

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2016.07.022

PF 泡沫塑料对 PF/ EPS 复合泡沫塑料性能的影响^{*}

田 韞 智, 岳 航

(黄淮学院, 河南驻马店 463000)

摘要: 研究出一种具有较好稳定性、保温性能、力学性能和阻燃性能的酚醛树脂 (PF) / 可发性聚苯乙烯 (EPS) 复合泡沫塑料。在 PF 泡沫塑料颗粒基体中加入 EPS 发泡颗粒, 充分混合固化, 使 PF 泡沫塑料颗粒与 EPS 发泡颗粒紧密结合, EPS 发泡颗粒被 PF 泡沫塑料颗粒包围并相互隔离, 再用模具发泡成型得到该复合泡沫塑料。实验结果表明, PF 的含量越高, 稳定性、力学性能和阻燃性能越好, 保温性能呈现先升高后下降的趋势, 当 PF 的含量为 80% 时, PF/ EPS 复合泡沫塑料的表现密度为 38.4 kg/m^3 , 热导率为 $0.024 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, 弯曲强度为 0.134 kPa , 压缩强度为 323 kPa , 极限氧指数为 47.9%, 烟密度等级小于 15, 热释放速率峰值小于 250 kW/m^2 , 综合性能最好。

关键词: 酚醛树脂; 可发性聚苯乙烯; 复合泡沫塑料; 性能

中图分类号: TQ325.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2016)07-0114-04

Effects of PF Foam on Properties of PF/ EPS Composite Foams

Tian Yunzhi, Yue Hang

(Huanghuai University, Zhumadian 463000, China)

Abstract : The good stability, thermal properties, mechanical properties and flame retardancy phenolic resin (PF) / expandable polystyrene (EPS) composite foams were researched. EPS foam particles were added to the PF foam particles matrix, and the mixtures were fully mixed and cured, the PF foam particles and EPS foam particles are tightly combined, the EPS foam particles were surrounded by the PF foam particles and isolated from each other, then the PF/ EPS composite foams are obtained by the foam molding mold. The results show that the content of PF foam is more, the stability, mechanical properties and flame retardant properties of the PF/ EPS composite foams are better, the thermal insulation property shows a trend of increasing first and then decreasing. When the content of PF foam particles is 80%, the density of PF/ EPS composite foam apparent is 38.4 kg/m^3 , the thermal conductivity is $0.024 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, the bending strength is 0.134 kPa , the compressive strength is 323 kPa , the limited oxygen index is 47.9%, the smoke density is less than 15, the peak heat release rate is less than 250 kW/m^2 , the PF/ EPS composite foam has best comprehensive performance.

Keywords : phenolic resin ; expandable polystyrene ; composite foam ; property

可发性聚苯乙烯 (EPS) 泡沫塑料具有成本低廉、质量轻、保温效果好、强度高优点, 广泛应用于建筑墙体、地暖的采暖保温等领域。但是 EPS 泡沫塑料属于易燃材料, 在使用过程中易发生火灾, 并且在燃烧过程中热释放速率高、产生熔滴等, 目前如何提高其阻燃效果仍属于亟待解决的问题^[1-2]。

酚醛树脂 (PF) 泡沫塑料具有阻燃、耐热、隔热、低烟低毒、耐化学腐蚀、尺寸稳定性好、吸声性能高、易加工、粘附性强等优点^[3], 广泛应用于建筑保温、隔热等领域^[4], 但是 PF 泡沫塑料的材质较脆、易掉渣, 强度低等缺点, 使其推广应用受到限制^[5-6]。

笔者通过在 PF 泡沫塑料基体中加入 EPS 发泡颗粒, 制备了建筑 PF/ EPS 复合泡沫塑料, 该复合泡沫塑料具有耐燃性好、发烟量低等优点, 有效地解

决了 PF 泡沫塑料脆性大、易粉化等问题, 在我国建筑材料市场有着广阔的应用前景^[7], 并分析探讨了 PF 泡沫塑料含量对 PF/ EPS 复合泡沫塑料性能的影响^[8-10]。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PF 颗粒: 2130, 济宁华凯树脂有限公司;

EPS 发泡颗粒: F-SB, 宁波新桥化工有限公司;

