

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.10.015

聚乳酸材料在桌面型 3D 打印中的应用研究*

肖苏华, 巫小珍

(广州城市职业学院 机电工程系, 广东 广州 510405)

摘要:针对聚乳酸材料的桌面 3D 打印应用工艺问题,对聚乳酸材料的桌面型 3D 打印应用进行了研究,阐述了聚乳酸材料桌面型 3D 打印的过程,对比了不同层厚设置对加工时间及精度的影响,提出了精度、时间及常用的 3 种模式下 3D 打印成型工艺规律表。通过利用工艺表,完成了部分几何难度各异的产品 3D 打印。针对聚乳酸材料性能的缺陷,归纳了目前常用的改性方法,指出了复合技术简单易行,能有效地提高聚乳酸力学性能并改善其耐热性。研究结果表明,所提出的工艺参数表能有效指导聚乳酸材料的桌面 3D 打印应用,复合技术是可靠的聚乳酸材料改性方法。

关键词:3D 打印;增材制造;聚乳酸;工艺;改性

中图分类号:TH164

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2015)10-1344-04

Application of polylactic acid material in desktop 3D printing

XIAO Su-hua, WU Xiao-zhen

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Guangzhou City Polytechnic, Guangzhou 510405, China)

Abstract: Aiming at desktop 3D printing application process issues of PLA, PLA material desktop 3D printing applications was studied, describes the process of PLA material desktop 3D printing, comparing the different layer thicknesses set time and precision machining influence, proposed under accuracy, time and three common model 3D printing process table. The table was used to form different products. Aiming at defects in material properties of PLA, the most commonly used method for modifying was summarized. And described composite technology is simple, could effectively improve the mechanical properties of PLA and to improve its heat resistance. The results indicate that the proposed technical parameters table can effectively guide the PLA material Desktop 3D printing applications, the composite technology is a reliable method of PLA material modification.

Key words: 3D printing; additive manufacturing; PLA; technology; modification

0 引 言

3D 打印也称为增材制造、快速成型,是近二十年信息技术、新材料技术与制造技术多学科融合发展的先进制造技术,被誉为有望产生“第三次工业革命”的代表性技术,是大批量制造模式向个性化制造模式发展的引领技术^[1]。3D 打印技术正在快速改变传统的生产方式和生活方式,欧美等发达国家和新兴经济国

家将其作为战略性新兴产业,纷纷制定发展战略,投入资金,推进产业化^[2]。

材料是 3D 打印的基础,决定了成型工艺和成型件的性能,目前材料的销售额和设备销售额几乎基本等同。国内增材制造开拓者之一卢秉恒院士指出:我国增材制造材料的基础研究、材料的制备工艺以及产业化方面与国外相比存在较大差距^[3]。

熔融沉积成型(fused deposition modeling, FDM)是 3D 打印常见的加工方式之一,聚合物材料应用于

收稿日期:2015-06-05

基金项目:国家星火计划资助项目(2012GA780009);广州市“羊城学者计划”资助项目(1201561611);广东大学生科技创新培育资助项目(2015P020101);广州市青少年科技教育资助项目(20140025)

作者简介:肖苏华(1976-),男,湖南邵阳人,博士,副教授,主要从事增材制造,CAD/CAM,数控技术方面的研究. E-mail: xsh@gcp.edu.cn

FDM 方式,主要包括丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(acrylonitrile butadiene styrene, ABS)树脂和聚乳酸((Poly(lactic acid), PLA)两种材料。ABS 树脂是目前使用最多的成型材料,具有强度高、韧性好、耐冲击等优点,但在打印时易出现模型冷却过程中由热应力所引起的翘曲变形^[4]。另外众所周知,ABS 是一种难分解材料,易造成环境污染。聚乳酸是一种可降解的生物环保聚合物材料,是 FDM 中常用的材料之一。聚乳酸由农业经济作物比如玉米、马铃薯等为原料,经过现代生物技术生产得到乳酸,再经过聚合反应而得到的高分子材料。聚乳酸在自然界和生物体中都可以最终转化成为二氧化碳和水,是真正环保的的新型的生物降解材料。

