

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.10.023

协效阻燃剂和增韧剂对无卤阻燃 PC/ABS 合金性能的影响

徐星驰,张伟,吴玉成

(南京立汉化学有限公司,南京 211106)

摘要:采用双螺杆挤出机制备了无卤阻燃聚碳酸酯(PC)/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)合金。选用固态磷酸酯阻燃剂为主阻燃剂,研究了协效阻燃剂的种类以及增韧剂的种类对合金材料的熔体流动性能、力学性能和阻燃性能的影响。结果表明,全氟丁基磺酸钾作为协效阻燃剂时,材料的阻燃性能有明显的提高,并且拉伸强度和流动性能基本没有变化,但韧性有所下降。使用有机硅类阻燃剂作为协效阻燃剂可以提高材料的阻燃性能和韧性,但是加工流动性和拉伸强度降低。三氧化二锑和磷酸酯阻燃剂产生拮抗作用,使得材料的阻燃性能恶化。烯烃类增韧剂的增韧效率最高,但是阻燃性能和流动性能都较差。相比于其它增韧剂,核壳结构的丙烯酸酯-有机硅共聚物阻燃性能最为优异,同时使材料具有较高的缺口冲击强度,增韧效果好于丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯三元共聚物。选用全氟丁基磺酸钾作为协效阻燃剂、丙烯酸酯-有机硅共聚物作为增韧剂时,PC/ABS 合金材料的缺口冲击强度为 35 kJ/m²,并且阻燃等级(1.6 mm)可以达到 UL 94 V-0 级。

关键词:无卤阻燃;聚碳酸酯;丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料;合金;协效阻燃剂;增韧剂

中图分类号:TQ322.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2020)10-0129-06

Effect of Synergistic Flame Retardants and Toughening Agents on Properties of Halogen-free Flame Retardant PC / ABS Alloy

Xu Xingchi, Zhang Wei, Wu Yucheng

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

Abstract : The halogen-free flame retardant polycarbonate (PC)/ acrylonitrile-butadiene-styrene plastic (ABS) alloy was prepared by twin screw extruder. Using solid phosphates as the main flame retardant, the effects of the kinds of synergistic flame retardants and toughening agents on the melt flowing performance, mechanical properties and flame retardancy of the alloy was studied. The results show that, adding potassium perfluorobutylsulfonate can improve the flame retardancy of the alloy and has no effects on tensile strength and flowing performance, but decreases the toughness. Using organosilicon flame retardant as synergistic flame retardant can not only improve the flame retardancy but also increase the toughness of the alloy, but the flowing performance and tensile strength decrease. Antimony trioxide has antagonistic effect with phosphate flame retardant, which worsen the flame retardant performance of the alloy. The toughening efficiencies of olefin toughening agents are the highest, but the flame retardancy and flowing performance of the alloy become poorer. Compared with other toughening agents, the acrylate-organosilicone copolymer with core-shell structure has the best flame retardancy, which makes the alloy has higher notched impact strength, and the toughening effect is better than that of methyl acrylate-butadiene-styrene terpolymer. Choose potassium perfluorobutylsulfonate as synergistic flame retardant and acrylate-organosilicone copolymer as toughening agent, the notched impact strength of the alloy is 35 kJ/m², flame retardant grade (1.6 mm) can reach UL 94 V-0.

Keywords : halogen-free flame retardant ; polycarbonate ; acrylonitrile-butadiene-styrene plastic ; alloy ; synergistic flame retardant ; toughening agent

聚碳酸酯(PC)是热塑性工程塑料的一种,其分子链上同时含有刚性较大的苯环结构和链柔性

较强的醚键,这一特殊的分子链结构使得聚碳酸酯一方面具有较高的强度、耐热性,同时又具有较高

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

收稿日期:2020-07-02

引用格式:徐星驰,张伟,吴玉成.协效阻燃剂和增韧剂对无卤阻燃 PC/ABS 合金性能的影响[J].工程塑料应用,2020,48(10):129-134.

