

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2022.01.006

摩托车用高抗冲耐化学 PC/PBT 合金材料制备与性能

刘诗^{1,2}, 李陵洲^{1,2}, 王银龙^{1,2}, 朱永军^{1,2}, 郑雄峰^{1,2}, 雷勇^{1,2}

(1. 湖北合聚高分子材料有限公司, 湖北江陵 434100; 2. 武汉合聚塑化新材料有限公司, 武汉 430000)

摘要: 针对摩托车塑料件材料需具有一定的韧性和刚性及较高耐化学性的要求, 开发了摩托车用高抗冲耐化学聚碳酸酯 (PC)/ 聚对苯二甲酸丁二酯 (PBT) 合金材料。探究了 PC 种类、含量, 增韧剂种类、含量对 PC/PBT 合金材料物理力学性能的影响。结果表明, 当选用硅氧烷 PC AG2030, PBT 1100A 作基材, 且 PC/PBT 质量比为 1 : 1, 复配质量分数为 9% 的甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物类增韧剂 E920、质量分数为 3% 的甲基丙烯酸缩水甘油酯类增韧剂 AX8900 时, PC/PBT 合金材料的综合性能较好, 拉伸强度、弯曲强度和缺口冲击强度分别为 55.7, 80.8 MPa 和 70.3 kJ/m², 能满足摩托车塑料件产品的韧性和刚性要求。将该材料注塑成产品后进行耐油漆试验, 发现材料力学性能在试验后的保持率高, 拉伸强度、弯曲强度和缺口冲击强度保持率分别为 99.62%, 97.21%, 98.96%, 表现出良好的耐化学性。该材料及注塑产品均通过了全面的试验验证, 并已成功应用于摩托车塑料盖板产品中。

关键词: 摩托车盖板; 硅氧烷聚碳酸酯; 聚对苯二甲酸丁二酯; 合金; 增韧剂复配; 高抗冲性; 耐化学性

中图分类号: TQ322.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2022)01-0033-05

Preparation and Properties of High Impact and Chemical Resistant PC/PBT Alloy Materials for Motorcycles

Liu Shi^{1,2}, Li Lingzhou^{1,2}, Wang Yinlong^{1,2}, Zhu Yongjun^{1,2}, Zheng Xiongfeng^{1,2}, Lei Yong^{1,2}

(1. Hubei Heju Polymer Materials Co., Ltd., Jiangling 434100, China; 2. Wuhan Heju New Chemical Materials Co., Ltd., Wuhan 430000, China)

Abstract : According to the requirements of motorcycle plastic product materials having a certain degree of toughness and rigidity and achieving high chemical resistance, the polycarbonate (PC)/polybutylene terephthalate (PBT) alloy materials for motorcycles were developed. The effects of PC type and content, toughening agent type and content on the physical and mechanical properties of PC/PBT alloy materials were explored. The results show that PC/PBT material has good comprehensive performances when the mass ratio of siloxane PC AG2030/PBT 1100A as base material is 1 : 1, and 9wt% methyl methacrylate-butadiene-styrene copolymer (MBS) toughening agent E920 and 3wt% glycidyl methacrylate (GMA) toughening agent AX8900 are compounded, the tensile strength, bending strength and notched impact strength are 55.7, 80.8 MPa and 70.3 kJ/m² respectively, which can meet the toughness and rigidity requirements of motorcycle plastic products. After the paint resistance test of the injection molded product made of the material, the mechanical properties retention rates are high, the retention rates of tensile strength, bending strength and notched impact strength are 99.62%, 97.21%, 98.96% respectively, exhibiting good chemical resistance. The material and injection molded products pass comprehensive test verification and are successfully applied to motorcycle plastic cover products.

