

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.12.008

不同树脂配比的 GF 增强 PBT/PET 复合材料体系性能

李登辉^{1,2}, 张宜鹏^{1,2}, 马清云¹

(1. 宁波华腾首研新材料有限公司, 浙江宁波 315400; 2. 北京市化学工业研究院有限责任公司, 北京 100084)

摘要: 使用双螺杆挤出机制备了一系列不同树脂配比的玻璃纤维 (GF) 增强聚对苯二甲酸丁二酯 (PBT)/聚对苯二甲酸乙二酯 (PET) 复合材料, 分为未阻燃体系和阻燃体系, 研究了 PBT/PET 质量比、增韧剂甲基丙烯酸缩水甘油酯 (GMA) 接枝乙烯-辛烯共聚物 (POE-g-GMA), GMA 接枝乙烯-丙烯酸丁酯共聚物 (EBA-g-GMA), 乙烯-丙烯酸乙酯共聚物 (EEA) 及矿物填充对复合材料力学性能、热变形温度 (HDT) 及熔体流动速率 (MFR) 的影响。结果表明, 当 PBT/PET 质量比为 6:4 时, 两种体系的综合性能最好。未阻燃体系中, HDT 和 MFR 随 PET 含量增加总体呈下降趋势; 阻燃体系中, 随 PET 含量增加, HDT 基本呈线性递减趋势而 MFR 总体呈上升趋势; 当 PET 在树脂体系中的质量分数大于 30% 时, 阻燃体系的 MFR 大于未阻燃体系。POE-g-GMA 对未阻燃体系的增韧效果最好, EBA-g-GMA 对阻燃体系的增韧效果最好, EEA 增韧的两种体系 MFR 最大。矿物填充使复合材料的力学性能整体下降, 滑石粉、硫酸钡在阻燃体系中的力学性能保持率较好, 云母填充复合材料的整体性能最差。

关键词: 聚对苯二甲酸丁二酯; 聚对苯二甲酸乙二酯; 复合材料; 玻璃纤维; 阻燃剂; 增韧剂; 矿物填充

中图分类号: TQ323 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)12-0044-06

Performances of GF Reinforced PBT/PET Composites with Different Resin Ratios

Li Denghui^{1,2}, Zhang Yipeng^{1,2}, Ma Qingyun¹

(1. Ningbo Huateng Shouyan New Material Co.Ltd., Ningbo 315400, China;

2. Beijing Chemical Industry Research Institute Co.Ltd., Beijing 100084, China)

Abstract: A series of glass fiber (GF) reinforced polybutylene terephthalate (PBT)/polyethylene terephthalate (PET) composites with different resin ratios were prepared by twin-screw extruder, which are divided into non-flame retardant system and flame retardant system. The effects of PBT/PET mass ratio, toughening agent [glycidyl methacrylate (GMA) grafted ethylene-octene copolymer (POE-g-GMA), GMA grafted ethylene-butyl acrylate copolymer (EBA-g-GMA), ethylene-ethyl acrylate copolymer (EEA)] and mineral filling on mechanical properties, heat distortion temperature (HDT) and melt flow rate (MFR) of composites were investigated. The results show that when PBT/PET mass ratio is 6:4, the comprehensive properties of the two systems are the best. In the non-flame retardant system, HDT and MFR decrease with the increase of PET content. In the flame retardant system, HDT shows a linear decreasing trend basically while MFR shows a increasing trend with the increase of PET content. When the content of PET in PBT/PET is greater than 30wt%, MFR of the flame retardant system is greater than that of the non-flame retardant system. POE-g-GMA has the best toughening effect on the non-flame retardant system while EBA-g-GMA has the best toughening effect on the flame retardant system. MFR of the two systems modified by EEA are the largest. Mechanical properties of PBT/PET composites are decreased by mineral filling. The mechanical properties of talc and BaSO₄ are maintained well in the flame retardant system, and mica has the worst effect on the overall properties of the composites.

