

科学出版社“十三五”规划教材

工程实践丛书

3D打印与快速模具实践教程

Practice Course on 3D Printing and Rapid Tooling

◎ 胡庆夕 韩琳楠 徐新成 主编



-43



科学出版社



科学出版社“十三五”规划教材

工程实践丛书

3D 打印与快速模具实践教程

胡庆夕 韩琳楠 徐新成 主编



科学出版社

北京

内 容 简 介

3D 打印与快速模具技术是 21 世纪新兴的多学科交叉技术,是现代制造技术实践的主要内容之一。本书汇集了作者多年的 3D 打印与快速模具技术应用经验,以实用为宗旨,强调系统性、层次性、实例丰富性、项目多样性,具有较高的参考价值,突出理论教学与工程实践一体化,注重人才应用能力和创新素质的综合培养。

本书简要总结了 3D 打印与快速模具技术的基本原理、种类、特点和应用,采用案例和视频详细介绍了常见的一种 3D 打印数据前处理软件、五种 3D 打印和一种快速模具工艺的实践方法,通过实践案例给出各种工艺的实现方法,并附有思考题和实践报告。本书是为本科学校、专科学校、职业学校的机械工程、材料工程、工业工程、工业设计、美术等各相关专业学生,以及产品设计人员、工程技术开发人员等编写的参考教材,同时可供其他专业的人员借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

3D 打印与快速模具实践教程 / 胡庆夕等主编. —北京:
科学出版社, 2017. 2
(工程实践丛书)
科学出版社“十三五”规划教材
ISBN 978-7-03-051604-6

I. ①3… II. ①胡… III. ①立体印刷—印刷术—高等学校—教材 IV. ①TS853

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 018443 号

责任编辑: 许 健 徐杨峰
责任印制: 谭宏宇 / 封面设计: 殷 靓

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

苏州越洋印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 2 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 2 月第一次印刷 印张: 8

字数: 185 000

定价: 29.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序 言

“实验教学与理论教学并重”正在成为现代大学教学设计的基本理念。加强工程实践类课程建设,是当下高校工科教学改革和发展的一项重要内容,具有普遍性和方向性意义。中国如此,国际上亦如此。

工程训练是高校对本科阶段学生进行工程实践能力培养的重要教学环节。不同于一般的课程类教学,也不同于传统的金工实习,现代大学的工程训练具有通识性和专业基础性双重教学属性。工程训练课程面向以工科为主的本科各专业,旨在给大学生以工艺知识和技能训练、工业制造的了解以及工程文化的体验。它是以综合性为特点,根据对学生的培养要求,采用多样性工业集成的思想,对各种生产工程技术进行经精选,遵循认知规律,采用实操、实训和实验为主要学习方式的,着眼于学生的现代工程师能力培养的一种新型课程。

新型课程需要新的教材。高校人才培养的多样性要求,决定了教材的多样性。近十多年,伴随着我国高校工程训练教学建设的快速发展,相应的教材建设也出现了百花齐放、欣欣向荣的局面,其中不乏一些水平较高、质量较好的新编教材。

面向工程训练课程的《工程实践丛书》,编写思路紧跟工业技术的进步,突出工程训练的综合性和广泛性。不仅涉及机械和电子领域传统的常规技术,还适量增加了计算机辅助设计与制造、数控加工、激光加工、3D打印、快速模具、现代控制、精密测量、先进焊接、特种加工等多种先进制造技术内容。这些新内容已经或正在成为工业主流应用技术,因此应当成为学生应知应会的技能。教材的内容组织和构成力图有利于学

生主动学习和主动实践能力的养成,为此在文字表述、习题和思考题编排设计上下了功夫。运用“案例教学法”和“项目教学法”,恰当地引入典型化工程实例,放大学习者的思考空间,也是该教材的编写特点。这些探索和改进对于启发学生的工程创新意识会有积极作用。

