

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.08.007

玻璃纤维改性酚醛泡沫塑料的研究

杨彦峰,何继敏,陈同海,薛平

(北京化工大学塑料机械及塑料工程研究所,北京 100029)

摘要:采用玻璃纤维(GF)改性酚醛(PF)泡沫塑料,考察了其阻燃性能、表观密度和力学性能。阻燃性能测试结果表明,GF的加入进一步提高了PF泡沫塑料的阻燃性能。表观密度测试结果表明,PF泡沫塑料的表观密度随着GF含量的增加而增大。力学性能测试结果表明,当GF长度为3 mm、质量分数在10%以内时,随着GF含量的增加,PF泡沫塑料的压缩强度和弯曲强度都有所提高;当GF质量分数超过10%后,随着GF含量的增加,PF泡沫塑料的压缩强度和弯曲强度逐渐降低。当GF质量分数为6%时,随着GF长度的增加,PF泡沫塑料的压缩强度有所降低,弯曲强度略有增加。当GF质量分数为6%、长度为3 mm时,PF泡沫塑料的极限氧指数为48%,表观密度为50 kg/m³,压缩强度为0.30 MPa,弯曲强度为0.34 MPa,综合性能较好。

关键词:酚醛泡沫;玻璃纤维;改性

中图分类号: TB332 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)08-0035-04

Research on Glass Fiber Modified Phenolic Foam Plastics

Yang Yanfeng, He Jimin, Chen Tonghai, Xue Ping

(Institute of Plastic Machinery and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: Phenolic (PF) foam plastics were modified by glass fiber (GF). The flame-retardant properties, apparent density and mechanical properties of modified PF foam plastics were investigated. The results show that flame resistances of modified PF foam plastics further increase by GF. Apparent densities of modified PF foam plastics increase with increase of the content of GF. When the length of GF is 3 mm and the mass fraction of GF is within 10%, the compressive strength and bending strength of modified PF foam plastics all increase with the increase of the content of GF. When the mass fraction of GF is over 10%, both of the compressive strength and bending strength of modified PF foam plastics decrease. When the mass fraction of GF is 6%, with the increase of the length of GF, the compressive strength of modified PF foam plastics decrease, and the bending strength increase slightly. When the mass fraction of GF is 6% and the length of GF is 3 mm, the modified PF foam plastics have better comprehensive property, the limiting oxygen index is 48%, the apparent density is 50 kg/m³, the compressive strength is 0.3 MPa, the bending strength is 0.34 MPa.

Keywords: phenolic foam plastics; glass fiber; modify

酚醛(PF)泡沫塑料不仅具有聚氨酯泡沫塑料优良的保温性能,而且其优异的阻燃性能、耐热性能和低毒性能也是其它有机保温材料所不具有的^[1-2],所以PF泡沫塑料被称为“保温材料之王”。但PF泡沫塑料本身的力学性能较差,尤其是脆性大、易粉化,这一缺陷极大地限制了其应用。因此,PF泡沫塑料的增强增韧是塑料改性领域的重要课题^[3]。目前,研究人员针对PF泡沫塑料的缺陷提出了多种不同的改性方法,郑超等^[4]进行了木质素改性PF泡沫塑料的研究,有效地提高了PF泡沫塑料的压缩强度。刘瑞杰等^[5]研究了腰果酚改性PF泡沫塑料,提高了PF泡沫塑料的韧性。廖长礼等^[6]利用聚酰胺改性PF泡沫塑料,提高了PF泡沫塑料的弯

曲强度。但他们的研究都在很大程度上降低了PF泡沫塑料自身的阻燃性能。玻璃纤维(GF)本身不燃烧,是天然的阻燃剂,加入PF泡沫塑料中不但不会降低PF泡沫塑料的阻燃性能,反而能够在一定程度上提高其阻燃性能。目前,有关GF改性PF泡沫塑料的研究报道较少,笔者采用GF改性PF泡沫塑料,考察了其阻燃性能、力学性能和物理性能。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PF: 雪龙泰达国际贸易(北京)有限公司;

