

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.06.004

插线板用高抗冲阻燃耐热 PET/PC 合金的制备

徐星驰,张伟,吴玉成

(南京立汉化学有限公司,南京 211106)

摘要:采用双螺杆挤出机熔融共混挤出制备了聚对苯二甲酸乙二酯/聚碳酸酯(PET/PC)合金。研究了 PET 和 PC 黏度对合金力学性能、耐热性能、阻燃性能的影响。结果表明,PC 树脂的黏度不会影响 PET 的结晶行为,且 PC 树脂的黏度越大,合金的力学性能和耐热性能越好。中黏 PET 的结晶度高有利于提高合金的耐热性能,但是会降低合金的韧性。选用高黏 PET 和高黏 PC 的组合可以得到高韧性、高耐热的合金。酯交换抑制剂的加入可以抑制 PET 和 PC 之间的酯交换反应,使得合金的球压痕直径减小。但是过多的酯交换抑制剂会降低材料的韧性,当酯交换抑制剂添加量超过 0.6 份后,合金的悬臂梁缺口冲击强度降低至 23 kJ/m² 以下。加入少量的扩链剂可以提高合金的力学性能。在增容剂、阻燃剂等加工助剂一定的情况下,基体树脂选用高黏 PET 和高黏 PC,并加入 0.4 份酯交换抑制剂、0.2 份扩链剂,此时合金的综合性能最好,缺口冲击强度达到 62 kJ/m²,球压痕直径为 1.9 mm,满足插线板的国家标准要求。

关键词:聚对苯二甲酸乙二酯;聚碳酸酯;合金;高抗冲;耐热;阻燃

中图分类号:TQ322.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2019)06-0020-06

Preparation of Flame Retardant PET/PC Alloy with High Impact and Heat Resistant for Plugboard

Xu Xingchi, Zhang Wei, Wu Yucheng

(Nanjing Lihan Chemical Co., Ltd., Nanjing 211106, China)

Abstract : The polyethylene terephthalate/polycarbonate (PET/PC) alloy was prepared by melt blending, extruded by twin screw extruder. The effects of the viscosity of PET and PC on the mechanical properties, heat resistance and flame retardancy of the PET/PC alloy were studied. The results show that the viscosity of PC resin does not affect the crystal behavior of PET, and increased viscosity of PC can improve the mechanical properties and heat resistance of the the PET/PC alloy. High crystallinity of moderately bonded PET is beneficial to improve the heat resistance of the the PET/PC alloy, but reduces the toughness of the the PET/PC alloy. Choosing high viscosity PET and PC can get the PET/PC alloy with high toughness and heat resistance. The addition of transesterification inhibitors can inhibit the transesterification reaction between PET and PC, reduce the ball indentation diameter of the PET/PC alloy. But too many transesterification inhibitors can significantly reduce the toughness of the alloy, when the dosage of transesterification inhibitor reaches 0.6 phr, the notched Izod impact strength of the alloy decreases to below 23 kJ/m². The mechanical properties of the alloy can be improved by adding a small amount of chain extender. Under certain conditions of compatibilizer and flame retardant, choosing high viscous PET and high viscous PC as matrix resin, adding 0.4 phr of ester exchange inhibitor and 0.2 phr of chain extender, the comprehensive performance of the alloy is the best. The impact strength is 62 kJ/m², the ball indentation diameter is 1.9 mm. The alloy meets the national standard requirements of plugboard.

Keywords : polyethylene terephthalate ; polycarbonate ; alloy ; high impact resistance ; heat resistance ; flame retardant

聚碳酸酯(PC)是五大通用工程塑料之一,用量仅次于聚酰胺。PC 耐冲击强度高、抗蠕变性好,热变形温度高、尺寸稳定性优异,被广泛应用于汽车、

电子电器、机械等领域^[1-3]。但是由于 PC 主链上含有苯环,链刚性较大,造成其熔体黏度高、流动性差。用纯 PC 树脂注塑制品时,材料的内应力无法得到

通讯作者:徐星驰,硕士,主要从事工程塑料改性加工工作 E-mail:xxingchi0112@163.com

收稿日期:2019-03-22

引用格式:徐星驰,张伟,吴玉成.插线板用高抗冲阻燃耐热 PET/PC 合金的制备[J].工程塑料应用,2019,47(6):20-25.

