

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.11.024

改性聚苯醚微发泡材料的制备及阻燃性能表征

李蝶^{1,2}, 翟文涛², 黄朋科², 郑皓², 刘引烽¹, 郑文革²

(1. 上海大学材料科学与工程学院, 高分子材料系, 上海 200444; 2. 中国科学院宁波材料技术与工程研究所, 宁波市高分子材料重点实验室, 浙江宁波 315201)

摘要: 选择两种改性聚苯醚商品料 (PPE 340Z, PPE 540Z), 以高压 CO₂ 流体为发泡剂, 通过固态发泡技术, 制备了 PPE 微发泡材料, 研究了树脂结构、发泡温度对微发泡材料泡孔形态、膨胀倍率的影响规律, 探讨了微发泡结构、发泡倍率对 PPE 微发泡材料阻燃性能的影响。结果表明, 两种商品料 PPE 树脂阻燃等级为 UL 94 V-0 级, 相对于 PPE 540Z, PPE 340Z 树脂在高压 CO₂ 流体氛围中表现出较优的膨胀形变, 而前者无论发泡与否, 均比后者表现出较优的阻燃性能。此外, 两种树脂得到的微发泡材料具有优异的抗熔滴行为。

关键词: 改性聚苯醚; 高压 CO₂ 流体; 固态发泡技术; 阻燃

中图分类号: TQ328.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)11-0115-06

Preparation and Flame Retardancy Characterization of Microcellular Modified PPE

Li Die^{1,2}, Zhai Wentao², Huang Pengke², Zheng Hao², Liu Yinfeng¹, Zheng Wenge²

(1. Department of Polymer Materials, School of Materials Science and Engineering, Shanghai University, Shanghai 200444, China;

2. Ningbo Key Laboratory of Polymer Materials, Ningbo Institute of Materials Technology and Engineering,

Chinese Academy of Sciences, Ningbo 315201, China)

Abstract : Two commercialized PPE resins (PPE 340Z, PPE 540Z) were selected. The PPE microcellular foams were prepared by applying solid state foaming technology using the compressed CO₂ fluid as a blowing agent. The effects of resin structure and foaming temperature on the cell morphology and expansion ratio of microcellular foams were investigated. The effects of porous structure and expansion ratio on the flame retardancy of PPE foams were discussed. It is found that two commercialized PPE resins can pass UL 94 V-0 rating. Compared with PPE 540Z, PPE 340Z resin exhibits higher expansion ratio. The former exhibits superior flame retardant performance than the latter before and after foaming. In addition, the as-prepared PPE foams have very good anti-dripping performance.

Keywords : modified polyphenylene ether ; compressed CO₂ fluid ; solid state foaming technology ; flame retardant

聚苯醚 (PPE) 树脂作为五大工程塑料之一, 具有良好的阻燃性、耐高温性、电绝缘性、尺寸稳定性及优良的物理力学性能。PPE 的长期使用温度范围为 -127 ~ 121 ℃, 且在长期负荷下具有优良尺寸稳定性和突出的电绝缘性, 因而广泛应用于电子电器工业、汽车工业、工业机械和外科医疗器械等^[1-2]。PPE 具有加工性能差、耐冲击性能差等缺点, 为了改善其加工性能, 研究者常将 PPE 与聚苯乙烯 (PS)、聚酰胺 (PA)、聚对苯二甲酸丁二酯 (PBT) 共混^[3-5]。

共混改性改善了 PPE 的加工性能, 但也在一定程度上降低了其耐温性和阻燃性。商品 PPE 改性料中也经常加阻燃剂等来改善其阻燃性能。

轻量化、多功能化、加工过程环保成为材料加工行业升级换代的发展方向。聚合物微发泡材料具有尺寸为 1 ~ 10 μm、密度为 10⁹ ~ 10¹² 个 / cm³ 且泡孔分布均匀的泡孔结构^[6]。相对于不发泡材料和常规聚合物泡沫材料, 聚合物微孔材料具有轻质、高强、冲击强度高、绝热、介电常数低、热稳定性好和疲

基金项目: 国家自然科学基金 (51573202), 广东省佛山市高明区科技创新专项项目 (2015Z02)

通讯作者: 翟文涛, 研究员, 博士生导师, 主要从事聚合物发泡研究 E-mail : wtzhai@nimte.ac.cn

收稿日期: 2018-09-06

引用格式: 李蝶, 翟文涛, 黄朋科, 等. 改性聚苯醚微发泡材料的制备及阻燃性能表征 [J]. 工程塑料应用, 2018, 46(11) : 115-120.