联系人: 何继敏, 副研究员, 主要从事高分子材料加工成型技术的研究

收稿日期: 2013-05-30

吐温 80、正戊烷、98% 浓硫酸: 分析纯, 北京益利精细化学品有限公司;

对甲基苯磺酸: 分析纯, 北京世纪拓鑫精细化工有限公司;

GF: 直径为 13 μm , 长度分别为 3, 6, 12 mm, 原丝线密度为 270TEX, 表面经 KH550 处理, 杭州高科复合材料有限公司;

固化剂: 自制。

1.2 主要仪器与设备

搅拌器: GZ-120S 型, 上海力权仪器有限公司;

发泡模具: 自制;

电热恒温鼓风干燥箱: SFG-03.5.400, 黄石市恒丰医疗器械有限公司;

万能制样机: WZY-240 型, 承德大华试验机有限公司;

万能材料试验机: Instron1185 型, 美国 Instron 公司;

记忆式冲击试验机: JJ-20 型, 长春市智能仪器设备有限公司研究所;

电子天平: JM-1003 型, 上海台隆电子衡器有限公司。

1.3 试样制备

按质量份称取 100 份 PF, 4~6 份吐温 80, 6~8 份正戊烷, 加入烧杯中, 用搅拌器搅拌均匀, 再向烧杯中分别加入质量分数为 3%, 6%, 10% 和 15% 的 GF 和自制的固化剂, 用搅拌器搅拌均匀, 迅速倒入预热好的模具中, 放入烘箱中发泡固化, 冷却, 脱模, 分别制备测试试样。

1.4 性能测试

极限氧指数按 GB/T 8924-2005 测试;

简支梁冲击强度按 GB/T 1043.1-2008 测试, 采用三点式加载负荷, 摆锤规格为 2 J;

压缩强度按 GB/T 8813-2008 测试, 测试速度为 2 mm/min;

弯曲强度按 GB/T 8812.1-2007 测试, 测试速度为 5 mm/min;

表观密度按 GB/T 6343-2009 测试。在 PF 泡沫塑料成型后, 放置 72 h 后制样。每个样品制备 5 个试样, 每个试样均被切制成体积大于 100 cm^3 的立方体, 用游标卡尺精确测试试样尺寸并计算其体积, 用精度为 0.1% 的电子天平测试试样的质量, 由式 (1) 计算其表观密度 ρ , 取平均值 (精确至 0.01 kg/m^3)。

$$\rho = \frac{m}{V} \times 10^6 \quad (1)$$

式中: ρ ——表观密度, kg/m^3 ;

m ——试样质量, g;

V ——试样体积, mm^3 。

2 结果与讨论

2.1 GF 含量对 PF 泡沫塑料阻燃性能的影响

GF 本身不燃烧, 将其加入 PF 泡沫塑料中, 能够有效提高 PF 泡沫塑料的阻燃性能, 这也是 GF 改性 PF 泡沫塑料的最大优势。图 1 给出了 GF 含量对 PF 泡沫塑料阻燃性能的影响。

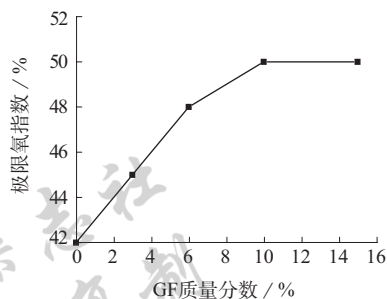


图1 GF 含量对 PF 泡沫塑料阻燃性能的影响

由图 1 可以看出, 未添加 GF 的 PF 泡沫塑料的极限氧指数为 42%, 属难燃材料, 加入 GF 进一步提高了 PF 泡沫塑料的阻燃性能。当 GF 质量分数为 6% 时, 极限氧指数为 48%, 而当 GF 质量分数为 10% 时, 极限氧指数达到最高值 50%, 之后, PF 泡沫塑料的极限氧指数不再随着 GF 含量的增加而提高。

