

熔丝沉积3D打印工艺问题分析及解决办法*

关 雷, 史子木, 华学兵

(浙江工贸职业技术学院 材料工程系, 浙江 温州 325003)

摘 要: 熔丝沉积3D打印机因其自身的优势已被各行各业广泛使用。目前, 大多数学者都在研究打印材料和控制方法等方面的问题, 而对打印工艺本身的关注较少。针对熔丝沉积3D打印件常见的工艺问题, 如丝材不能粘附到工作台上、打印件顶层有孔洞和缝隙、拉丝、层片温度过高、内部填充不足、打印件边缘翘曲等问题进行了详细的分析, 并提出了有效的解决方法, 供3D打印机使用者学习和参考。

关键词: 熔丝沉积制造工艺; 3D打印工艺; 工艺问题分析

中图分类号: G712

文献标识码: A

文章编号: 1672-0105(2017)03-0053-05

Analysis and Solution of FDM 3D Printing Process Problem

GUAN Lei, SHI Zi-mu, HUA Xue-bing

(Department of Material Engineering, Zhejiang Industry & Trade Vocational College, Wenzhou, 325003, China)

Abstract: 3D printer based on fused deposition modeling (FDM 3D printer) has been widely used in various fields due to its advantages. At present, most scholars are studying materials, control methods and other aspects of the printer, with less attention to the printing process itself. This paper focuses on common process problems of FDM 3D printer, such as filament not sticking to the workbench, holes and gaps in top layers, stringing, excessively high layer temperature, insufficient infill and warping. The effective solution is also provided, which is conducive to the study and reference for 3D printer users.

Key word: Fused deposition process; 3D printing process; Analysis of process problem

0 引言

熔丝沉积成型(FDM)是3D打印技术的一种, 有成本低、操作简单的优势, 在产品设计、模型制作、教育等领域得到了越来越多的关注, 其服务的社会需求量也逐年增长^[1-3]。

目前, 制约FDM成型技术发展的因素除了打印材料和打印设备外, 还有成型过程中的稳定性和打印产品的缺陷较多等问题^[4]。大多数学者研究打印材料和控制方法, 而对打印工艺本身的关注较少^[5-6]。打印工艺不仅会影响打印件最终的表面质量和成型精度等^[6-7], 不恰当的选择工艺还会造成拉丝、翘曲变形、强度下降等缺陷, 使得产品报废^[8]。在多年

的3D打印教学过程中, 笔者遇到了各式各样的工艺问题, 在不断学习、查找和摸索中积累了大量的经验, 现把FDM 3D打印件常见问题和解决方法总结出来, 供大家参考。

1 丝材无法粘附到工作台上

3D打印机打印工件时是从下到上逐层打印的, 第一层相当最要, 是打印其它层的基础。第一层能否粘附到工作台上, 决定了打印工件的成败。如图1(b)所示丝材无法粘附到工作台上, 这样的问题, 可以逐步按照如下的方法进行调整。

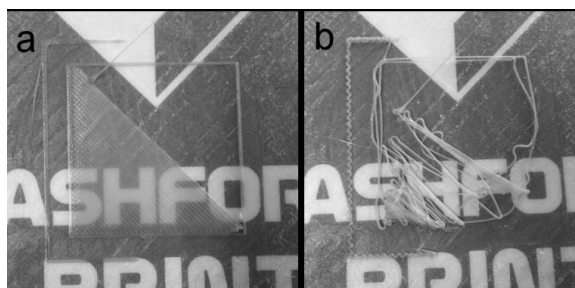
1.1 检查工作台是否水平

几乎每台3D打印机的工作台都是可以调节

收稿日期: 2017-08-23

基金项目: 浙江省教育厅2016年度一般科研项目(Y201636882); 全国教育信息技术研究2016年度青年课题(166243066); 浙江工贸职业技术学院2017年度教师创新创业专项课题(C170103); 浙江工贸职业技术学院2016年度第二期教师科技创新活动计划项目(G160207)