Keywords: polybutylene terephthalate; polyethylene terephthalate; composite; glass fiber; flame retardant; toughening agent; mineral filling

聚对苯二甲酸丁二酯 (PBT) 是由对苯二甲酸二甲酯 (DMT) 与 1,4-丁二醇酯交换或直接酯化而制

得的结晶型线型聚合物^[1]。纯 PBT 树脂的力学性能、耐热性能都较差, 因而很少单独使用。用于工程塑

通讯作者: 李登辉, 硕士, 主要从事工程塑料的改性挤出研究 E-mail: lidenghui@bciri.com.cn

收稿日期: 2019-10-22

引用格式: 李登辉, 张宜鹏, 马清云. 不同树脂配比的 GF 增强 PBT/PET 复合材料体系性能 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(12): 44-49.

Li Denghui, Zhang Yipeng, Ma Qingyun. Performances of GF reinforced PBT/PET composites with different resin ratios[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(12): 44-49.

料的PBT近90%是经过共混、增强、填充等方法改性的PBT树脂^[2]。PBT经玻璃纤维(GF)增强改性后,力学性能大幅提高,具有优良的强韧性、耐疲劳性、耐磨性、尺寸稳定性等优点,广泛应用于家电、电子电器、汽车等领域^[3]。

聚对苯二甲酸乙二酯(PET)结晶温度区间宽(130~200℃),为使其充分结晶,需要在较高模温下加工,而PBT是典型的结晶性聚合物,加工流动性好,结晶速度快^[4],60℃的模温就可满足性能要求^[5]。PBT和PET的结构相似,具有较好的相容性^[6]。PBT/PET/GF复合材料可明显改善增强PBT制品表面光泽性和挠曲性,耐热等性能介于PBT与PET之间,同时具有制品表面光泽好、成型挠曲小、尺寸稳定性好等特点^[7]。笔者制备了GF增强PBT/PET复合材料未阻燃体系和阻燃体系,讨论了树脂配比、3种增韧剂及3种矿物填料对复合材料的力学性能、负载热变形温度及熔体流动速率(MFR)的影响,较为全面地探究了GF增强PBT/PET复合材料体系的配方设计。

1 实验部分

1.1 主要原料

PBT:GX112,中国石化仪征化纤有限公司;

PET:240,上海石油化工股份有限公司;

溴化环氧树脂:CR-225K,苏州博瑞达高分子材料有限公司;

三氧化二锑:常德辰州锑品有限公司;

甲基丙烯酸缩水甘油酯(GMA)接枝乙烯-辛烯共聚物:E515,宁波能之光新材料科技股份有限公司;

GMA接枝乙烯-丙烯酸丁酯共聚物:PTW,美国杜邦公司;

乙烯-丙烯酸乙酯共聚物:RM-504,副牌料,东莞市卡尔文塑胶科技有限公司;

滑石粉:5 μm(2500目),泉州市旭丰粉体有限公司;

硫酸钡:南风化工集团股份有限公司;

云母粒:石家庄安瑞达粉体材料厂;

抗氧剂1010、抗氧剂168:圣莱科特精细化工(上海)有限公司;

增光剂:RLE-60,天津诺腾科技有限公司;

GF:ER13-2000-208,泸州天蜀玻纤有限公司。

1.2 主要仪器与设备

同向平行双螺杆挤出机:ZSK-30型,螺杆长径

比44,南京瑞亚挤出机械制造有限公司;

注塑机:MA600/150型,南京橡塑机械厂有限公司;

高速混合机:SHR-5A型,张家港市轻工机械有限公司;

电子万能试验机:CMT6104型,美特斯工业系统(中国)有限公司;

摆锤冲击试验机:ZBC7151-B型,美特斯工业系统(中国)有限公司;

热变形维卡试验仪:RV-300A,承德精密试验机有限公司;

MFR测试仪:XNR400A型,承德市金建检测仪器有限公司;

垂直燃烧测定仪:HVUL2型,美国ATLAS公司。

1.3 试样制备

GF增强PBT/PET复合材料未阻燃体系配方设计:PBT/PET树脂100份(PBT/PET质量比从90:10至10:90),增韧剂(E515)4份,增光剂2份,1010/168为0.2/0.4份,GF在整个体系中的质量分数设定为30%,从挤出机玻纤口加入。