Li Die, Zhai Wentao, Huang Pengke, et al. Preparation and flame retardancy characterization of microcellular modified PPE[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(11) : 115-120.

寿命长等优点^[7-8],在航空航天轻质结构材料、微电子封装材料、汽车工业零部件和绝缘材料等高新技术领域具有重要的应用价值。不过,微发泡结构会在材料中引入大量含有空气的微孔孔洞,这增加了聚合物材料在燃烧时与空气的接触面积,因此降低了材料的阻燃性能。如 Wang Jingjing 等^[9]制备出阻燃改性聚乳酸发泡材料。结果表明,加入质量分数为 15% 的无卤阻燃剂,材料的膨胀倍率可达到 16 倍,但极限氧指数 (LOI) 从未发泡的 27.2% 降至 24.8%。黄朋科等^[10]将大分子溴系阻燃剂与溴化环氧树脂组成的复合阻燃剂应用于发泡 PS,当阻燃剂质量分数为 30% 时,膨胀倍率为 9.3,发泡材料的 LOI 从未发泡的 26.0% 降至 24.0%,发泡材料的阻燃性明显降低。同样,阻燃剂的加入也会影响发泡性能^[11]。关于阻燃发泡的研究比较少。

笔者选取两种日本旭化成的 PPE 材料,以高压 CO₂ 作为发泡剂,通过固态发泡方法来制备 PPE 微发泡材料,研究这两种材料的阻燃性能、发泡性能,以及 PPE 在发泡前后的阻燃性能,讨论微孔结构、孔隙率等对 PPE 树脂阻燃性能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PPE: XYRONTM 340Z, XY RONTM 540Z, 日本旭化成株式会社;

高纯二氧化碳: 纯度 99.5%, 宁波万里气体有限公司。

1.2 仪器及设备

核磁共振 (NMR) 仪: AVANCE III 400MHz 型, 瑞士布鲁克公司;

差示扫描量热 / 热重 (DSC / TG) 分析仪: 瑞士 Mettler Toledo 公司;

扫描电子显微镜 (SEM): EVO18 型, 德国卡尔蔡司股份公司;

密度天平: BT224S 型, 赛多利斯科学仪器公司;

LOI 仪: 5801A 型, 苏州阳屹沃尔奇检测技术有限公司;

垂直水平燃烧仪: 5402 型, 苏州阳屹沃尔奇检测技术有限公司;

水平燃烧仪: 5410 型, 苏州阳屹沃尔奇检测技术有限公司;

万能材料试验机: 5567 型, 英国 Instron 有限公司;

平板硫化机: XLB 50-D 型, 湖州双力自动化科

技设备有限公司。

1.3 试样制备

(1) PPE 片材的制备。将 PPE 340Z、PPE 540Z 树脂颗粒在 100℃ 干燥 3 h, 采用平板硫化机对 PPE 进行压片, 温度为 250℃, 压力为 10 MPa, 保压时间为 6 min, 制得尺寸为 100 mm × 100 mm × 1 mm 的试样。

(2) PPE 发泡材料的制备。将上述制备的 PPE 片置于高压釜中, 采用二氧化碳为发泡剂进行饱和, 压力为 4 MPa, 饱和时间为 12 h。泄压后快速从高压釜中取出样品, 并放入不同温度 (120 ~ 180℃) 的油浴中进行发泡, 发泡时间为 20 s。取出样品后, 根据相关测试标准制成标准试样。

1.4 性能测试

NMR 氢谱 (¹H-NMR): 溶剂为 CDCl₃, 温度为 25℃。

DSC 测试: 样品质量为 4 ~ 5 mg, 氮气气氛。将样品从 25℃ 以 10℃ / min 的升温速率升到 300℃。

SEM: 用 SEM 对材料的表面形貌、泡孔结构及碳层进行观察。统计泡孔尺寸和泡孔密度, 选取的 SEM 图像至少含有 100 个以上的泡孔。泡孔密度 (N_0) 指的是聚合物中单位体积内的泡孔数量。

泡孔密度计算公式如下:

$$N_0 = \left[\frac{nM}{A} \right]^{3/2} \varphi \quad \varphi = \frac{\rho}{\rho_i}$$