Xu Xingchi, Zhang Wei, Wu Yucheng. Effect of synergistic flame retardants and toughening agents on properties of halogen-free flame retardant PC / ABS alloy[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(10): 129-134.

的韧性。PC是一种非晶聚合物,透明性高、光泽度好、尺寸稳定性优异,成型收缩率低。在不做任何改性的前提下PC本身就能达到UL 94 V-2阻燃等级(3.2 mm)。因为这些优异的性能PC被广泛应用在光学照明、家电外壳、电动工具外壳、电子电器、汽车内饰、保险杠等方面^[1-3]。但是PC的加工流动性差,成型加工时内应力不容易释放,容易产生应力集中使得制品开裂^[4],所以一般在PC中加入丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)制成PC/ABS合金来改善材料的流动性和耐应力开裂性能^[5-7]。

在电子、电器领域一般会要求材料具有良好的阻燃性能,PC/ABS一般通过添加阻燃剂来提升阻燃性能。卤系阻燃剂,比如适用于PC的苯氧基四溴双酚A碳酸酯齐聚物、溴化环氧等虽然阻燃效率较高但是燃烧时会产生大量烟雾和有毒气体^[8]。在欧盟RoHS和WEEE指令颁布之后,卤素阻燃PC/ABS的用量逐渐减少,取而代之的是无卤阻燃PC/ABS,主流的无卤阻燃剂为磷系阻燃剂和硅系阻燃剂,市场上磷系阻燃剂使用比较普遍^[9-10]。苟佳等^[11]发现聚苯氧基磷酸-2-10-氢-9-氧杂-磷杂菲基对苯二酚酯可以加快PC/ABS高温下成炭,减少聚合物与氧气的接触从而起到阻燃作用,当添加量为15%时可以达到UL 94 V-0级。李子骞等^[12]在PC/ABS中加入15%的磷系阻燃剂PK-3001,材料的阻燃等级达到UL 94 V-2级。邵佳丽等^[13]选用磷酸三苯酯(TPP)作为阻燃剂,添加量为20份,同时加入2份丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯三元共聚物(MBS)可以使材料阻燃等级达到UL 94 V-0级,并且发现MBS的加入会使阻燃性能恶化。姜慧敏等^[14]将TPP和热塑性酚醛树脂复配,组成膨胀型阻燃体系阻燃PC/ABS合金,当两种阻燃剂质量比为1:1、阻燃剂总添加量为11份时综合性能最为优异。H. S. Kwang等^[15]将TPP接枝到ABS分子链中的丁二烯上,增加了阻燃剂和基体的相容性,当阻燃剂添加量为8份时材料可以达到UL 94 V-0级,同时材料的维卡软化温度比单纯添加磷酸三苯酯时高。李晓唐等^[16]发现间苯二酚双(2,6-二甲基苯基磷酸酯)可以替代溴锑阻燃剂应用在PC/ABS合金中。魏芬芬等^[17]发现在TPP阻燃PC/ABS体系中,MBS对体系的增容作用要优于苯乙烯-马来酸酐共聚物,MBS添加量为6%时材料具有较高的冲击强度。

以往研究中使用较多的磷系阻燃剂是双酚A

双(二苯基磷酸酯)和间苯二酚(二苯基磷酸酯),这两种阻燃剂常温下均为液态,在实际生产中需要专门的液体泵来将这两种液体阻燃剂加入到双螺杆挤出机中,整套设备成本较高且日常维护较为繁琐。另一个使用较多的磷系阻燃剂是TPP,虽热常温下TPP是固态,但是磷含量低,阻燃效率不高,添加量大,增塑作用强,对PC/ABS合金的力学性能特别是韧性影响较大。先前研究中,磷系阻燃剂一般是单独使用,没有关注不同阻燃体系之间可能存在的协同效用,以及增韧剂的种类会对材料的阻燃性能产生的影响。笔者选用了固体的磷酸酯阻燃剂作为主阻燃剂,研究了协效阻燃剂的种类对材料性能的影响。通过不同体系阻燃剂的复配,使得材料具有良好的力学性能,同时阻燃等级达到UL 94 V-0级。并且研究了不同类型的增韧剂对材料阻燃和力学性能的影响。通过选择合适的增韧剂和阻燃体系,无需外加液体泵就可以批量生产高韧性且阻燃等级达到UL 94 V-0级的阻燃PC/ABS合金材料。