GF增强PBT/PET复合材料阻燃体系配方设计:基础配方与未阻燃体系相同,在其基础上添加溴化环氧树脂17份,三氧化二锑3.5份。

增韧剂对比配方设计:未阻燃及阻燃体系中选择PBT/PET树脂最佳配比,增韧剂分别选用E515,PTW, RM-504,添加量均为4份。

矿物填料对比配方设计:未阻燃及阻燃体系中选择PBT/PET树脂最佳配比,增韧剂选用E515,添加量为4份,矿物填料分别选用滑石粉、硫酸钡、云母粒,添加量均为4份,同时与增韧剂为E515的增韧剂对比配方体系进行对比。

挤出工艺:按照各体系配方设计将原料混合均匀后由双螺杆挤出机塑化熔融,然后加入长GF挤出料条,经过牵引、冷却、吹风、切粒等过程制备各类GF增强PBT/PET复合材料体系。PBT, PET需要提前干燥,干燥温度120℃;挤出温度240℃。

注塑工艺:将加工好的粒子在120℃下干燥3 h,然后在注塑机中分别注塑成各种测试标准样条,注塑温度260℃。

所有试样先在室温干燥环境下放置24 h以上使其状态完全达到平衡,再进行各项测试分析^[8]。

1.4 测试与表征

拉伸性能按GB/T 1040.2-2006测试,拉伸速

率 10 mm/min;

弯曲性能按 GB/T 9341-2008 测试,加载速率 2 mm/min;

简支梁非缺口冲击强度按 GB/T 1043.1-2008 测试,测试温度 23℃,摆锤能量 4 J;

简支梁缺口冲击强度按 GB/T 1043.1-2008 测试,测试温度 23℃,摆锤能量 1 J;

热变形温度 (HDT) 按 GB/T 1634.2-2004 测试,负荷 1.8 MPa;

MFR 按 GB/T 3682-2000 测试,测试条件为 270℃/2.16 kg;

阻燃性能按 UL 94 测试,采用垂直燃烧测定仪对垂直放置的试样 (130 mm×13 mm×1.6 mm) 底端分别施加两次火焰 10 s 后,记录各自的燃烧现象。

每组样品测试 5 次,结果取平均值。

2 结果与讨论

2.1 树脂配比对 GF 增强 PBT/PET 复合材料性能的影响

(1) 未阻燃体系。

GF 增强未阻燃 PBT/PET 复合材料的拉伸强度、弯曲强度、非缺口冲击强度及缺口冲击强度等性能见表 1。

PBT/PET 质量比为 2:8 和 1:9 时,样条注塑时出现粘模严重、成型收缩率大、尺寸稳定性差等问题,故此树脂比例下测试得到的性能数据可能存

在较大误差,暂不讨论^[9]。分析表 1,当 PBT/PET 质量比为 6:4 时,其拉伸强度和缺口冲击强度均达到最大,分别为 141 MPa 和 13.1 kJ/m²。随 PET 含量增加, HDT 总体呈降低趋势,这是因为 PET 是难结晶聚合物, PET 含量的增加导致了材料的结晶速率逐渐降低,冷却后的结晶度也降低,所以 HDT 降低^[10]。随 PET 含量增加, MFR 也呈下降趋势,其流动性越来越差,这是因为 PET 柔软链段的脂肪链较短,链段柔性较 PBT 差^[11]。综合来看, PBT/PET 质量比为 6:4 和 7:3 时,复合材料的综合性能较好,且这两种树脂配比下的性能相差不大。

