

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2016.03.004

3D 打印用 ABS 丝材性能研究^{*}

乔雯钰,徐欢,马超,翟莲娜,张鑫鑫,胡浩,张云波,李振

(上海材料研究所,上海3D打印材料工程技术研究中心,上海 200437)

摘要:以丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)为基体,分别以碳酸钙、短切玻璃纤维(GF)和色母粒为改性填料,通过挤出成型制备改性ABS丝材,然后采用3D打印技术中的熔融沉积成型(FDM)技术,通过FDM型3D打印机打印测试试样,对其力学性能及收缩率展开研究。研究表明,碳酸钙填料的加入使得ABS 3D打印试样的拉伸强度降低,用量为2份的短切GF可略微提高试样的拉伸强度,但随着GF含量的增加拉伸强度下降;当打印速度不高于50 mm/s时,相比于橘黄色母粒,蓝色母粒可提高试样的拉伸强度;改性ABS试样的拉伸性能随着打印速度的增加呈现两种不同的变化趋势,这可能由材料流动性能的差异所引起;随碳酸钙或GF用量增加,试样的收缩率逐渐降低,其中GF改性ABS试样收缩率的降低幅度更大,相比于橘黄色母粒,蓝色母粒的加入能够更有效地降低ABS试样的收缩率。

关键词:丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料;3D打印;熔融沉积;改性;拉伸强度;收缩率

中图分类号: TQ325.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2016)03-0018-06

Research on Properties of ABS Filament Used in 3D Printing

Qiao Wenyu, Xu Huan, Ma Chao, Zhai Lianna, Zhang Xinxin, Hu Hao, Zhang Yunbo, Li Zhen

(Shanghai Research Institute of Materials, Shanghai Engineering Research of Center of 3D Printing Materials, Shanghai 200437, China)

Abstract: Taking acrylonitrile-butadiene-styrene plastic (ABS) as matrix and calcium carbonate, short glass fiber (GF), color masterbatch as modified fillers respectively, ABS filaments each modified by the three kinds of fillers were prepared through extrusion molding, then the fused deposition modeling (FDM) technology in 3D printing technologies was used and the test samples were prepared by FDM 3D printer. The mechanical properties and shrinkage of modified ABS 3D printing samples were studied. The results show that the addition of calcium carbonate reduces the tensile strength of modified ABS samples, 2 phr short GF can increase the tensile strength of modified ABS sample, but with the increase of GF content, the tensile strength decreases. Compared with the orange color masterbatch, blue color masterbatch can improve the tensile strength of modified ABS sample when the printing speed ≤ 50 mm/s. With the increase of the printing speed, the modified ABS samples present two different change trends, which may be caused by differences in the flow performance of materials. The shrinkage rates of modified ABS samples decrease with increasing calcium carbonate or GF content, and GF can reduce the shrinkage rate of modified ABS sample further, the addition of blue color masterbatch can more effectively reduce the shrinkage rate of modified ABS sample than orange color masterbatch.

Keywords: ABS; 3D printing; fused deposition modeling; modification; tensile strength; shrinkage rate

3D打印是快速原型制造(RPM)技术之一,诞生于20世纪80年代后期,它是以高分子及金属为耗材,利用其可粘合特性,通过逐层堆积成型方式将数字模型文件打印成实体的成型技术^[1]。该技术能够简化产品制造程序,缩短产品研制周期,提高效率、降低成本,可广泛应用于国防、航天、汽车及金属制造等产业,被认为是近年来制造领域的一个重大技术成果^[2]。基于熔融沉积快速成型(FDM)原理的3D打印快速成型技术是目前最具有生命力的快速成型技术之一,使用的耗材一般为热塑性高分子材料,利用电加热方式将丝材加热至高于其熔融温

度,在计算机的控制下,喷头作x-y平面运动,将熔融的材料涂覆在工作台上,逐层堆积形成三维工件^[3],其工作原理图如图1所示。

目前,可用于FDM成型的高分子丝材有丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)、聚乳酸、尼龙、聚