Keywords : motorcycle cover plate ; siloxane polycarbonate ; polybutylene terephthalate ; alloy ; toughening agent compound ; high impact resistance ; chemical resistance

目前,随着塑料件在摩托车产品中的广泛应用及人们对摩托车的个性化需求不断提升,消费者对塑料件特别是外观覆盖件的装饰性要求也越来越高。对于摩托车塑料件,不仅要求其耐化学腐蚀性

好还对其色彩、表面光洁度和亮度等有一定的要求。因此,通常会在塑料件表面进行喷漆处理,使其具有更好的可视性、耐候性和使用性。然而为了获得良好的附着力,在对塑料件表面进行喷涂底漆时常需

基金项目: 湖北省揭榜制科技项目鄂科技发资 [2020]24 号 (2020BED009)

通信作者: 雷勇,工程师,主要从事聚合物结构与性能及聚合物共混改性等方面的研究

收稿日期: 2021-10-28

引用格式: 刘诗,李陵洲,王银龙,等. 摩托车用高抗冲耐化学 PC/PBT 合金材料制备与性能 [J]. 工程塑料应用, 2022, 50(1):33-37.

Liu Shi, Li Lingzhou, Wang Yinlong, et al. Preparation and properties of high impact and chemical resistant PC/PBT alloy materials for motorcycles[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(1):33-37.

要一定程度的溶蚀来实现,溶蚀过程会对塑料基材造成一定的损伤,并且后续的烘烤固化工艺也会加剧基材损伤^[1]。摩托车车身装饰性覆盖件如护腿罩板、整流罩体、侧盖等一般用丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)注射成型^[2],常发生喷漆后塑料件耐冲击和耐化学性不佳,最终导致产品出现开裂。

传统的聚碳酸酯(PC)是非晶态聚合物,韧性好、尺寸稳定性高,具有良好的刚性和耐冲击性,但由于其空间位阻大、熔融温度高导致加工困难,成型制品残余应力大。另外,PC耐化学性能差特别是遇到芳香族化合物、脂和酮等有机溶剂的侵蚀时会产生应力开裂现象,限制了其使用范围,故通常将PC与其它聚合物制备成合金使用。聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)是高度结晶聚合物,适合于高速成型,耐化学性能好,但缺口冲击强度低^[3-5]。由于PC和PBT材料的特性,将PC和PBT进行简单的熔融共混改性,并不能有效提高共混体系的力学性能。而且由于PC/PBT材料本身具有较大的内应力,在底漆的作用下,产品开裂的问题更为显著。当有应力存在下,化学试剂会渗透到聚合物分子结构中并损害聚合物的分子链,从而导致分子链断裂,树脂发生降解,产品出现开裂。因此,为了保护产品,合金材料的树脂基材也同样重要,可针对树脂基材进行表面改性处理,使其具有良好的耐化学性能,从而获得改性树脂基材。但目前人们关注的焦点均针对合金相容性的改善,主要通过共混体系中加入第三组分(如增韧剂、增容剂、润滑剂等)以提高共混体系的力学性能,较少从改性树脂基材方面进行研究^[6]。

笔者结合材料特性及合金共混改性方向,选择经硅氧烷表面改性的PC树脂(硅氧烷PC)作树脂基材(在硅氧烷PC中,通过硅氧键的引入,可改善PC分子的结构);并在硅氧烷PC/PBT体系中添加甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物(MBS)类增韧剂、甲基丙烯酸缩水甘油酯(GMA)类增韧剂、及两者复配增韧剂,研究了不同增韧剂对硅氧烷PC/PBT合金力学性能和耐化学性的影响,最终开发了一种高抗冲耐化学PC/PBT合金材料,并对使用该材料的摩托车盖板产品进行试验验证,结果满足产品各项技术要求,最终材料得以成功应用。

1 实验部分

1.1 主要原材料

普通PC:S-2100R,日本三菱化工有限公司;

硅氧烷PC:AG2030,日本出光化工有限公司;

PBT:1100A,南通星辰合成材料有限公司;

抗氧化剂四[β -(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酸]季戊四醇酯:Irganox1010,德国巴斯夫公司;

抗氧化剂三[2,4-二叔丁基苯基]亚磷酸苯酯:Irgafos168,德国巴斯夫公司;

MBS类增韧剂:E920,法国阿科玛公司;

GMA类增韧剂(乙烯-丙烯酸酯-GMA共聚物):AX8900,美国杜邦公司;

磷酸二氢钠(NaH_2PO_4):日本磷化学工业株式会社;

丙烯酸漆:自制。

1.2 主要设备与仪器

电热鼓风干燥箱:DHQ-9245A型,上海一恒科学仪器有限公司;