2.2 GF 含量对 PF 泡沫塑料表观密度的影响

图 2 给出了 GF 含量对 PF 泡沫塑料表观密度的影响 (GF 长度为 3 mm)。

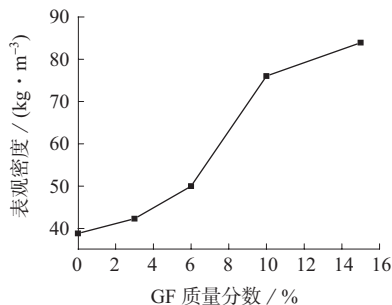


图2 GF 含量对 PF 泡沫塑料表观密度的影响

由图 2 可以看出, 随着 GF 含量的增加, PF 泡沫塑料的表观密度增大。这主要是因为树脂基体中加入了密度大的 GF, 增大了 PF 泡沫塑料整体的表观密度。当 GF 质量分数为 6% 时, PF 泡沫塑料的表观密度仅为 50 kg/m^3 , 是非常理想的情况, 当

GF 质量分数达到 10% 时, PF 泡沫塑料的表观密度急剧增加至 76.01 kg/m^3 。这是因为当 GF 质量分数达到 10% 时,树脂混合物的黏度急剧增大,抑制了泡孔的长大,降低了发泡倍率,从而使得表观密度急剧增大。所以使用 GF 增强 PF 泡沫塑料时,GF 的质量分数一般控制在 10% 以内。

2.3 GF 含量对 PF 泡沫塑料力学性能的影响

图 3 给出了 GF 含量对 PF 泡沫塑料力学性能的影响(GF 长度为 3 mm)。

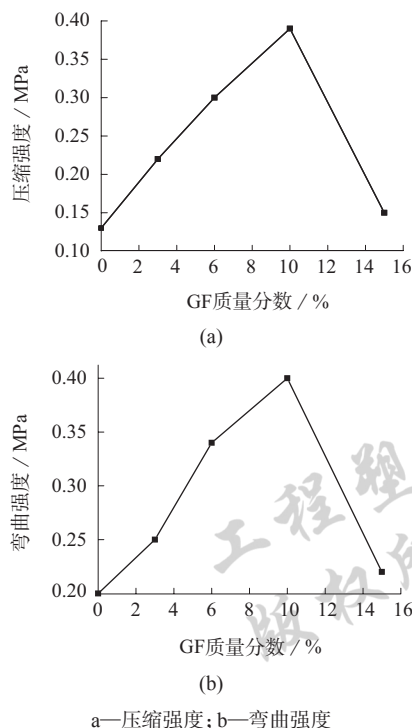


图 3 GF 含量对 PF 泡沫塑料力学性能的影响

由图 3a 可以看出,当 GF 的质量分数在 10% 以内时,PF 泡沫塑料的压缩强度随着 GF 含量的增加而增加。当 GF 质量分数为 6% 时,PF 泡沫塑料的压缩强度为 0.3 MPa,当 GF 质量分数达到 10% 时,PF 泡沫塑料的压缩强度达到 0.39 MPa,而未添加 GF 的 PF 泡沫塑料的压缩强度仅有 0.13 MPa,相比分别提高了 1.3 倍和 2 倍。可见,添加 GF 能够大幅提高 PF 泡沫塑料的压缩强度。但当 GF 质量分数增大到 15% 时,PF 泡沫塑料的压缩强度反而降低到 0.15 MPa。这可能有两个原因:一是 GF 含量的增加使树脂混合物的黏度急剧增大,致使 GF 在树脂基体中的分散困难,难以均匀分散,从而影响 PF 泡沫塑料的压缩强度;二是 GF 含量的增加,使 GF 自身在树脂基体中的分散和取向变得困难,从而降低了 PF 泡沫塑料的压缩强度。

由图 3b 可以看出,在一定范围内,GF 含量的增加能够提高 PF 泡沫塑料的弯曲强度,当 GF 质量分数为 6% 时,PF 泡沫塑料的弯曲强度为 0.34 MPa,当 GF 质量分数为 10% 时,PF 泡沫塑料的弯曲强度为 0.4 MPa,而未添加 GF 的 PF 泡沫塑料的弯曲强度仅为 0.2 MPa,相比分别提高了 0.7 倍和 1 倍。但当 GF 含量过高时,反而不利于 PF 泡沫塑料弯曲强度的提高,当 GF 质量分数为 15% 时,PF 泡沫塑料的弯曲强度降低至 0.22 MPa。这也是因为 GF 含量的增加使树脂混合物的黏度增大,至使 GF 的分散和取向变得困难,从而降低了 PF 泡沫塑料的弯曲强度。