式中: n ——在实际 SEM 图像中得到的泡孔数目;

M ——SEM 图片的放大倍数;

A ——照片的尺寸, cm²;

φ ——发泡材料的发泡倍率, 其值为未发泡样品的密度 (ρ) 与发泡样品密度 (ρ_i) 之比。

发泡样品的孔隙率 (V_f) 为:

$$V_f = \frac{(\rho - \rho_i)}{\rho} \times 100\%$$

密度测试: 发泡前后的样品密度采用排水法在密度天平上按照 ISO 1183-1987 测试。

TG 分析: 样品质量为 4 ~ 5 mg, 氮气气氛。将样品从 50℃ 以 10℃ / min 的升温速率升到 800℃。

LOI 按照 GB / T 2406-2008 测试。由于发泡后的样品很难控制合适的样品厚度, 为研究发泡材料的 LOI, 其发泡前的厚度为 1 mm, 长度和宽度分别为 130 mm 和 6.5 mm。

垂直、水平燃烧性能按 ASTM D3801-2006 测

试。

泡沫水平燃烧根据 GB/T 8332-2008 测试。

拉伸性能按照 GB/T 1040-2006 测试,测试速度为 5 mm/min,试样尺寸为 100 mm × 5 mm。

2 结果与讨论

2.1 PPE 的表征

由材料供货商提供的物性参数表可知,PPE 的主体成份为 PPE 和 PS。图 1 为两种 PPE 的 $^1\text{H-NMR}$ 谱图。计算得出,PPE 340Z 中 PPE 和 PS 的比例为 9 : 5,PPE 540Z 中 PPE 和 PS 的比例为 14 : 5。

图 2 为 PPE 340Z 和 PPE 540Z 的 DSC 曲线。由图 2 可以看出,两种牌号的 PPE 只有一个玻璃化转变温度(T_g),表明 PPE 与 PS 具有良好的相容性。PPE 340Z 的 T_g 为 127℃,PPE 540Z 的 T_g 为 141℃,这与 PPE 540Z 中含有更高的 PPE 含量一致。PPE 的 SEM 照片见图 3。

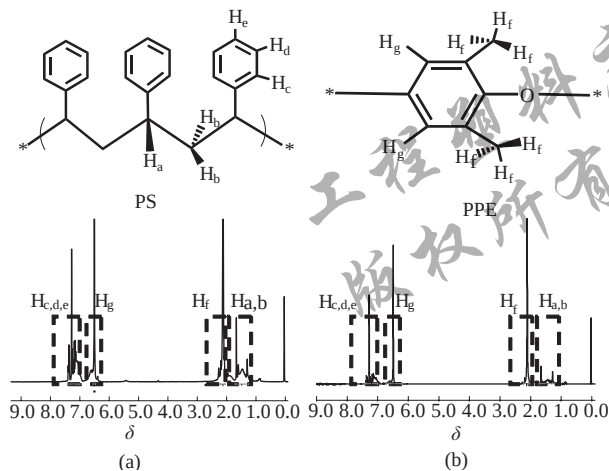


图 1 PPE 材料的 $^1\text{H-NMR}$ 谱图

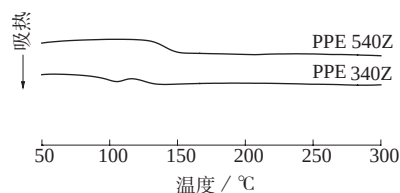


图 2 PPE 材料的 DSC 曲线

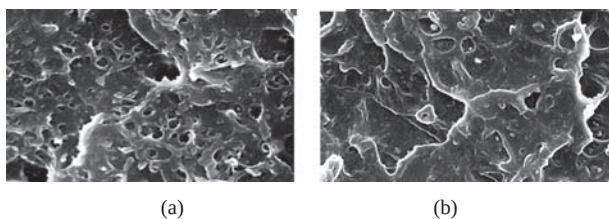


图 3 PPE 材料的 SEM 照片

根据供货商提供的信息,照片中均匀分散的颗

粒为阻燃剂 (FR),照片显示 FR 颗粒往往镶嵌在孔洞中,这可以归因于 FR 颗粒与聚合物基体相容性较差。表 1 总结了两种 PPE 树脂的阻燃性能,两种树脂均可以达到 V-0 阻燃等级、燃烧过程中均没有熔滴现象,这是因为树脂成分中的 PPE 是很好的成炭剂^[12]。PPE 540Z 含有更高的 PPE 成分,它的 LOI 为 30.5%,略高于 PPE 340Z 的 30.1%。