吐温 80、甘油、正戊烷、磷酸、硫酸、对甲苯磺酸;

分析纯, 北京益利精细化学品有限公司。

^{*} 河南省科技发展计划项目 (122102310435)

联系人: 田 韞 智, 硕士, 讲师, 主要研究方向为景观建筑城市生态、节能设计及技术

收稿日期: 2016-04-21

1.2 主要仪器与设备

发泡成型模具:自制;

搅拌多用机:SFJ-400 型,上海现代环境工程技术有限公司;

电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9203A 型,上海精密实验设备有限公司;

万能制样机:WZY-240 型,承德大华试验机有限公司;

表观密度测定仪:HM-105 型,山东恒美电子科技有限公司;

热导率测定仪:im-DRY3001 型,天津英贝尔科技发展有限公司;

万能试验机:IMAR-X 型,天津英贝尔科技发展有限公司;

极限氧指数测定仪:JF-3 型,南京江宁区仪器分析厂;

建材烟密度测试仪:Z801 型,青岛山纺仪器有限公司;

全尺寸多功能热释放速率实验台:ZY6258 型,东莞中诺(台湾)质检仪器设备有限公司。

1.3 制备方法

准备好搅拌器、回流冷凝管、温度计、500 mL 四颈瓶,正戊烷、吐温 80、固化剂(磷酸、硫酸、对甲苯磺酸的质量比为 1:1:1)、甘油、PF 的物质的量之比为 5:5:15:10:65,将称量好的正戊烷、吐温 80、固化剂、甘油依次加入四颈瓶中,充分混合,然后加入称量好的 PF,控制温度 86~88℃,恒温回流反应 1 h,当浑浊点为 80~83℃时,反应结束。加水搅拌 10 min,静置分层,分去上层水分,干燥并粉碎得 PF 泡沫塑料颗粒。

准备好搅拌器、回流冷凝管、温度计、3 000 mL 不锈钢反应器,将 PF 泡沫塑料颗粒 1 kg 和 EPS 发泡颗粒 1 kg 分别加入到不锈钢反应器中,充分混合后,加入 0.5 kg 固化剂(磷酸、硫酸、对甲苯磺酸的质量比为 1:1:0.5),开始搅拌,控制温度在 50~120℃之间,约 120 min 混合物固化。将混合物移入模具中,维持温度 50℃,约 25 min,发泡成型,移出并自然冷却到常温,得到建筑 PF/EPS 复合泡沫塑料。

重复上述实验,制得不同 PF 泡沫塑料含量的 PF/EPS 复合泡沫塑料。

1.4 性能测试

表观密度按照 GB/T 6343-2009 测试;

热导率按照 GB/T 10294-2008 测试;

弯曲强度按照 GB/T 8812-2007 测试;

压缩强度按照 GB/T 8813-2008 测试;

极限氧指数按照 GB/T 2406-2009 测试;

烟密度等级按 GB/T 8627-2007 测试;

热释放速率按 GB/T 16172-2007 测试。

2 结果与讨论

2.1 PF 泡沫塑料含量对表观密度的影响

图 1 为 PF 泡沫塑料含量对 PF/EPS 复合泡沫塑料表观密度的影响。

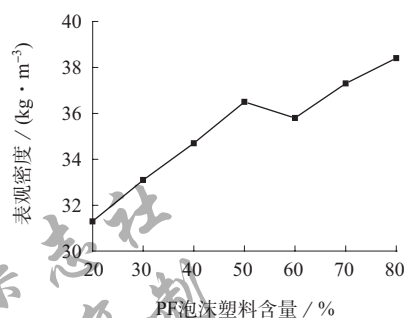


图1 PF 泡沫塑料含量对表观密度的影响

从图 1 可以看出,当 PF 泡沫塑料含量为 20%~80% 时,PF/EPS 复合泡沫塑料的表观密度随着 PF 泡沫塑料含量的增加而呈现逐渐增大的趋势,说明 PF 泡沫塑料能够明显提高 PF/EPS 复合泡沫塑料的表观密度,当 PF 泡沫塑料含量为 80% 时,PF/EPS 复合泡沫塑料的表观密度达到最大值,为 38.4 kg/m³。

