

增强聚氨酯泡沫塑料的研究

刘新建¹ 李青山^{1,2}

(1. 燕山大学高分子材料系 秦皇岛 066004; 2. 燕大奇才科技开发有限公司 秦皇岛 066004)

摘要: 本论文对 RPUF 材料制备的配方和工艺进行优化, 得出了最佳配方为: 100 聚醚多元醇 + 150PAPI + 0.1 水 + 0.4 辛酸亚锡 + 0.6 三乙醇胺 + 1 硅油。将制得的增强 RPUF 试样进行力学性能分析, 从而探讨不同填料增强聚氨酯泡沫塑料的破坏机理。玻璃纤维和微米 SiO₂ 增强 RPUF 都经历了先增大后减小的过程, 二者最佳添加量分别为 2%、4% 玻璃纤维增强效果要明显强于微米 SiO₂, 而经 KH550 表面处理的玻璃纤维, 由于其与聚氨酯基体形成了稳定的化学键, 增强效果要明显优于未处理的。

关键词: RPUF 玻璃纤维 微米 SiO₂ 增强

硬质聚氨酯泡沫塑料(RPUF)是聚氨酯材料体系中最重要品种之一, 它具有密度小、隔热性好、吸音和成型简便等优点; 但 RPUF 在作为承载结构材料的应用中, 还要求有优良的强度、模量和尺寸稳定性。与其它材料相比, RPUF 的压缩、弯曲和冲击强度等技术指标不能满足使用要求, 因而限制了它的广泛应用。为了弥补这个缺陷, 增强聚氨酯泡沫塑料已成为近年来的发展趋势。

目前具有使用价值的增强材料主要是短玻纤和微米 SiO₂, 这两种材料的综合增强效应较好, 在提高材料的强度和模量的同时, 不会过多的降低材料的冲击韧性。目前国内外对于这些填料在聚氨酯体系中的作田作了一些研究^[1-9]。

1. 实验原料

聚醚多元醇(450mgKOH/g), PAPI(PM-200), 三乙醇胺, 辛酸亚锡, 硅油, 短切玻璃纤维, 微米 SiO₂ 硅烷偶联剂(KH550)

2. 实验内容

本实验对 RPUF 材料制备的配方和工艺进行优化, 得出了最佳配方为: 100 聚醚多元醇 + 150PAPI + 0.1 水 + 0.4 辛酸亚锡 + 0.6 三乙醇胺 + 1 硅油。反应温度控制在 25-30 。

由于玻璃纤维导致反应流动性不够, 填料很难在泡沫中分散均匀, 反而使性能降低, 所以玻璃纤维的添加量我们取 0.5 - 3%; 而微米 SiO₂ 对反应液粘度的影响要远远小于玻璃纤维, SiO₂ 的添加量我们取 1 - 6%。

3. 实验结果与分析

3.1 RPUF 增强结果

采用电子万能试验机分别对原始试样、玻纤、微米 SiO₂ 增强试样进行了压缩强度测试，得出了应力应变曲线，具体测试结果见表 1。

表 1 SiO₂ 和玻纤增强强度表

添加量 (%)	SiO ₂ 增强 σ_{dB} (MPa)	未处理玻纤增强 σ_{dB} (MPa)	处理玻纤增强 σ_{dB} (MPa)
0	0.43	0.43	0.43
0.5	-	0.61	0.70
1	0.48	0.66	0.74
1.5	-	0.69	0.78
2	0.49	0.85	1.11
2.5	-	0.76	0.86
3	0.62	0.63	0.75
4	0.68	-	-
5	0.62	-	-
6	0.41	-	-

由图 1 可知玻璃纤维和微米 SiO₂ 增强 RPUF 都经历了先增大后减小的过程，二者最佳添加量分别为 2%、4%，玻璃纤维增强效果要明显强于微米 SiO₂，而经 KH550 表面处理的玻璃纤维，由于其与聚氨酯基体形成了稳定的化学键，增强效果要明显优于未处理的。（其中，A 为 SiO₂ 增强应力应变曲线，B 为未处理玻纤增强应力应变曲线，C 为经 KH550 处理玻纤增强应力应变曲线。）

