应用范围迅速扩大，从而为增材制造技术的普及与推广创造了全新的局面。

基于上述情况，我们编写了这本以黏结剂喷射式与熔丝制造式 3D 打印为主体的书籍，希望读者喜欢。

王运赣

2016 年 3 月于上海

目 录

第 1 章 3D 打印技术概述	1
1.1 3D 打印技术简介	1
1.1.1 3D 打印技术的概念	1
1.1.2 3D 打印技术的发展史	2
1.1.3 3D 打印技术的特点和优势	5
1.2 3D 打印技术的工作原理	6
1.3 3D 打印技术的全过程	8
1.3.1 工件三维 CAD 模型文件的建立	9
1.3.2 三维扫描仪	10
1.3.3 三维模型文件的近似处理与切片处理	11
1.4 3D 打印机的主流机型	12
1.4.1 立体光固化打印机	13
1.4.2 选择性激光烧结打印机	14
1.4.3 选择性激光熔化打印机	15
1.4.4 熔丝制造成形打印机	16
1.4.5 分层实体打印机	18
1.4.6 黏结剂喷射打印机	19
1.5 3D 打印技术的应用与发展	21
1.5.1 3D 打印技术的应用	21
1.5.2 3D 打印技术与行业结合的优势	23
1.5.3 3D 打印技术在国内的发展现状	29
1.5.4 3D 打印技术在国内的发展趋势	31
1.5.5 3D 打印技术发展的未来	33
第 2 章 黏结剂喷射式 3D 打印	35
2.1 黏结剂喷射式 3D 打印机工作原理	35
2.2 黏结剂喷射式 3D 打印机的型式	38
2.2.1 Z Printer 3D 打印机	38

2.2.2	ExOne 大型 3D 打印机	43
2.2.3	Voxeljet 大型 3D 打印机	47
2.2.4	富奇凡 3D 打印机	50
2.3	黏结剂喷射式 3D 打印工艺分析与打印机选择	55
2.3.1	黏结剂喷射式 3D 打印工艺分析	55
2.3.2	黏结剂喷射式 3D 打印机选择	60
2.4	LTY 型黏结剂喷射式 3D 打印机操作	62
2.4.1	控制开关与指示灯	62
2.4.2	控制软件界面	63
2.4.3	打印操作过程	63
2.4.4	控制软件安装	65
2.4.5	控制软件使用	65
2.5	打印成形件后强化处理	72
2.6	黏结剂喷射式 3D 打印机使用的成形材料	72
2.7	黏结剂喷射式 3D 打印的典型应用	75
2.7.1	连续渐变全彩色柔性/高强度塑料件的 3DP 打印成形	75
2.7.2	大型铸造砂模/熔模的 3DP 高效打印成形	75
2.7.3	新型控释给药系统的 3DP 打印成形	77
2.8	奥基德信 3DP PS-201 黏结剂喷射式 3D 打印机	80

第 3 章 熔丝制造式 3D 打印 90

3.1	熔丝制造式 3D 打印机的工作原理	90
3.2	熔丝制造式 3D 打印机的型式	92
3.2.1	桌面级 FFF 3D 打印机	92
3.2.2	大型工业级 FFF 3D 打印机	103
3.3	熔丝制造式 3D 打印工艺分析	112
3.3.1	打印方向对工件成形的影响	112
3.3.2	打印方向的确定	114
3.3.3	支撑结构	117
3.3.4	打印路径	120
3.3.5	打印参数	123
3.3.6	打印件的品质分析与检验	126
3.4	熔丝制造式 3D 打印机操作	131

3.5 熔丝制造式 3D 打印机使用的成形材料	139
3.6 熔丝制造式 3D 打印的典型应用	143
3.6.1 FFF 3D 打印在汽车工业中的应用	143
3.6.2 FFF 3D 打印在生物学中的应用	145
3.6.3 FFF 3D 打印在教育中的应用	146
参考文献	149