Xu Xingchi, Zhang Wei, Wu Yucheng. Preparation of flame retardant PET/PC alloy with high impact and heat resistant for plugboard[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(6): 20-25.

充分的释放,制品容易开裂,且 PC 材料对应力敏感,成型过程中的助剂、色粉等杂质都会显著降低 PC 材料的冲击强度,所以一般将 PC 与其它材料共混制成合金来解决上述问题^[4-5]。聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 是一种性能优良的工程塑料,耐热性好,具有一定的结晶能力,耐溶剂性好,但是 PET 分子链刚性较大,结晶温度高,结晶速率慢,这对注塑成型造成困难^[6]。一般 PET 材料用作纤维纺丝以及包装材料使用^[7]。但是 PET 的成本相比于 PC 以及聚对苯二甲酸丁二酯 (PBT) 较低,所以 PET 和 PC 树脂制备成的合金不仅力学性能、耐溶性、加工性优异而且成本方面具有很大的优势^[8]。PC 是无定形塑料,而 PET 是结晶性塑料,一般来说结晶-非晶体系的相容性较差,但是二者同属于聚酯,在加工过程中会发生一定的酯交换反应,生成无规共聚物,可提高两者的相容性,此外还可以通过加入不同的增容剂来改善二者的相容性^[9-11]。

高磊等^[12]研究发现,丙烯腈-苯乙烯共聚物接枝甲基丙烯酸缩水甘油酯可以提高再生 PC/PET 合金的相容性;王静等^[13]发现,在 PC/PET 合金中加入一定量的丙烯腈-苯乙烯塑料有机刚性粒子会产生增韧增强作用;刘裕红^[14]研究表明,增容剂 SWR-6B 可提高 PC/PET 合金的力学性能,磷酸三苯酯可抑制 PC/PET 的酯交换反应;周立权等^[15]发现,在 PC/PET 合金中加入接枝改性烯烃类弹性体可以提高 PC 和 PET 之间的相容性。先前关于 PC/PET 合金的研究多数集中于增容剂对材料性能的影响,而没有考虑到基体树脂黏度以及酯交换抑制剂对材料力学性能以及耐热性能的影响。在插线板行业,按照新的家用和类似用途插头插座国家标准 (GB 2099.3-2015),要求材料具有一定的阻燃性,灼热丝起燃温度 (GWIT) 高于 770℃,同时材料必须具有耐热性能,可以顺利通过 125℃球压测试。为了满足国家标准,现阶段大多数的插线板外壳都选择使用 PC 材料。笔者探讨了基体树脂黏度、酯交换抑制剂以及扩链剂对阻燃 PET/PC 合金力学性能和耐热性能的影响,并且制备出具有高韧性高耐热阻燃 PET/PC 合金,满足插线板行业的国家标准,可以替代传统的 PC 材料。

1 实验部分

1.1 主要原料

中黏 PC: PC02-10, 熔体流动速率 (MFR) 为 10 g/(10 min) (300℃, 1.2 kg), 宁波浙铁大风化工

有限公司;

高黏 PC: 1203-05, MFR 为 5 g/(10 min) (300℃, 1.2 kg), 韩国 LG 化学有限公司;

中黏 PET: FG-60, 特性黏度为 0.6 dL/g, 中国石化仪征化纤股份有限公司;

高黏 PET: BG-85, 特性黏度为 0.879 dL/g, 中国石化仪征化纤股份有限公司;

乙烯-丙烯酸甲酯-甲基丙烯酸缩水甘油酯三元共聚物 (E-MA-GMA): AX8900, 法国阿科玛集团;

成核剂: P250, 德国布吕格曼公司;

溴化环氧树脂: KBE-2050K, 开美化学科技 (南通) 有限公司;

无水磷酸二氢钠: 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司;

扩链剂: CXP5045, 阿根廷 Diransa 公司;

抗氧剂 1010 和 TH-412S、润滑剂季戊四醇硬脂酸酯 (PETS)、三氧化二锑: 市售。

1.2 主要仪器与设备

同向双螺杆挤出机: SHJ-40 型, 南京广达化工装备有限公司;

注塑机: HMK880-F5 型, 宁波海明塑料机械有限公司;

万能电子拉力试验机: ETM503C 型, 深圳万测试验机设备有限公司;

悬臂梁冲击试验仪: PIT550J-2 型, 深圳万测试验机设备有限公司;

差示扫描量热 (DSC) 仪: Pyris1DSC 型, 美国 Perkin Elemer 公司;