上海大学胡庆夕教授领衔主编的这一套《工程实践丛书》,理论和实践结合紧密,有内容、有新意、有创新,希望能够成为受学生和教师欢迎的好教材。



2016年10月于大连理工大学

前 言

3D 打印与快速模具技术是 20 世纪 80 年代发展起来的现代制造技术,是世界制造技术领域一次重大突破,开辟了不用刀具制作各类零件的途径,为传统方法不能或难以制造的零件提供了一种全新的制造手段。这种新技术将促使制造领域的思维方法和工艺方法产生重大转变。对促进企业产品创新、吸收国外先进技术、缩短新产品开发周期、降低创新成本,发展绿色制造、提高产品竞争力有积极的推动作用。因此,3D 打印技术发明以来,很快在世界范围内得到应用与推广。

根据教育部工程材料及机械制造课程教学指导小组的教学基本要求,3D 打印与快速模具实践教学是先进制造实践教学必不可少的组成部分,不仅体现了教学内容的新颖性和时代性,也体现出现代制造技术融入实践教学的改革旋律。该实践教程是我们长期从事 3D 打印与快速模具理论和应用的经验总结,对将研究成果转化为实践教学内容有着重要指导意义,对其他院校了解 3D 打印与快速模具的实践教学具有重要借鉴价值,对企业了解该技术和推广该技术具有重要的作用。

本书共分 9 章,主要包括六个方面的内容:一是实践的安全部分及要求部分,即第 1 章主要介绍工程实践中应该注意的安全知识;二是 3D 打印与快速模具技术的基础知识,即第 2 章主要介绍 3D 打印与快速模具基本概念、基本原理、种类和应用;三是 3D 打印技术的数据前处理部分,即第 3 章详述了 3D 打印的数据处理实践;四是 3D 打印基本实践部分,包括第 4 章光固化立体成形(SLA)实践、第 5 章薄材叠层制造(LOM)实践、第 6 章熔融沉积(FDM)实践、第 7 章选择性激光烧结(SLS)实践和第 8

章立体打印(3DP)实践;五是快速模具基本实践部分,即第9章快速模具(RT)实践;六是3D打印与快速模具实践报告,包括基础项目、增加项目和创新项目。

本书由上海大学工程训练国家级实验教学示范中心胡庆夕、韩琳楠以及上海工程技术大学工程训练国家级实验教学示范中心徐新成担任主编,参加本书编写的还有陈杰、林柳兰、张海光、胡卫东、胥健、宋晨霞等。

在编写本书的过程中,引用了部分科技文献与资料,已将主要参考文献附在书末,在此谨向有关作者致以深深的谢意。

由于3D打印与快速模具技术实践涉及多种成形工艺和处理工艺,而且该技术还不很成熟,使我们在撰写该书时没有可以参照的模式,故书中内容难免有不当与错误之处,敬请读者批评指正。

编者

2016年9月于上海大学

目 录

第一章	3D 打印与快速模具实践安全须知	1
1.1	工程训练安全须知	1
1.2	3D 打印与快速模具实践安全操作规程	2
第二章	3D 打印与快速模具概述	4
2.1	3D 打印与快速模具技术进展历程	4
2.2	3D 打印技术	6
2.3	快速模具技术	10
	思考题	14
第三章	3D 打印数据处理实践	15
3.1	实践目的	15
3.2	常用 3D 打印数据前处理方法	15
3.3	Magics 软件操作	18
3.4	Magics 软件操作实践案例	22
	思考题	25
第四章	光固化立体成形(SLA)实践	26
4.1	实践目的	26

