

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.06.006

PP/LGF 复合材料的膨胀性阻燃与协效阻燃性能^{*}

何敏^{1,3}, 张道海^{1,2}, 黄涛¹

(1. 贵州大学材料与冶金学院, 贵阳 550025; 2. 国家复合改性聚合物材料工程技术研究中心, 贵阳 550014;

3. 贵州凯科特材料有限公司, 贵阳 550014)

摘要: 采用膨胀型阻燃剂 (IFR) 及协效剂海泡石 (SP) 对长玻璃纤维增强聚丙烯 (PP/LGF) 复合材料进行阻燃, 通过双螺杆挤出机制备了 PP/LGF 母粒, IFR 母粒和 SP 母粒, 然后将这 3 种母粒通过注塑机制备了 PP/LGF/IFR/SP 复合材料, 通过极限氧指数 (LOI)、垂直燃烧测试、锥形量热仪、热重分析、扫描电子显微镜、力学性能测试等表征 PP/LGF 各阻燃复合体系的性能。结果表明, 当 IFR 质量分数为 22% 时, PP/LGF/IFR 阻燃复合材料的 LOI 为 28.8%, 且垂直燃烧等级达到 V-0 级; 锥形量热仪测试结果表明加入 IFR 及 SP 后阻燃复合体系的第一热释放速率峰值降低, 而第二热释放速率峰消失; SP 质量分数为 1%, IFR 质量分数为 21% 的 PP/LGF/IFR/SP 阻燃复合材料 LOI 为 29.6%, 垂直燃烧等级达到 V-0 级, 热释放速率峰值和总热释放量得到有效降低, 热稳定性最好, 且燃烧时产生致密的炭层覆盖于玻璃纤维表面, 同时加入 1% SP 后复合材料的力学性能下降幅度相对较小。

关键词: 长玻璃纤维增强聚丙烯复合材料; 膨胀型阻燃剂; 海泡石; 协效; 阻燃性能; 燃烧性能

中图分类号: TQ327.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)06-0029-06

Intumescent Flame Retardant and Synergistic Effect of PP/LGF Composites

He Min^{1,3}, Zhang Dao Hai^{1,2}, Huang Tao¹

(1. College of Materials Science and Metallurgy Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2. National Engineering Research Center for Compounding and Modification of Polymer Materials, Guiyang 550014, China;

3. Guizhou Kumkuat Materials Ltd., Guiyang 550014, China)

Abstract: Intumescent flame retardant (IFR) and synergistic flame retardant sepiolite (SP) were used for flame-retardant long glass fibers reinforced polypropylene (PP/LGF) composites. The PP/LGF masterbatches, IFR masterbatches and SP masterbatches were prepared with twin screw extruder and they were blended into the injection molding machine for preparing PP/LGF/IFR/SP composites. The properties of PP/LGF, PP/LGF/IFR and PP/LGF/IFR/SP flame retardant composites were investigated by the limited oxygen index (LOI) and vertical burning tests, cone calorimeter test (CONE), thermal gravimetry, scanning electron microscope and mechanical properties tests. The results show that when the mass fraction of IFR is 22%, the LOI value of PP/LGF/IFR composite reaches 28.8%, and the vertical burning test reaches V-0 rate. The CONE results show that the values of the first pHRR decreases and the second pHRR almost vanishes with adding IFR and SP into PP/LGF composites. When the mass fraction of SP and IFR is 1% and 21% separately, the LOI value of PP/LGF/IFR/SP composite is 29.6%, vertical burning test reaches V-0 rate, pHRR and THR are decreased effectively, thermal stability is best, and when the composite is burned, the glass fibers surface is covered with dense carbon layer, what's more, the mechanical properties of the composite has relative less decrease.

Keywords: long glass fibers reinforced polypropylene; intumescent flame retardant; sepiolite; synergistic effect; flame retardancy; combustion behavior

长玻璃纤维 (LGF) 增强聚丙烯 (PP) (PP/LGF) 复合材料具有力学性能优良、尺寸稳定性好以及耐高温等优点, 因而在航空、机械等工业领域获得广泛的应用^[1-4]。PP/LGF 复合材料具有“灯芯效应”, 其极限氧指数 (LOI) 值很低, 从而限制了 PP/LGF 复合材料在阻燃产品领域的应用, 因此, 对 PP/LGF 复合材料进行阻燃改性具有重要的研究价值和实际应用意义。膨胀阻燃是 PP/LGF 复合材