双螺杆挤出机:TE35型,南京瑞亚挤出机械设备有限公司;

注塑机:90F2V型,东华机械有限公司;

万能拉力试验机:CMT4204型,美斯特工业系统(中国)有限公司;

简支梁冲击试验机:ZBC-1251-A型,美斯特工业系统(中国)有限公司;

熔体流动速率(MFR)试验机:ZRZ1452型,美斯特工业系统(中国)有限公司;

落锤冲击仪:CLC-C型,美斯特工业系统(中国)有限公司。

1.3 试样制备

将经过干燥的所有原材料按一定配比混合均匀后,挤出、造粒,挤出温度 $240\sim 260^\circ\text{C}$,螺杆转速 500 r/min ,挤出料条经水槽冷却后切粒得到PC/PBT合金粒料。将制备的PC/PBT粒料经 $80\sim 100^\circ\text{C}$ 下鼓风干燥 $3\sim 4\text{ h}$,在注塑机上注塑成标准的测试样条和样板,注塑温度 $230\sim 250^\circ\text{C}$,射嘴温度 255°C 。样条和样板在恒温恒湿箱中放置 24 h 后,分别进行性能测试和喷漆固化处理。

1.4 性能测试

(1) 物理力学性能测试。

按ISO 527-2-2012测试拉伸强度,拉伸速率为 50 mm/min ;按ISO 178-2019测试弯曲强度,弯曲速率为 1 mm/min ;按ISO 179-2010测试简支梁缺口冲击强度;按ISO 1133-1-2011测试MFR,温度和负荷分别为 250°C , 2.16 kg 。

(2) 试样喷漆、固化处理及相关测试。

为了模拟工业生产中的喷漆和固化处理,将样

板在丙烯酸漆中浸泡 10 s 后取出,在 100℃烘箱中进行烘干固化处理。固化完成后,取样进行力学性能测试并进行落锤冲击破坏试验。

2 结果与讨论

2.1 PC 种类及含量对合金材料性能的影响

根据表 1 配方制备了不同 PC 种类及含量的 PC/PBT 合金材料,表 2 为相应的物理力学性能数据。从表 2 可以看出,在试样 1[#],3[#],5[#] 或 2[#],4[#],6[#] 中,随着 PC 含量的增加,PC/PBT 材料的拉伸强度、弯曲强度、缺口冲击强度均先增大后减小。这是因为 PC/PBT 合金材料的性能由主要基材树脂来决定,当 PC 含量少时合金主要表现 PBT 的性能,当增加 PC 含量时,合金则开始表现 PC 的性能,而当添加的 PC 含量过多后,PC 与 PBT 反应生成的嵌段共聚物反而会抑制两者的相容性,破坏合金材料的均匀性,导致力学性能降低^[7-8]。随着合金材料中 PC 含量的增加,合金材料的 MFR 呈降低的趋势,这是因为随着 PC 含量的增加,合金材料会更多地表现 PC 的性能。

表 1 不同 PC 种类和含量的合金材料配方

项 目	试样编号					
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
PC:PBT 质量比	2:3		1:1		3:2	
普通 PC 质量分数 /%	39.80		49.75		59.70	
硅氧烷 PC 质量分数 /%		39.80		49.75		59.70
PBT 质量分数 /%	59.70	59.70	49.75	49.75	39.80	39.80
其它助剂质量分数 /%	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

表 2 不同 PC 种类及含量的合金材料物理力学性能

项 目	试样编号					
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
拉伸强度 /MPa	46.9	48.5	48.9	49.8	42.3	44.6
弯曲强度 /MPa	63.7	65.3	68.5	71.4	59.8	61.2
缺口冲击强度 /(kJ·m ⁻²)	49.9	52.8	51.9	53.6	47.3	50.4
MFR/[g·(10 min) ⁻¹]	13.6	15.2	13.4	14.6	13.2	13.8