将上述实验数据与 GB/T 20974-2007 绝热用硬质 PF 泡沫塑料制品标准要求进行比较,如表 1 所示。

表 1 GF 增强 PF 泡沫塑料的性能与国家标准的比较

项目	GF 质量分数 / %				GB/T 20974-2007 标准要求
	3	6	10	15	
表观密度 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	42.29	50.00	76.01	83.92	A: $\rho \leq 60$
压缩强度 / MPa	0.22	0.30	0.39	0.15	Ⅲ类: 0.25
弯曲强度 / MPa	0.25	0.34	0.40	0.22	Ⅲ类: 0.27

由表 1 可以看出,只有 GF 质量分数为 6% 的 PF 泡沫塑料能够满足标准要求。综合各方面性能,在 PF 泡沫塑料中添加 GF 的质量分数为 6%。以下实验中,选用 GF 的质量分数为 6%。

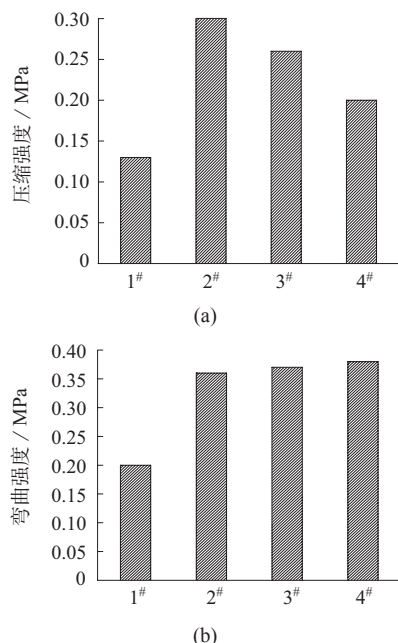
2.4 GF 长度对 PF 泡沫塑料力学性能的影响

图 4 给出了 GF 长度对 PF 泡沫塑料力学性能的影响。

由图 4a 可以看出,随着 GF 长度的增加,PF 泡沫塑料的压缩强度呈下降趋势,当 GF 长度由 3 mm 增加至 12 mm 时,PF 泡沫塑料的压缩强度由 0.3 MPa 降低至 0.2 MPa。这是因为随着 GF 长度的增加,在纤维的取向上易发生微屈曲破坏^[7],使得承压能力下降,从而导致 PF 泡沫塑料的压缩强度降低。

由图 4b 可以看出,GF 长度的变化对 PF 泡沫塑料的弯曲强度的影响较小。随 GF 长度的增加,PF 泡沫塑料的弯曲强度略有增加的趋势,当 GF 长度由 3 mm 增加至 12 mm 时,PF 泡沫塑料的弯曲强度由 0.36 MPa 增加至 0.38 MPa,仅增加了 5.5%。说明 GF 的长度对 PF 泡沫塑料的弯曲强度影响并不大。

综合以上分析可以得出,3 mm 长 GF 改性 PF 泡沫塑料比 6 mm 和 12 mm 长 GF 改性具有更高



1#—未添加 GF 的 PF 泡沫塑料;2#—GF 长度为 3 mm;
3#—GF 长度为 6 mm;4#—GF 长度为 12 mm
a—压缩强度;b—弯曲强度

图4 GF 长度对 PF 泡沫塑料力学性能的影响

的压缩强度;而在弯曲强度上,3 种长度的 GF 相差很小。所以,3 mm 长 GF 改性 PF 泡沫塑料具有更好的力学性能。

3 结论

(1) PF 泡沫塑料自身的极限氧指数可达 42%,属难燃材料,GF 的加入进一步提高了其阻燃性能,极限氧指数最高可达到 50%。

(2) 随着 GF 含量的增加,PF 泡沫塑料的表观密度增加,当 GF 质量分数在 6% 以内时,PF 泡沫塑料的表观密度增加并不多,其中,GF 质量分数为 6% 时,PF 泡沫塑料的表观密度为 50 kg/m^3 ,较为理想,但当 GF 质量分数达到 10% 时,PF 泡沫塑料的表观密度急剧增加至 76.01 kg/m^3 ,致使泡沫塑料的发泡倍率降低。