(2) 阻燃体系。

GF 增强阻燃 PBT/PET 复合材料的拉伸强度、弯曲强度、非缺口冲击强度及缺口冲击强度等性能见表 2。

阻燃体系中, PBT/PET 质量比为 2:8 和 1:9 时,样条注塑时同样存在与未阻燃体系类似的问题,故此树脂比例下复合材料的性能数据也暂不讨论。分析表 2,阻燃剂的加入对拉伸强度和弯曲强度的影响较小,但是降低了非缺口冲击强度和缺口冲击强度,降低幅度在 20%~30%。随 PET 含量增加, HDT 基本呈线性递减趋势,同未阻燃体系中 HDT 数据趋势吻合,都是 PET 含量增加导致结晶度降低的结果。在阻燃体系中,随 PET 含量增加, MFR 总体呈增加趋势,与未阻燃体系正好相反。当

表 1 GF 增强未阻燃 PBT/PET 复合材料性能

PBT/PET 质量比	拉伸强度 / MPa	弯曲强度 / MPa	非缺口冲击强度 / (kJ·m ⁻²)	缺口冲击强度 / (kJ·m ⁻²)	HDT / °C	MFR / [g·(10 min) ⁻¹]
9:1	136	199	67.7	12.7	199	30.8
8:2	138	205	72.4	11.9	198	25.8
7:3	140	206	76.0	12.2	198	25.3
6:4	141	206	75.1	13.1	194	24.3
5:5	137	208	73.9	11.4	192	23.1
4:6	129	198	73.6	12.1	178	23.6
3:7	126	195	74.3	11.5	180	23.9
2:8	134	195	69.5	10.8	187	23.5
1:9	139	200	67.4	10.2	176	21.3

表 2 GF 增强阻燃 PBT/PET 复合材料性能

PBT/PET	拉伸强度 / MPa	弯曲强度 / MPa	非缺口冲击强度 / (kJ·m ⁻²)	缺口冲击强度 / (kJ·m ⁻²)	HDT / °C	MFR / [g·(10 min) ⁻¹]	垂直燃烧等级
9:1	137	193	57.3	8.9	199	25.2	V-1
8:2	138	195	57.1	9.3	198	24.4	V-0
7:3	140	193	58.0	8.1	197	24.5	V-0
6:4	143	200	59.2	9.2	194	25.8	V-0
5:5	142	204	60.0	9.1	193	27.2	V-0
4:6	142	197	49.8	9.2	185	30.0	V-0
3:7	140	199	47.8	9.4	184	32.5	V-0
2:8	137	201	55.8	9.0	181	33.8	V-0
1:9	144	202	63.4	9.8	184	35.8	V-0

PET在树脂基体中的质量分数大于30%时,阻燃体系的MFR大于未阻燃体系,如图1所示。这可能是由于溴化环氧树脂本身具有较高的MFR^[12-13],加入后不仅起到阻燃作用,还具有一定的润滑作用。当PBT/PET质量比为9:1时,阻燃等级仅为V-1级,其余树脂配比下的阻燃等级均达到V-0级,这是因为同等聚合度的PBT中苯环百分含量略微低于PET,PBT的极限氧指数^[14]略微小于PET,导致PBT/PET质量比为9:1时阻燃性能不及PET含量高时好。综合考虑力学性能,HDT,MFR和阻燃性能,可以看出阻燃体系中PBT/PET质量比为6:4或5:5是较佳树脂配比,且这两种树脂配比下的性能相差不大。

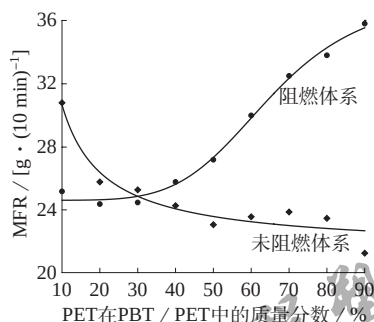


图1 未阻燃体系和阻燃体系的MFR变化

表3 增韧剂改性GF增强未阻燃PBT/PET复合材料性能

增韧剂种类	拉伸强度/MPa	弯曲强度/MPa	非缺口冲击强度/(kJ·m ⁻²)	缺口冲击强度/(kJ·m ⁻²)	HDT/℃	MFR/[g·(10 min) ⁻¹]
E515	140	204	72.1	12.9	194	23.8
PTW	139	204	70.4	10.8	193	22.6
RM-504	134	201	68.5	9.3	197	26.0