1 实验部分

1.1 主要原料

PC: PC02-10, 宁波浙铁大风化工有限公司;

ABS: PA-1730, 镇江奇美化工有限公司;

磷酸酯阻燃剂: 7000, 东莞市道尔新材料科技有限公司;

有机硅阻燃剂: MR-01, 日本钟渊化学工业公司;

氢氧化镁: H5IV, 美国雅宝公司;

MBS: M-722 (编号MBS-1), M-711 (编号MBS-2), 日本钟渊化学工业公司;

丙烯酸酯-有机硅共聚物: S-2001, 日本三菱丽阳株式会社;

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;

马来酸酐接枝乙烯-辛烯共聚物(POE-g-MAH): 7107, 以色列普利朗集团;

马来酸酐接枝氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯共聚物(SEBS-g-MAH): JX-16, 南京聚星高分子材料有限公司;

聚四氟乙烯(PTFE): SN-3300, 广州熵能聚合物技术有限公司;

抗氧剂1010、抗氧剂168、润滑剂季戊四醇硬脂酸酯(PETS)、三氧化二锑、硼酸锌、全氟丁基磺酸钾:

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, 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;

熔体流动速率 (MFR) 仪: MFI-1211 型, 承德市金建检测仪器有限公司;

水平垂直燃烧测定仪: 50W 型, 南京江宁分析仪器有限公司。

1.3 试样制备

将 PC 和 ABS 分别在 100℃ 和 80℃ 的鼓风干燥箱中干燥 4 h, 然后将 PC、ABS 和助剂以一定的配比在高速混合机中混合均匀, 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, 240, 245, 245, 240, 235, 230, 230, 230℃, 机头温度 235℃, 主机转速 300 r/min, 喂料速度 70 kg/h, 相对真空度 -0.03 MPa。粒料经注塑机注射成标准试样, 注塑温度 245~255℃。

1.4 性能测试

拉伸性能按 ISO 527-2012 测试, 拉伸速率 10 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℃, 2.16 kg;

阻燃性能按 ANSI/UL 94-2003 垂直燃烧法测试。

2 结果与讨论

2.1 协效阻燃剂对 PC/ABS 合金材料性能的影响

固定配方中 PC 69 份、ABS 13 份、MBS-1 5 份、磷酸酯阻燃剂 13 份、抗氧剂 1010 0.2 份、抗氧剂 168 0.2 份、润滑剂 PETS 0.5 份、PTFE 0.2 份。采用的协效阻燃剂种类见表 1, 其中全氟丁基磺酸钾作为 PC 反应型协效阻燃剂, 在较低的添加量时就具有良好的阻燃效果, 过量添加反而会降低材料的阻燃性能, 所以其添加量固定为 0.15 份, 其它均为添加型阻燃剂, 添加量固定为 3 份。

表 1 协效阻燃剂种类

试样编号	协效阻燃剂种类
1 [#]	无
2 [#]	全氟丁基磺酸钾
3 [#]	有机硅阻燃剂
4 [#]	硼酸锌
5 [#]	氢氧化镁
6 [#]	三氧化二锑

图 1 是添加不同协效阻燃剂时 PC/ABS 合金材料的 MFR。从图 1 可以发现协效阻燃剂的加入都会使材料的 MFR 降低。特别是有机硅阻燃剂, 其对材料的 MFR 降低最为明显, 从 49 g/10 min 降低至 39 g/10 min。这是由于其含有类似于硅橡胶的结构, 流动性差。硼酸锌和三氧化二锑在体系中相当于填料, 限制了材料分子链的运动使得材料的流动性稍有降低。全氟丁基磺酸钾的添加量最低, 仅为 0.15 份, 所以其对应的材料 MFR 为 48 g/10 min, 相比于对照组 1[#] 仅降低 1 g/10 min。