表 1 PPE 材料的阻燃性能

样品	LOI/%	UL 94 等级	滴落
PPE 340Z	30.1	V-0	无
PPE 540Z	30.5	V-0	无

2.2 PPE 的发泡行为

PPE 的 DSC 图上包含有一个 T_g 而没有存在结晶熔融行为,因而是一个典型的非晶聚合物。PPE 中的阻燃剂颗粒可以作为异相成核点而影响聚合物的微发泡行为。根据查询文献,暂没有发现关于 PPE 的高压流体微发泡的研究。笔者探讨发泡温度对两种 PPE 微发泡材料膨胀倍率、泡孔形态的影响规律。图 4 为两种 PPE 微发泡材料在不同发泡温度下的膨胀倍率,其中饱和压力为 4 MPa,发泡温度为 140~170℃、发泡时间为 20 s。

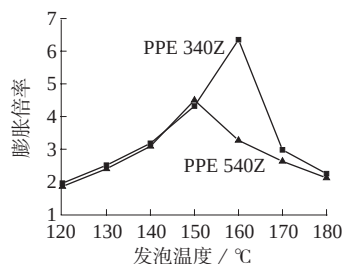


图 4 不同发泡温度下 PPE 发泡材料的膨胀倍率

PPE 340Z 和 PPE 540Z 微发泡材料的膨胀倍率均随发泡温度的升温而逐渐升高,达到最大膨胀倍率后逐渐降低,这种现象在别的聚合物微发泡体系已经观察到^[13],主要因为发泡温度的升高降低了聚合物基体模量和增加气体扩散速率,这促进泡孔增长和膨胀倍率的增加,而过高的发泡温度则导致泡孔破裂。PPE 340Z 微发泡材料的最大膨胀倍率为 6.4,对应的发泡温度为 160℃,而 PPE 540Z 微发泡材料的膨胀倍率为 4.5,对应的发泡温度为 150℃。

图 5 和图 6 分别示出 PPE 发泡材料在不同发泡温度下的泡孔形貌和泡孔结构参数。可以看出,两种 PPE 微发泡材料的泡孔结构均为闭孔、泡孔结构为圆形或者椭圆形。PPE 340Z 在所用的发泡温度条件下均表现出均匀的泡孔结构,其泡孔尺寸在 120℃时为 0.6 μm、泡孔密度为 3.1×10^{12} 个 /

cm^3 ,随着发泡温度的升高,其泡孔尺寸逐渐增大至 $1.7\ \mu\text{m}$ 随后逐渐降至 $1.2\ \mu\text{m}$,而其泡孔密度则一直降至 $9.1 \times 10^{11}\ \text{个}/\text{cm}^3$ 。PPE 540Z 微发泡材料的泡孔结构分布不均匀,在不同发泡温度下均出现大小孔结构,其平均泡孔尺寸在 $0.6 \sim 1.3\ \mu\text{m}$ 、泡孔密度在 $3.2 \times 10^{11} \sim 3.7 \times 10^{12}\ \text{个}/\text{cm}^3$ 范围内波动。可知,采用微孔发泡技术制备的 PPE 发泡材料具有较高的发泡倍率,均一的泡孔尺寸分布约为 $1 \times 10^{11} \sim 1 \times 10^{12}$ 级的高泡孔密度,发泡材料可应用于很多领域。

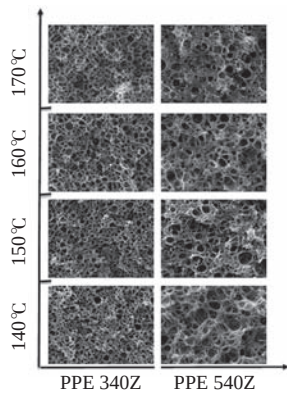
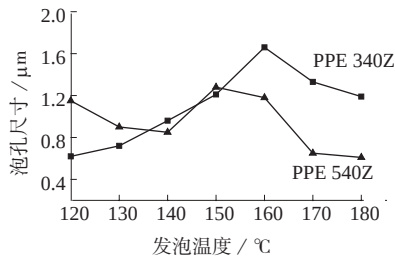
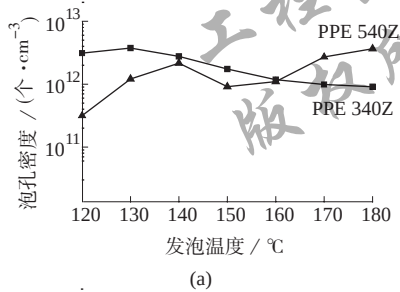