MFR 测试仪: MFI-1211 型, 承德市金建检测仪器有限公司。

1.3 试样制备

将 PC 和 PET 在 100℃鼓风干燥箱中干燥 4 h, 然后将材料和助剂以一定的比例在高速混合机中混合, 再加入双螺杆挤出机中挤出、冷却、切粒。挤出机各段温度分别为 200, 250, 260, 260, 250, 245, 240, 240, 235℃, 机头温度 245℃, 主机转速 300 r/min, 喂料量 72 kg/h, 真空度 -0.03 MPa。粒料经注塑机注塑成标准试样, 注射温度 255~260℃。

1.4 性能测试

DSC 测试: 将样品以 20℃/min 速率升至 270℃, 保温 5 min, 再以 10℃/min 降至室温; PET 的结晶度按公式 (1) 计算^[16]:

$$X_c = \frac{\Delta H_c}{\phi \Delta H_m} \quad (1)$$

式中: X_c ——PET 的结晶度;

ΔH_c ——样品的结晶热焓;

ΔH_m ——完全结晶 PET 的热焓, 其值为 140 J/g;

ϕ ——PET 的质量分数。

灼热丝起燃性温度 (GWIT) 按 GB/T 5169.10-2006 测试, 测试温度 770℃, 样板厚度 3.2 mm, 如果在施加灼热丝期间没有起燃或者燃烧时间小于 5 s 则判定为通过。

球压测试按 GB/T 5169.21-2006 测试, 将标准样板置于 125℃ 环境中, 使用直径为 5 mm 压力球施加 (20±0.5) N 的负载, 1 h 后检验样板压痕直径大小, 直径小于 2 mm 则视为通过。

拉伸性能按 ISO 527-2012 测试, 拉伸速率 10 mm/min。

弯曲性能按 ISO 178-2010 测试, 弯曲速率 2 mm/min。

悬臂梁缺口冲击强度按 ISO 180-2000 测试, 选用 A 型缺口, 缺口保留宽度 8 mm, 摆锤能量 2.75 J。

MFR 按 ISO 1133-2011 测试, 测试条件为 260℃, 5 kg。

2 结果与讨论

2.1 基体树脂黏度对 PET/PC 合金性能的影响

表 1 是使用不同黏度基体树脂的 4 种 PET/PC

合金的性能。一般情况下分子量越大, PET/PC 合金的黏度越高, 力学性能和耐热性能也越优异, 对比 3[#], 4[#] 试样可以发现, 相比于使用中黏 PC 的 3[#] 试样, 选用高黏 PC 的 4[#] 试样的拉伸强度从 40 MPa 提高到 43 MPa, 悬臂梁缺口冲击强度从 51 MPa 提高到 56 MPa, 弯曲强度从 55 MPa 提高到 58 MPa, 弯曲弹性模量从 1496 MPa 提高到 1540 MPa, 并且材料的球压痕直径从 2.5 mm 降低到 1.9 mm, 达到了插线板的国家标准。所以在其它条件不变的情况下, 选用高黏 PC 可以同时提高材料的强度、刚性、韧性和耐热性能。对比 2[#], 4[#] 试样, 当使用的 PC 黏度相同时, 相比于选用高黏 PET 的试样, 选用中黏 PET 的试样的强度和刚性略有增加, 拉伸强度从 43 MPa 上升到 45 MPa, 弯曲强度从 58 MPa 提高到 62 MPa, 弯曲弹性模量从 1540 MPa 提高到 1620 MPa, 并且材料的球压痕直径从 1.9 mm 减小到 1.8 mm, 材料的耐热性能提高, 但是选用中黏 PET 试样的悬臂梁缺口冲击强度仅为 8 kJ/m², 远低于高黏 PET 试样的 56 kJ/m²。对比 1[#], 3[#] 试样, 实验也可以发现类似现象, 选用中黏 PET 试样的拉伸强度、弯曲强度和弯曲弹性模量均高于选用高黏 PET 试样, 但是缺口冲击强度却仅为高黏 PET 试样的 13.7%。这一现象可能是由 PET 的结晶行为的差异引起的。图 1 是 4 种 PET/PC 合金的 DSC 曲线, 由图 1 可以得到试样的峰值结晶温度和结晶热焓, 从而计算出 PET 树脂的结晶度, 结果列于表 2。