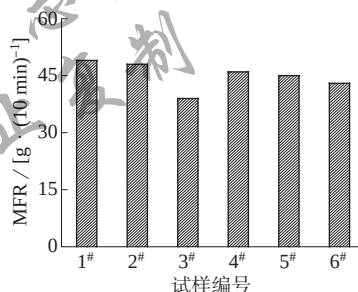


图 1 不同协效阻燃剂下合金材料的 MFR

图 2 是添加不同协效阻燃剂时 PC/ABS 合金材料的缺口冲击强度和断裂伸长率。由图 2 可以看出, 未添加协效阻燃剂时, 材料的缺口冲击强度为 36 kJ/m², 断裂伸长率为 21%。全氟丁基磺酸钾的添加量仅为 0.15 份, 其对材料的韧性影响较小, 材料的缺口冲击强度稍有降低, 为 28 kJ/m², 断裂伸长率为 19%。有机硅阻燃剂中含有柔性链段, 在基体中起到橡胶增韧的作用, 所以加入 3 份有机硅阻燃剂之后, 材料的缺口冲击强度和断裂伸长率都显著提高, 分别达到 45 kJ/m² 和 30%。其余三种无

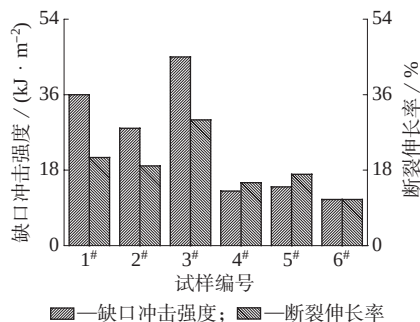


图 2 不同协效阻燃剂下合金材料的缺口冲击强度和断裂伸长率

机阻燃剂在基体中均会引起应力集中,使得材料的韧性下降,从图2数据可以看出,添加三种无机阻燃剂的材料的缺口冲击强度均低于 20 kJ/m^2 ,其中添加三氧化二锑的材料的缺口冲击强度和断裂伸长率最低,分别为 11 kJ/m^2 和 11%。

图3是添加不同协效阻燃剂时 PC/ABS 合金材料的拉伸强度。从图3可以看出,未添加协效阻燃剂时材料的拉伸强度为 53 MPa。有机硅阻燃剂由于含有柔性结构,增韧的同时使得材料的拉伸强度降低至 48 MPa。其余的协效阻燃剂对材料的拉伸强度基本没有影响。

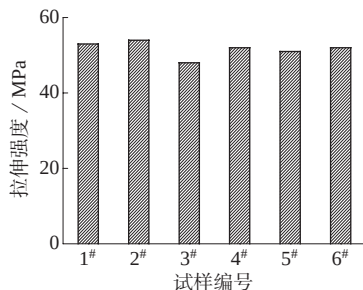


图3 不同协效阻燃剂下合金材料的拉伸强度

表2列出添加不同协效阻燃剂时 PC/ABS 合金材料的阻燃性能。从表2数据可以看出,全氟丁基磺酸钾和有机硅阻燃剂均可以提高材料的阻燃性能。磷酸酯阻燃剂的作用机理是在高温下,促进 PC 成炭从而抑制燃烧。全氟丁基磺酸钾在高温下可以促进 PC 的降解,同时使 PC 树脂发生异构化现象,从而进一步交联和炭化。所以全氟丁基磺酸钾增加了 PC 的成炭速度,和磷酸酯阻燃剂相互促进,提高了材料的阻燃性能,对应 2# 试样的阻燃等级 (1.6 mm) 从 UL 94 V-1 级提高至 UL 94 V-0 级。添加了有机硅阻燃剂后,当材料被引燃时聚硅氧烷会迁移至 PC 的表面从而形成包覆层,隔离热源和氧气从而抑制燃烧,这也是一种固相阻燃反应,与磷酸酯阻燃剂也具有协同效应使得 3# 试样的阻燃等级 (1.6 mm) 从 UL 94 V-1 级提高至 UL 94 V-0 级。