4.2	光固化立体成形基本原理	26
4.3	FORMLABS FORM1 + 3D 打印机	28
4.4	SLA 实践案例	29
	思考题	33

第五章 薄材叠层制造(LOM)实践 34

5.1	实践目的	34
5.2	薄材叠层制造基本原理	34
5.3	SD300 3D 打印机	36
5.4	LOM 实践案例	38
	思考题	41

第六章 熔融沉积成形(FDM)实践 42

6.1	实践目的	42
6.2	熔融沉积成形基本原理	42
6.3	FDM 3D 打印机	43
6.4	实践案例	46
	思考题	57

第七章 选择性激光烧结(SLS)实践 58

7.1	实践目的	58
7.2	选择性激光烧结成形基本原理	58
7.3	HRPS-III 3D 打印机	60
7.4	SLS 实践案例	63
	思考题	68

第八章 立体打印(3DP)实践 69

8.1	实践目的	69
8.2	立体打印基本原理	69
8.3	ZPrinter 450 3D 打印机	70
8.4	3DP 实践案例	74
	思考题	84

第九章 快速模具(RT)实践 85

9.1 实践目的	85
9.2 快速模具制作过程	85
9.3 V450NA 真空注塑机	89
9.4 RT 实践案例	92
思考题	99

参考文献 100

附录 实践报告 101

第二章 3D 打印与快速模具基础概念实践报告	101
第三章 3D 打印数据处理实践报告	102
第四章 光固化立体成形实践报告	104
第五章 薄材叠层制造实践报告	106
第六章 熔融沉积成形实践报告	108
第七章 选择性激光烧结实践报告	112
第八章 立体打印实践报告	114
第九章 快速模具实践报告	116

第一章 3D 打印与快速模具实践安全须知

1.1 工程训练安全须知

1.1.1 进入工程训练中心安全注意事项

工程训练是学校培养具有工程意识、创新意识和工程实践综合能力的高素质人才的重要实践教学环节。作为主动实践、开拓视野的重要环节,学生必须亲自动手操作各种设备和仪器来提高动手能力。为了保障学生实践操作中自身和设备安全,防范安全事故的发生,切实有效降低和控制事故危害,要求学生进入工程训练中心,必须遵守以下安全规则:

- ① 禁止携带危险品进入训练室,训练室内禁止吸烟;
- ② 进入训练场所的人员必须穿好工作服或其他防护用品,扎好袖口,不准穿拖鞋、凉鞋、高跟鞋,不准穿裙子、短裤、吊带背心等,长头发的同学必须戴工作帽;
- ③ 严格遵守训练中心的各项规章制度和安全操作规程。在训练期间严禁违章操作,必须听从指导教师的指导,未经指导教师的许可,不得擅自操作任何仪器设备,不听劝阻者将取消其训练资格;
- ④ 学生因违反训练纪律和安全规则造成人身、设备事故,以及出现重大事故或造成严重后果,按其程度严肃处理,并直至追究相应的经济 and 法律责任;
- ⑤ 出现各种事故,必须保护好现场,并立即报告指导教师;若故意破坏现场,必须承担相应责任;
- ⑥ 实习必须在指定地点、设备上,未经允许不准动用他人设备和工夹量具,不得任意开动或关闭他人设备的电门、电闸;
- ⑦ 出入实验室,必须在规定的黄色安全通道内行走,严禁在操作中的吊车、行车下通过和站人;
- ⑧ 按照实验室操作规范,合理地使用电源、水源、气源和各类化学试剂,严禁湿手操作电源和仪器设备,确保人身安全;
- ⑨ 一旦发生火灾,首先切断火源或电源,尽快使用有效的灭火设施灭火;同时,迅速从安全通道撤离,拨打“119”火灾报警电话。

1.1.2 操作仪器设备安全须知

3D 打印与快速模具设备是学生进入工程训练必须操作的对象,操作不当会造成设备损坏或导致人身事故,因此,要求参加工程训练的学生务必牢记以下规定:

- ① 在教师讲解设备操作方法时,或在设备处于待运行状态以及运行过程中,不得随意触摸设备上的任何按键,不得随意打开设备门,不得随意使用或关闭控制设备的计算机;
- ② 设备运行时,严禁搬动、移动或振动,不得断开电源;
- ③ 操作设备时,不能用湿手接触电器;
- ④ 设备运行过程中,发现设备有异常声音或出现异味等故障时,应及时报告教师或立即停机并切断电源,严禁带故障操作和擅自处理;
- ⑤ 多人使用一台设备时,只允许一人操作(包括配套的电脑);
- ⑥ 工作结束时,关掉成形系统电源,关闭计算机,最后关闭设备总电源。