2.2 PF 泡沫塑料含量对导热系数的影响

图 2 为 PF 泡沫塑料含量对 PF/EPS 复合泡沫塑料热导率的影响。

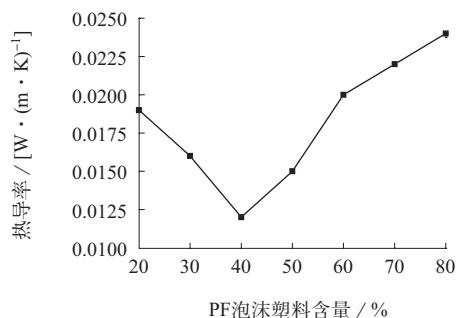


图2 PF 泡沫塑料含量对热导率的影响

从图 2 可以看出,当 PF 泡沫塑料含量为 20%~80% 时,PF/EPS 复合泡沫塑料的热导率随着 PF 泡沫塑料含量的增加呈现先减小后增大的趋势,当 PF 泡沫塑料含量达到 40% 时,复合泡沫塑料的热导率最小,此时的保温性能最好;而当 PF 泡沫塑料

含量为 80% 时, PF/ EPS 复合泡沫塑料的热导率为 $0.024 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

2.3 PF 泡沫塑料含量对力学性能的影响

图 3 为 PF 泡沫塑料含量对 PF/ EPS 复合泡沫塑料弯曲强度的影响。

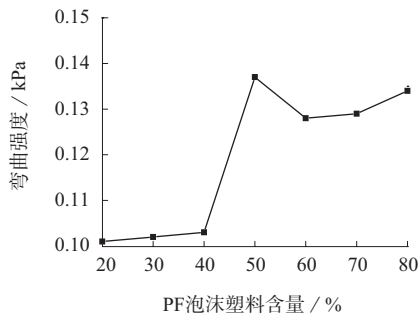


图 3 PF 泡沫塑料含量对弯曲强度的影响

从图 3 可以看出,随着 PF 泡沫塑料含量的增加, PF/ EPS 复合泡沫塑料的弯曲强度呈现逐渐增大的趋势,当 PF 泡沫塑料含量为 40%~50% 时,复合泡沫塑料的弯曲强度随着 PF 泡沫塑料含量的增加快速上升并达到最大值,继续增加 PF 泡沫塑料的含量,复合泡沫塑料的弯曲强度呈现先逐渐减小后逐渐增大的趋势,但变化趋缓。当 PF 泡沫塑料含量为 80% 时,复合泡沫塑料的弯曲强度为 0.134 kPa 。

图 4 为 PF 泡沫塑料含量对 PF/ EPS 复合泡沫塑料压缩强度的影响。

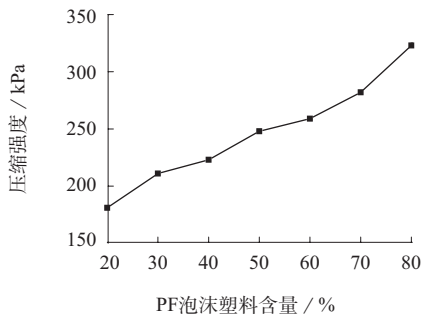


图 4 PF 泡沫塑料含量对压缩强度的影响

从图 4 可以看出,当 PF 泡沫塑料含量为 20%~80% 时, PF/ EPS 复合泡沫塑料的压缩强度随着 PF 泡沫塑料含量的增加而增大。当 PF 泡沫塑料含量为 80% 时, PF/ EPS 复合泡沫塑料的压缩强度为 323 MPa 。