表2 不同协效阻燃剂下合金材料的 UL 94 阻燃等级

试样厚度 / mm	试样编号					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
3.2	V-0	V-0	V-0	V-0	V-1	HB
1.6	V-1	V-0	V-0	V-1	V-1	HB

硼酸锌的加入对材料的阻燃性能没有影响,氢氧化镁的加入使得材料的阻燃性能下降,5# 试样厚度为 3.2 mm 时其阻燃等级由 UL 94 V-0 级降低至 UL 94 V-1 级。三氧化二锑和磷酸酯类阻燃剂具有明显的拮抗作用,加入三氧化二锑后材料失去原有

的阻燃性能。

2.2 增韧剂对 PC/ABS 合金材料性能的影响

在磷酸酯阻燃剂阻燃 PC/ABS 合金材料中,磷酸酯主要针对 PC 基体,促进其在高温下迅速成炭从而提升阻燃性能,而对 ABS 相的阻燃作用较低,所以 ABS 含量的增加会降低材料的阻燃性能。但是 ABS 含量的增加会提高 PC/ABS 合金材料的加工流动性以及耐应力开裂性能,并且有利于成本的降低。协效阻燃剂实验中 2# 和 3# 试样的阻燃性能较好,但有机硅阻燃剂售价目前约为 200 元/kg,按 3 份的添加量计算 1 t 产品成本增加 6000 元;全氟丁基磺酸钾的售价目前约为 1000 元/kg,按 0.15 份的添加量计算 1 t 产品成本增加约 1500 元,相比之下选择全氟丁基磺酸钾作为协效阻燃剂的性价比更高。所以在 2# 试样的基础上提高 ABS 含量,同时研究增韧剂种类对 PC/ABS 合金材料性能的影响。固定配方中 PC 67 份、ABS 15 份、增韧剂 5 份、磷酸酯阻燃剂 13 份、全氟丁基磺酸钾 0.15 份、抗氧剂 1010 0.2 份、抗氧剂 168 0.2 份、润滑剂 PETS 0.5 份、PTFE 0.2 份,增韧剂的种类见表3。

表3 增韧剂种类

试样编号	增韧剂种类
7#	MBS-1
8#	MBS-2
9#	E-MA-GMA
10#	POE-g-MAH
11#	SEBS-g-MAH
12#	丙烯酸酯-有机硅共聚物

图4是添加不同增韧剂时 PC/ABS 合金材料的 MFR。从图4可以发现,添加 MBS 的合金材料流动性最好,其中 MBS-1 中的丁二烯含量低于 MBS-2 的丁二烯含量,所以添加 MBS-1 合金材料的 MFR 为 50 g/10 min,略高于添加 MBS-2 合金材料的 45 g/10 min。12# 试样所用的增韧剂结构和 MBS 相同,均为核-壳结构,其外层是丙烯酸酯,和 PC 的相容性好,内层是硅橡胶,流动性低于聚丁二烯,所以 12# 试样的 MFR 在三者中最低,其值为

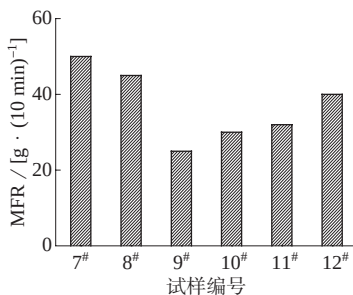


图4 不同增韧剂下合金材料的 MFR

40 g/10 min。相比于核-壳结构的增韧剂,添加烯烃类增韧剂的材料流动性更差,特别是 9[#] 试样中加入 E-MA-GMA 后,其 MFR 仅为 7[#] 试样的 1/2,在加工大型或者薄壁制件时可能会发生注塑困难的情况。