1.2 3D 打印与快速模具实践安全操作规程

1.2.1 FORMILABS FORM1 + 光固化 3D 打印机安全操作规程

- ① 操作设备前操作人员需戴好口罩及手套。
- ② 开机前检查设备的电源及系统是否正常。
- ③ 检查设备材料余量,工作板是否安装、固定。
- ④ 每次加工结束后必须做好设备的清洁工作,并做好设备的使用情况记录。
- ⑤ 每月检查设备的开关及电源线插头。

1.2.2 SD300 3D 打印机安全操作规程

- ① SD300 3D 打印机周边禁止存放易燃易爆物品。
- ② 更换耗材时,防止胶水或解胶剂溅到皮肤、衣服、眼睛,溅到皮肤、衣服上,应及时用水或肥皂液冲洗,溅到眼睛则应寻求医疗帮助。
- ③ 成形结束后,取出模型时禁止按恢复按钮,否则会导致刀片损坏。
- ④ 安装或更换打印机刻刀时,避免被刻刀划伤。

1.2.3 uPrint、MakerBot2 和 UPplus2 3D 打印机安全操作规程

- ① 在打印过程中,不得接触喷头,以免高温造成烧伤。

② 清洗样件时,应戴上防护手套,以免碱性清洗液腐蚀皮肤。

1.2.4 HRPS-Ⅲ 选择性激光烧结成形系统安全操作规程

① HRPS-Ⅲ 选择性激光烧结 3D 打印系统周边禁止存放易燃易爆物品,室内安装通风设施、排烟口,保持工作室清洁、干燥。

② 定期检查冷却蒸馏水水位,发现缺水应及时添加。

③ 在设备工作过程中,禁止将头、手伸入成形室内,避免造成皮肤灼伤。

④ 进行制件后处理时,要佩戴防护口罩,防止吸入粉尘。

⑤ 使用红外测温仪时,注意不可将其对准眼睛,以防致盲。

⑥ 后处理中进行树脂浸涂时,应戴手套和口罩,穿防护服,以避免溶剂刺激皮肤和呼吸系统。

1.2.5 ZPrinter 450 3D 打印机安全操作规程

① 更换胶水时,防止溅到皮肤、衣服、眼睛,溅到皮肤、衣服上,应及时用水或肥皂液冲洗,溅到眼睛则应寻求医疗帮助。

② 进行制件后处理时,要佩戴防护口罩,防止吸入粉尘。

③ 在样件进行树脂浸涂时,应戴手套、口罩,穿防护服,以避免溶剂刺激皮肤和呼吸系统。

1.2.6 V450NA 数字控制真空注塑机、烘箱安全操作规程

1) V450NA 数字真空注塑机安全操作规程

① 开机前检查真空泵润滑油是否充足,检查真空泵、真空表及系统是否正常,检查搅拌和倒料装置是否正常。

② 在真空泵运转过程中,注意查看声音是否正常,若发现异常现象,应立即停机,进行检查、检修。

③ 真空度达到 -0.1MPa 时,应及时关闭真空泵。

④ 真空室到达正常大气压前,不得强行拉开注塑机上下工作室门。

2) 烘箱安全操作规程

① 开机前应检查接地、控温器、鼓风机等装置是否正常,检查烘箱的工作温度,保持在设定范围内,避免造成失火或样件毁坏。

② 在升温过程中,应逐步升温并观察升温情况,发现异常,立即停止加热;严禁在烘箱内放置油料、溶剂等易燃易爆物品。

③ 经过汽油、煤油、酒精、稀释剂等易燃材料处理过的制件,应在空气中放置至易燃物品挥发完全后,才允许放置入烘箱内。

④ 工作结束后,应切断烘箱电源。

第二章 3D 打印与快速模具概述

近年来,随着全球市场一体化的形成,制造业在全球市场上的竞争日趋激烈,产品的生命周期越来越短。缩短新产品的设计与试制周期,降低开发费用,是每个企业面临的迫切问题,如何尽快将新产品投放市场成为企业赢得市场的关键。21 世纪是多品种、高质量、低成本、小批量生产的时代,这种生产方式占工业生产的比例将达 75% 以上。产品使用周期短、更新换代快,要求模具的生产周期越短越好。面对日趋激烈的市场竞争,制造业已经从“规模效益第一”、“价格竞争第一”转变为“市场响应速度第一”,时间因素被提到了首要地位。