表4 增韧剂改性GF增强阻燃PBT/PET复合材料性能

增韧剂种类	拉伸强度/MPa	弯曲强度/MPa	非缺口冲击强度/(kJ·m ⁻²)	缺口冲击强度/(kJ·m ⁻²)	HDT/℃	MFR/[g·(10 min) ⁻¹]	垂直燃烧等级
E515	141	200	62.2	10.8	194	27	V-0
PTW	142	202	67.3	10.6	192	25	V-0
RM-504	150	203	63.5	10.0	196	30	V-0

2.3 矿物填料对GF增强PBT/PET复合材料性能的影响

选择PBT/PET质量比为6:4,增韧剂E515用量为4份,滑石粉、硫酸钡和云母粒三种矿物填料添加量均为4份。

(1) 未阻燃体系。

表5是矿物填料改性GF增强未阻燃PBT/PET复合材料的性能数据。由表5看出,矿物的填充使复合材料的力学性能整体下降,冲击强度降低幅度达到35%左右。滑石粉填充的复合材料力学性能保持最好,而且不影响熔体流动性。滑石粉在聚合物中可以起到异相成核的作用,促使PBT/

2.2 增韧剂对GF增强PBT/PET复合材料性能的影响

根据2.1讨论分析结果,为便于统一讨论增韧剂的影响,在未阻燃体系和阻燃体系中均选择PBT/PET质量比为6:4,E515,PTW, RM504^[15]三种增韧剂的添加量都为4份。

(1) 未阻燃体系。

表3是增韧剂改性GF增强未阻燃PBT/PET复合材料的性能数据。根据表3的冲击强度分析,E515对GF增强PBT的增韧改性效果最好, RM-504增韧改性效果最差,但其改性的复合材料MFR最大。RM-504分子结构中不含有GMA接枝类聚合物,在挤出造粒过程中增韧剂对熔体不存在交联反应,对PBT/PET复合材料的流动性影响最小。

(2) 阻燃体系。

表4是增韧剂改性GF增强阻燃PBT/PET复合材料的性能数据。表4中,PTW对阻燃体系的综合增韧效果最好, RM-504改性复合材料的拉伸强度和MFR最大。对比表3和表4,可以发现阻燃体系的冲击强度都低于未阻燃体系,但是拉伸强度和MFR都普遍提高,以RM-504提升幅度最大。

PET形成尺寸均匀的球晶,提高了复合材料的结晶度^[16],并且具有一定的抗翘曲的效果^[17]。硫酸钡提高了复合材料的HDT,具有改善产品外观的特点。云母粒为片状结构,填充后使产品颜色发暗。

(2) 阻燃体系。

表6是矿物填料改性GF增强阻燃PBT/PET复合材料的性能数据。由表6看出,相较于未阻燃体系,滑石粉、硫酸钡对阻燃体系的力学性能影响较小,复合材料的力学性能下降幅度较小。滑石粉降低了拉伸强度但保持了材料的HDT,硫酸钡提高了拉伸强度但降低了HDT,云母粒填充复合材料的整体性能最差。

表5 矿物填料改性 GF 增强未阻燃 PBT/PET 复合材料性能

矿物填料种类	拉伸强度 / MPa	弯曲强度 / MPa	非缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	HDT / °C	MFR / [g · (10 min) ⁻¹]
无填充	140	204	72.1	12.9	194	23.8
滑石粉	125	181	52.3	8.5	193	24
硫酸钡	124	165	44.3	8.2	198	17.4
云母粒	113	163	44.2	6.9	186	14.8

表6 矿物填料改性 GF 增强阻燃 PBT/PET 复合材料性能

矿物填料种类	拉伸强度 / MPa	弯曲强度 / MPa	非缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	HDT / °C	MFR / [g · (10 min) ⁻¹]	垂直燃烧等级
无填充	141	200	62.2	10.8	194	27	V-0
滑石粉	137	193	58.8	10.3	193	28	V-0
硫酸钡	144	198	59.3	10.2	189	27	V-0
云母粒	128	183	47.2	7.1	186	29.5	V-1