表 1 4 种 PET/PC 合金的 PET/PC 合金的性能

试样编号	基体树脂	拉伸强度 / MPa	悬臂梁缺口冲击强度 / (kJ·m ⁻²)	弯曲强度 / MPa	弯曲弹性模量 / MPa	球压痕直径 / mm	GWIT 测试 (770℃)
1 [#]	中黏 PET+ 中黏 PC	44	7	61	1584	1.8	通过
2 [#]	中黏 PET+ 高黏 PC	45	8	62	1620	1.8	通过
3 [#]	高黏 PET+ 中黏 PC	40	51	55	1496	2.5	通过
4 [#]	高黏 PET+ 高黏 PC	43	56	58	1540	1.9	通过

注: PET/PC 合金的配方为: PC 35 份, PET 43 份, 溴化环氧树脂 9 份, 三氧化二锑 3 份, E-MA-GMA 10 份, 无水磷酸二氢钠 0.4 份, 抗氧剂 1010 和 TH-412S 均为 0.2 份, PETS 0.8 份, 成核剂 0.3 份。

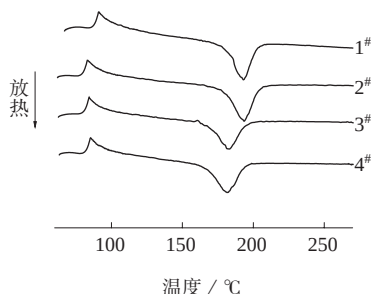


图 1 4 种 PET/PC 合金的 DSC 曲线

表 2 4 种 PET/PC 合金的 DSC 曲线相关数据

试样编号	基体树脂	峰值结晶温度 / °C	结晶热焓 / (J·g ⁻¹)	结晶度 / %
1 [#]	中黏 PET+ 中黏 PC	192	24	39
2 [#]	中黏 PET+ 高黏 PC	193	25	40
3 [#]	高黏 PET+ 中黏 PC	182	15	24
4 [#]	高黏 PET+ 高黏 PC	181	16	26

对比基体树脂都为中黏 PET 而 PC 黏度不同的 1[#] 和 2[#] 试样的 DSC 数据可以发现, 两者的 PET 峰值结晶温度仅相差 1℃, PET 的结晶度也仅相差

1% ; 而从基体树脂都为高黏 PET 而 PC 黏度不同的 3[#] 和 4[#] 试样的 DSC 数据也可以看出, PET 的峰值结晶温度和结晶度也没有明显区别。所以基体中 PC 的黏度不会影响 PET 的结晶行为。对比 2[#] 和 4[#] 试样的 DSC 数据, 可以发现当都选用高黏 PC 时, 选用中黏 PET 的试样的 PET 峰值结晶温度为 193 ℃, 高于高黏 PET 的 181 ℃, 并且中黏 PET 的结晶度为 40% 远高于高黏 PET 的 26%。当基体中 PC 均选用中黏时, 对比 1[#] 和 3[#] 试样的 DSC 数据也可以发现相似规律, 相比于高黏 PET, 中黏 PET 的结晶峰值温度和结晶度较高。所以合金中 PET 的结晶行为主要受其本身黏度的影响, 而 PC 相的黏度大小对 PET 相的结晶行为影响较小。PET 主链中含有刚性较强的苯环, 分子链的柔顺性差, 本身结晶就较为困难, 当 PET 的黏度增加、分子量变大时, 分子链易缠结, 使得 PET 结晶更加困难, 结晶度降低。材料的结晶度越高, 其强度和刚性越高, 所以选用中黏 PET 的合金的拉伸强度、弯曲强度和弯曲弹性模量较高, 且耐热性能较为优异。但是选用中黏 PET 的试样的缺口冲击强度却显著低于高黏 PET 的试样, 可能由两个因素引起: 首先由于 PC 是非晶性树脂, PET 树脂的结晶度上升影响了基体树脂的相容性, 造成材料的微观结构发生变化, 引起缺口冲击强度的下降; 其次中黏 PET 的结晶能力强, 结晶度高, 也会引起缺口冲击强度的下降。