从表 1 和表 2 还可以看出,在试样 1[#],3[#],5[#] 中使用的基材树脂为普通 PC,在 2[#],4[#],6[#] 中则使用硅氧烷 PC 作基材,使用硅氧烷 PC 的合金材料的力学性能和加工性能均优于使用普通 PC 的合金材料。这可能是因为硅氧烷 PC AG2030 分子中引入了有机硅基团,增加了结构单元的长度,提高了分子量,且硅氧烷中硅氧键的内旋转势垒较小,增大了分子链的柔顺性,故加入硅氧烷 PC 合金材料的综合性能相对较好。为了使材料获得较好的加工性能和力学性能,在本体系中确定使用 PC AG2030 作基材,PC/PBT 的最佳质量比为 1:1,故最终选择 4[#] 试样,并以此为基础做进一步的配方改善研究。

2.2 增韧剂种类及含量对合金材料性能的影响

根据表 3 配方制备添加不同种类及含量增韧剂的 PC/PBT 合金材料,材料的性能数据见表 4。

表 3 不同增韧剂种类及含量的合金材料各组分质量分数 %

项 目	试样编号								
	4 [#]	7 [#]	8 [#]	9 [#]	10 [#]	11 [#]	12 [#]	13 [#]	14 [#]
硅氧烷 PC/%	49.75	46.75	45.25	43.75	42.25	46.75	45.25	43.75	42.25
PBT/%	49.75	46.75	45.25	43.75	42.25	46.75	45.25	43.75	42.25
E920/%		6	9	12	15				
AX8900/%						6	9	12	15
其它助 剂 /%	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

表 4 不同增韧剂种类及含量的合金材料物理力学性能

项 目	试样编号								
	4 [#]	7 [#]	8 [#]	9 [#]	10 [#]	11 [#]	12 [#]	13 [#]	14 [#]
拉伸强度 /MPa	49.8	49.3	48.1	46.5	43.1	49.0	47.8	46.3	44.6
弯曲强度 /MPa	71.4	67.2	66.3	63.8	59.8	67.0	65.9	62.1	58.5
缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	53.6	58.9	59.6	62.6	63.7	60.7	61.8	63.4	65.8
MFR/ [g · (10 min) ⁻¹]	14.6	13.1	12.3	10.9	9.2	12.8	11.7	10.5	8.6

由表 4 可以看出,当体系中分别添加 MBS 类增韧剂或 GMA 类增韧剂时,增韧剂影响 PC/PBT 合金材料拉伸强度和弯曲强度的趋势基本一致。随着 PC/PBT 合金材料中增韧剂含量的增加,材料的拉伸强度和弯曲强度均呈降低趋势。这主要是增韧剂在合金材料中表现为橡胶相,主要提供材料的弹性,在增韧的同时,由于其强度和弹性模量比 PC 和 PBT 均低,会导致合金材料的强度和刚性降低。

由表 4 还可看出,随着两种增韧剂含量的增加,缺口冲击强度显著提高。其原因是 E920 增韧剂壳结构中的聚甲基丙烯酸甲酯能起到桥梁作用,减小两相之间的界面张力,增强界面作用力,使 PC 能够更加均匀地分散在 PBT 基材中,均匀完整的柔性层可以更好地与基体粘接,该柔性层在材料受到外界冲击力时可以吸收大量的冲击能量,从而起到增韧作用;AX8900 增韧剂中的丙烯酸酯含有与 PC、PBT 相同的酯基,可降低两相之间的界面张力,减小两相之间的玻璃化转变温度(T_g),另外,GMA 中的环氧基团还能进一步与 PBT 分子中的端羧基或端羟基发生化学反应。因此该 AX8900 增韧剂能够较好地对 PC 和 PBT 进行增容,并通过在两相中形成的柔性层发挥出增韧作用^[9-10],其增韧的合金材料缺口冲击强度稍高于 E920 增韧的合金材料。

另外,合金材料的 MFR 随增韧剂含量增加而逐渐降低,这是因为加入增韧剂后,PC/PBT 合金熔体的分子间作用力随之增加,分子链间相对移动难

度增加,导致体系的流动性变差,会影响材料的加工性能^[11]。流动性更差的为加入 AX8900 增韧剂的合金材料,因 GMA 反应性官能团的存在,导致材料的流动性下降明显,故 AX8900 对材料流动性的影响比 E920 更为显著。