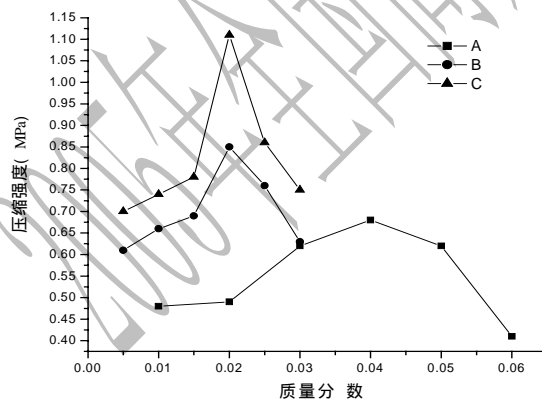


图 1 RPUF 压缩强度随填料含量的变化

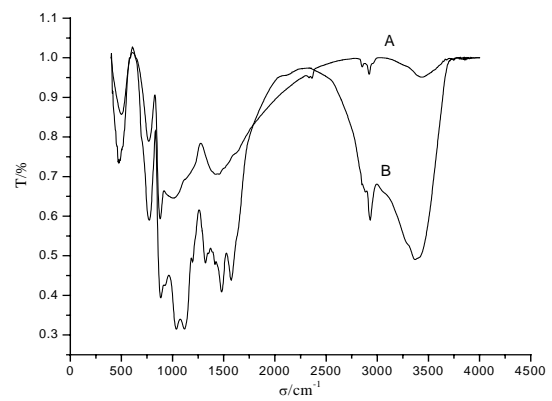


图 2 玻璃纤维的红外谱图

3.2 红外分析

图 2 中 A 为未经表面处理的玻纤的红外谱图，可看出 1380 cm⁻¹ 处为 C=H 的伸缩振动峰，2900cm⁻¹ 处为 N-H 的伸缩振动峰，这些都是玻纤的特征峰。图中 B 为经 KH550 处理后的玻纤红外谱图，除了玻纤与 KH550 的特征峰以外，在

1100 cm^{-1} 处出现了 Si-O 的伸缩振动峰。说明玻纤表面与偶联剂发生化学作用，生成以 Si-O 键结合的稳定化学界面。

玻纤与聚氨酯的界面是由玻纤表面的偶联剂与聚氨酯反应，形成了化学键结合的界面，这种界面比物理作用结合的界面的结合力更强，可大大提高增强效果。硅烷偶联剂在两种物质界面处起着架桥作用，形成的化学键能把两种物质偶联起来。

3.3 玻纤与微米 SiO_2 的机理探讨

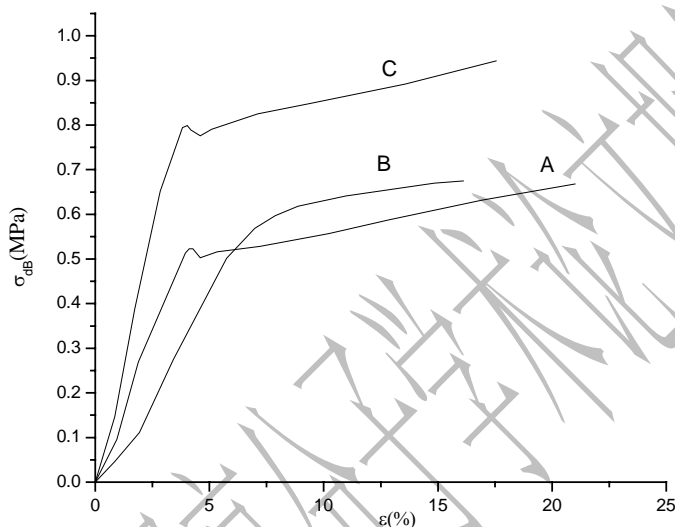


图 3 应力应变曲线图

(A、B、C 分别为未增强、微米 SiO_2 增强、玻纤增强试样的应力应变曲线)