^{*}上海3D打印材料工程技术研究中心项目(11DZ2251100),上海产学研合作计划项目(沪CXY-2013-17),上海市科学技术委员会启明星计划(B类)项目(14QB1400700),上海市科委应用技术开发专项资金项目(2014-102)

联系人:马超,工程师,主要从事高分子材料的研究

收稿日期:2015-12-30

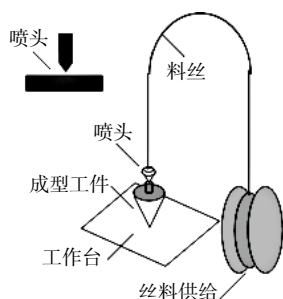


图1 FDM工作原理图

碳酸酯和聚苯砜等^[4],其中ABS本身具有良好的力学性能及优异的成型性,使其成为FDM中应用最为广泛的打印耗材。Zhong Weihong等^[5]通过研究短切玻璃纤维(GF)对ABS复合材料的影响发现短切GF的加入使得ABS的强度及硬度有所提高,并且使得ABS的收缩率降低,但与此同时ABS韧性变差。陈涛等^[6]对常见3D打印用的ABS进行成分分析及拉伸性能研究,发现随着ABS中聚丁二烯含量的增加,有利于打印制品热收缩率各向异性的降低,从而使得制品的翘曲度减小。Stratasys公司拥有一款双喷头FDM型3D打印机,其分别选用不同型号的ABS丝材作为成型和支撑材料,打印完成后支撑材料易于从制件剥离,并且打印制件的形貌也不会因支撑材料的去除而有所破坏^[7]。但是在挤出堆积成型时,ABS由于自身的特性,易发生收缩与变形,影响了打印制品的外观,从而使得制品的准确性失真。ABS材料的变形与收缩不仅会使得打印制件的形状不稳定,并且当材料本身的变形或收缩率达到一定程度后还会在制件中产生较大的内应力,甚至会引起打印制件的开裂,从而影响制品打印的效果。所以笔者以降低ABS打印制件的收缩、提升其力学性能为目标,通过改性挤出的方式研制适用于FDM型3D打印机的ABS丝材。

1 实验部分

1.1 主要原料

ABS:707K,挤出级,奇美实业股份有限公司;

色母粒:挤出级,科莱恩(上海)科技有限公司;

无碱短切GF:微米级,深圳市亚泰达科技有限公司;

碳酸钙(CaCO_3):微米级,余姚华海纳塑料贸易有限公司;

耐高温硅油:HL-201,济南清岸化工有限公司。

1.2 主要仪器及设备

真空干燥机:101A型,上海实验仪器厂有限公司;

高速混合机:SHR-25A型,江苏联冠机械有限公司;

单螺杆挤出机:SJ-45型,长径比(L/D)=25,上海迪荣塑料机械有限公司;

双螺杆挤出机:AK36型, L/D =40,南京科亚化工成套装备有限公司;

FDM型Creatbot系列双头3D打印机:D101型,河南速维电子科技有限公司,其实物图如图2所示,性能参数如表1所示。



图2 Creatbot系列的D101型双头3D打印机

表1 速维Creatbot系列双头3D打印机性能参数

项目	技术指标
打印精度/mm	0.04
成型方法	FDM
层厚/mm	0.04~0.3
喷嘴直径/mm	0.4
喷头温度/℃	250(最高)
运动速度/($\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$)	150
定位精度	X轴、Y轴:10 μm ; Z轴:1.5 μm

1.3 试样制备

将干燥后的ABS分别与 CaCO_3 、短切GF、色母粒按照一定配比(见表2)经高速混合机混合均匀,然后在双螺杆挤出机上挤出造粒,反复两次得到混合均匀的改性ABS粒料。将粒料经过干燥后,再通过单螺杆挤出机按照表3所设定的温度进行挤出,在牵引机的作用力下,调整挤出机与牵引机的速度比从而控制丝材直径为 (3 ± 0.3) mm,通过收卷机进行收卷。分别在25,40,50,80 mm/s的速度条件下将制备的丝材用3D打印机制成用于拉伸性能和收缩率测试的试样。3D打印的其它工艺参数设置为:喷头温度245℃、热床温度90℃、填充率100%。