料无卤化阻燃的有效途径之一, 膨胀型阻燃剂 (IFR) 具有低毒、低烟、高效阻燃等特点。但大多数 IFR 阻燃 PP/LGF 存在生成的膨胀炭层致密性较差、强

^{*} 贵州省科技计划项目: 黔科合重大专项字 (2015)6005 号, 黔科合 KY 字 [2015]359, 黔科合基础 [2016]1025, 黔科合人才 [2016]5630 号, 黔科合成果 (2016)4526, 黔科合成果 [2016]4535

联系人: 张道海, 博士, 主要从事高性能复合材料的开发与应用

收稿日期: 2017-03-22

度低等缺点,致使炭层隔热隔氧的效果存在严重的缺陷,很大程度上影响了阻燃 PP/LGF 体系的阻燃性能。这是由于随机分布的 GF 会破坏炭层的连续性,导致炭层不能够很好地包覆在 GF 的表面,从而影响炭层对 GF “灯芯效应”的有效抑制,最终影响到阻燃效果。季戊四醇磷酸酯 (PEPA) 是一种优良的成炭剂,集碳源和酸源为一体,由季戊四醇和三氯氧磷合成反应获得,三聚氰胺聚磷酸盐 (MPP) 在膨胀阻燃体系中一般作为气源和酸源,使用 PEPA 和 MPP 复配的 IFR 在聚合物中具有良好的阻燃性能^[5]。黄涛等^[6]将 PEPA 和 MPP 复配成一种 IFR 对 PP/LGF 进行阻燃,研究表明 PEPA/MPP 质量比为 11/9 时,阻燃复合材料的阻燃性较好。研究表明在 IFR 中引入硅元素能够有效提高膨胀炭层的致密性和强度^[7],从而改善阻燃材料的阻燃性能。海泡石 (SP) 是一种富镁纤维状硅酸盐,化学式为 $\text{Mg}_8\text{Si}_{12}\text{O}_{30}(\text{OH})_4(\text{OH}_2)_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$,热稳定性好,因 SP 中含有硅元素,其与 IFR 复配可望对聚合物材料产生协效阻燃效果。

笔者采用 PEPA 和 MPP 复配而成的 IFR 对 PP/LGF 复合材料进行阻燃,并将 SP 与 IFR 复配对 PP/LGF 复合材料进行协效阻燃,通过 LOI、垂直燃烧、锥形量热仪、热重 (TG) 分析、扫描电子显微镜 (SEM) 和力学性能等测试手段研究 PP/LGF/IFR/SP 阻燃复合体系的阻燃性能。

1 实验部分

1.1 实验原料

PP: 熔体流动速率为 100 g/10 min, 韩国 SK 公司;

LGF: ECT4301H, 直径 17 μm , 重庆国际复合材料有限公司;

PEPA: 江苏维科特瑞化工有限公司;

MPP: 深圳华研阻燃新材料有限公司;

SP: 河南内乡东风 SP 有限公司。

1.2 实验设备

同向双螺杆挤出机: TSE-40 型, 南京瑞亚高聚物装备有限公司;

长颗粒切粒机: PQS-150 型, 南京强瑞机械厂;

HAAKE 转矩流变仪: XSS-300 型, 上海科创橡塑机械设备有限公司;

塑料注塑机: CJ80MZ-NC II 型, 震德塑料机械有限公司;

LOI 测试仪: JF-3 型, 南京市江宁区分析仪器

厂;

水平-垂直燃烧试验仪: SH5300 型, 广州信禾电子设备有限公司;

锥形量热仪: Dual CONE Calorimeter 型, 英国 FTT 公司;

TG 分析仪: Q50 型, 美国 TA 仪器公司;

SEM: 7500F 型, 日本 JEOL 公司;

微机控制电子万能试验机: WDW-10C 型, 上海华龙测试仪器有限公司;

悬臂梁冲击测试仪: ZBC-4B 型, 深圳市新三思计量技术有限公司。

1.3 PP/LGF 复合材料阻燃体系的制备

将 PP, IFR (PEPA/MPP 质量比=11/9) 及 SP 置于 80℃ 的恒温烘箱中干燥 10 h; 将 PP 通过双螺杆挤出机熔融挤出, 然后送入自制的浸渍模具对 LGF 进行浸渍, 浸渍后的料条经冷却、切粒制得 PP/LGF 母粒; 将 PP 分别与 IFR 按照一定配比混合, 利用上述双螺杆挤出机进行挤出制得 IFR 母粒; 将 PP 分别与 SP 按照一定配比通过转矩流变仪进行共混, 冷却后经过破碎机破碎, 得到 SP 母料。将 PP/LGF 母粒、IFR 母粒、SP 母粒于 90℃ 烘箱中干燥 10 h, 按照一定的配比复配后, 采用注塑机注塑得到复合材料标准试样。PP/LGF 复合材料阻燃体系的制备方法如图 1 所示, 其中 LGF 的质量分数均为 30%。