作者简介: 关雷, 男, 硕士, 浙江工贸职业技术学院助理实验师, 主要研究方向: 3D打印机开发与应用, 纳米材料合成与应用。



(a)丝材正常粘附到工作台上的照片 (b)丝材无法粘附到工作台上的照片

图1 不同情况下,打印首层丝材粘附照片

的,在工作台下面至少有3颗调节螺母。通过调节这几颗螺母可以使工作台相对于喷嘴水平,也就是说在固定Z轴时,移动喷嘴到工作台上的任意一点,喷嘴到工作台的距离都是相等的。如果工作台不平,可能会导致工作台一边低一边高,使丝材无法完全粘附到工作台上。

1.2 确定喷嘴到工作台的距离

在工作台水平的情况下,丝材仍然不能粘附到工作台上,就需要确定挤出机喷嘴到工作台的距离。一般喷嘴距离工作平台大约是一张A4纸的厚度,不能太近,也不能太远。太近时将导致喷嘴堵塞,丝材无法喷出,严重时还可能造成堵头。太远时喷嘴喷出的丝材不能和工作台接触,丝材无法粘附到工作台上。可以通过调整打印机硬件或软件参数来改变喷嘴到平台的距离,使丝材牢牢地粘附到工作台上。调整时要注意,每次调整的距离不要过大(0.05 mm即可),避免喷嘴过低损坏工作台。

1.3 第一层打印速度过快

丝材从喷嘴里喷出,需经过一段时间冷却凝固,才能获得较大的附着力,使丝材牢牢地粘附到工作台上。这就意味着打印第一层的速度不能过快,打印过快丝材将无法很好的粘附到工作台上。

一般设置第一层的打印速度是其它层的一半即可,如果粘附效果不好,可以设置更慢的速度。

1.4 热床温度和散热设置

打印耗材被加热后从喷嘴喷出,粘附到工作台上,逐渐冷却到室温。由于热胀冷缩的原因,粘附到工作台上的材料会收缩,发生卷曲,甚至脱离工作台。使用加装热床、关闭散热装置能避免以上现象的发生。一般情况下打印ABS耗材热床设置100~120℃为宜,打印PLA耗材热床设置为60~70℃为宜。

1.5 使用工作台贴面材料

为了使打印丝材牢固的涂覆在工作台表面,常常将一些有利于粘附的材料固定到3D打印机工作台表面,例如高温玻璃、聚酰亚胺胶带、美纹纸胶带等^[9],当然也需要根据打印材料的类型和打印要求选择合适的贴面材料。

1.6 使用打印底板

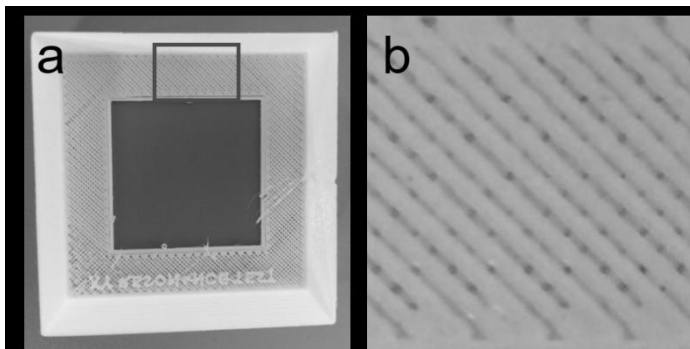
当打印的模型较小时,由于底面很小,很难牢固地粘附到工作台表面。在大多数打印软件中可以为模型添加底板,在模型和工作台之间打印一个比模型大几毫米的平面,如图2所示,保证模型能够打印成功。

2 打印件顶层出现孔洞和缝隙

为了节省打印耗材和时间,几乎所有的打印件只有外壳是实心的,内部为网格状填充。内部的网格状填充支撑着外部的实心壳,这样的结构不但可以节省材料,而且可以保证打印件具有较好的强度。同时,通过设置内部填充的密度和外壳实心层层数可以获得不同强度的打印件。当发现打印件顶层出现孔洞和缝隙如图3所示时,可以通过如下步