综上所述, PF 泡沫塑料含量为 80% 时, PF/ EPS 复合泡沫塑料的力学性能最好。

2.4 PF 泡沫塑料含量对阻燃性能的影响

图 5 为 PF 泡沫塑料含量对 PF/ EPS 复合泡沫

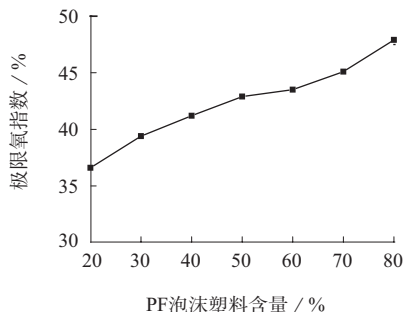


图 5 PF 泡沫塑料含量对极限氧指数的影响

塑料极限氧指数的影响。

一般认为,极限氧指数低于 22% 属易燃材料,在 22%~27% 之间属可燃材料,大于 27% 属难燃材料。从图 5 可以看出,当 PF 泡沫塑料含量为 20%~80% 时, PF/ EPS 复合泡沫塑料的极限氧指数随着 PF 泡沫塑料含量的增加而增大,并且极限氧指数大于 27%,达到难燃材料的指标。当 PF 泡沫塑料含量为 80% 时, PF/ EPS 复合泡沫塑料的极限氧指数为 47.9%。

图 6 为 PF 泡沫塑料含量对 PF/ EPS 复合泡沫塑料烟密度等级的影响。

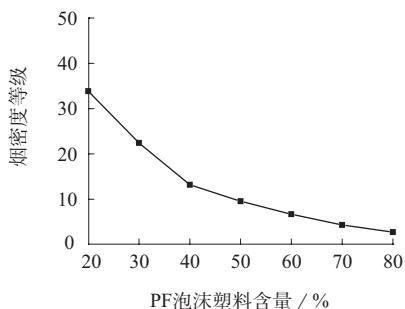


图 6 PF 泡沫塑料含量对烟密度等级的影响

从图 6 可以看出,当 PF 泡沫塑料含量为 20%~80% 时, PF/ EPS 复合泡沫塑料的烟密度等级随着 PF 泡沫塑料含量的增加而降低,复合泡沫塑料的烟密度等级小于 75,可以达到难燃材料的指标。当 PF 泡沫塑料含量 $\geq 40\%$ 时,烟密度等级小于 15,可以达到不燃材料的指标。

图 7 为 PF 泡沫塑料含量对 PF/ EPS 复合泡沫塑料热释放速率峰值的影响。

从图 7 可以看出,当 PF 泡沫塑料含量为 20%~80% 时, PF/ EPS 复合泡沫塑料的热释放速率峰值随着 PF 泡沫塑料含量的增加呈现先上升后下降的趋势。除了 PF 泡沫塑料含量为 40% 外,其余含量的热释放速率峰值均低于 $250 \text{ kW}/\text{m}^2$,满足阻燃泡沫塑料的要求。

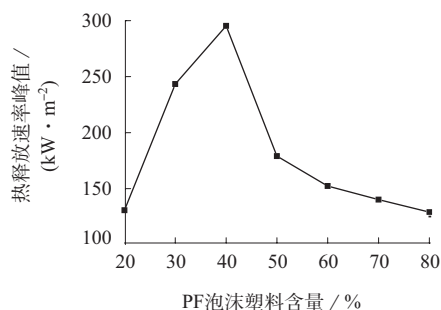


图7 PF 泡沫塑料含量对热释放速率峰值的影响

图8为PF 泡沫塑料含量对PF/EPS 复合泡沫塑料达到热释放速率峰值的时间的影响。

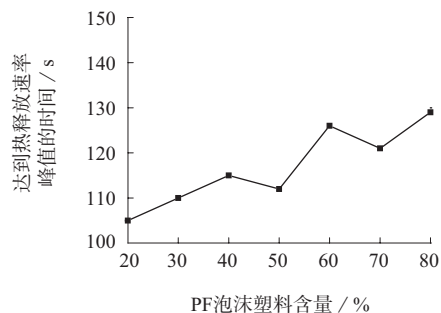


图8 PF 泡沫塑料含量对达到热释放速率峰值的时间影响

达到热释放速率峰值的时间越短,泡沫材料在火灾中的危险性越大即越易燃烧。从图8可看出,当PF 泡沫塑料含量为20%~80%时,达到热释放速率峰值的时间随PF 泡沫塑料含量的增加而延长。