图 5 是添加不同增韧剂时 PC/ABS 合金材料的缺口冲击强度和断裂伸长率。从图 5 可以看出,烯烃类增韧剂对材料的缺口冲击强度和断裂伸长率的提升较为明显。增韧剂的增韧效率一方面与其本身的柔性相关,另一方面与其和基体树脂的相容性有关。9[#] 试样中加入的 E-MA-GMA 增韧剂,其中甲基丙烯酸甲酯缩水甘油酯 (GMA) 基团的极性较大,和 PC 的相容性好,所以缺口冲击强度最高为 40 kJ/m²。马来酸酐的极性虽然高于 GMA 基团,但是其在树脂基体上的接枝率一般为 1%~2%,而 E-MA-GMA 中的 GMA 基团含量为 8%,所以 10[#] 试样和 11[#] 试样的缺口冲击强度都低于 9[#] 试样。烯烃类增韧剂的增韧效果虽然较好,但是流动性较差,并且会影响 PC/ABS 合金的光泽度。所以在 PC/ABS 合金中常用的还是具有核-壳结构的增韧剂。从图 5 可以看出 12[#] 试样所用的增韧剂中含有硅橡胶内核,增韧效率高于内核为聚丁二烯的 MBS 增韧剂,材料的缺口冲击强度为 35 kJ/m²。MBS-2 中的橡胶相含量高于 MBS-1,所以 7[#] 试样的缺口冲击强度最低,为 26 kJ/m²。

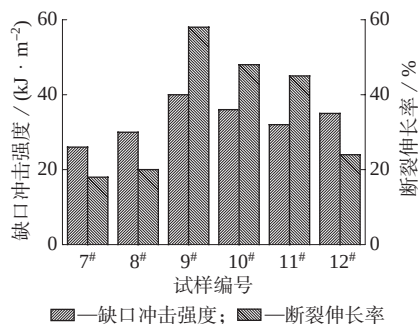


图 5 不同增韧剂下合金材料的缺口冲击强度和断裂伸长率

图 6 是添加不同增韧剂时 PC/ABS 合金材料的拉伸强度。从图 6 可以看出, MBS 增韧的 7[#], 8[#] 试样的拉伸强度分别为 52 MPa 和 50 MPa, 高于丙烯酸酯-有机硅共聚物增韧的 12[#] 试样。烯烃类增韧剂对材料拉伸强度的不利影响更为明显, 特别是 SEBS-g-MAH, 其对应材料的拉伸强度最低为 44 MPa。

表 4 列出添加不同增韧剂时 PC/ABS 合金材料的阻燃性能。增韧剂中含有大量的橡胶相, 会对

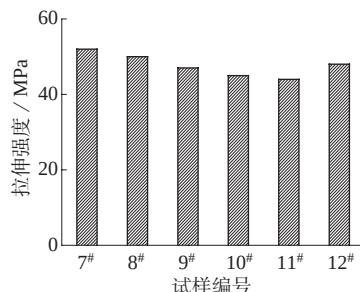


图 6 不同增韧剂下合金材料的拉伸强度

材料阻燃性能产生不利影响。从表 4 可以看出, 9[#], 10[#], 11[#] 试样所加的增韧剂本身就是弹性体, 橡胶相含量高, 材料基本丧失了阻燃性能。MBS 中的橡胶相含量较少, 所以 7[#], 8[#] 试样的阻燃性能比上述三个要好。其中 MBS-2 的丁二烯含量高于 MBS-1, 所以 8[#] 试样的阻燃等级 (1.6 mm) 仅能达到 UL 94 V-2 级, 而 7[#] 试样的阻燃等级 (1.6 mm) 可以达到 UL 94 V-1 级。12[#] 试样的阻燃性能最为优异, 试样厚度为 3.2 mm 和 1.6 mm 时都能达到 UL 94 V-0 级, 这是因为增韧剂丙烯酸酯-有机硅共聚物中存在硅橡胶相, 而硅橡胶本身具有良好的阻燃性能, 所以材料的阻燃性能较高。