从上述分析可以发现, 虽然选用中黏 PET 的合金的球压痕直径小于选用高黏 PET 的合金, 但是其悬臂梁缺口冲击强度都低于 10 kJ/m²。一般插线板生产厂家都会要求材料的悬臂梁缺口冲击强度高于 40 kJ/m², 选用中黏 PET 的 PET/PC 合金无法满足要求。所以必须选用高黏 PET 和高黏 PC 的组合才能得到既具有较高的韧性又具有优良的耐热性能的材料, 因此后续实验均在 4[#] 试样的基础上进行, 基体树脂选用高黏 PC 和高黏 PET 的组合。

2.2 酯交换抑制剂对 PET/PC 合金性能的影响

PC 和 PET 都含有酯基, 在高温下容易发生酯交换反应, 通过添加酯交换抑制剂可以降低酯交换反应发生的程度。表 3 是添加不同含量的酯交换抑制剂无水磷酸二氢钠时 PET/PC 合金的性能。从表 3 可以看出, 随着无水磷酸二氢钠含量的增加, PET/PC 合金的拉伸强度、弯曲强度和弯曲弹性模量逐渐增大。当无水磷酸二氢钠添加量为 0.6 份时, 相比于未添加无水磷酸二氢钠的试样,

材料的拉伸强度由 40 MPa 提高到 45 MPa, 弯曲强度由 51 MPa 提高到 59 MPa, 弯曲弹性模量由 1482 MPa 提高到 1560 MPa。这是由于当 PC 和 PET 发生酯交换反应时会生成无规共聚物, 一方面造成分子链的规整度降低, 另一方面会引起分子量的降低, 从而降低了材料的强度和刚性以及耐热性能。所以添加的酯交换抑制剂无水磷酸二氢钠含量越多, 酯交换反应的程度越低, 合金的拉伸强度、弯曲强度和弯曲弹性模量越大。未添加酯交换抑制剂无水磷酸二氢钠时, 合金的球压痕直径为 2.4 mm, 当无水磷酸二氢钠添加量高于 0.4 份时, 材料的球压痕降低至 2 mm 以内, 可满足插线板的国家标准。这一现象也是由于酯交换抑制剂无水磷酸二氢钠降低了 PC 和 PET 间的酯交换反应, 减少了无规共聚物的产生, 使得材料的耐热性能提高。但是酯交换反应所生成的无规共聚物可以作为非反应型增容剂, 提高 PC 和 PET 的相容性。所以随着酯交换抑制剂无水磷酸二氢钠含量的增加, PC 和 PET 的酯交换反应被抑制, 可能会引起两者的相容性降低, 表现为材料的悬臂梁缺口冲击强度随着酯交换抑制剂无水磷酸二氢钠含量的增加而下降, 当无水磷酸二氢钠含量增加到 0.6 份时, 材料的缺口冲击强度降低至 25 kJ/m²。酯交换抑制剂无水磷酸二氢钠对材料的阻燃性能影响较小, 所有试样的灼热丝起燃性温度均能达到 770 ℃。

表 3 添加不同含量酯交换抑制剂时 PET/PC 合金的性能

无水磷酸二氢钠含量 / 份	拉伸强度 / MPa	悬臂梁缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	弯曲强度 / MPa	弯曲弹性模量 / MPa	球压痕直径 / mm	GWIT 测试 (770 ℃)
0	40	61	51	1482	2.4	通过
0.2	42	60	55	1490	2.4	通过
0.4	43	56	58	1540	1.9	通过
0.6	45	25	59	1560	1.8	通过
0.7	45	16	63	1690	1.8	通过

注: PC 35 份, PET 43 份, 溴化环氧树脂 9 份, 三氧化二锑 3 份, E-MA-GMA10 份, 抗氧剂 1010 和 TH-412S 均为 0.2 份, PETS 0.8 份, 成核剂 0.3 份。

综上所述, 酯交换抑制剂无水磷酸二氢钠会对 PET/PC 合金的力学性能和耐热性能产生较大影响, 但是对材料的阻燃性能影响较小。随着添加的酯交换抑制剂无水磷酸二氢钠含量的增加, 材料的强度、刚性和耐热性提高, 但是加入过多的无水磷酸二氢钠会显著降低材料的缺口冲击强度, 降低材料的韧性。

2.3 扩链剂对 PET/PC 合金性能的影响

表 4 是添加不同含量扩链剂时 PET/PC 合金

的性能,从表4可以发现,随着扩链剂含量的增加,PET/PC合金的拉伸强度,弯曲强度和缺口冲击强度均逐渐升高。当加入0.3份扩链剂时,材料的拉伸强度由未加扩链剂时的43 MPa提高到48 MPa,缺口冲击强度由56 kJ/m²升高至62 kJ/m²。这是由于扩链剂的加入,PET的分子量增加,分子链的缠结程度增加,所以材料的力学性能随着扩链剂含量的增多而增大。而材料的阻燃性能不受扩链剂