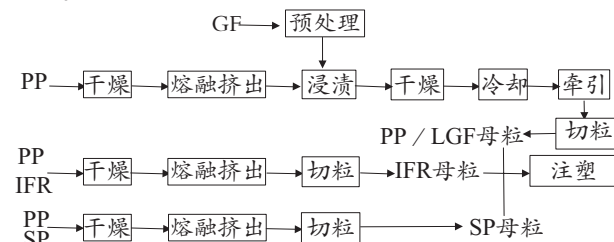


图 1 PP/LGF 复合材料阻燃体系的制备方法

1.4 测试与表征

LOI 按 GB/T 2406-2008 测试, 试样尺寸为 80 mm×10 mm×4 mm;

垂直燃烧性能按 GB/T 2408-2008 测试, 试样尺寸为 125 mm×13 mm×3 mm;

燃烧性能按 ISO 5660-1-2002 测试, 采用锥形量热仪, 其热流强度为 50 kW/m², 试样尺寸为 100 mm×100 mm×6 mm;

采用 TG 分析仪测试试样热稳定性, 在氮气氛围内以 20℃/min 的升温速率升温至 650℃;

采用 SEM 观察燃烧后的试样表面并拍照;

拉伸性能按 GB/T 1040-2008 测试,拉伸速率为 50 mm/min;

弯曲性能按 GB/T 9341-2008 测试,实验速率为 2 mm/min;

缺口冲击强度按 GB/T 1843-2008 测试。

2 结果与讨论

2.1 PP/LGF/IFR 的阻燃性能

不同 IFR 含量下 PP/LGF 阻燃复合材料的 LOI 及垂直燃烧等级如表 1 所示。从表 1 可以看出,随着 IFR 用量的增加,PP/LGF 阻燃复合材料的 LOI 逐渐增加,当 IFR 质量分数为 22% 时,复合材料的 LOI 由未加 IFR 时的 19.2% 提高到 28.8%,且垂直燃烧等级达到 V-0 级,这是由于加入的 IFR 在受热的作用下优先分解而释放出难燃性气体,降低了可燃性气体的浓度,而且,阻燃剂所产生的炭层覆盖在基体树脂 PP 表面,从而延缓了基体树脂的分解和氧化反应的发生,对基体树脂起到了非常好的阻燃效果^[8]。可以看出,当 IFR 质量分数为 22% 时,其对 PP 的阻燃效果最好,为了考察 SP 与 IFR 对 PP/LGF 复合材料的协同阻燃效应,将 IFR 与 SP 的总质量分数固定为 22%,通过调整 SP 的用量来研究其对 PP/LGF/IFR/SP 阻燃复合体系性能的影响。

表 1 不同 IFR 用量下 PP/LGF 阻燃复合材料的 LOI 和燃烧等级

IFR 质量分数/%	LOI/%	是否滴落	垂直燃烧等级
0	19.2±0.1	否	— ¹⁾
16	23.9±0.2	否	V-2
18	25.2±0.1	否	V-1
20	26.1±0.3	否	V-1
22	28.8±0.2	否	V-0

注:1) 表示未获得燃烧等级。

2.2 PP/LGF/IFR/SP 的阻燃性能

(1) LOI 及垂直燃烧等级。

不同 SP 含量下各复合体系的 LOI 及垂直燃烧等级如表 2 所示。由表 2 可知,所有的 PP/LGF/IFR/SP 阻燃复合体系在燃烧过程中都没有出现滴落;未添加阻燃剂时,PP/LGF 复合材料的 LOI 最小,为 19.2%,且没有燃烧等级;当加入 IFR 后,复合材料的 LOI 为 28.8%,燃烧等级为 V-0 级;当加入 1% 的 SP 时,PP/LGF/IFR/SP 阻燃复合体系的 LOI 最大,为 29.6%,相比未加入 SP 的提高了 2.7%,提高幅度并不大。这可能是因为加入 1% 的 SP 后,IFR 的用量有所减少所致。但是在 IFR 用量减少的情况下,LOI 仍有所提升,且垂直燃烧等级仍为 V-0 级,表明少量的 SP 与 IFR 具有一定的协效