综合以上分析,PF 泡沫塑料含量为80%时,PF/EPS 复合泡沫塑料的阻燃效果最好。

3 结论

(1) 随着PF 泡沫塑料含量的增加,PF/EPS 复合泡沫塑料的表观密度呈现增大的趋势。

(2) 随着PF 泡沫塑料含量的增加,PF/EPS 复合泡沫塑料的热导率呈现先减小后增大的趋势,当PF 泡沫塑料含量为40%时,热导率最低,保温性能最好。

(3) 当PF 泡沫塑料含量为40%~50%时,PF/EPS 复合泡沫塑料的弯曲强度随着PF 泡沫塑料含量的增加快速上升至最大值;压缩强度随着PF 泡沫塑料含量的增加而增大。

(4) 随着PF 泡沫塑料含量的增加,PF/EPS 复合泡沫塑料的极限氧指数逐渐增大,烟密度等级逐渐减小,热释放速率峰值呈现先上升后下降的趋势,达到热释放速率峰值的时间相应延长。PF 泡沫塑料含量为80%时,PF/EPS 复合泡沫塑料的阻燃效果最好。

(5) 综合分析,当PF 泡沫塑料含量为80%时,

PF/EPS 复合泡沫塑料的综合性能最好。

参考文献

- [1] 张胜,李玉玲,谷晓昱,等. 聚苯乙烯泡沫塑料阻燃方法的研究进展[J]. 塑料,2013,42(4):37-41.
Zhang Sheng, Li Yuling, Gu Xiaoyu, et al. Research progress of flame-tetardant PS foams[J]. Plastics, 2013, 42(4):37-41.
- [2] 王勇,崔正,董明哲,等. 聚苯乙烯泡沫塑料阻燃技术研究进展[J]. 中国塑料,2011,25(9):6-10.
Wang Yong, Cui Zheng, Dong Mingzhe, et al. Research progress in flame retardant technologies for polystyrene foams[J]. China Plastics, 2011, 25(9):6-10.
- [3] 杨彦峰. 酚醛泡沫的制备及纤维增强酚醛泡沫性能的研究[D]. 北京:北京化工大学,2014.
Yang Yanfeng. Preparation of Phenolic foam and reinforcement of phenolic foam with fibers[D]. Beijing:Beijing University of Chemical Technology, 2014.
- [4] 王志才. 酚醛泡沫及其复合材料制备与性能研究[D]. 太原:中北大学,2011.
Wang Zhicai. Research of preparation and property of phenolic foam and composite[D]. Taiyuan:North University, 2011.
- [5] 赵宇航. 功能酚醛泡沫塑料的制备及增韧改性研究[D]. 太原:太原理工大学,2015.
Zhao Yuhang. Study on preparation and toughness of functional phenolic foam plastics[D]. Taiyuan:Taiyuan University of Technology, 2015.
- [6] 高冬梅. 酚醛树脂的改性及其发泡研究[D]. 天津:河北工业大学,2014.
Gao Dongmei. Modification and foaming properties of phenolic resin[D]. Tianjin:Hebei University of Technology, 2014.
- [7] 孙洪伟,蓝云飞,朱勇飞,等. 酚醛树脂泡沫/发泡聚苯乙烯颗粒复合材料性能研究[J]. 塑料科技,2015,43(11):40-44.
Sun Hongwei, Lan Yunfei, Zhu Yongfei, et al. Study on properties of phenolic resin foam/foamed polystyrene particles composites[J]. Plastics Science and Technology, 2015, 43(11):40-44.
- [8] 路国忠,赵炜璇,张宇燕. 酚醛树脂改性模塑聚苯乙烯泡沫板的制备工艺及性能研究[J]. 合成树脂及塑料,2015(15):52-55.
Lu Guozhong, Zhao Weixuan, Zhang Yuyan. Research on preparation and performance of thermosetting polystyrene insulation board[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2015(15):52-55.
- [9] 位东,李永肖,李文军,等. 酚醛树脂/蒙脱土纳米复合材料的制备及其泡沫的研究[J]. 化工新型材料,2011(10):131-134.
Wei Dong, Li Yongxiao, Li Wenjun, et al. Study on phenolic resin / montmorillonite nanocomposites and its foams[J]. New Chemical Materials, 2011(10):131-134.
- [10] 周金堂. 酚醛泡沫及其复合材料的制备、改性与性能研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2014.
Zhou Jingtang. Preparation, modification and Performance of phenolic foam and its composites[D]. Nanjing:Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2014.