图5 不同发泡温度下 PPE 发泡材料的泡孔形貌



a—泡孔密度; b—泡孔尺寸

图6 不同的发泡温度下 PPE 发泡材料的泡孔密度及泡孔尺寸

2.3 PPE 微发泡材料的阻燃性能

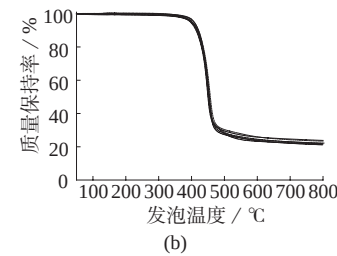
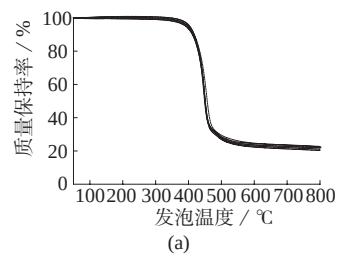
表2为 PPE 与其微发泡材料的阻燃性能,包括 LOI、水平燃烧速率、熔滴状况。对于两种 PPE 树脂,微发泡结构增加了材料的孔隙率,降低了材料的 LOI 以及增加了材料的水平燃烧速度,这是由于发泡材料中的孔隙增加了聚合物与空气的接触面积,

降低了阻燃剂的体积浓度,因此降低了 PPE 发泡材料的阻燃性能^[14]。相对于 PPE 340Z, PPE 540Z 树脂具有较高的 LOI 值,经过微发泡后,对于相似的膨胀倍率的微发泡材料,后者也有相对较高的 LOI 值。对于两种 PPE 微发泡材料,无论其膨胀倍率是多少,燃烧过程中均没有产生熔滴现象。

表2 PPE 及发泡材料的阻燃性能

样品	膨胀倍率	孔隙率/%	LOI/%	水平燃烧速度/($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)	滴落
PPE 340Z	1.0	0	30.1	火焰移开,立即熄灭	无
	1.9	47.4	26.8	89	无
	2.5	60.0	26.4	108	无
	3.2	68.8	25.2	126	无
	4.3	76.7	24.8	189	无
	6.4	84.4	23.4	206	无
PPE 540Z	1.0	0	30.5	—	无
	1.8	44.4	27.4	84	无
	2.4	58.3	26.5	95	无
	3.1	67.7	26.0	115	无
	3.3	69.7	25.7	177	无
	4.5	77.8	24.9	124	无

图7为 PPE 树脂及微发泡材料的 TG 曲线。两种 PPE 树脂只有一步分解,其中 PPE 340Z 的最大失重分解温度为 445.8°C , 800°C 时的残炭率为 22.7%,而 PPE 540Z 的最大失重分解温度在 449.8°C ,残炭率为 23.8%,这因为后者具有更高的 PPE 含量,更有利于体系成炭。此外,对于两种微发泡材料,微发泡结构没有明显影响材料的初始分解温度和残炭率。