阻燃作用,这是因为作为协效阻燃剂的 SP 中的硅元素可提高 IFR 所产生的膨胀炭层的致密性,从而在一定程度上提高了 LOI。当 SP 过量时,复合体系的 LOI 反而降低,且当 SP 质量分数为 3% 时,PP/LGF/IFR/SP 阻燃复合体系的阻燃等级仅为 V-1 级。这是由于过量的 SP 在复合材料中发生团聚^[9],不能对复合体系产生协效阻燃效果,从而降低了 PP/LGF/IFR/SP 阻燃复合体系的阻燃性能。因此,当 SP 质量分数为 1% 时,其与 IFR 才具有一定的协效阻燃作用。

表 2 不同 SP 含量下各复合体系的 LOI 及垂直燃烧等级

体 系	LOI/%	是否滴落	垂直燃烧等级
PP/LGF	19.2±0.10	否	—
PP/LGF/IFR	28.8±0.15	否	V-0
PP/LGF/IFR/SP1	29.6±0.10	否	V-0
PP/LGF/IFR/SP2	28.1±0.12	否	V-0
PP/LGF/IFR/SP3	27.2±0.11	否	V-1

注:PP/LGF/IFR/SP 中的 SP1、SP2 和 SP3 分别表示 SP 的质量分数为 1%、2%、3%。

(2) 燃烧性能。

通过锥形量热仪测试可以得到材料的火灾燃烧性能,其中常用于研究材料燃烧性能的参数有热释放速率(HRR)、平均热释放速率(mean-HRR)、热释放速率峰值(pHRR)、总热释放量(THR)和平均有效燃烧热(Av-EHC)等^[10]。图 2 为 PP/LGF、PP/LGF/IFR 和 PP/LGF/IFR/SP1 体系的 HRR 和 THR 曲线,表 3 为锥形量热仪测试相关数据。

从图 2 和表 3 可看出,PP/LGF 复合材料点燃后燃烧速率较快,THR 为 170.1 MJ/m²,且出现两个 pHRR,对应的 pHRR1 与 pHRR2 分别为 215.70、251.87 kW/m²,且 pHRR2 与 pHRR1 相比高很多,这是 GF 增强热塑性复合材料具有的独特燃烧现象^[11-12]。第 1 个较低峰值是由于 GF 最外层 PP 基体的点燃和燃烧,第 2 个较高峰值是因为整个 PP 树脂的燃烧^[13]。PP/LGF/IFR 复合体系中,pHRR1 有所降低,同时燃烧时间从 1200 s 延长到 1800 s;但是,更值得关注的是第 2 个热释放峰几乎消失,HRR 大幅度减小,且 PP/LGF/IFR 阻燃复合体系的 THR 减少至 146.1 MJ/m²,结合 PP/LGF/IFR 复合体系的 LOI 和燃烧等级,表明 IFR 在一定程度上减缓了 GF 在阻燃复合材料中的“灯芯效应”。这主要是因为 IFR 对 PP/LGF 复合材料的阻燃效果是凝聚相所产生的作用,IFR 在材料燃烧过程中,表面形成了多孔膨胀炭层,该炭层具有较强的阻隔性,在一定程度上起到隔热隔氧的目的,从而使第 2