1.4 测试及表征

(1) 拉伸性能测试。

目前国内外尚未对3D打印制件性能测试形成统一的标准规范,在3D打印制件性能表征方面基本处于空白,无经验可循,所以笔者借用传统注射成

表2 ABS 改性配方

配方编号	改性填料用量	耐高温硅油用量	ABS 用量
CaCO ₃ 1 [#]	2	0.05	100
CaCO ₃ 2 [#]	5	0.05	100
CaCO ₃ 3 [#]	9	0.05	100
GF 1 [#]	2	0.05	100
GF 2 [#]	5	0.05	100
GF 3 [#]	9	0.05	100
色母粒 1 [#] (蓝)	4	0.05	100
色母粒 2 [#] (橘黄)	4	0.05	100

表3 ABS 单螺杆挤出拉丝成型温度设置

加料段	压缩段	计量段	口模
170	180	190	180

型制件拉伸性能测试的方法(GB/T 1040.2-2006),来表征 3D 打印制件的强度要求。考虑到与传统注射成型制件不同,3D 打印制件过程中存在一系列的干扰因素,如打印温度和打印方式不同会极大程度影响打印制件效果。基于此情况,拉伸性能测试的所有数据仅限于使用速维 Creatbot 系列的 D101 型双头 3D 打印机,在喷头温度为 245℃,热床温度为 90℃的情况下打印有效。

(2) 收缩率测试。

借用传统热塑性塑料注射成型收缩率的测试方法(GB/T 15582-1995)以表征改性 ABS 丝材的收缩率。选用速维 Creatbot 的 D101 型双头 3D 打印机,打印的用于测试收缩率的试样尺寸为 12.7 mm×127 mm×3.2 mm,打印速度为 50 mm/s。

2 结果与讨论

2.1 CaCO₃ 改性 ABS 体系的研究

为更好地表征添加不同填料后的改性效果,避免制样工艺的不同对力学性能测试结果的影响,故采用 3D 打印方法打印未改性的 ABS 试样,测得其拉伸强度作为改性效果的参照。表 4 为纯 ABS 3D 打印试样的拉伸强度。

表4 纯 ABS 3D 打印试样的拉伸强度

打印速度/(mm·s ⁻¹)	拉伸强度/MPa
25	40.8
40	41.6
50	42.9
80	39.1

(1) CaCO₃ 对 ABS 试样力学性能的影响。

CaCO₃ 作为填料具有高蔽光性、高亮度、可提高产品的白度及大幅度降低原料成本等优点^[8]。采用不同含量的 CaCO₃ 对 ABS 进行改性,测试了其 3D 打印试样在不同打印速度下的拉伸强度,结果如图 3 所示。由图 3 可知,CaCO₃ 的加入虽然使得材

料成本降低,但同时也会明显降低试样的拉伸强度。当 CaCO₃ 用量为 2 份时,试样的拉伸强度略有下降,与纯 ABS 相差不大,但随着 CaCO₃ 用量继续增加,拉伸强度迅速下降。绝大多数复合材料的拉伸-剪切强度在一定程度上和基体与填料之间的界面形态(如界面结构、粘合强度等)有关,复合材料的拉伸强度可表示为^[9]:

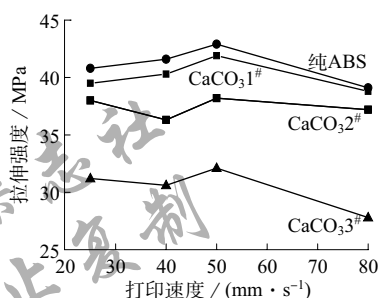
$$\sigma_{y,c} = A \exp(-K_{\sigma,c} / W_a) \quad (1)$$

式中: $\sigma_{y,c}$ ——复合材料的拉伸强度;

A——常数;

$K_{\sigma,c}$ ——表征填料含量及粒径相关的参数;