第1章 3D打印技术概述

3D打印技术改变了传统制造的理念和模式,是制造业有代表性的颠覆技术,也是近30年来世界制造技术领域的一次重大突破。3D打印技术解决了国防、航空航天、机械制造、交通运输、生物医学等重点领域关键零部件的制造难题,并提供了应用支撑平台,有极为重要的应用价值,对推进第三次工业革命具有举足轻重的作用。随着3D打印技术的快速发展,其应用将越来越普及。

1.1 3D打印技术简介

1.1.1 3D打印技术的概念

机械制造技术大致分为如下三种方式:

(1) 减材制造:一般是用刀具进行切削加工或采用电化学方法去除毛坯中不需要的材料,剩下的部分即是所需加工的零件或产品。

(2) 等材制造:利用模具成形,将液体或固体材料变为所需结构的零件或产品。铸造、锻压等均属于此种方式。

减材制造与等材制造均属于传统的制造方法。

(3) 增材制造:也称3D打印,是近20年发展起来的先进制造技术,它无需刀具及模具,是用材料逐层累积叠加制造所需实体的方法。

3D打印(Three Dimensional Printing, 3DP)技术在学术上又称为“添加制造”(Additive Manufacturing, AM)技术,也称为增材制造或增量制造。根据美国材料与试验协会(ASTM)2009年成立的3D打印技术委员会(F42委员会)公布的定义,3D打印技术是一种与传统材料加工方法截然相反的,基于三维CAD模型数据并通过增加材料逐层制造的方式,是一种直接制造与数学模型完全一致的三维物理实体模型的制造方法。3D打印技术内容涵盖了与产品生命周期前端的“快速原型”(Rapid Prototyping, RP)和全生产周期的“快速制



造”(Rapid Manufacturing, RM) 相关的所有工艺、技术、设备类别及应用。

3D 打印技术在 20 世纪 80 年代后期起源于美国,是最近 20 多年来世界制造技术领域的一次重大突破。它可将已具数学几何模型的设计迅速、自动地物化为具有一定结构和功能的原型或零件。

分层制造技术 (Layered Manufacturing Technique, LMT)、实体自由制造 (Solid Freeform Fabrication, SEF)、直接 CAD 制造 (Direct CAD Manufacturing, DCM)、桌面制造 (Desktop Manufacturing, DTM)、即时制造 (Instant Manufacturing, IM) 与 3D 打印技术具有相似的内涵。3D 打印技术获得零件的途径不同于传统的材料去除或材料变形方法,而是在计算机控制下,基于离散/堆积原理采用不同方法堆积材料最终完成零件的成形与制造。从成形角度看,零件可视为由点、线或面叠加而成。3D 打印就是从 CAD 模型中离散得到点、面的几何信息,再与成形工艺参数信息结合,控制材料有规律、精确地由点到面,由面到体地堆积出所需零件。从制造角度看,3D 打印根据 CAD 造型生成零件的三维几何信息,转化为相应的指令后传输给数控系统,通过激光束或其他方法使材料逐层堆积而形成原型或零件,无需经过模具设计制作环节,极大地提高了生产效率,大大降低了生产成本,特别是极大地缩短了生产周期,被誉为制造业中的一次革命。

3D 打印技术集中体现了 CAD、建模、测量、接口软件、CAM、精密机械、CNC 数控、激光、新材料和精密伺服驱动等先进技术的精粹,采用了全新的叠加成形法,与传统的去除成形法有本质的区别。3D 打印技术是多种学科集成发展的产物。