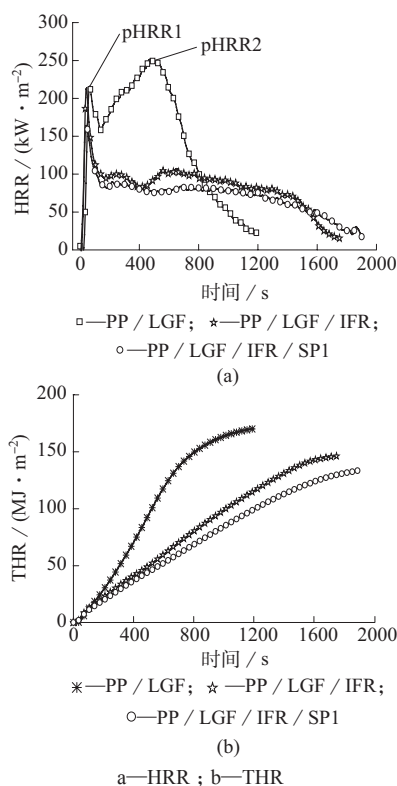


图2 PP/LGF, PP/LGF/IFR 以及 PP/LGF/IFR/SP1 复合体系的 HRR 和 THR 曲线

表3 PP/LGF, PP/LGF/IFR 和 PP/LGF/IFR/SP1 复合体系的锥形量热仪测试数据

体系	TTI ¹⁾ /s	pHRR1 / (kW·m ⁻²)	mean-HRR / (kW·m ⁻²)	THR / (MJ·m ⁻²)
PP/LGF	22	251.87	144.72	170.1
PP/LGF/IFR	15	213.88	83.95	146.1
PP/LGF/IFR/SP1	13	164.00	72.94	131.2

注: 1)TTI 为点燃时间。

个热释放峰几乎消失。另外, PP/LGF/IFR/SP1 阻燃复合体系中, 该阻燃复合体系热释放峰变宽, 燃烧时间进一步延长到 1900 s, 且 HRR 在较长时间内保持在较低的平台, PP/LGF/IFR/SP1 阻燃复合体系的 pHRR1 进一步下降到 164.0 kW/m², pHRR2 消失, THR 也进一步下降到 131.2 MJ/m², 这主要是因为 SP 与 IFR 复合增强了凝聚相的交联成炭的作用, 且 SP 具有表面迁移现象, 使热解产物含硅氧化物在表面积累, 可以很好地改善膨胀炭层的强度和耐热性, 提高 PP/LGF/IFR/SP1 阻燃复合体系的阻燃性能^[9,14]。另外, PP/LGF/IFR 和 PP/LGF/IFR/SP1 阻燃复合体系的 TTI 均要比纯 PP/LGF 复合材料的提前, 这主要是因为 IFR 的加入使复合材料降解释放可燃气体的时间提前^[15]。

2.3 PP/LGF/IFR/SP 的热稳定性

PP/LGF, PP/LGF/IFR, PP/LGF/IFR/SP1

复合体系的 TG 和 DTG 曲线如图 3 所示, 相关 TG 数据如表 4 所示。从图 3 和表 4 可以看出, 阻燃剂加入后, 阻燃复合体系的 TG 曲线在 425℃之前向低温移动, 大于 425℃之后向高温移动, 这是由于前期阻燃剂分解所以导致阻燃复合体系的 TG 曲线向低温偏移, 而后期阻燃剂在复合体系中成炭延缓了复合体系的分解, 从而使阻燃复合体系 TG 曲线向高温偏移。从图 3 和表 4 还可以看出, 加入 SP 作为协效剂的 PP/LGF/IFR/SP 阻燃复合体系的 $T_{5\%}$ 和 $T_{\max}$ 更高, 热稳定性更好, 这是由于在 PP/LGF/IFR/SP 阻燃复合体系中引入 Si—O 键 (含硅化合物), 有利于复合材料的热稳定性提高^[15]。