面对激烈的市场竞争,企业在新产品进入生产前,往往要制造产品的原型样品,以便尽早地对新产品进行验证和改进,这是一项费时费力的工作,被视为创新“瓶颈”。以往的产品原型一般采用机床加工或手工造型等常规方法制作,时间长达几周或几个月,加工费用昂贵。对于一些复杂形状的零件,即使采用多轴 CNC 加工仍然存在加工困难。为解决上述问题,20 世纪 80 年代中期以来,在美国、日本、西欧等国家先后出现了一种全新的物理造型技术——3D 打印与快速模具(3D printing & rapid tooling, 3DP&RT)技术,这种技术作为新产品开发过程中的重要手段之一,是加速产品开发的工具,能够迅速将设计思想转化为产品或三维实体模型。3DP&RT 为零件原型制作、新设计思想的校验等方面提供了一种高效低成本的实现手段,帮助企业降低向市场投放不合格产品的可能性,提高产品研发的效率。3DP&RT 技术的应用已经延伸到最终产品的生产,迅速发展并最终覆盖整个快速制造(rapid manufacturing, RM)领域。

应用 3DP&RT 技术可以缩短加工周期(缩短 70% 以上)、降低制造成本(降低 50% 以上)。3DP&RT 技术是继 20 世纪 60 年代 NC 技术之后制造领域的又一重大突破,是先进制造技术群中的重要组成部分,该技术对企业的发展发挥越来越重要的作用,给企业带来巨大的经济效益,已经被越来越多的企业所采用。

2.1 3D 打印与快速模具技术进展历程

1) 发展历程

1892 年,Blanthre 在他的美国专利中主张用分层制造方法制作三维地图模型;1902 年,Baese 在他的美国专利中提出用光敏聚合物材料制造塑料件;1940 年,Perera 提出在硬纸板上切割出轮廓线,然后黏结成三维地图模型的方法。

在随后的 50 年里,3DP&RT 技术得到了快速发展,日本东京大学的中川威雄教授发明了叠层模型造型法,美国 3M 公司 Alan J. Hebert(1978 年)、日本小玉秀男(1980 年)、美国加利福尼亚州 UVP 公司 Charles W. Hull(1982 年)和日本丸谷洋二(1983 年)分别独立地提出了用分层制造产生三维实体的思想,分层制造三维实体的思想成为 3D 打印技术的基本概念和原理,为 3D 打印技术进一步的发展奠定了基础。特别是 Charles W. Hull 在美国 UVP 公司的支持下完成了用激光照射液态光敏树脂的分层制造三维实体装置 SLA-1,该装置于 1986 年获得了美国专利(专利号:4575330),这是世界上第一台光固化立体成形装置,是 3D 打印技术发展的里程碑。1988 年,Charles W. Hull 和 UVP 公司的股东们一起建立的美国 3D Systems 公司在此专利的基础上率先推出了第一台 SLA 商业成形设备 SLA-250,并以 30%~40% 的年销售增长率在世界市场销售,开创了 3D 打印技术发展的新纪元。此后 20 余年间,3D 打印技术迈入了快速发展时期,其他的成形原理及相应的成形系统也相继开发成功。1984 年,Michael Feygin 提出了 LOM 方法,并于 1985 年组建了美国 Helisys 公司,Helisys 公司于 1992 年研制出第一台 LOM 商业成形设备 LOM-1015。美国明尼阿波利斯工程师 Scott Crump 在 1988 年提出了 FDM 思想,美国 Stratasys 公司于 1992 年开发出了第一台商业 FDM 成形设备 3D-Modeler。1986 年,美国德克萨斯州大学研究生 C. R. Dechard 提出了 SLS 的思想,稍后组建了美国 DTM 公司,于 1992 年研制成功首台商业化 SLS 成形设备 Sinterstation。1989 年,美国麻省理工学院(MIT)Emanuel M. Sachs 等申请了三维印刷技术的专利,其成为日后该领域的核心专利之一,美国 MIT 于 1993 年开发的三维立体打印成形技术(3DP™),奠定了美国 Z Corp 公司原型制造过程的基础。目前,SLA、LOM、SLS、FDM 和 3DP 五种工艺方法已经日趋成熟,其发展历程如表 2-1 所示。