2.3 增韧剂复配对合金材料性能的影响

增韧剂的添加对 PC 与 PBT 的相容性起到了明显的改善作用,但会降低材料的强度和加工性能,故在实际应用中还需要综合考虑力学性能和加工性能的平衡。在 PC/PBT 合金材料采用 MBS 类增韧剂与 EMA 类增韧剂的复配组合,根据表 5 中的配方研究了复配增韧剂对 PC/PBT 合金材料性能的影响,材料性能测试数据见表 6。

表 5 复配增韧剂的 PC/PBT 合金材料各组分质量分数 %

项 目	试样编号					
	4 [#]	9 [#]	13 [#]	15 [#]	16 [#]	17 [#]
硅氧烷 PC/%	49.75	43.75	43.75	43.75	43.75	43.75
PBT/%	49.75	43.75	43.75	43.75	43.75	43.75
E920/%		12		3	6	9
AX8900/%			12	9	6	3
其它助剂 /%	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

表 6 复配增韧剂的合金材料物理力学性能

项 目	试样编号					
	4 [#]	9 [#]	13 [#]	15 [#]	16 [#]	17 [#]
拉伸强度 /MPa	49.8	46.5	46.3	52.6	50.3	55.7
弯曲强度 /MPa	71.4	63.8	62.1	74.1	72.5	80.8
缺口冲击强度 /(kJ·m ⁻²)	53.6	62.6	63.4	66.3	64.7	70.3
MFR/[g·(10 min) ⁻¹]	14.6	10.9	10.5	9.3	9.7	10.1

从表 6 数据可以看出,体系中加入 E920 和 AX8900 的复配增韧剂后,合金的力学性能比单独加入 E920 增韧剂或 AX8900 增韧剂的合金更好。其中 E920 为主、AX8900 为辅的复配增韧剂对合金力学性能的改善效果最为显著,材料的加工性能也得到了改善。这可能是因为对材料 MFR 影响较大的 AX900 增韧剂含量变低,对合金流动性的影响变小,而两种增韧剂复配后通过聚甲基丙烯酸甲酯的桥梁作用和 GMA 的封端效果,可将各自的改善效果进行叠加,能最大程度地减少 PC 与 PBT 的 T_g 之差,有效地提高合金中 PC 与 PBT 的相容性。综上所述,为了获得良好的加工性能,同时兼顾材料的韧性和刚性要求,选定 PC 基材为 PC AG2030, PC/PBT 质量比为 1:1, E920 和 AX8900 的复配增韧剂体系(两者质量比为 9:3),即最终选定 17[#] 试样,其拉伸强度、弯曲强度和缺口冲击强度分别为 55.7, 80.8 MPa, 70.3 kJ/m²。

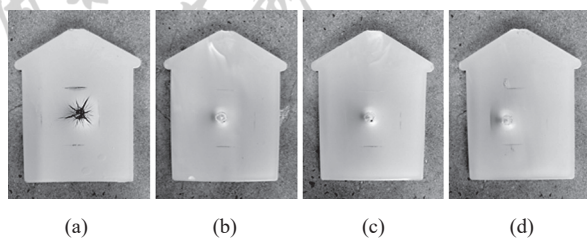
2.4 丙烯酸漆对合金材料样板力学性能的影响

表 7 为 PC/PBT 合金材料样板在丙烯酸漆中浸

泡 10 s,经 100℃ 温度烘干后力学性能保持率的数据。图 1 为浸泡、烘干后的 PC/PBT 材料样板经落锤冲击后照片。由表 7 中数据可以发现,未添加任何增韧剂的 PC/PBT 合金材料的拉伸强度、弯曲强度、缺口冲击强度均明显下降。而当 PC/PBT 合金材料中加入 E920 增韧剂、AX8900 增韧剂和 E920/AX8900 复配增韧剂后,PC/PBT 合金材料的性能保持率却保持在较好水平,其中使用 E920/AX8900 复配增韧剂的合金材料的力学性能保持率最高,拉伸强度、弯曲强度和缺口冲击强度保持率分别为 99.62%,97.21%,98.96%。而在图 1 中可以看出,4[#] 样板出现了裂纹,9[#],13[#],17[#] 样板无裂纹产生,其中 17[#] 样板表现最佳。