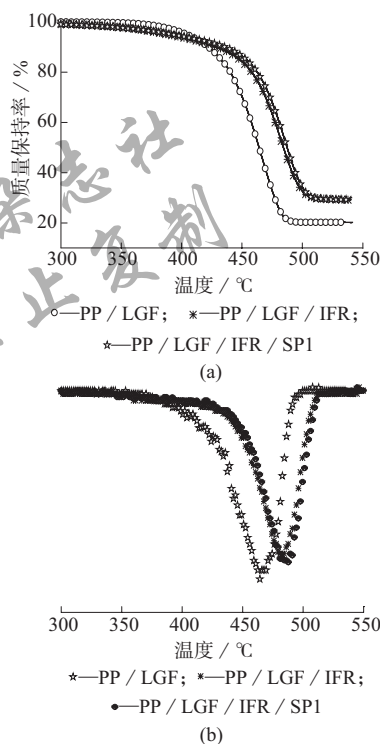


图3 PP/LGF, PP/LGF/IFR 和 PP/LGF/IFR/SP1 复合体系的 TG 和 DTG 曲线

表4 PP/LGF, PP/LGF/IFR 和 PP/LGF/IFR/SP1 复合体系的 TG 和 DTG 测试数据

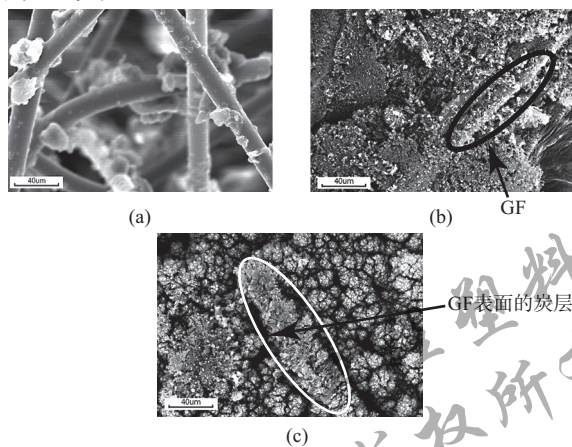
体系	$T_{5\%}$ / °C	$T_{\max}$ / °C	525℃残炭率 / %
PP/LGF	404.00	465.26	20.15
PP/LGF/IFR	387.67	480.84	28.92
PP/LGF/IFR/SP1	392.43	485.68	29.03

注: $T_{5\%}$ 为起始热分解温度; $T_{\max}$ 为热分解速率最大时的热分解温度。

2.4 PP/LGF/IFR/SP 的炭层表面形貌

阻燃复合体系的炭层稳定性、形貌与复合体系阻燃效率密切相关。PP/LGF, PP/LGF/IFR 以及 PP/LGF/IFR/SP1 阻燃复合体系的残炭形貌如图

4 所示。从图 4 可以看出, PP/LGF 复合材料燃烧后只剩下 GF, 只有极少的炭层生成; PP/LGF/IFR 阻燃复合体系经过燃烧后形成蓬松多孔的炭层, 该炭层表面出现孔洞, 且泡孔破裂坍塌有 GF 出现, GF 表面没有被炭层覆盖; PP/LGF/IFR/SP1 阻燃复合体系的 GF 表面被炭层所包覆, 可以减缓 GF 的“灯芯效应”, 燃烧形成致密坚固的膨胀交联炭层, 该炭层结构能够阻碍可燃气体的扩散, 也隔绝了外部的氧气以及热量与内部基体的热传递, 从而保护了底部基体, 阻碍了基体的进一步燃烧, 改善了 PP/LGF 复合材料的阻燃性。该炭层形貌分析结果与 PP/LGF/IFR/SP1 阻燃复合体系的燃烧性能测试结果一致。



a—PP/LGF; b—PP/LGF/IFR; c—PP/LGF/IFR/SP1

图 4 PP/LGF、PP/LGF/IFR 以及 PP/LGF/IFR/SP1 复合体系的残炭形貌

2.5 PP/LGF/IFR/SP 的力学性能

PP/LGF, PP/LGF/IFR, PP/LGF/IFR/SP 复合体系的拉伸、弯曲、缺口冲击强度等力学性能如表 5 所示。

表 5 PP/LGF, PP/LGF/IFR, PP/LGF/IFR/SP 复合体系的力学性能

体 系	拉伸强度 / MPa	弯曲强度 / MPa	缺口冲击强度 /(kJ·m ⁻²)
PP/LGF	102.40 ± 0.8	137.80 ± 0.7	23.56 ± 0.9
PP/LGF/IFR	99.26 ± 1.0	134.27 ± 0.6	20.38 ± 0.4
PP/LGF/IFR/SP1	82.40 ± 0.9	119.81 ± 0.8	18.43 ± 0.5
PP/LGF/IFR/SP2	79.67 ± 1.1	113.57 ± 1.0	17.69 ± 0.3
PP/LGF/IFR/SP3	75.38 ± 0.8	107.46 ± 1.3	16.83 ± 0.6

从表 5 可看出, PP/LGF 的拉伸、弯曲强度和缺口冲击强度分别为 102.4, 137.8 MPa 和 23.56 kJ/m²; 加入 IFR 后复合体系的力学性能有所下降, 加入 SP 后复合体系的力学性能进一步下降。但是从 PP/LGF/IFR/SP 体系来看, SP 质量分数为 1% 的体系力学性能相对较高, 其拉伸、弯曲强度和

缺口冲击强度相对于 PP/LGF/IFR 阻燃复合体系分别下降了 20.46%, 12.06% 和 10.65%, 下降幅度相对较小, 这表明采用 1% 的 SP 作为协效剂与 IFR 对 PP/LGF 复合材料进行阻燃, 在具有较好协效阻燃效果的同时也可保持一定的力学性能。

3 结论

(1) LOI 和垂直燃烧测试表明 IFR 对 PP/LGF 具有较好的阻燃性能, 当 IFR 质量分数为 22% 时, PP/LGF/IFR 阻燃复合体系垂直燃烧等级为 V-0 级, LOI 为 28.8%。