图2 为模型增加底板的照片



(a)打印件顶层出现孔洞和缝隙的照片 (b)图a中红色矩形框内的放大照片

图3 打印件顶层出现孔洞和缝隙的照片

骤逐一排查。

2.1 实心层层数不足

顶层实心层是以网格状填充为基础打印的,当打印到网格的孔洞时实心层的丝材会掉入孔洞中,使实心层出现孔洞和缝隙。为保证获得实心平整的表面,通常会打印多层实心层,一般0.5 mm厚,也就是说如果使用0.1 mm层高需要打印5层,0.25 mm就只需要2层。

2.2 填充率过低

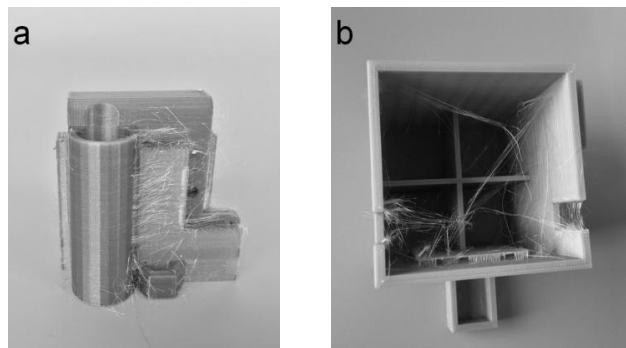
如果增加实心层不能解决这一问题,可以尝试提高填充率。填充率越低,打印件内部网格填充中空部分就越大,打印实心层时丝材需要跨越的空心部分就越大,就越难形成实心层。适当提高填充率,可以保证顶部实心层的形成。填充率一般设置为30%~50%。

2.3 挤出量不足

如果增加实体层层数和填充率都不能解决顶层有孔洞和缝隙的问题,这很可能是由于挤出量不足引起的。挤出量不足是指实际挤出的丝材量较软件中设置的值少,导致了顶层出现孔洞和缝隙。解决这一问题需要重新校正挤出量,并在固件中修改。

3 拉丝

拉丝是指残留在打印件表面大量的塑料细丝。当挤出头不送丝时,从一个位置运动到另一个位置的过程中,高温的耗材会从喷嘴中溢出,这样运动中耗材就会被拉成像头发丝一样的细丝,如图4所示打印件表面的细丝。在挤出头运动过程中使送丝轮反转将耗材拉回,可阻止耗材溢出,从而解决拉丝的问题。这一过程被叫做回抽。解决拉丝的问题可以通过如下方法。



(a)打印件外表面出现拉丝的照片 (b)打印件内表面出现拉丝的照片

图4 打印件表面拉丝的照片

3.1 设置回抽距离

回抽距离是回抽过程中丝材被拉回的长度,也是回抽设置中最重要的。一般情况下,回抽距离越大,挤出头移动过程中耗材从喷嘴中溢出的就越少。近端挤出机设置回抽距离为0.5~2.0 mm为宜,远端挤出机设置为15 mm左右为宜。在调试回抽距离时,应每次增加1 mm,不要一次增加过多。

3.2 调整回抽速度

回抽速度对拉丝影响很大。如果回抽速度过慢,喷嘴移动时不仅会有丝材溢出,而且还可能影响下次的出丝。如果回抽速度过快,送丝齿轮可能磨损丝材,严重时还可能导致前端已加热部分和后端分离。通常回抽速度设置为20~100 mm/s,但不同材料对其影响程度也不同,具体数值应由实际测试得出。

3.3 降低打印温度

如果回抽距离和速度更改后,仍然不能解决拉丝的问题。可以考虑降低打印温度,温度越高,喷嘴中的耗材就越粘稠,就越容易从喷嘴中泄漏。每次降低5~10℃,不要一次降低太多,因为温度过低也会影响耗材的挤出。

3.4 增加移动速度

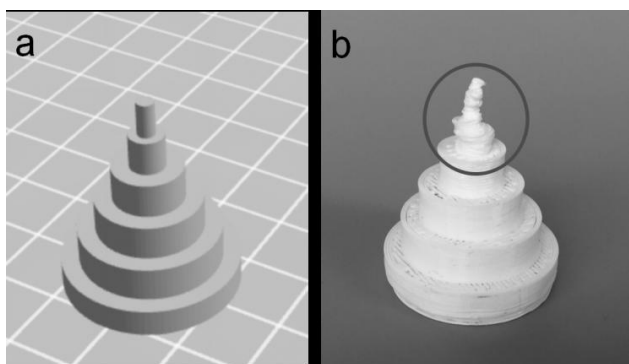
通过增加挤出头的移动速度,可以缩短挤出头在不同位置之间移动的时间,这样就可以减少耗材溢出的量,从而达到减少拉丝的效果。