表 4 不同增韧剂下合金材料的 UL 94 阻燃等级

试样厚度 / mm	试样编号					
	7 [#]	8 [#]	9 [#]	10 [#]	11 [#]	12 [#]
3.2	V-0	V-0	HB	V-2	HB	V-0
1.6	V-1	V-2	HB	HB	HB	V-0

对比 2[#] 和 7[#] 试样, 当阻燃剂种类一定时, 基体中 ABS 的含量增加会降低材料的阻燃性能; 对比 7[#] 和 12[#] 试样可以发现, 增韧剂也会影响材料的阻燃性能, 为了制备出综合性能优异的材料, 阻燃剂和增韧剂应相互配合。综上所述, 选用磷酸酯作为主阻燃剂、全氟丁基磺酸钾为协效阻燃剂、丙烯酸酯-有机硅共聚物为增韧剂, 当 ABS 含量提高到 15 份时, PC/ABS 合金材料的 MFR 为 40 g/10 min, 拉伸强度为 48 MPa, 缺口冲击强度为 35 kJ/m², 阻燃等级 (1.6 mm) 达到 UL 94 V-0 级。材料具有较好的流动性、较高的韧性以及阻燃性能, 满足通信设备外壳的性能要求。

3 结论

(1) 在 PC/ABS 合金材料中全氟丁基磺酸钾和有机硅阻燃剂都与磷酸酯有协效作用, 使材料的阻燃等级 (1.6 mm) 从 UL 94 V-1 级提升至 UL 94 V-0 级。全氟丁基磺酸钾对材料的拉伸强度和流动性影响不大, 但会使韧性有所降低。有机硅阻燃剂在提高材料阻燃性能的同时可以提高材料的缺口

冲击强度和断裂伸长率,但会降低材料的流动性和拉伸强度。

(2) 硼酸锌并不能和磷酸酯阻燃剂产生协同作用,三氧化二锑会和磷酸酯阻燃剂产生拮抗效应,降低材料的阻燃性能。

(3) 丙烯酸酯-有机硅共聚物增韧效果低于烯烃类增韧剂,高于MBS,并且其阻燃性能明显优于其它增韧体系。

(4) 选用全氟丁基磺酸钾作为协同阻燃剂,丙烯酸酯-有机硅共聚物作为增韧剂制备的无卤阻燃PC/ABS合金缺口冲击强度可以达到 35 kJ/m^2 ,并且阻燃等级(1.6 mm)可达到UL 94 V-0级。