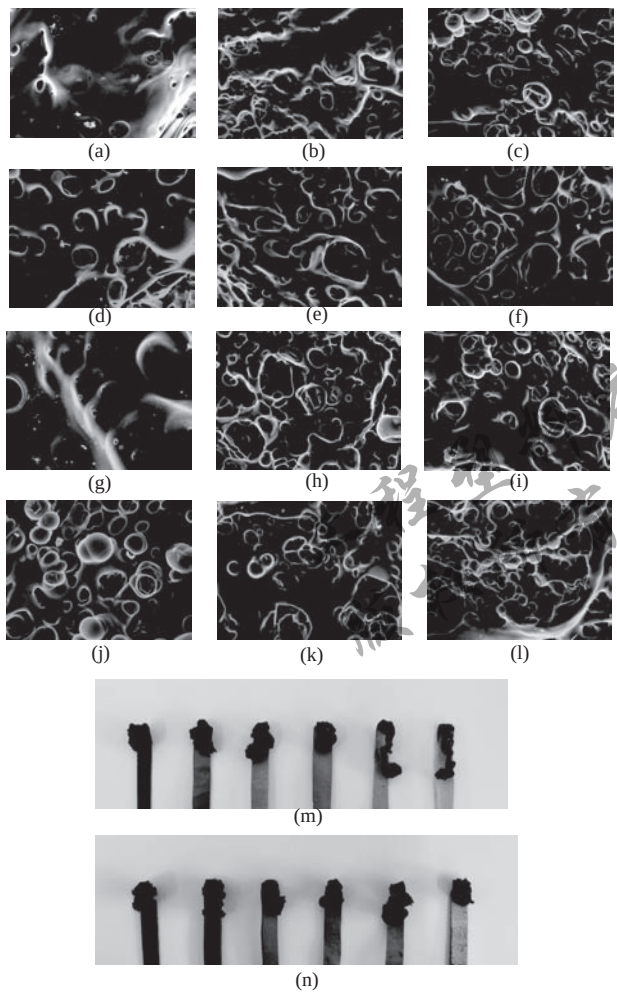


.....—120°C; ——130°C;—140°C;—150°C;—160°C

a—PPE 340Z; b—PPE 540Z

图7 不同的发泡温度下 PPE 及其发泡材料的 TG 曲线

PPE 发泡材料经过 LOI 燃烧后的照片和炭层如图 8 所示。由图 8 可以看出,改性 PPE 及发泡材料的成炭量较多,不产生熔滴。从碳层的 SEM 照片观察到,碳层呈多孔结构,而发泡材料的炭层存在塌缩的泡孔,有些泡孔破坏继而形成孔洞。随着发泡倍率的增大,炭层孔洞也越来越多,导致阻燃性能越来越差。这是因为炭层附着在材料的表面可以隔绝高聚物基体和空气中的物质能量交换^[15],较差的炭层不能有效地隔热隔氧,阻止聚合物的降解。



膨胀倍率: b—1.9; c—2.5; d—3.2; e—4.3; f—6.4; h—1.8; i—2.4; j—3.1; k—3.3; l—4.5
a—PPE 340Z; g—PPE 540Z
炭层照片: m—PPE 340Z; n—PPE 540Z

图 8 PPE 发泡材料经过 LOI 燃烧后的 SEM 和炭层照片

表 3 示出两种 PPE 微发泡材料在不同膨胀倍率下的力学性能。由表 3 可见,无论发泡与否, PPE 540Z 的力学性能都优于 PPE 340Z,这可以归因于 PPE 540Z 中含有更高的 PPE 含量。随着膨胀倍率的提高, PPE340Z 和 PPE540Z 的拉伸弹性模量和拉伸强度都逐渐降低。发泡结构对材料的力学性能有

一定的影响。此外, PPE 340Z 的比强度随着膨胀倍率的提高而降低,在膨胀倍率为 4.3 倍时,对应的比强度为 30.7 MPa/(g/cm³),而 PPE 540Z 在膨胀倍率为 4.5 时,比强度为 67.5 MPa/(g/cm³),甚至优于未发泡材料。良好的力学性能拓宽了材料的应用领域。

表 3 在不同膨胀倍率下 PPE 及其发泡材料的力学性能

样品	膨胀倍率	拉伸弹性模量 /MPa	拉伸强度 /MPa	比强度 / [MPa · (g · cm ⁻³) ⁻¹]
PPE 340Z	1.0	1 802.2	61.3	56.8
	2.5	417.2	19.9	46.1
	4.3	264.6	7.7	30.7
PPE 540Z	1.0	2 003.1	68.5	63.4
	2.4	479.8	20.6	45.8
	4.5	348.8	16.2	67.5

3 结论

以高压 CO₂ 流体为发泡剂,采用固态发泡技术制备了两种 PPE 微发泡材料,研究了微发泡材料泡孔结构及发泡前后阻燃性能的变化。

(1) PPE 340Z 树脂在高压 CO₂ 流体氛围中表现出较优的膨胀形变,膨胀倍率最高为 6.4,而且有均一的泡孔尺寸分布,两种 PPE 树脂都可达到 1 × 10¹¹~1 × 10¹² 级的高泡孔密度。

(2) 无论材料发泡与否, PPE 540Z 的阻燃性能都优于 PPE 340Z,随着膨胀倍率的提高,发泡材料的阻燃性能也逐渐降低,重要的是,燃烧过程中都不产生熔滴,这也说明了 PPE 是很好的成炭剂。

(3) 随着膨胀倍率的提高, PPE 微发泡材料的力学性能逐渐降低,但 PPE 540Z 微发泡材料的比强度在膨胀倍率为 4.5 时优于未发泡材料。

参考文献

[1] 李爱英,常杰云.聚苯醚改性的研究进展与应用[J].工程塑料应用,2011,39(2):96-99.
Li Aiying, Chang Jieyun. Research progress and application of polyphenylene oxide modification[J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(2):96-99.