表 7 合金材料样板耐油漆试验结果

项 目	试样编号			
	4 [#]	9 [#]	13 [#]	17 [#]
拉伸强度保持率 /%	90.38	96.37	97.16	99.62
弯曲强度保持率 /%	91.27	93.84	94.18	97.21
缺口冲击强度保持率 /%	94.69	95.32	96.19	98.96



a—4[#]; b—9[#]; c—13[#]; d—17[#]

图 1 浸泡、烘干后的合金材料样板经落锤冲击后的照片

出现以上现象的原因是:由于在高温烘干过程中,PC/PBT 基材与丙烯酸漆的反应活性会变高,溶蚀更为剧烈,因此材料的力学性能会出现不同程度的降低。丙烯酸漆主要采用甲苯、二甲苯等有机溶剂,其中甲苯、二甲苯的溶解度参数分别是 18.0 (J/cm³)^{1/2}, 17.6 (J/cm³)^{1/2}; PC 的溶解度参数为 18.0 (J/cm³)^{1/2}, PBT 的溶解度参数是 21.9 (J/cm³)^{1/2}。当聚合物和低分子液体溶解度参数之差不大于 3 时,一般都有好的互溶性^[12-13]。根据相似相容原理可知,PC 在丙烯酸漆的溶解性要远高于 PBT。因此在 PC/PBT 合金材料中,PC 的含量决定了丙烯酸漆由表及里溶蚀 PC 的速度。另外,由于增韧剂 E920 中的聚甲基丙烯酸甲酯能起到桥梁作用,与 PC, PBT 基材相容性好;增韧剂 AX8900 乙烯含量高,抗丙烯酸漆溶蚀能力较高^[14-15]。当 PC/PBT 合金材料中加入 E920 和 AX8900 复配增韧剂后,能更好地结合 PC 与 PBT,使其与丙烯酸油漆的接触面更少,溶蚀得更少,能更好地保护 PC/PBT 合金材料。综上

所述,17#的材料配方加工成零件后能达到产品的各项性能指标要求,可满足产品的高抗冲和耐化学性能要求。该高抗冲耐化学 PC/PBT 合金材料已在相关客户端完成试料、试模工作,材料已成功应用于客户的摩托车盖板产品中,并已获得客户端材料认可。

3 结论

(1) 探究了 PC 种类、含量以及增韧剂种类、含量对 PC/PBT 合金材料性能的影响。当硅氧烷 PC AG2030 与 PBT 1100A 的质量比为 1:1,复配质量分数分别为 9%和 3%的 E920 及 AX8900 增韧剂时,PC/PBT 合金材料的综合性能最佳。

(2) 经耐油漆试验发现,由最佳配方下制备的合金材料具有较高的耐化学性,拉伸强度、弯曲强度和缺口冲击强度保持率分别为 99.62%,97.21%,98.96%,注塑的样板经丙烯酸漆浸泡后,在落锤冲击试验下无裂纹产生。

(3) 该高抗冲耐化学 PC/PBT 合金材料可直接注射成型,加工成塑料件车身盖板,解决现有技术中常规 ABS 塑料件产品易开裂、耐化学性差的技术弊端,也能满足更多摩托车塑料件产品的技术需求。