W_a ——粘功,与氢键、分散力、极化力相关。

图3 不同含量 CaCO₃ 改性 ABS 试样在不同打印速度下的拉伸强度

$K_{\sigma,c}$ 数值的大小与填料含量、粒径有关,其随填料含量、粒径的增大而变大,且当颗粒尺寸越大时, $K_{\sigma,c}$ 的值随着含量的变化越明显。填料粒径越大时,粒子与粒子间产生的氢键与极化力越小,从而使得粒子间的界面因素对 W_a 的影响也随之越来越小。

从上述分析可知,由于所采用的 CaCO₃ 粒径较大,虽然从打印试样的外观效果可以看出, CaCO₃ 的加入能够明显改善由材料收缩引起的翘曲,但是 ABS 材料的拉伸强度却随着 CaCO₃ 含量的增加而大幅降低。

(2) 打印速度对 CaCO₃ 改性 ABS 试样力学性能的影响。

FDM 型 3D 打印高分子材料能够打印完全是丝材从喷嘴挤出时所携带的热能与表面势能相互作用的结果^[10-12]。当高分子丝材从喷嘴挤出时,丝材处于高温熔融状态,当与打印平台上的打印制品接触时,所挤出的高温丝材可以使得丝材在相互接触时软化,导致丝材接触面的分子互相扩散。当经过一定的扩散时间后,最终将达到完全扩散堆积,所以高分子丝材接触面的界面温度及有效的粘接时间是影响接触面粘接强度的重要因素。

由图3可以看出,随着打印速度的增加,纯ABS和 CaCO_3 1[#]试样拉伸强度呈现先升高后降低的趋势,当打印速度为50 mm/s时,拉伸强度达到最大;而 CaCO_3 2[#]和 CaCO_3 3[#]试样的拉伸强度变化较复杂,呈现先降低后升高再降低的趋势。可以推测,纯ABS和 CaCO_3 1[#]试样的流动性较好,所需的有效接触时间较短,所以当打印速度提高后,界面接触温度升高,拉伸强度有所提升,当速度提高到一定程度后,丝材相互接触的有效时间变短,拉伸强度反而变低。当 CaCO_3 用量较大时,ABS改性体系的流动性变差,所需的有效接触时间变长,当打印速度为25~40 mm/s时,有效接触时间是影响其接触面粘接强度的主要因素,所以当喷嘴运动速度变快时,丝材相互粘接的有效时间变短,导致拉伸强度有所降低;当打印速度设置在40~50 mm/s时,随着打印速度的提升,丝材接触面的界面温度升高,故拉伸强度有所提升;而当喷嘴打印速度达到80 mm/s时,由于打印速度过快,丝材有效粘接的时间较短,导致拉伸强度有所降低。

2.2 短切GF改性ABS体系的研究

(1) 短切GF对ABS试样力学性能的影响

从理论出发,GF增强复合材料应具有强度高、成型收缩率小、耐腐蚀等优点,所以利用GF改性ABS材料可以增加ABS的拉伸强度,亦可降低ABS的收缩率。为此,采用不同含量的短切GF对ABS进行改性,测试了其3D打印试样在不同打印速度下的拉伸强度,结果如图4所示。

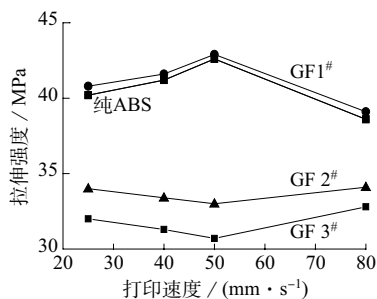


图4 不同含量GF改性ABS试样在不同打印速度下的拉伸强度

由图4可以看出,当短切GF的用量为2份时,试样的拉伸强度有所提高,但是随着GF用量的继续增加,拉伸强度呈现大幅度下降趋势。可知,当复合材料受到外力作用时,ABS首先会发生塑性形变,并且塑性形变会随着拉伸应力的增大而继续增加,此时GF将渐渐取代ABS成为外力作用的承受体,所以GF能够较好地提高ABS的拉伸强度。但是,只有当ABS与GF的混合足够均匀、ABS/GF