玻璃纤维增强的试样在静态压缩下，从弹性形变阶段到完全破坏的过程。所以可以认为玻纤增强的泡沫塑料其泡体的最初变形及破坏方式类似于未增强泡沫塑料，中间都经历了一个屈服阶段，出现了一个应变软化的应力平台。玻璃纤维增强的 RPUF 失效方式解释为：通过强度较高的纤维在泡体壁分布，使壁的强度和刚度得到提高，在变形的初始阶段承受了较大的载荷，提高了强度。但随着载荷的增加，玻纤和基体脱胶，此时玻璃纤维的存在被认为是一种缺陷，界面处的应力集中和压力作用导致玻璃纤维周围的基体材料脆性破坏。

由于微米 SiO_2 呈刚性，因此随着载荷的加大，玻璃微珠逐渐起支柱作用，承担着载荷，直至泡沫完全破坏，反映到宏观上就是应力应变曲线在屈服阶段的“平台”几乎没有，宏观上出现剪切破坏。所以可以认为微米 SiO_2 增强的泡沫塑料破坏方式为泡孔受挤压破碎，并最终导致微米 SiO_2 脱粘或刚性破碎，材料

失效。

4 结论

玻璃纤维和微米 SiO₂ 增强 RPUF 都经历了先增大后减小的过程,二者最佳添加量分别为 2%、4%,玻璃纤维增强效果要明显强于微米 SiO₂,而经 KH550 表面处理的玻璃纤维,由于其与聚氨酯基体形成了稳定的化学键,增强效果要明显优于未处理的。玻璃纤维增强的泡沫塑料由于玻璃纤维的加入,增强了泡孔壁,从而提高了泡沫塑料的压缩强度,应力应变曲线显示破坏过程经历了弹性形变到屈服直至材料失效。而微米级 SiO₂ 则是通过引入刚性的粒子,在受到载荷作用时,承担了部分载荷,提高了泡沫塑料的压缩强度,破坏过程并无明显屈服。

参考文献:

- 1 Kuboki T, Jar. P.-Y.B.; Forest T.W. Influence of interlaminar fracture toughness on impact resistance of glass fibre reinforced polymers. *Composites Science and Technology*.2003,63(7):943-953
- 2 赵斌,杨振国,王建华等. 混杂增强聚氨酯复合硬泡塑料的物理及力学性能[J]. *复合材料学报*, 2003, 20(6): 1-6
- 3 秦桑路,赵斌,杨振国等.混杂增强聚氨酯复合硬质泡沫塑料的研制[J].*工程塑料应用*, 2003,31(4):1-3.
- 4 Engblom JJ,ZhengZY. Characterizing stiffness and strength properties of glass-fiber reinforced,hollow-cored recycled plastic extrusions[J] . *Journal of Reinforced Plastics and Composites*.2000,19(16):1317-1328
- 5 Moriwaki,Takeshi.Mechanical property enhancement of glass fibre-reinforced polypropylene composite made by direct injection moulding process. *Composites Part A:Applied Science and Manufacturing (Incorporating Composites and Composites Manufacturing)* 1996,27(5):379~384

The Research on reinforcing RPUF

Liu Xin-jian¹ Li Qing-shan^{1,2}

(1.the Polymer Department of Yanshan University Hebei Qinhuangdao 066004;2.Yanshan University Qicai Healthy Materials Technology Exploitation Co., Ltd. Hebei Qinhuangdao 066004)

Abstract : In this paper, optimization have been made on the proportion of RPUF materials as well as its processing technics, the best proportion is 150PAPI+0.1H₂O+0.4T-9 +0.1organic Si. The mechanical properties of the reinforced RPUF samples are then tested and the failure mechanisms of RFPU filled by different fillers are discussed, The result shows that compression strength increased with GF content at first and decreased as GF content then as well as micron SiO₂,the best quantity is 2% and 4% respective, the effect is better by GF reinforced, furthermore, worked GF by KH550 is better than GF without worked.

Keywords : RPUF GF micron SiO₂ reinforce