的影响,灼热丝起燃性温度均能达到770℃。一般来说,分子量越大,材料的耐热性越好,但是本实验中材料的球压痕直径并未减小。前述已证明,PET的分子量增加会使得PET的结晶度降低,从而使得材料的球压痕直径增大,所以加入扩链剂一方面提高了PET的分子量,同时也可能使PET的结晶度进一步降低,从而表现为材料的球压痕直径没有随扩链剂的加入而发生明显变化。

表4 添加不同含量扩链剂时PET/PC合金的性能

扩链剂含量 / 份	拉伸强度 / MPa	悬臂梁缺口冲击强度 / (kJ·m ⁻²)	弯曲强度 / MPa	弯曲弹性模量 / MPa	球压痕直径 / mm	GWIT 测试 (770℃)	MFR / [g·(10 min) ⁻¹]
0	43	56	58	1540	1.9	通过	23
0.1	45	60	62	1590	1.9	通过	18
0.2	46	62	63	1640	1.9	通过	16
0.3	48	62	65	1660	1.9	通过	12

注: PET/PC合金配方: PC 35份, PET 43份, 溴化环氧树脂 9份, 三氧化二锑 3份, E-MA-GMA 10份, 无水磷酸二氢钠 0.4份, 抗氧剂 1010 和 TH-412S 均为 0.2份, PETS 0.8份, 成核剂 0.3份。

从表4中PET/PC合金的MFR随扩链剂含量的变化数据可以发现,扩链剂含量的增加会降低材料的流动性,材料的MFR随着扩链剂含量的增加而显著降低。当扩链剂含量达到0.3份时,MFR降低至12 g/(10 min),为未加扩链剂时的52.2%;当扩链剂含量增加到0.4份时,材料黏度过大,以至于无法顺利地挤出、切粒。所以如果对PET/PC合金的力学性能要求较高,同时对其流动性要求不高时,例如注塑尺寸较小的插线板外壳时,可以加入0.2份的扩链剂进一步提高材料的力学性能。

选用4[#]试样的配比并加入0.2份扩链剂时,PET/PC合金的悬臂梁缺口冲击强度为62 kJ/m²,球压痕直径为1.9 mm,灼热丝起燃性温度达到770℃,满足插线板的行业要求,并通过客户的测试。

3 结论

(1) 基体中PC黏度的变化不会影响PET的峰值结晶温度和结晶度,PC黏度越大,PET/PC合金的力学性能和耐热性能越优异。

(2) PET的黏度会对PET/PC合金的性能产生较大影响,中黏PET结晶度高,有利于提高材料的刚性,降低球压痕直径,但是材料的悬臂梁缺口冲击强度均低于10 kJ/m²。相同配方下选用高黏PET材料的缺口冲击强度可以提高到50 kJ/m²以上。

(3) 选择高黏PET与高黏PC的基体组合,可以得到既具有较高韧性同时又具有高刚性和耐热性的材料,材料的缺口冲击强度高达56 kJ/m²,球压痕直径为1.9 mm,满足插线板的行业标准要求。

(4) 酯交换抑制剂无水磷酸二氢钠可以抑制PC

和PET之间的酯交换反应,提高材料的拉伸强度、弯曲强度和弯曲弹性模量,降低球压痕直径,但是材料的缺口冲击强度随酯交换抑制剂含量的增加而单调下降。当酯交换抑制剂含量为0.4份时,材料的缺口冲击强度高于50 kJ/m²,球压痕直径小于2 mm,材料综合性能优异。