在增材制造聚合物材料成型工艺方面,业界系统地研究了工艺参数、运动参数、切片参数、扫描速度、扫描沉积方式、温度调节等因素对 ABS 成型件的密度、拉伸强度、弯曲强度等性能以及制件的精度和表面光洁度的影响^[5-6]。而聚乳酸的 3D 打印成型过程中工艺参数、运动参数、切片参数对材料成型精度的影响机理,尚缺乏系统化研究。

笔者首先研究聚乳酸材料在桌面型 3D 打印机中的应用,并给出关键工艺参数设置方法;其次,针对聚乳酸材料的缺陷,阐述其常用改性方法并指出下步的研究方法。

1 聚乳酸材料在桌面型 3D 打印中的应用

PLA 材料的 3D 打印应用,目前主要以桌面型 3D 打印机为主,桌面打印机配套有工艺设置软件(如太尔时代的 UP)。以太尔时代 UP 桌面型 3D 打印机为例,阐述聚乳酸材料的 3D 打印应用过程和关键参数设置。

1.1 打印过程及关键参数

3D 打印完整过程包括 CAD 三维模型构建、STL 文件格式设置、工艺参数设置、3D 打印加工、成型后处理几个阶段。STL 文件格式设置及工艺参数优化设计可参考作者的其他论文^[5-6],本研究不再赘述,仅将 3D 打印机自带 STL 切片处理软件过程进行阐述。

第一步,打开 UP 软件,导入 STL 文件。
第二步,设置工艺参数,主要包括层厚、填充方式,如图 1 所示。图 1 中层厚是影响打印时间的最重要参数,层厚越小(如 0.15 mm),打印时间越长,但成型精度越高。与之相反,层厚越大(如 0.45 mm),打印时间越快,但成型精度较低。该零件层厚设置与加工时间

统计如表 1 所示。

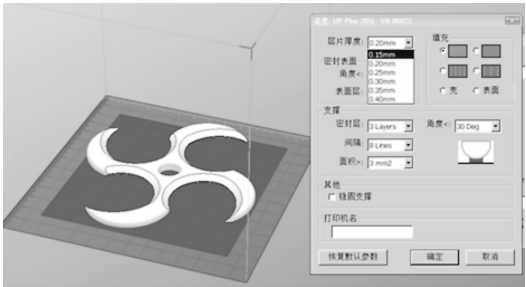


图 1 工艺参数设置

表 1 层厚设置与加工时间统计

层厚 /mm	加工时间/min	模式	备注
0.15	67	高精度模式	层厚最小,加工时间最长,精度最高。
0.4	35	高效率模式	层厚最大,加工时间最短,精度最低。
0.25	45	普通模式	精度、效率兼顾