3 结论

(1) PBT/PET 质量比为 6 : 4 时, GF 增强 PBT/PET 复合材料未阻燃体系和阻燃体系的综合性能均达到最佳。未阻燃体系中, HDT 和 MFR 随 PET 含量增加总体呈下降趋势; 阻燃体系中, 随 PET 含量增加, HDT 基本呈线性递减趋势而 MFR 总体呈上升趋势, 当 PET 在 PBT/PET 树脂体系中的质量分数大于 30% 时, 阻燃体系的 MFR 大于未阻燃体系。阻燃剂降低了复合材料的非缺口冲击强度和缺口冲击强度, 降低幅度在 20%~30%。

(2) 未阻燃体系中, E515 对复合材料的增韧改性效果最好, 阻燃体系中, PTW 增韧改性效果最好, RM-504 增韧的两种体系的流动性最好。阻燃体系的冲击强度都低于未阻燃体系, 但是拉伸强度和 MFR 都普遍提高, 其中 RM-504 改性复合材料的拉伸强度和 MFR 最大。

(3) 未阻燃体系中, 矿物使复合材料的力学性能整体下降, 冲击强度降低幅度达到 35% 左右; 滑石粉填充的复合材料力学性能保持最好, 硫酸钡提高了复合材料的 HDT。阻燃体系中, 滑石粉、硫酸钡填充的复合材料力学性能下降幅度较小; 滑石粉降低了拉伸强度但保持了复合材料的 HDT, 硫酸钡提高了拉伸强度但降低了 HDT; 云母粒填充复合材料的整体性能最差。

参考文献

- [1] 陈建业, 余瑾英, 陈玮, 等. PBT 端羧基的影响因素及控制方法[J]. 聚酯工业, 2013, 26(5):39-40.
Chen Jianye, Yu Cuiying, Chen Wei, et al. The influence factors and control methods of PBT carboxyl end group[J]. China Polyester Industry, 2013, 26(5):39-40.
- [2] 黄回阳, 汤小琪. 浅谈 PBT 树脂的几种改性方法[J]. 聚酯工业, 2017, 30(3):16-18.
Huang Huiyang, Tang Xiaoqi. Preliminarily talking about several

kinds modification methods of PBT resin[J]. China Polyester Industry, 2017, 30(3):16-18.

- [3] 李正网. 车用高分子材料——PBT 的增韧与改性[J]. 合成树脂及塑料, 2018, 35(3):44-47.
Li Zhengwang. Toughening and modification for automotive high molecular material PBT[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2018, 35(3):44-47.
- [4] 周林洋. PBT 非等温结晶动力学[J]. 合成树脂及塑料, 2003(2):13-15.
Zhou Linyang. Non-isothermal crystallization kinetics of polybutylene terephthalate[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2003(2):13-15.
- [5] 李海洋, 陈焱, 竭婧, 等. 用热差法研究成核剂对 PET 结晶性能的影响[J]. 化工新型材料, 2014, 42(6):181-183.
Li Haiyang, Chen Xuan, Jie Jing, et al. Influence of nucleator on PET's crystallization properties by DSC[J]. China New Chemical Materials, 2014, 42(6):181-183.
- [6] 付学俊, 卢立波, 朱文, 等. 阻燃增强 PBT/PET 复合材料的性能研究[J]. 塑料工业, 2012, 40(9):41-43.
Fu Xuejun, Lu Libo, Zhu Wen, et al. Properties study of reinforced and flame retardant PBT/PET alloy[J]. China Plastics Industry, 2012, 40(9):41-43.
- [7] 韩晓意, 辛菲, 徐晓楠, 等. PET/PBT 复合材料性能研究进展[J]. 现代塑料加工应用, 2016, 28(6):56-59.
Han Xiaoyi, Xin Fei, Xu Xiaonan, et al. Research progress of properties of PET/PBT alloy[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2016, 28(6):56-59.
- [8] 贾义军, 唐帅, 郭争光, 等. 满足苛刻阻燃要求的环保阻燃增强 PBT 的研究[J]. 工程塑料应用, 2012, 40(3):21-25.
Jia Yijun, Tang Shuai, Guo Zhengguang, et al. Study on environmental-friendly flame-retardant glass fiber reinforced polybutylene terephthalate(PBT) meeting the strict requirement of flame-retardant[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40(3):21-25.
- [9] 陈俊, 陈剑玲, 刘正英, 等. PET 结晶行为研究进展[J]. 高分子通报, 2005(1):20-24.