(5) 扩链剂可以提高材料的拉伸强度、弯曲强度、弯曲弹性模量和韧性,对材料的阻燃性能没有影响,但是会使得材料的流动性降低。

参考文献

- [1] Lago E D, Boaretti C, Piovesan F, et al. The Effect of different compatibilizers on the properties of a post-industrial PC / PET blend[J]. Materials, 2018, 12(1):49-63.
- [2] 罗飞, 蒋晶, 范建勇, 等. PC/PET共混物的非晶趋向与动态黏弹性能研究[J]. 塑料科技, 2018, 46(7):17-23.
Luo Fei, Jiang Jing, Fan Jianyong, et al. Study on amorphous phase orientation and dynamic viscoelasticity of PC/PET blends[J]. Plastics Science and Technology, 2018, 46(7):17-23.
- [3] Jiang Jing, Wang Shiwei, Hou Jianhua, et al. Effect of injection velocity on the structure and mechanical properties of micro injection molded polycarbonate / poly(ethylene terephthalate) blends[J]. Materials & Design, 2018, 141:132-141.
- [4] Ishigami I, Kodama Y, Wagatsuma T, et al. Evaluation of structures and morphologies of recycled PC / PET blends fabricated by high-shear kneading processing[J]. Polymer Processing, 2017, 32(5):568-573.
- [5] 段浩, 汤俊杰, 李昌鸿, 等. 相容剂对PC/R-PET合金的影响[J]. 塑料工业, 2017, 45(4):31-35.
Duan Hao, Tang Junjie, Li Changhong, et al. The influence of compatibilizer on PC / R-PET alloy[J]. China Plastics Industry, 2017,

- 45(4):31-35.
- [6] 陶永亮,陈晓东. PC/PET 合金制品开裂的原因分析与解决方法[J]. 工程塑料应用,2016,44(8):69-72.
- Tao Yongliang, Chen Xiaodong. Reason analysis and solutions for cracking of PC / PET alloy parts[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(8):69-72.
- [7] Habibelahi M, Ehsani M, Morshedian J. Compatibilization of polycarbonate / poly (ethyleneterephthalate) blends by addition of their transesterification product[J]. Polyolefins Journal, 2019, 6(1):75-83.
- [8] 崔恩兵. PBT/PC 与 PBT/PET 共混体系性能研究[D]. 济南:山东大学,2016.
- Cui Enbing. Research on properties of PBT / PC and PBT / PET composites[D]. Jinan:Shandong University, 2016.
- [9] Wiwattanankul R, Hachiya Y, Nobukawa S, et al. Selective localization of carbon nanotubes in PC / PET blends[J]. Polymer Composites, 2017, 38(6):1 103-1 111.
- [10] Ishigami A, Kodama Y, Wagatsuma T, et al. Evaluation of structures and morphologies of recycled PC / PET blends fabricated by high-shear kneading processing[J]. International Polymer Processing Journal of the Polymer Processing Society, 2017, 32(5):568-573.
- [11] 刘映阳. 高性能化 PET 和 PC/PET 合金[D]. 广州:华南理工大学,2018.
- Liu Yiyang. High performance PET and PC / PET alloy[D]. Guangzhou:South China University of Technology, 2018.
- [12] 高磊,李强,李文强,等. 含再生材料的 PC/PET 无卤阻燃合金加工稳定性[J]. 工程塑料应用,2016,44(5):55-59.
- Gao Lei, Li Qiang, Li Wenqiang, et al. Processing stability of recycled materials PC / PET alloy containing halogen-free flame retardant[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(5):55-59.
- [13] 王静,揣成智. 有机刚性粒子增韧改性 PC/PET 共混物[J]. 塑料,2015,44(1):7-9.
- Wang Jing, Chuai Chengzhi. Toughening modification of PC / PET blend by organic rigid particles[J]. Plastics, 2015, 44(1):7-9.
- [14] 刘裕红. PC/PET 合金的制备与性能研究[J]. 塑料科技,2015, 43(11):36-39.
- Liu Yuhong. Study on properties of PC / PET alloy and its preparation[J]. Plastics Science and Technology, 2015, 43(11):36-39.
- [15] 周立权,温浩宇,徐刚,等. PET/PC 合金的研制与性能研究[J]. 现代塑料加工应用,2017,29(6):13-15.
- Zhou Liquan, Wen Haoyu, Xu Gang, et al. Research and properties of the PET / PC alloy[J]. Modern Plastics Processing and Application, 2017, 29(6):13-15.
- [16] 王香香. 废聚酯瓶片 / 聚碳酸酯共混改性及轻质化研究[D]. 广州:华南理工大学,2016.
- Wang Xiangxiang. Study on recycled PET bottle flaks / polycarbonate lightweight modified blends[D]. Guangzhou:South China University of Technology, 2016.

欢迎订阅 2019 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。2019 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。2019 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 128 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:济南市工商银行经十一路支行

账号:1602001229014425546

网上订阅: <http://www.epa1973.com>