参考文献

- [1] 邵景昌,王怡博,许凌峰,等. MBS/SAN-g-MAH 增韧带漆膜 PC 回收料[J]. 工程塑料应用,2018,46(10):30-34.
Shao Jingchang, Wang Yibo, Xu Lingfeng, et al. Toughening regenerated polycarbonate with paint films by MBS/SAN-g-MAH[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(10):30-34.
- [2] 倪士文,虞涛. 摩托车 ABS 塑料件吸漆不良问题的分析与预防[J]. 涂层与防护,2019,40(7):52-55.
Ni Shiwen, Tuo Tao. Analysis and prevention of paint-absorbing defect in ABS plastics of motorcycles[J]. Coating and Protection, 2019, 40(7):52-55.
- [3] 徐星驰,张伟,吴玉成,等. 排插用高抗冲阻燃 PC/PBT 合金的制备与性能[J]. 现代塑料加工应用,2019,31(1):33-36.
Xu Xingchi, Zhang Wei, Wu Yucheng, et al. Preparation and properties of high impact and flame retardant PC/PBT alloy for power strip[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2019, 31(1):33-36.
- [4] 梁伟成,阮静,张浩. 组分对 PC/PBT/GF 三元复合材料的影响[J]. 工程塑料应用,2020,48(2):108-113.
Liang Weicheng, Ruan Jing, Zhang Hao. Effects of components on PC/PBT/GF ternary composites[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(2):108-113.
- [5] 陈秀宇,陈国奋,林谦. 不同增韧剂对 PBT 增韧改性的研究[J]. 塑料工业,2020,48(1):31-35.
Chen Xiuyu, Chen Guofen, Lin Qian. Study on the toughening of PBT by different toughening agents[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(1):31-35.
- [6] 廖永江,何晓东,蔡灯亮,等. 高性能 PC/PBT 合金材料的制备[J]. 广州化工,2020,48(7):55-57,82.
Liao Yongjiang, He Xiaodong, Cai Dengliang, et al. Preparation of PC/PBT alloy with high performance[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2020, 48(7):55-57, 82.
- [7] 王亮,付锦锋,叶南彪,等. 阻燃 ABS/PC/PBT 合金的制备与性能[J]. 工程塑料应用,2019,47(5):27-31.
Wang Liang, Fu Jinfeng, Ye Nanbiao, et al. Preparation and properties of flame retardant ABS/PC/PBT alloy[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(5):27-31.
- [8] 佟伟,赵体鹏,岑茵,等. 增韧 PC/聚酯合金研究[J]. 塑料工业,2020,48(1):36-40.
Tong Wei, Zhao Tipeng, Cen Yin, et al. Research on toughening PC/polyester alloy[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(1):36-40.
- [9] 钱志国,尹继磊,李正梅,等. 耐化学高抗冲 PC/PBT 合金的制备[J]. 工程塑料应用,2016,44(1):49-52.
Qian Zhiguo, Yin Jilei, Li Zhengmei, et al. Preparation and chemical-resistant and high-impact PC/PBT alloy[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(1):49-52.
- [10] 陈伟,陈锐,冯健,等. 增韧剂种类及用量对 PBT/PC 合金性能影响研究[J]. 广东化工,2019,46(4):44-46.
Chen Wei, Chen Rui, Feng Jian, et al. Effect of types and contents of toughening agents on properties of PBT/PC alloy[J]. Guangdong Chemical Industry, 2019, 46(4):44-46.
- [11] 赵体鹏,岑茵,章明秋,等. PC/PBT 合金中增韧剂粒径和增韧效果关系研究[J]. 广东化工,2019,46(16):1-3.
Zhao Tipeng, Cen Yin, Zhang Mingqiu, et al. Study on the relationship between particle size and toughening effect of toughening agents in PC/PBT alloy[J]. Guangdong Chemical Industry, 2019, 46(16):1-3.
- [12] 史鹏伟,汤俊杰,李心良. 不同增韧剂对 PBT 及 PBT/GF 体系的增韧研究[J]. 塑料工业,2019,47(1):40-44.
Shi Pengwei, Tang Junjie, Li Xinliang. Research of toughened PBT and PBT/GF system with different toughener[J]. China Plastics Industry, 2019, 47(1):40-44.
- [13] 刘小林. 丙烯酸漆对 PC/PBT 共混物性能和微观结构的影响[J]. 塑料工业,2016,44(6):71-81,88.
Liu Xiaolin. Effect of acrylic paint on properties and microstructure of PC/PBT blend[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(6):71-81, 88.
- [14] 李进,潘小虎,吴立丰,等. PBAT 改性 PLA 吸管性能研究[J]. 合成技术及应用,2021,36(1):23-26,34.
Li Jin, Pan Xiaohu, Wu Lifeng, et al. Study on the performance of PLA pipette modified by PBAT[J]. Synthetic Technology & Application, 2021, 36(1):23-26, 34.
- [15] 周震杰,李文龙,李欣达,等. 增韧剂对 PC/PBT 合金性能的影响[J]. 工程塑料应用,2018,46(8):110-116.
Zhou Zhenjie, Li Wenlong, Li Xinda, et al. Toughening agents on properties of PC/PBT alloy[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(8):110-116.