复合材料的界面粘结力足够大时,GF的增强效果才会更明显。反之,当ABS与GF混合不够均匀,或者ABS/GF复合材料的界面粘接力不够大时,当外力逐渐增大时,ABS/GF复合材料的树脂基体与GF的界面很容易遭到破坏,从而起不到GF增强的作用。由此推测,在3D打印过程中,较高用量的GF不易与ABS混合均匀,两者的界面粘结力较差,与此同时,随着GF用量的增加,ABS/GF复合材料体系内存在的缺陷也会随之增多,所以当GF用量大于2份时,拉伸强度反而大幅度降低。

(2) 打印速度对短切GF改性ABS试样力学性能的影响。

从图4可以看出,当短切GF的用量不同时,打印速度对ABS试样的影响也不相同。当短切GF的用量为2份时,GF 1[#]试样拉伸强度的变化趋势均与纯ABS试样的变化趋势一致,随着打印速度的增大呈现先增大后减小的趋势,当打印速度为50 mm/s时,拉伸强度达到最大。这可能是因为打印速度过低时,喷嘴运动速度较慢,丝材散热较快,粘接界面温度较低,所以界面的粘接强度不高;当喷嘴打印速度达到50 mm/s时,粘接界面的温度有所升高,粘接强度有所提升;而当喷嘴打印速度达到80 mm/s,由于打印速度过快,丝材有效粘接的时间较短,造成打印试样的强度有所降低。

而当短切GF的用量为5%或9%时,ABS试样的拉伸强度却随着打印速度的增大而呈现先减小再增加的趋势,这可能是因为当GF的含量增加后,ABS体系的流动性有所降低,当打印速度为25~50 mm/s时,有效接触时间是影响其接触面粘接强度的主要因素,当喷嘴运动速度变快时,丝材相互粘接的有效时间变短,所以丝材的拉伸强度会有所降低;而当打印速度为50~80 mm/s时,打印速度变快,丝材的界面温度升高,从而使得丝材的拉伸性能有所提升。

2.3 色母粒改性ABS体系的研究

近年来,塑料制品竞争日趋激烈,人们对色泽的需求也不断提高,产品的色彩已成为企业竞争和吸引用户的主要因素之一,尤其对FDM型3D打印机而言,色泽也是耗材的评价标准之一。ABS塑料不透明,原料树脂多呈现浅黄色或乳白色,若使用色母粒不仅能赋予它绚丽多彩的色泽,同时能提高其本身的性能,极具市场价值。所以笔者也展开了色母粒对ABS 3D打印试样力学性能影响的研究。图

5 为不同颜色的色母粒改性 ABS 试样在不同打印速度下的拉伸强度。

图 5 为添加不同颜色的色母粒对 ABS 材料力学性能的影响。已知两种色母粒均为 ABS 专用改性色母粒,固含量高,着色均匀。由图 5 可见,在色母粒添加量相同、打印方式与路径一致的情况下,色母粒 1[#] 试样的拉伸强度在打印速度不高于 50 mm/s 的情况下高于纯 ABS,而色母粒 2[#] 试样的拉伸强度明显降低,这说明蓝色母粒更适合应用于 ABS 打印耗材的改性。

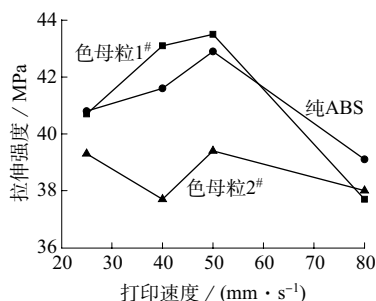


图 5 色母粒改性 ABS 试样在不同打印速度下的拉伸强度

从图 5 还可以看出,在不同打印速度下,添加蓝色母粒的试样(色母粒 1[#])与纯 ABS 试样拉伸强度变化趋势相一致,均在打印速度为 50 mm/s 时达到最大,而添加橘黄色母粒的试样(色母粒 2[#])呈现出不同的变化趋势,通过上述的不同打印速度对 CaCO₃ 改性 ABS 及 GF 改性 ABS 试样的影响研究结果对比情况,可以推测这可能是由色母粒改性 ABS 试样的流动性决定的,色母粒 1[#] 试样的流动性优于色母粒 2[#] 试样,更适用于 FDM 型 3D 打印成型技术,所以蓝色母粒更适合作为 ABS 打印耗材的色母粒使用。