3D 打印不需要刀具和模具,利用三维 CAD 模型在一台设备上可快速而精确地制造出结构复杂的零件,从而实现“自由制造”,解决传统制造工艺难以加工或无法加工的局限性,并大大缩短了加工周期,而且越是结构复杂的产品,其制造局限性的改善越明显。近 20 年来,3D 打印技术取得了快速发展。3D 打印制造原理结合不同的材料和实现工艺,形成了多种类型的 3D 打印制造技术及设备,目前全世界 3D 打印设备已多达几十种。3D 打印制造技术在消费电子产品、汽车、航空航天、医疗、军工、地理信息、建筑及艺术设计等领域已被大量应用。

1.1.2 3D 打印技术的发展史

3D 打印技术的发展起源可追溯至 20 世纪 70 年代末到 80 年代初期,美国 3M 公司的 Alan Hebert (1978 年)、日本的小玉秀男 (1980 年)、美国 UVP 公司的 Charles Hull (1982 年) 和日本的丸谷洋二 (1983 年) 四人各自独立提



出了3D打印的概念。1986年, Charles Hull率先提出了光固化成形(Stereo Lithography Apparatus, SLA), 这是3D打印技术发展的一个里程碑。同年, 他创立了世界上第一家3D打印设备的3D Systems公司。该公司于1988年生产出了世界上第一台3D打印机SLA-250。1988年, 美国人Scott Crump发明了另外一种3D打印技术——熔融沉积成形(Fused Deposition Modeling, FDM), 并成立了Stratasys公司。现在根据美国材料与试验协会(ASTM) 2009年成立的3D打印技术委员会(F42委员会)公布的定义, 该种成形工艺已重新命名为熔丝制造成形(Fused Filament Fabrication, FFF)。1989年, C. R. Dechard发明了选择性激光烧结成形(Selective Laser Sintering, SLS)。1993年麻省理工大学教授Emanuel Sachs发明了一种全新的3D打印技术(Three Dimensional Printing, 3DP)。这种技术类似于喷墨打印机, 通过向金属、陶瓷等粉末喷射黏结剂的方式将材料逐片成形, 然后进行烧结制成最终产品。这种技术的优点在于制作速度快, 价格低廉。随后, Z Corporation获得了麻省理工大学的许可, 利用该技术来生产3D打印机, “3D打印机”的称谓由此而来。此后, 以色列人Hanan Gothait于1998年创办了Objet Geometries公司, 并于2000年在北美推出了可用于办公室环境的商品化3D打印机。

近年来, 3D打印有了快速的发展。2005年, Z Corporation发布Spectrum Z510, 这是世界上第一台高精度彩色添加制造机。同年, 英国巴恩大学的Adrian Bowyer发起开源3D打印机项目RepRap, 该项目的目标是做出“自我复制机”, 通过添加制造机本身, 能够制造出另一台添加制造机。2008年, 第一版RepRap发布, 代号为“Darwin”, 它的体积仅一个箱子大小, 能够打印自身元件的50%。2008年, 美国旧金山一家公司通过添加制造技术首次为客户定制出了假肢的全部部件。2009年, 美国Organovo公司首次使用添加制造技术制造出人造血管。2011年, 英国南安普敦大学工程师打印出了世界首架无人驾驶飞机, 造价5000英镑。2011年, Kor Ecologic公司推出世界上第一辆从表面到零部件都由3D打印机打印制造的车“Urbee”, Urbee在城市时速可达100英里(注: 1英里 $\approx$ 1.609千米), 而在高速公路上则可飙升到200英里, 汽油和甲醇都可以作为它的燃料。2011年, I. Materialis公司提供以14K金和纯银为原材料的3D打印服务。随后还有新加坡的KINERGY公司、日本的KIRA公司、英国Renishaw等许多公司加入到了3D打印行业。

国内进行3D打印制造技术的研究比国外晚, 始于20世纪90年代初, 清华大学、华中科技大学、北京隆源自动成形有限公司及西安交通大学先后于1991—1993年间开始研发制造FDM、LOM、SLS及SLA等国产3D打印系统, 随后西北工业大学、北京航空航天大学、中北大学、北方恒立科技有限公