(3) 当 GF 长度为 3 mm、质量分数在 10% 以内时,随着 GF 含量的增加,PF 泡沫塑料的压缩强度逐渐增加,当 GF 质量分数为 10% 时,其压缩强度由未添加 GF 时的 0.13 MPa 增加至 0.39 MPa,增

加了 2 倍;弯曲强度由 0.2 MPa 增加至 0.4 MPa,增加了 1 倍。当 GF 质量分数超过 10% 后,随着 GF 含量的增加,PF 泡沫塑料的压缩强度和弯曲强度逐渐降低,当 GF 质量分数为 15% 时,压缩强度急剧下降至 0.15 MPa,弯曲强度下降至 0.22 MPa。

(4) 当 GF 质量分数为 6% 时,随着 GF 长度的增加,PF 泡沫塑料的压缩强度有所降低,弯曲强度略有增加。当 GF 长度由 3 mm 增加至 12 mm 时,PF 泡沫塑料的压缩强度由 0.3 MPa 降低至 0.2 MPa,弯曲强度由 0.36 MPa 增加至 0.38 MPa。

(5) 综合各项性能,PF 泡沫塑料中 GF 质量分数为 6%、长度为 3 mm 时,PF 泡沫塑料的综合性能较好。

参考文献

- [1] Gardziella A, Pilato L A, Knop A. Phenolic resins[M]. Berlin Heidelberg:Springer-Verlag, 2000.
- [2] Landrock. Handbook of Plastic Foams[M]. New Jersey:Noyes Publications, 1995.
- [3] 黄发荣,焦扬声. 酚醛树脂及其应用[M]. 北京:化学工业出版社, 2003.
Huang Farong, Jiao Yangsheng. Phenolic resin and application[M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2003.
- [4] 郑超,李常彬,吕虎,等. 木质素改性酚醛泡沫的研究[J]. 广州化工, 2012, 40(22):53-54.
Zheng Chao, Li Changbin, Lv Hu, et al. Research on lignin-modified phenolic foam[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2012, 40(22):53-54.
- [5] 刘瑞杰,谭卫红,胡立红,等. 腰果酚增韧酚醛泡沫研究[J]. 应用化工, 2012, 41(11):1973-1975.
Liu Ruijie, Tan Weihong, Hu Lihong, et al. Research on the phenolic foam toughened by cardonal[J]. Applied Chemical Industry, 2012, 41(11):1973-1975.
- [6] 廖长礼,匡松连,张宗强,等. 聚酰胺改性酚醛树脂及泡沫性能[J]. 宇航材料工艺, 2012(2):61-63.
Liao Changli, Kuang Songlian, Zhang Zongqiang, et al.. Polyamide modified phenolic resin and phenolic foam properties[J]. Aerospace Materials & Technology, 2012(2):61-63.
- [7] 矫桂琼,贾普荣. 复合材料力学[M]. 西安:西北工业大学出版社, 2008.
Jiao Guiqiong, Jia Purong. Composite mechanics[M]. Xi'an: Northwestern Industrial University Press, 2008.

武汉乙烯第二套装置投产成功

7月3日,武汉乙烯第二套 20 万 t/a 双环管液相本体法聚丙烯装置生产出合格粉料,并实现了安全、经济、一次投产成功。

该装置采用国产自主成熟工艺,其产品属通用材料,广

泛用于生活、医疗等领域,市场前景良好。

该装置历经全流程气密实验、大型机组和仪表调试等步骤,于 7 月 2 日工艺流程全线打通,连续运行 17 h 后,生产出合格产品。目前装置运行平稳,武汉乙烯倒开车进程又向前迈进一步。
(工程塑料网)