2.4 不同填料对 ABS 试样收缩率的影响

图 6 为不同填料的用量对 ABS 试样收缩率的影响。

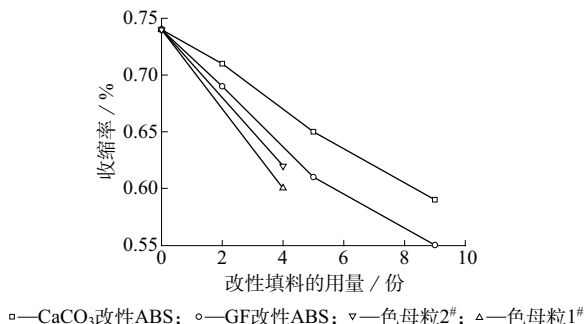


图 6 不同填料的用量对 ABS 试样收缩率的影响

从图 6 可以看出,ABS 试样的收缩率均随着 CaCO₃ 或 GF 的用量增加而降低,与 CaCO₃ 改性

ABS 试样相比,GF 改性 ABS 试样的收缩率下降幅度更大,这可能是因为 GF 与 ABS 间的界面密实度相对较高,界面密实度越高^[13],材料的收缩率越低,所以 GF 对 ABS 试样收缩率的影响较 CaCO₃ 更为明显。另外,从图 6 可以发现,加入 4 份色母粒后,ABS 试样的收缩率明显下降,其中,蓝色母粒能够更好地改善 ABS 试样的收缩率。

3 结语

(1) 加入 2 份 CaCO₃ 后,ABS 3D 打印试样的拉伸强度略有降低,而加入 2 份短切 GF 后,试样的拉伸强度略有升高;但随着这两种填料用量的增加,试样的拉伸强度均大幅下降。

(2) 在打印速度不高于 50 mm/s 的情况下,加入 4 份蓝色母粒可提高 ABS 试样的拉伸强度,而加入橘黄色母粒会降低试样的拉伸强度。

(3) 在采用的打印工艺条件下,当 CaCO₃ 或 GF 用量均为 2 份,或者加入 4 份蓝色母粒时,试样拉伸强度随打印速度的变化趋势均与纯 ABS 试样相同,均在 50 mm/s 时达到最大;而当 CaCO₃ 或 GF 用量增加至 5 或 9 份,或者加入 4 份橘黄色母粒时,试样的拉伸强度随着打印速度的增加呈现不同的变化趋势,这可能是由材料流动性能的差异所引起的。

(4) 随 CaCO₃ 或 GF 用量增加,ABS 试样的收缩率逐渐降低,且添加 GF 的试样收缩率下降幅度更大;相对于橘黄色母粒,加入 4 份的蓝色母粒能更好地改善 ABS 试样的收缩率。

参考文献

- [1] 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.
Lu Bingheng, Li Dichen. Development of the additive manufacturing (3D printing) technology[J]. Machine Building & Automation, 2013, 42 (4): 1-4.
- [2] 王雪莹. 3D 打印技术与产业的发展及前景分析[J]. 中国高新技术企业, 2012(9):3-5.
Wang Xueying. The development and prospect analysis of 3D printing technology and industry[J]. China High Technology Enterprises, 2012(9):3-5.
- [3] 孙聚杰. 3D 打印材料及研究热点[J]. 丝网印刷, 2013(12):34-39.
Sun Jujie. The materials and research focus of 3D printing[J]. Screen Printing, 2013(12):34-39.
- [4] Singh R. Some investigations for small-sized product fabrication with FDM for plastic components[J]. Rapid Prototyping Journal, 2013, 19(1):58-63.
- [5] Zhong Weihong, Li Fan, Zhang Zuoguang, et al. Short fiber reinforced composites for fused deposition modeling[J]. Materials