(2) 通过 LOI、垂直燃烧、燃烧性能测试、热稳定性测试和炭层形貌测试表明少量的 SP 在 PP/LGF/IFR 阻燃复合体系中可产生协效阻燃作用。

(3) 当采用质量分数为 1% 的 SP 协同 IFR 对 PP/LGF 复合材料进行阻燃时, PP/LGF/IFR/SP 阻燃复合体系的 LOI 可达 29.6%, pHRR 和 THR 得到有效降低, 热稳定性最好; SP 可使复合材料形成致密坚固的膨胀交联炭层, 且成炭覆盖在 GF 表面。

(4) 加入 1% 的 SP 后, PP/LGF/IFR/SP 阻燃复合体系的拉伸、弯曲强度和缺口冲击强度相对于 PP/LGF/IFR 阻燃复合体系分别下降了 20.46%, 12.06% 和 10.65%。

参考文献

- [1] Pedrazzoli D, Pegoretti A. Expanded graphite nanoplatelets as coupling agents in glass fiber reinforced polypropylene composites[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2014, 66:25–34.
- [2] Yoo P J, Kim T W. Strengthening of hot-mix asphalt mixtures reinforced by polypropylene-impregnated multifilament glass fibres and scraps[J]. Construction and Building Materials, 2015, 75:415–420.
- [3] Sano M, Oguma H, Sekine M, et al. High-frequency welding of glass-fibre-reinforced polypropylene with a thermoplastic adhesive layer: Effects of ceramic type and long-term exposure on lap shear strength[J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2015, 59:7–13.
- [4] 方鲲, 吴丝竹, 黄永强, 等. 长玻纤增强聚丙烯热塑性复合材料制备风光互补发电系统风能叶片的模具设计和注射成型[J]. 中国塑料, 2013, 27(3):110–116.
- [5] Fang Kun, Wu Sizhu, Huang Yongqiang, et al. Mold design and injection moulding of small wind turbine blades manufactured by long glass fiber reinforced polypropylene composites[J]. China Plastics, 2013, 27(3):110–116.
- [5] 王建荣, 刘治国, 欧育湘, 等. 聚磷酸三聚氰胺阻燃玻纤增强 PA66 和 PA6 的区别[J]. 北京理工大学学报, 2004, 24(10):920–923.

- Wang Jianrong, Liu Zhiguo, Ou Yuxiang, et al. Differences in flame retardancy of melamine polyphosphate between fiber glass reinforced PA66 and PA6[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2004, 24(10):920-923.
- [6] 黄涛,何敏,刘渝,等. 膨胀型阻燃剂 PEPA/MPP 阻燃 LGFPP 性能研究[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(3):35-39.
- Huang Tao, He Min, Liu Yu, et al. Study on intumescent PEPA / MPP flame retardant on properties of LGFPP[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(3):35-39.
- [7] Wu Q, Qu B. Synergistic effects of silicotungstic acid on intumescent flame-retardant polypropylene[J]. Polymer Degradation and Stability, 2001, 74(2):255-261.
- [8] 任元林,程博闻,张金树. 新型膨胀型阻燃剂阻燃聚丙烯的应用研究[J]. 高分子材料科学与工程, 2008, 24(1):116-119.
- Ren Yuanlin, Cheng Bowen, Zhang Jinshu. Studies on the fire retarded PP with novel intumescent fire retardant[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2008, 24(1):116-119.
- [9] 吴娜,丁超,杨荣杰,等. 改性 SP 对聚丙烯燃烧性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2010, 26(12):46-49.
- Wu Na, Ding Chao, Yang Rongjie, et al. Effect of modified sepiolite on combustion properties of polypropylene[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2010, 26(12):46-49.
- [10] Liu Yi, Yi Jiansong, Cai XuFu. Application of a novel halogen-free intumescent flame retardant for acrylonitrile-butadiene-styrene[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2012, 124(2):1475-1482.
- [11] Zhang J, Silcock G W H, Shields T J. Study of the combustion and fire retardancy of polyacrylonitrile and its copolymers by using cone calorimetry[J]. Journal of Fire Sciences, 1995, 13(2):141-161.
- [12] Schartel B, Hull T R. Development of re-retarded materials-interpretation of cone calorimeter data[J]. Fire Mater, 2007, 31(5):327-354.
- [13] Liu Yun, Deng Chengliang, Zhao Jing, et al. An efficiently halogen-free flame-retardant long-glass-fiber-reinforced polypropylene system[J]. Polymer degradation and stability, 2011, 96(3):363-370.
- [14] 刘国胜,郝建薇,吴娜. SP 协同膨胀阻燃聚丙烯的 TGA/XPS 分析[J]. 高分子材料科学与工程, 2012, 28(11):133-136.
- Liu Guosheng, Hao Jianwei, Wu Na. Synergistic effect of sepiolite on intumescent flame retardant polypropylenes:TGA and XPS studies[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2012, 28(11):133-136.
- [15] 闫永岗,韦平,王仕峰,等. SP 对聚丙烯复合材料的协效阻燃作用研究[J]. 工程塑料应用, 2014, 42(5):80-83.
- Yan Yonggang, Wei Ping, Wang Shifeng, et al. Study on synergistic effect of sepiolite on intumescent flame retardant polypropylene system[J]. Engineering plastics Application, 2014, 42(5):80-83.