司、湖南华曙公司、上海联泰公司等单位迅速加入 3D 打印的研发行列之中,这些单位和企业在 3D 打印原理研究、成形设备开发、材料和工艺参数优化研究等方面做了大量卓有成效的工作,有些单位开发的 3D 打印设备已接近或达到商品化机器的水平。

随着工艺、材料和装备的日益成熟,3D 打印技术的应用范围不断扩大,从制造设备向制造生活产品发展。新兴 3D 打印技术可以直接制造各种功能零件和生活物品,可以制造电子产品绝缘外壳、金属结构件、高强度塑料零件、劳动工具、橡胶制件、汽车及航空高温用陶瓷部件及各类金属模具等,还可以制造食品、服装、首饰等日用产品。其中,高性能金属零件的直接制造是 3D 打印技术发展的重要标志之一,2002 年德国成功研制了选择性激光熔化 3D 打印设备(Selective Laser Melting, SLM),可成形接近全致密的精密金属制件和模具,其性能可达到同质锻件水平,同时电子束熔化(Electron Beam Melting, EBM)、激光近净成形等技术装备涌现了出来。这些技术面向航空航天、武器装备、汽车/模具及生物医疗等高端制造领域,可直接成形复杂和高性能的金属零部件,解决一些传统制造工艺难以加工甚至无法加工的零部件制造难题。

美国《时代》周刊曾将 3D 打印制造列为“美国十大增长最快的工业”。如同蒸汽机、福特汽车流水线引发的工业革命,3D 打印是“一项将要改变世界的技术”,已引起全球的关注。英国《经济学人》杂志指出,它将“与其他数字化生产模式一起,推动并实现第三次工业革命”,认为“该技术将改变未来生产与生活模式,实现社会化制造”。每个人都可以用 3D 打印设备开办工厂,这将改变制造商品的方式,并改变世界经济的格局,进而改变人类的生活方式。美国总统奥巴马在 2012 年提出了发展美国、振兴制造业计划,启动的首个项目就是“3D 打印制造”。该项目由国防部牵头,众多制造企业、大专院校以及非营利组织参加,其任务是研发新的 3D 打印制造技术与产品,使美国成为全球最优秀的 3D 打印制造中心,使 3D 打印制造技术成为“基础研发与产品研发”之间的纽带。美国政府已经将 3D 打印制造技术作为国家制造业发展的首要战略任务予以支持。

3D 打印象征着个性化制造模式的出现,在这种模式下,人类将以新的方式合作来进行生产制造,制造过程与管理模式将发生深刻变革,现有制造业格局必将被打破。当前,我国制造业已经将大批量、低成本制造的潜力发挥到极致,未来制造业的竞争焦点将会由创新所主导,3D 打印技术就是满足创新开发的有力工具,3D 打印技术的应用普及程度将会在一定程度上表征一个国家的创新能力。



1.1.3 3D打印技术的特点和优势

1. 制造更快速、更高效

3D打印制造技术是制作精密复杂原型和零件的有效手段。利用3D打印制造技术由产品CAD数据或从实体反求获得的数据到制成3D原型,一般只需几小时到几十个小时,速度比传统成形加工方法快得多。3D打印制造工艺流程短,全自动,可实现现场制造,因此,制造更快速、更高效。随着互联网的发展,3D打印制造技术还可以用于提供远程制造服务,使资源得到充分利用,用户的需求得到最快的响应。

2. 技术高度集成

3D打印制造技术是CAD、数据采集与处理、材料工程、精密机电加工与CNC数字控制技术的综合体现。设计制作一体化(即CAD/CAM一体化)是3D打印技术的另一个显著特点。在传统的CAD/CAM技术中,由于成形技术的局限,致使设计制造一体化很难实现。而3D打印技术采用的是离散/堆积分层制作工艺,可以实现复杂的成形,因而能够很好地将CAD/CAM结合起来,实现设计与制造的一体化。