表 2-1 3D 打印技术的发展历程

3D 打印工艺方法	发展 历 程
光固化立体成形(SLA)	1986~1988
薄材叠层成形(LOM)	1985~1991
选择性激光烧结成形(SLS)	1987~1992
熔融沉积成形(FDM)	1988~1991
三维立体打印(3DP)	1985~1997

2) 应用历程

3DP&RT 技术是当今世界上飞速发展的制造技术之一。3D 打印技术已由迅速发展期进入成熟期,并朝着应用方向发展。由于 3D 打印技术对产品创新的巨大推动作用,越来越受到人们的密切关注。

20 年以前,3D 打印技术主要应用于全球财富百强的高科技实验室,在过去 20 多年的大部分时间都保持了两位数的增长,但现在与其接触最多的反而是一些小公司和越来越多的消费者,其应用领域是具有最新思想和具有独特应用需求的用户。3D 打印可以实现任何空间三维物体的制造,而且完成得又快又好。

随着 3D 打印技术的发展,不仅是产品开发部门和设计公司推动着该技术的发展,医生、艺术家也在应用并推动 3D 打印技术。随着成形技术和成形材料的发展,3D 打印制件已经不再全是脆性模型,已经可以直接作为产品使用,使得设计中的装配关系和功能测试成为现实,生产最终使用的零部件比构建模型和原型更具有挑战性。尤其是利用 3D 打印技术生产产品可以实现定制,且生产周期很短,使得该技术具有巨大的发展潜力。

2.2 3D 打印技术

3D 打印技术是将计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、数控技术(CNC)、激光技术、材料技术等集成于一体的多学科交叉的先进制造技术。

2.2.1 3D 打印技术基本原理概述

1) 基本原理

3D 打印技术是基于离散—堆积原理的成形方法,由三维 CAD 模型直接驱动,用材料逐层或逐点堆积出样件,快速地制造出相应的三维实体模型,是一种全新的思维模式。它与传统的去除成形方式(车、铣、刨、磨等)不同。