科思创聚碳酸酯创新解决方案

科思创(前身为拜耳材料科技)在 2017 Chinaplas 国际橡塑展期间召开媒体见面会,科思创聚碳酸酯业务部亚太区高级副总裁雷焕丽女士以及聚碳酸酯业务部中国区副总裁邱卫辉先生介绍了科思创及其聚碳酸酯业务整体发展状况以及在汽车、医疗、电子电气以及设计等领域的创新解决方案,并对媒体感兴趣的相关领域和问题进行深入探讨和交流。

将创新和可持续发展作为推动力

聚碳酸酯因其轻质、高透明、坚固、易成型等特点,正应用于现代生活的方方面面,比如电子电器及家电产品、汽车配件、医疗设备以及 LED 照明。科思创以动画短片的形式介绍了其在 2016 德国 K 展时提出的未来电动汽车设计概念,包括流线型前端、创新型全像显示灯光、聚碳酸酯环绕式玻璃装配等。得益于聚碳酸酯材料优异的性能,其可以实现概念车的很多功能。概念车将车灯和各种传感器整合在一起,它可以实现车与车、车与人之间的交流。概念车的后端是全息集成尾灯,它是一个平面的全息薄膜,可以实现 3D 灯光效果。自动驾驶、智能驾驶已成为一个趋势,目前,科思创和美国的几家设计院校合作,利用聚碳酸酯设计自动驾驶汽车的内饰,得益于自动驾驶技术的成熟,未来的汽车将会是一个全新的移动场景,科思创很看好这一趋势。

为什么科思创可以做到把领先的材料和技术应用在各行各业特别是汽车领域?“那是因为‘创新’是科思创的核心。”雷焕丽女士介绍说,“在汽车领域,科思创有非常长的

历史,我们在和各大车厂的合作过程中一直在不遗余力开发新的产品、技术和应用,让整个行业继续稳步向前。”

除了创新,科思创另一个非常重要的核心是可持续发展。科思创的可持续发展围绕 3 个方面:地球、人、利润。面对全球各方面的挑战,科思创提出了多元的解决方案。应对人口增长和老龄化,聚碳酸酯可为医疗器械提供安全、灵活及具有生物相容性的材料。应对数字化革命,聚碳酸酯复合材料可提供更坚固、更轻薄、可塑性强、灵活、易回收的解决方案。应对能源短缺,聚碳酸酯可提供高效节能的解决方案。

上海基地聚碳酸酯产能将达 60 万 t/a

科思创宣布将再次大幅扩大其上海一体化生产基地聚碳酸酯生产能力,通过脱瓶颈工程将产能提升至 60 万 t/a,以满足亚太地区客户的强劲需求。

科思创董事会成员兼首席技术官萧枫博士表示:“扩产对于满足不断增长的需求至关重要。该项目的顺利完成将加强我们的全球生产网络,也体现了我们对中国市场的一贯承诺。”科思创聚碳酸酯事业部总裁周彬彬女士表示:“电子电器、医疗和汽车等主要客户行业对聚碳酸酯树脂和混合物的需求正快速增长,这一点在中国尤为突出。通过进一步扩大产能,我们可以更好满足客户不断变化的需求,保证这一高技术塑料的可持续供应。”

2016 年,科思创聚碳酸酯业务实现 33 亿欧元销售额,核心销量增长 10.3%。2017 年第一季度,聚碳酸酯核心业务增长了 14.7%。

(工程塑料应用)