[2] Paszkiewicz S, Szymczyk A, Franciszczak P, et al. Characterization of polypropylene / poly(2,6-dimethyl-1,4-phenyleneoxide) blends with improved thermal stability[J]. Polymer Bulletin, 2018, 75(8):3 679-3 691.

[3] Li Jianxiong, Chan C M. Phase structure and mechanical properties of modified poly(phenylene oxide) with high fluidity[J]. Polymers for Advanced Technologies, 2012, 23(4):803-809.

[4] Li Yulin, Xie Tingxiu, Yang Guisheng. Effects of polyphenylene oxide content on morphology, thermal, and mechanical properties of polyphenylene oxide / polyamide 6 blends[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2006, 99(5):2 076-2 081.

- [5] Balabanovich A I, Engelmann J. Fire retardant and charring effect of poly(sulfonyldiphenylene phenylphosphonate) in poly(butylene terephthalate)[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2003, 79(1):85-92.
- [6] 翟文涛,余坚,何嘉松.超临界流体制备微发泡聚合物材料的研究进展[J]. *高分子通报*, 2009(3):1-10.
Zhai Wentao, Yu Jian, He Jiasong. Research progresses in preparation of microcellular polymers by supercritical fluid technique[J]. *Polymer Bulletin*, 2009(3):1-10.
- [7] Li Ruosong, Zeng Dan, Liu Qinli, et al. Physical properties of microcellular polymeric foams with supercritical CO₂[J]. *Materials Research Innovations*, 2015, 19(5):250-256.
- [8] Wang Guilong, Zhao Jinchuan, Wang Guizhen, et al. Low-density and structure-tunable microcellular PMMA foams with improved thermal-insulation and compressive mechanical properties[J]. *European Polymer Journal*, 2017, 95:382-393.
- [9] Wang J J, Ren Q, Zheng W G, et al. Improved flame-retardant properties of poly(lactic acid) foams using starch as a natural charring agent[J]. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2014, 53(4):1422-1430.
- [10] 黄朋科,庞永艳,张树海,等.大分子溴系复合阻燃剂对PS和发泡PS的阻燃改性[J]. *工程塑料应用*, 2016, 44(11):7-11.
- Huang Pengke, Pang Yongyan, Zhang Shuhai, et al. Effect of composited macromolecular brominated flame retardants on flame retardant modification of polystyrene and polystyrene foam[J]. *Engineering Plastics Application*, 2016, 44(11):7-11.
- [11] Matuana L M, Faruk O. Effect of gas saturation conditions on the expansion ratio of microcellular poly(lactic acid) / wood-flour composites[J]. *Express Polymer Letters*, 2010, 4(10):621-631.
- [12] Yan Hong, Zhang Jinkai, Zhang Meng, et al. Synergistic flame-retardant effect of IFR and PPO in improving flame retardancy of polystyrene[J]. *Advances in Polymer Technology*, 2016, 35(2):208-214.
- [13] Ren Q, Wang J, Zhai W T, et al. Fundamental influences of induced crystallization and phase separation on the foaming behavior of poly(lactic acid) / polyethylene glycol blends blown with compressed CO₂[J]. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2016, 55(49):12557-12568.
- [14] Wang K, Wang J J, Zhao D, et al. Preparation of microcellular poly(lactic acid) composites foams with improved flame retardancy[J]. *Journal of Cellular Plastics*, 2016, 53(1):45-63.
- [15] Liu H, Zhang B, Han J. Flame retardancy and smoke suppression properties of flexible polyurethane foams containing an aluminum phosphate microcapsule[J]. *Rsc Advances*, 2017, 7(56):35320-35329.

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、第三届全国期刊奖等多项国家、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:济南市工商银行经十一路支行

账号:1602001229014425546

网上订购: <http://www.epa1973.com>