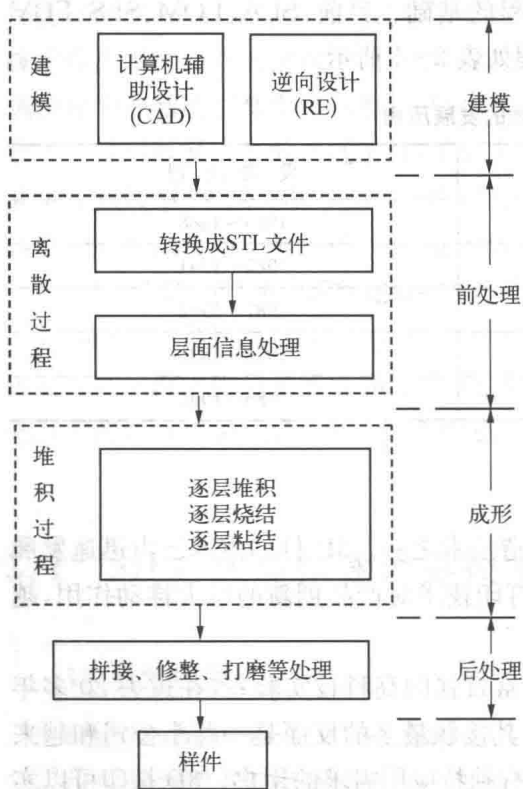


图 2-1 3D 打印工艺过程

3D 打印的工艺过程首先是在计算机上运用三维设计软件(如 UG NX、Pro/E、CATIA 等)、重建软件(如 Imageware、Mimics 等)设计或重建出产品的三维模型,然后将 CAD 数据转换成 STL 文件格式后用 3D 打印专业软件(如 Magics 等)进行网格划分、分层切片等处理,采用计算机驱动,在二维平面上对材料进行选择性切割,形成一系列截面轮廓片状实体,逐层堆积成所设计的样件,经过相应的后处理得到所需的原型或产品。

2) 工艺过程

3D 打印工艺过程主要包括前处理、分层叠加成形、后处理三个环节(图 2-1)。

(1) 前处理

前处理是对设计或重建出的 3D 模型,进行数据转换、纠错、成形方向选择,以及支撑结构生成等操作,然后选择成形方式,根据成形工艺需求,分层切片,将三维模型转变成二维

截面平面信息,再将分层后的二维信息生成相应格式输出。

(2) 分层叠加成形

这是 3D 打印的核心,主要包括模型截面轮廓的制作与截面轮廓的叠合。在计算机控制下,以平面加工方式,有序地连续加工出每个薄层模型,层层联接成形,构成一个与三维 CAD 模型相对应的三维实体模型。

(3) 后处理

主要包括样件的剥离、拼接、修补、打磨、抛光和表面喷涂等处理,最终得到所需的样件。

3) 工艺种类

常用的 3D 打印工艺方法有五种:光固化立体成形(stereo lithography apparatus, SLA)、薄材叠层成形(laminated object manufacturing, LOM)、熔融沉积成形(fused deposition modeling, FDM)、选择性激光烧结成形(selective laser sintering, SLS)和三维打印(three dimensional printing, 3DP)。

2.2.2 3D 打印技术特点

1) 3D 打印工艺的特点

① 高度柔性:在计算机控制下,可以由产品 CAD 数据或逆向几何数据直接制造出任意复杂形状的样件,3D 打印工艺与零件的几何形状无关。

② 快速性:从 CAD 设计到原型制造只需几小时至几十小时,比传统制造方法速度快得多,这一特点尤其适合于新产品的开发,具有快速制造的突出特点。

③ 自由成形制造:3D 打印工艺不受任何刀具、模具及工装卡具的限制而自由成形,且不受零件复杂程度的限制,大大降低了新产品的开发成本和周期。

④ 易与传统方法结合:由于采用了离散/堆积分层制造工艺和非接触加工方式,能够很好地将 CAD、CAM 结合起来。可实现快速铸造,快速模具制造,小批量零件生产等功能,为传统制造方法注入新的活力。

⑤ 材料的广泛性:在 3D 打印领域中,由于各种 3D 打印工艺方式不同,所使用的材料也各不相同,包括金属、纸、塑料、光敏树脂、工程蜡、陶瓷粉、工程塑料(ABS 等)、金属粉、砂,甚至纤维等材料。

⑥ 适于创新与开发:3D 打印样件的制造成本与产品复杂程度、产品批量无关,很适合单件、小批量及新产品的制造。

⑦ 高适应性:3D 打印工艺对零件结构的复杂性不敏感,对制造任意复杂的零件更显优越,可将任意复杂形状的设计方案快速转换为三维的实体样件。

2) 3D 打印技术的用途

① 3D 打印技术为设计者之间、设计者与决策者之间、设计者与用户之间提供了一个物理产品的交流工具,具有快速、准确制造复杂模型的能力。