4 层片温度过高

打印丝材在挤出头加热部分的温度可达到190~240℃。当丝材从喷嘴挤出后仍然保持着高温,高温的丝材很柔软,可以很容易被塑造成各种形状。但当丝材冷却后就很快固化,并保持着原有的形态。在打印时需要保持加热和散热的平衡,丝材加热后可以从喷嘴中流畅的喷出,快速的散热固化可以保证打印尺寸的精确。如果打破这个平衡,将会出现一些打印问题,比如冷却不充足层片过热,将会影响打印尺寸和模型形态。如图5所示,由于层片温度过高,导致了模型顶部的畸形,破坏了打印尺寸和模型形态。出现层片温度过高的现象,可以从以下几点进行调整。

4.1 提高模型散热效果

引起层片温度过高最主要的原因就是对刚打印出来的层片散热不够。模型层片在冷却过程中,形状很容易改变。通过采用对模型层片快速散热的方法,可以



(a)打印件的三维图

(b)打印件的实物图

图5 打印件层片温度过高的照片

使刚刚被打印好的层片快速固化,保持其尺寸和形状。如果打印机有对模型进行散热的风扇,那么提高风扇的转数是避免层片过热的最好办法。

4.2 降低打印温度

如果通过提高散热风扇转数的方法无法解决层片温度过高的问题。可以尝试降低打印温度,低温下挤出的丝材更容易固化。可以每次降低5~10℃,观察问题是否解决。不要一次降低过多,较低温度将使挤出机无法工作。

4.3 增加打印时间

当打印非常小的工件时,每一层打印的时间都非常短。即便使用散热风扇、降低打印温度也不能使层片迅速冷却固化,这就需要通过暂停散热、降低打印速度或者同时打印多个模型的方法来解决层片过热的问题。

5 内部填充不足

打印件内部的填充起着连接和支撑外壳的作用,其填充的好坏将直接影响打印件的强度。如图6所示,由于填充不足,打印件内部的层与层之间出现了缝隙,这将影响打印件的强度。内部填充不足可以从以下几方面进行调整。

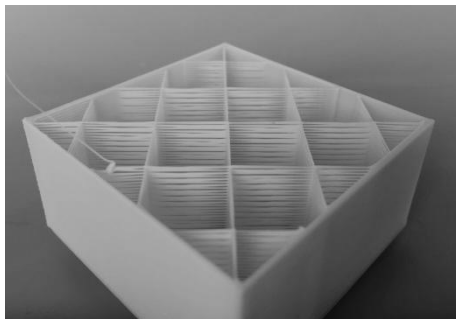


图6 打印件内部填充不足的照片

5.1 更换填充图案

通过更换填充图案可以使内部填充更牢固,提高模型强度。在打印机的分层软件中会提供多种填充图案供用户选择。有些填充图案会更结实,例如网状、三角形和固体蜂窝状。而有些填充图案为了提高打印速度而牺牲了强度,例如线状、简单蜂窝状^[10]。

5.2 降低填充速度

打印件内部填充的速度较打印其它部分的速度要快。如果填充速度过快,实际需要的挤出量超过了挤出的最大量。挤出量就达不到软件中期望的值,这样就会造成内部填充纤细,甚至断断续续,造成内部填充不足。如果通过更换填充图案的方法仍然不能解决内部填充不牢固的问题,我们可以尝试降低填充速度。

6 打印件边角翘曲

我们打印非常大或长的工件时经常会发现,起初打印的前几层可以很好的粘附到工作台上,但随后这几层的边角就会卷起,部分脱离工作台,使打印件变形,如图7所示。严重时整个工件会脱离工作台,导致打印失败。这种现象是材料遇冷收缩引起的,特别是打印一些收缩率较高的材料时,这种现象特别严重,如ABS、PC、PA等。模型遇冷收缩的问题很难完全解决,但是使用以下几个方法可有效防止其翘曲。