参考文献

- [1] 陈晓东,刘小林.低气味、低散发PC/ABS合金的研究[J].中国塑料,2018,32(8):72-78.
Cheng Xiaodong, Li Xiaolin. Study on PC/ABS alloy with low odor and volatile organic compounds content[J]. China Plastics, 2018, 32(8):72-78.
- [2] Eleonora D L, Elisabetta C, Carlo B, et al. Influence of different carbon-based fillers on electrical and mechanical properties of a PC/ABS blend[J]. Polymers, 2020, 12(29).doi:10.3390/polym12010029.
- [3] Kohhei N, Yuichi S, Tetsuo T, et al. Improvement of impact strength and hydrolytic stability of PC/ABS blend using reactive polymer[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2017, 134(9).doi:10.1002/app.44550.
- [4] 吴倩倩,程凤梅,罗义,等.弹性体MBS增韧PC/ABS合金[J].弹性体,2019,29(6):7-11.
Wu Qianqian, Cheng Fengmei, Luo Yi, et al. PC/ABS alloy toughened by elastomer MBS[J]. China Elastomerics, 2019, 29(6):7-11.
- [5] Jonas H, Thomas S. Multiscale modeling of thermoplastic PC/ABS blends[J]. Applied Mathematics and Mechanics-English Edition, 2017, 17:417-418.
- [6] 魏来,兰修才,李谦,等. PC/ABS合金流动性改善的研究[J].塑料工业,2015,43(8):19-22.
Wei Lai, Lan Xiucan, Li Qian, et al. The study on the improvement of PC/ABS alloys' flowability[J]. China Plastics Industry, 2015, 43(8):19-22.
- [7] 崔晋恺,王明义,王晶. PC/ABS合金研究现状及进展[J].工程塑料应用,2018,46(7):125-129.
Cui Jingkai, Wang Mingyi, Wang Jing. Research status and development of PC/ABS alloys[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(7):125-129.
- [8] Uzma M, Ameen K, Sailaja N. Mechanical and flammability characteristics of PC/ABS composites loaded with flyash cenospheres and multiwalled carbon nanotubes[J]. Polymer Composites, 2015, 38(6).doi:10.1002/pc.23667.
- [9] 唐荣芝,何航,马雅琳,等.聚碳酸酯用阻燃剂研究进展[J].四川化工,2019,22(4):14-17.
Tang Rongzhi, He Hang, Ma Yalin, et al. The research progress of flame retardant used in polycarbonate[J]. Sichuan Chemical Industry, 2019, 22(4):14-17.
- [10] 高峰,韦平,李林科,等.硅系阻燃剂阻燃PC及PC/ABS复合材料研究进展[J].工程塑料应用,2013,41(5):106-109.
Gao Feng, Wei Ping, Li Linke, et al. Research progress of silicone-containing flame retardant in PC and PC/ABS composites[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(5):106-109.
- [11] 苟佳,申慧滢,陈超,等.聚磷酸酯阻燃剂对PC/ABS合金阻燃性能影响[J].功能材料,2019,50(5):215-220.
Gou Jia, Shen Huiying, Chen Chao, et al. Influence of polyphosphate flame retardant on PC/ABS alloy[J]. Journal of Functional Materials, 2019, 50(5):215-220.
- [12] 李子骞,漆飞,陈谢仁,等.磷系阻燃剂对PC/ABS共混物燃烧性能的影响[J].塑料工业,2017,45(6):93-97.
Li Ziqian, Qi Fei, Chen Xieren, et al. Effect of phosphorus flame retardant on combustion behavior of PC/ABS blends[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(6):93-97.
- [13] 邵佳丽,郭正虹. TPP和MBS对PC/ABS合金性能的影响[J].中国塑料,2015,29(12):14-17.
Shao Jiali, Guo Zhenghong. Influence of TPP and MBS on properties of PC/ABS blends[J]. China Plastics, 2015, 29(12):14-17.
- [14] 姜慧敏,邓成,郑艳春,等. PC/ABS阻燃合金的开发及性能研究[J].塑料科技,2017,45(1):51-55.
Jiang Huimin, Deng Cheng, Zheng Yanchun, et al. Study on development and performance of flame retarded PC/ABS alloy[J]. Plastics Science and Technology, 2017, 45(1):51-55.
- [15] Kwang H S, Min K K, So M L, et al. Flame retarding PC/ABS resins having superior thermomechanical properties[J]. Fiber and Polymers, 2011, 12(4):452-456.
- [16] 李晓唐,白久林,揣成智. RXP环保阻燃剂在PC/ABS合金中的应用[J].天津科技大学学报,2017,32(1):48-51.
Li Xiaotang, Bai Jiulin, Chuai Chengzhi. Application of environmental friendly flame retardant RXP in PC/ABS alloy[J]. Journal of Tianjin University of Science and Technology, 2017, 32(1):48-51.
- [17] 魏芬芬,谢世平.高流动性无卤阻燃PC/ABS合金的制备[J].山东化工,2014,43(7):40-42.
Wei Fenfen, Xie Shiping. Preparation of PC/ABS alloy with high fluidity and halogen-free flame retardant[J]. Shandong Chemical Industry, 2014, 43(7):40-42.