一般如选用 0.25/0.3 mm 层厚进行打印,可以兼顾精度和时间。填充方式是影响支撑材料的成型方式,对于产品精度基本无影响。

如选用 0.15 mm 层厚,预计完成时间如图 2 所示。

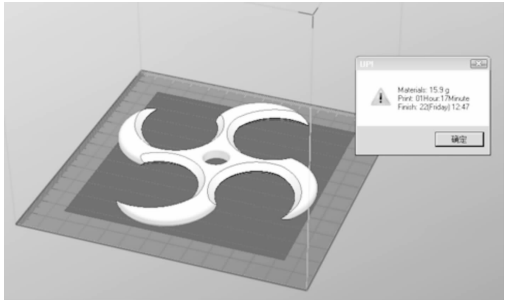


图 2 加工时间计算

打印过程如图 3 所示。

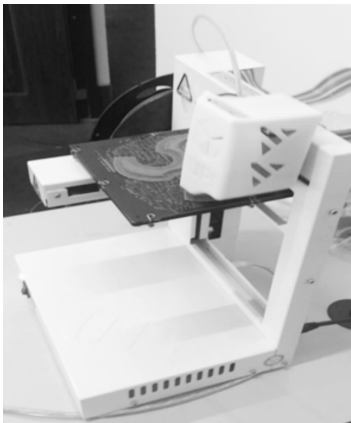


图 3 零件正在打印中

最终打印产品如图 4 所示。

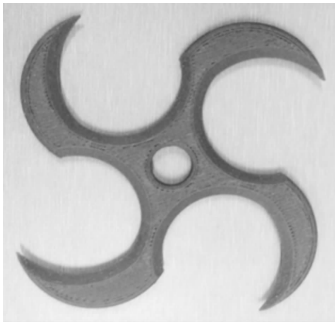


图 4 打印实物照片

1.2 桌面型 3D 打印聚乳酸材料工艺方法参数表

本研究使用太尔时代 UP 3D 打印机,通过实验测试对比,得到的工艺参数表如表 2 所示。

表 2 3 种模式 3D 打印参数表

参数	效率优先模式	精度优先模式	效率精度兼顾模式	备注
STL 文件 弦高/mm	默认软件 配置值	0 (输入 0, 软件自动计 算最小值)	0 (输入 0, 软件自动计 算最小值)	3D 实体转 化 STL 格 式参数
层厚/mm	0.45	0.2	0.3	UP3D 打印 软件层厚 设置

本研究利用表 2 揭示的工艺规律方法,顺利实施 3D 打印加工了 LED 轨道灯模型、螺母螺栓、招财猫工艺品、咖啡杯等模型零件,3D 打印产品如图 5 所示。



图 5 3D 打印产品

2 聚乳酸材料缺陷及改性

聚乳酸材料在 3D 打印(增材制造)领域具有广阔的应用空间,但聚乳酸材料也存在较明显的性能缺陷:玻璃化温度低,脆性大,热稳定性差,功能性单一,价格较高。尤其是耐热能低,限制了该类材料的进一步增材制造应用和推广。

为了提高聚乳酸材料的性能,拓宽其应用领域,国内外学者对聚乳酸进行了大量的改性研究工作^[7-11]。

改性研究主要从两个方面进行:一是通过交联、表面改性或通过共聚引入其他单体改变聚乳酸自身的分子结构来达到性能改善的目的;二是通过共混、填充、纳米复合等方法制备各种类型的复合材料从而改善聚乳酸的韧性和强度以及提高热稳定性等。常见的复合材料有以下几种类型。

2.1 聚乳酸/无机纳米复合体系

利用无机纳米材料填充在聚乳酸中得到纳米复合聚乳酸材料是一种改善聚乳酸的力学性能、耐热性能以及克服材料自身的脆性的有效方式。聚乳酸的耐热性差主要是由于加工成型过程中结晶速率非常慢造成的,而无机纳米粒子的添加起到了成核剂的作用,能促进聚合物的成核速率,加速结晶,从而提高聚乳酸的热稳定性。该方法具有以下几个优点:①方法简单,无机纳米粒子添加量少,但少量添加的无机纳米粒子能使 PLA 的性能产生很大的变化。②在 PLA 基体中分散的无机纳米粒子具有较高的刚性,对 PLA 分子的活动具有一定的抑制作用,使 PLA 分子链在受热分解时比完全自由的分子链具有更高的分解温度,从而延缓了复合材料热分解的速率。因此有利于提高 PLA 的热稳定性^[12]。聚乳酸/无机纳米复合材料可分为两大类:一类是聚乳酸/层状硅酸盐纳米复合材料,填料包括蒙脱土、云母、高岭石、滑石粉等;另一类是聚乳酸无机刚性粒子纳米复合材料,填料包括二氧化硅、二氧化钛、氧化镁、氧化锌等^[13]。

2.2 聚乳酸/天然植物纤维复合材料

天然植物纤维来源广泛,价格低廉且可再生。将天然植物纤维与聚乳酸混合制备复合材料能提高聚乳酸的力学性能和耐热性能,并能保持聚乳酸的生物降解性能。

目前采用的天然植物纤维材料主要有黄麻、大麻、亚麻、剑麻等麻类材料^[14]及一些木纤维、椰壳纤维、玉米茎、稻壳、麦壳及甘蔗渣也用来作为增强填料使用^[15],是一种农作物废弃料的再利用,在提高材料性能的同时,可以有效地降低材料成本,是真正环境友好的材料。

2.3 聚乳酸三元复合体系

利用两种增强剂的协同作用共同增强聚乳酸的三元复合体系包括:①无机纳米材料与植物纤维共同增强聚乳酸体系;②两种植物纤维混合增强聚乳酸体系^[16];③无机纳米离子与聚合物混合增强聚乳酸体系^[17]。混合增强体系充分利用两种增强体的协同作用,充分发挥优势互补能有些提高聚乳酸的耐热性能