3. 堆积制造,自由成形

自由成形的含义有两方面:其一是指可根据3D原型或零件的形状,无需使用工具与模具而自由地成形;其二是指以“从下而上”的堆积方式实现非匀质材料、功能梯度材料的器件更有优势,不受形状复杂程度限制,能够制造任意复杂形状与结构、不同材料复合的3D原型或零件。

4. 制造过程高度柔性化

降维制造(分层制造)把三维结构的物体先分解成二维层状结构,逐层累加形成三维物品。因此,原理上3D打印技术将任何复杂的结构形状转换成简单的二维平面图形,而且制造过程更柔性化。3D打印取消了专用工具,可在计算机管理和控制下制造出任意复杂形状的零件,制造过程中可重新编程、重新组合、连续改变生产装备,并通过信息集成到一个制造系统中。设计者不受零件结构工艺性的约束,可以随心所欲设计出任何复杂形状的零件。可以说,“只有想不到,没有做不到”。

5. 直接制造组合件和可选材料的广泛性

任何高性能难成形的拼合零部件均可通过3D打印方式一次性直接制造出



来,不需要工模具通过组装拼接等复杂过程来实现。3D 打印制造技术可采用的材料十分广泛,可采用树脂、塑料、纸、石蜡、复合材料、金属材料或者陶瓷材料的粉末、箔、丝、小块体等,也可是涂覆某种黏结剂的颗粒、板、薄膜等材料。

6. 广泛的应用领域

除了制造 3D 原型以外,3D 打印技术还特别适用于新产品的开发、快速单件及小批量零件的制造、不规则零件或复杂形状零件的制造、模具及模型设计与制造、外形设计检查、装配检验、快速反求与复制,以及难加工材料的制造等。这项技术不仅在制造业的产品造型与模具设计领域,而且在材料科学与工程、工业设计、医学科学、文化艺术、建筑工程、国防及航空航天等领域都有着广阔的应用前景。

综上所述 3D 打印技术具有的优势如下:

- (1) 从设计和工程的角度出发,可以设计更加复杂的零件。
- (2) 从制造角度出发,减少设计、加工、检查的工序,可大大缩短新品进入市场的时间。
- (3) 从市场和用户角度出发,减少风险,可实时地根据市场需求低成本地改变产品。

1.2 3D 打印技术的工作原理

3D 打印(Three Dimensional Printing, 3DP)技术是一种依据三维 CAD 设计数据,将所采用的离散材料(液体、粉末、丝材、片材、板或块料等)自下而上逐层叠加制造所需实体的技术。自 20 世纪 80 年代以来,3D 打印制造技术逐步发展,期间也被称为材料增材制造(Material Increase Manufacturing)、快速原型(Rapid Prototyping)、分层制造(Layered Manufacturing)、实体自由制造(Solid Freeform Fabrication)、3D 喷印(3D Printing)等。这些名称各异,但其成形原理均相同。

3D 打印技术不需要刀具和模具,利用三维 CAD 数据在一台设备上可快速而精确地制造出复杂的结构零件,从而实现“自由制造”,解决传统工艺难加工或无法加工的局限,并大大缩短了加工周期,而且越是复杂结构的产品,其制造速度的提升越显著。3D 打印技术集中了 CAD、CAM、CNC、激光、新材料和精密伺服驱动等先进技术的精粹,采用了全新的叠加堆积成形法,与传统的去除成形法有本质的区别。



3D 打印技术的基本原理是将所需成形工件的复杂三维形体用计算机软件辅助设计技术(CAD)完成一系列数字切片处理,将三维实体模型分层切片,转化为各层截面简单的二维图形轮廓,类似于高等数学中的微分过程;然后将切片得到的二维轮廓信息传送到 3D 打印机中,由计算机根据这些二维轮廓信息控制激光器(或喷嘴)选择性地切割片状材料(或固化液态光敏树脂,或烧结热熔材料,或喷射热熔材料),从而形成一系列具有一个微小厚度的片状实体,再采用黏结、聚合、熔结、焊接或化学反应等手段使其逐层堆积叠加成为一体,制造出所设计的三维模型或样件,这个过程类似于高等数学中的定积分模式。因此,3D 打印的原理是三维 $\rightarrow$ 二维 $\rightarrow$ 三维的转换过程。3D 打印技术堆积叠层的基本原理过程如图 1-1 所示。