- Chen Jun, Chen Jianling, Liu Zhengying, et al. Advances in crystallization behavior of polyethylene terephthalate[J]. Chinese Polymer Bulletin, 2005(1):20-24.
- [10] 涂定军,余东栋,陈贤宏,等. PBT抑制PET结晶的研究[J]. 塑料工业, 2017, 45(7):89-93.
- Tu Dingjun, Yu Dongdong, Chen Xianhong, et al. Study on inhibiting polyethylene terephthalate crystallization by polybutylene terephthalate[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(7):89-93.
- [11] 王建国,梁秀丽,孙东,等. 玻璃纤维增强PBT/PET共混物性能研究[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(6):95-98.
- Wang Jianguo, Liang Xiuli, Sun Dong, et al. Study on properties of glass fiber reinforced PBT/PET blends[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(6):95-98.
- [12] 徐晓楠. 溴化环氧树脂协同三氧化二锑阻燃PBT的性能研究[J]. 塑料科技, 2009, 37(7):33-36.
- Xu Xiaonan. Study on properties of PBT flame retarded by brominated epoxy resin synchronized with antimony trioxide[J]. China Plastics Science and Technology, 2009, 37(7):33-36.
- [13] 崔正. 阻燃增强聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)工程塑料结晶性能及配方优化研究[D]. 北京:北京化工大学, 2010.
- Cui Zheng. Studies on the crystallization of flame retardant polyethylene terephthalate(PET) engineering plastic and formulation optimization principles[D]. Beijing:Beijing University of Chemical Technology, 2010.
- [14] 陈林,柴生勇,汪廷洪,等. 磷系阻燃剂NYP3对PBT阻燃性能影响的研究[J]. 塑料科技, 2019, 47(8):100-104.
- Chen Lin, Chai Shengyong, Wang Tinghong, et al. Studies of phosphorus flame retardant NYP3 on the flame retardancy performance of PBT[J]. China Plastics Science and Technology, 2019, 47(8):100-104.
- [15] 李昌鸿,齐阳城,杨威,等. 四种增韧剂对PBT冲击强度和流动性的影响[J]. 塑料工业, 2015, 43(6):31-34.
- Li Changhong, Qi Yangcheng, Yang Wei, et al. The influence of four kinds of tougheners on the impact strength and flowability of PBT[J]. China Plastics Industry, 2015, 43(6):31-34.
- [16] 王瑞元,陈晓东,徐群杰,等. 滑石粉对PET结晶及力学性能的影响[J]. 上海电力学院学报, 2014, 30(1):79-83.
- Wang Ruiyuan, Chen Xiaodong, Xu Qunjie, et al. Effects of talc powder on crystallization behavior and mechanical property of polyethylene terephthalate[J]. Journal of Shanghai University of Electric Power, 2014, 30(1):79-83.
- [17] 吕智. 改善玻纤增强阻燃PBT复合材料翘曲的研究[J]. 塑料助剂, 2015(1):34-36.
- Lyu Zhi. Study on improvement on warp of flame reinforced PBT composite[J]. China Plastic Additives, 2015(1):34-36.

欢迎订阅 2020 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、第三届国家期刊奖等多项国家、省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2020年定价20元/期,全年240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。2020年定价20元/期,全年120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2018年底共46卷350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2018年底

共27卷127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550元;《化学分析计量》合订本光盘优惠售价250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:中国工商银行济南市经十一路支行

账号:1602001229014425546

网上订阅: <http://www.epa1973.com>