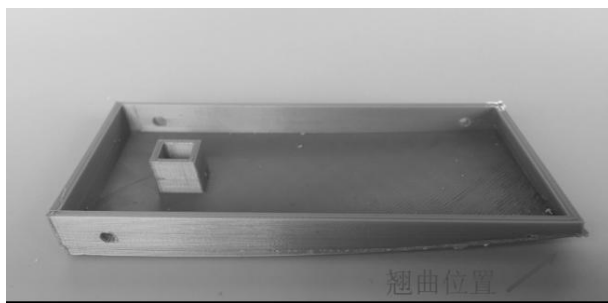


图7 打印件边角翘曲的照片

6.1 使用热床

目前,大部分桌面打印机都配有热床。在打印收缩率较大的材料,如ABS时可以将热床加热到110℃,这样可以防止工件发生翘曲。

6.2 关闭散热风扇

散热风扇可以使打印件快速冷却引起翘曲。所以在打印工件的整个过程中关闭散热风扇,有利于打印层片的保温,这样可以防止工件遇冷发生翘曲。

6.3 环境温度恒定

使用热床只能使与热床较近的工件低层保温,离热床较远的层片很难被保护。因此,将打印机放入密闭的空间内,保持恒温更有利于阻止翘曲的发生。通常在打印容易翘曲的工件时,我们会关闭门窗甚至开启空调来获取一个相对温暖的环境。而一些价格较贵的打印机会配有恒热系统,可以使整个打印环境保持高温。

6.4 增加底板

大多数切片软件有为工件增加底板的功能,使用该功能后在工件与工作台之间会产生一个较模型

底面大几毫米的底板,如图2所示。底板可以使工件粘附的更牢固,起到减少工件边缘翘曲的作用。

7 结语

3D打印技术给人们带来了巨大的生产自由度^[11],也可能会逐渐改变人们的生活方式。3D打印机正迅猛发展并已成为一种潮流,广泛应用于各行各业。一些由材料和机械本身带来的故障将很快得到解决,而由工艺引起的精度和质量问题将会得到越来越多的关注。本文对常见的打印工艺问题进行了总结和分析,提供了一些常用的解决办法,希望对打印机的使用者有一定的帮助。

参考文献:

- [1] 宋科,杨邦成.3D打印技术的实例应用研究[J].新技术新工艺,2015(12):90-93.
- [2] 乔雯钰,徐欢,马超,等.3D打印用ABS丝材性能研究[J].工程塑料应用,2016(3):18-23.
- [3] 黄丽婕,王晓彤,周雷,等.3D打印在包装工业中的应用与前景[J].工程塑料应用,2016(4):122-126.
- [4] 田玉琬,文成,安芬菊,等.FDM3D打印件翘曲变形的工艺分析与优化[J].轻工科技,2016(6):61-62,91.
- [5] 韩志民,李景贺,曲芳,等.熔积成型打印耗材接丝机的开发及工艺参数[J].黑龙江科技大学学报,2016(1):63-67.
- [6] 余世浩,周胜.3D打印成型方向和分层厚度的优化[J].塑性工程学报,2015(6):7-10,39.
- [7] 罗晋,叶春生,黄树槐.FDM系统的重要工艺参数及其控制技术研究[J].锻压装备与制造技术,2005(6):77-80.
- [8] 孙昱放.家庭3D打印机维护与故障解决方法[J].中国新技术新产品,2016(19):65-66.
- [9] 关雷,史子木,武坤.桌面3D打印机工作台贴面材料分析[J].浙江工贸职业技术学院学报,2016(1):42-44.
- [10] 3D matter. What is the influence of infill %, layer height and infill pattern on my 3D prints?[EB/OL]. New York: 3D matter. 2015-3-10 [2017-3-12]. <http://my3dmatter.com/influence-infill-layer-height-pattern/>.
- [11] 杜鹏,王斌.浅析3D打印机的发展趋势[J].中国科技信息,2014(7):141-143.

(责任编辑:李勇)