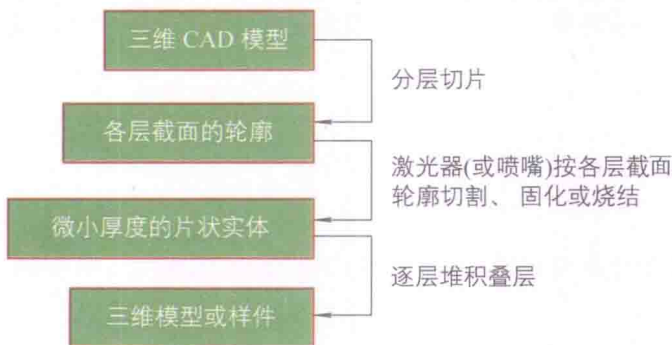


图 1-1 3D 打印技术堆积叠层的基本原理过程图

图 1-2 所示为花瓶的 3D 打印实例过程步骤。首先用计算机软件建立花瓶的 3D 数字化模型图(见图 1-2(a));然后用切片软件将该立体模型分层切片,得到各层的二维片层轮廓(见图 1-2(b));之后在 3D 打印机工作台平面上逐层选择性地添加成形材料,并用激光成形头将激光束(或用 3D 打印机的打印头喷嘴喷射黏结剂、固化剂等)对花瓶的片层截面进行扫描,使被扫描的片层轮廓加热或固化,制成一片片的固体截面层(见图 1-2(c));随后工作台沿高度方向移动一个片层厚度;接着在已固化薄片层上面再铺设第二层成形材料,并对第二层材料进行扫描固化;与此同时,第二层材料还会自动与前一层材料黏结并固化在一起。如此继续重复上述操作,通过连续顺序打印并逐层黏合一层层的薄片材料,直到最后扫描固化完成花瓶的最高一层,就可打印出三维立体的花瓶制件(见图 1-2(d))。

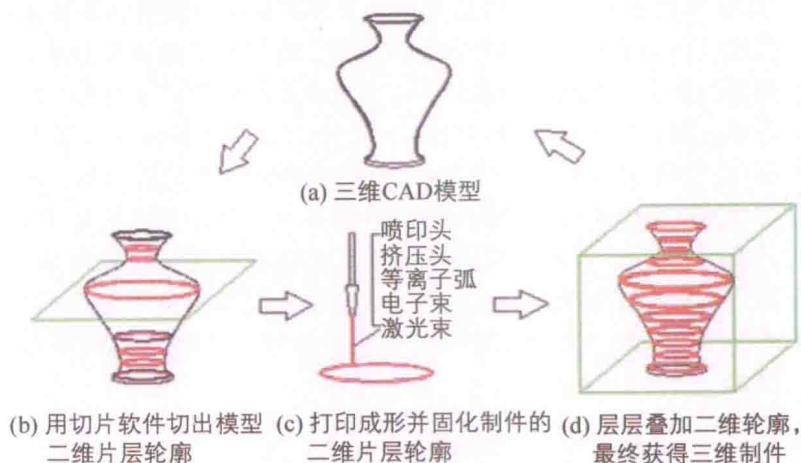


图 1-2 3D 打印三维→二维→三维的转换实例

1.3 3D 打印技术的全过程

3D 打印技术的全过程可以归纳为前处理、打印成形、后处理三个步骤(见图 1-3)。



图 1-3 3D 打印技术的全过程