- Science and Engineering:A,2001,301(2):125-130.
- [6] 陈涛,于晓东,贾茹.常见3D打印用ABS树脂的成分和拉伸性能分析[J].塑料科技,2015,43(7):89-93.
- Chen Tao, Yu Xiaodong, Jia Ru. Analysis on component and tensile properties of common ABS resin for 3D printing[J]. Plastics Science and Technology,2015,43(7):89-93.
- [7] 李湘生,殷燕芳.熔丝沉积的控制参数和材料选择[J].制造技术与机床,2000(7):28-30.
- Li Xiangsheng, Yin Yanfang. The control parameters and material selection of fused deposition modeling[J]. Manufacturing Technology & Machine Tool,2000(7):28-30.
- [8] 许雨晴,胡孝勇,柯勇,等.单组分有机硅改性聚醚密封材料的制备及性能[J].工程塑料应用,2015,43(11):27-30.
- Xu Yuqing, Hu Xiaoyong, Ke Yong, et al. Preparation and properties of single component silicone modified polyether sealant material[J]. Engineering Plastics Application,2015,43(11):27-30.
- [9] 徐国财,张立德.纳米复合材料[M].北京:化学工业出版社,2002:3-18.
- Xu Guocai, Zhang Lide. Nano-composite material[M]. Beijing: Chemical Industry Press,2002:3-18.
- [10] Sood A K, Ohdar R K, Mahapatra S S. Parametric appraisal of mechanical property of fused deposition modeling processed parts[J]. Material and Design,2010,31(1):287-295.
- [11] Boschetto A, Bottini Luana. Surface improvement of fused modeling part of barrel finishing[J]. Rapid Prototyping Journal,2015,21(6):686-696.
- [12] 王天明,金焯,习俊通.FDM工艺过程中丝材的粘接机理与热学分析[J].上海交通大学学报,2006,40(7):1230-1233.
- Wang Tianming, Jin Ye, Xi Juntong. The adhesive mechanism and thermal analysis of fibers in the FDM process[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University,2006,40(7):1230-1233.
- [13] 张金柱,狄烁,程银银,等.一种各向同性低收缩率改性聚丙烯材料的研制[J].工程塑料应用,2015,43(8):30-34.
- Zhang Jinzhu, Di Shuo, Cheng Yinyin, et al. Development of low shrinkage rate of anisotropic modified polypropylene material[J]. Engineering Plastics Application,2015,43(8):30-34.

欢迎订阅 2016 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

也可直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社订阅《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘,请注明
订阅期刊/光盘的名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物,月刊,大16开本,每月10日出版。本刊为中文核心期刊,是中国合成树脂供销协会会刊,荣获首届、第二届、第三届全国期刊奖等多项国家、省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2016年定价15元/期,全年180元。目前杂志社尚有部分2000年以来的单册和合订本库存,如需订阅,请联系杂志社。

《化学分析计量》国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物,双月刊,大16开本,单月20日出版。本刊为中国科技核心期刊,荣获多项省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2016年定价15元/期,全年90元。目前杂志社尚有部分2000年以来的单册和合订本库存,如需订阅,请联系杂志社。

《工程塑料应用》、《化学分析计量》合订本光盘 杂志社已将《工程塑料应用》自创刊号(1973年)至2015年底共43卷314期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售;同时也将《化学分析计量》自创刊号(1992年)至2015年底

共24卷109期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售。合订本光盘既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅各期刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文,又可根据读者自定义的关键词进行全文检索,非常方便、实用。《工程塑料应用》合订本光盘优惠售价530元;《化学分析计量》合订本光盘优惠售价230元。

邮局汇款:

收款地址:济南市天桥区田庄东路3号

收款单位:《工程塑料应用》杂志社

邮编:250031

电话:(0531)85878223 85878057 85878278

传真:(0531)85947355

银行汇款:

户名:山东非金属材料研究所

开户银行:济南市工商银行经十一路支行

账号:1602001229014425546

网上订阅: <http://www.epa1973.com>