并同时改善其力学性能。

3 结束语

聚乳酸是可完全分解的环保聚合物材料,能广泛应用于 3D 打印领域。针对聚乳酸材料的 3D 打印关键技术,研究了精度、时间及常用的 3 种模式下 3D 打印成型工艺规律表,并阐述了 3D 打印过程,以所总结的规律为指导,成型了部分几何难度各异的产品,具有实际意义。针对聚乳酸材料的性能缺陷,本研究阐述了目前常用的材料改性方法,其中复合技术简单易行,能有效提高聚乳酸力学性能以及改善其耐热性。

下步笔者将在此基础上,采用复合技术提高聚乳酸材料的性能,包括力学性能及耐热性,将聚乳酸材料能更好更广泛地应用于 3D 打印。

参考文献(References):

- [1] 李涤尘,贺健康,田小永,等. 增材制造:实现宏微结构一体化制造[J]. 机械工程学报,2013,3(6):129-135.
- [2] Wohlers Associates. Wohlers Report 2013—Additive manufacturing and 3D printing state of the industry annual worldwide progress report[Z]. Wohlers Associates,2013.
- [3] 卢秉恒,李涤尘. 增材制造(3D 打印)技术发展[J]. 机械制造与自动化,2013,42(4):1-4.
- [4] CHILSON L. The Difference Between ABS and PLA for 3D Printing[EB/OL]. [2013-1-26]. <http://www.protoparadigm.com/news-updates/the-difference-between-abs-and-pla-for-3d-printing/>
- [5] 肖苏华. 复杂曲面薄壁零件手板模型的快速成型研究[J]. 机电工程,2014,31(12):1583-1586.
- [6] 肖苏华. 三维 CAD 实体文件转化 STL 文件格式精度研究[J]. 模具工业,2014,40(9):12-14.

- [7] DORGAN J R, LEHERMEIER H J, PALADE L I, et al. Polylactides: Properties and prospects of an environmentally benign plastic from renewable resources[J]. **Macromolecular Symposia**,2001(175):55-66.
- [8] NAMPOOTHIRI K M, NAIR N R, JOHN R P. An overview of the recent developments in polylactide (PLA) research[J]. **Bioresource Technology**,2010,101(22):8493-8501.
- [9] PANG X A, ZHUANG X L, TANG Z H, et al. Polylactic acid (PLA): Research, development and industrialization[J]. **Biotechnology Journal**,2010,5(11):1125-1136.
- [10] RASAL R M, JANORKAR A V, HIRT D E. Poly(lactic acid) modifications[J]. **Progress in Polymer Science**,2010,35(3):338-356.
- [11] INKINEN S, HAKKARAINEN M, AIBERTSSON A C, et al. From lactic acid to poly(lactic acid) (PLA): characterization and analysis of PLA and its precursors[J]. **Biomacromolecules**,2011,12(3):523-532.
- [12] 梅芳芳,彭 娅,孙 飞,等. 聚乳酸改性的研究进展[J]. 工程塑料应用,2011,39(9):89-91.
- [13] 樊国栋,刘荣利. 聚乳酸/无机纳米粒子复合材料研究进展[J]. 科技导报,2013,31(26):68-73.
- [14] 施庆锋. 基于聚乳酸的生物可降解复合材料的制备和研究[D]. 上海:华东理工大学材料学院,2011.
- [15] 宋亚男,陈绍状,侯丽华,等. 植物纤维增强聚乳酸可降解复合材料的研究[J]. 高分子通报,2011(9):111-120.
- [16] 费晓瑜. 天然纤维混杂增强聚乳酸复合材料的制备及性能研究[D]. 天津:天津大学材料学院,2012.
- [17] 李冬冬. 聚乳酸/POE/纳米而氧化硅复合材料的制备与性能[D]. 杭州:浙江大学化学工程与生物工程学院,2011.

[编辑:洪炜娜]

本文引用格式:

肖苏华,巫小珍. 聚乳酸材料在桌面型 3D 打印中的应用研究[J]. 机电工程,2015,32(10):1344-1347.

XIAO Su-hua, WU Xiao-zhen. Application of polylactic acid material in desktop 3D printing[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2015,32(10):1344-1347.

《机电工程》杂志:<http://www.meem.com.cn>