

Study on the Influence of a Novel Flame Retardant on the Fire Retardancy of Flexible Polyurethane Foams

Jia-jian Yan, Li-yan Sun, Yi-ping Zhao, Zhi-zhi Dong, Li Chen *, Yong-ming Zhang, Feng Liu

School of Materials Science and Engineering, Tianjin Key Laboratory of Fiber Modification and Functional Fiber,

Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China

Email: chenlis@tjpu.edu.cn

Abstract: In this paper, a novel flame retardant DDPSN was used to improve the fire retardancy of flexible polyurethane foams, and the influence of DDPSN on the structure was studied. The results indicated that DDPSN is a good flame retardant for flexible polyurethane foams, the filling of DDPSN have little effect on the structure of polyurethane foams.

Keywords: flexible polyurethane foams; DDPSN; fire retardancy; structures of the foam

新型阻燃剂对软质聚氨酯泡沫塑料阻燃性能的影响研究

阎家建, 孙立艳, 赵义平, 董知之, 陈莉¹, 张永明, 刘峰

天津工业大学材料科学与工程学院, 改性功能纤维天津市重点实验室, 天津 300160

Email: chenlis@tjpu.edu.cn

摘要: 本文选用新型阻燃剂 1, 2-二(2-硫代-5, 5-二甲基-1, 3, 2-二氧磷杂环己基)乙二胺(DDPSN)对软质聚氨酯泡沫塑料(SPUF)的阻燃性能进行了研究, 并与几种常见的有机阻燃剂的阻燃效果进行了比较, 进而研究了阻燃剂 DDPSN 对聚氨酯泡沫塑料孔结构的影响。研究表明, 与常规有机阻燃剂相比, 新型阻燃剂 DDPSN 对聚氨酯泡沫塑料的阻燃效果与阻燃效率较好, DDPSN 的加入对聚氨酯泡沫塑料的孔结构没有太大的影响。

关键词: 软质聚氨酯泡沫塑料; DDPSN; 阻燃; 泡孔结构

1 引言

软质聚氨酯泡沫塑料是聚氨酯合成材料的主要品种之一, 因其具有优良的物理机械性能、电学性能、声学性能及耐化学腐蚀性能, 且与多种材料具有很强的粘结力, 被广泛应用于各个领域^[1]。但是, 聚氨酯泡沫塑料含可燃的碳氢链段、密度小、比表面积大、导热系数低, 未经阻燃处理的聚氨酯泡沫塑料易燃, 其极限氧指数一般低于 19, 遇火燃烧并产生大量有毒烟雾, 给灭火带来困难。特别是聚氨酯软泡开孔率较高, 可燃成分多, 一旦着火, 燃烧时由于具有较高

的空气流通性, 有源源不断的氧气供给, 故而易燃且不易自熄, 严重限制了聚氨酯泡沫塑料的广泛使用^[1-4]。因此, 软质聚氨酯泡沫塑料的抗阻燃性研究一直是聚氨酯领域的重要热点之一^[5-6]。

2 实验部分

2.1 实验原料

甲苯二异氰酸酯(TDI)、聚醚多元醇、三亚乙基二胺、硅油、三聚氰胺、聚磷酸铵、3-β-氯乙基磷酸酯等均为市售分析纯试剂。DDPSN, 天津工业大学材料学院合成。

2.2 软质聚氨酯泡沫塑料的制备

准确称取一定量聚醚多元醇、三亚乙基二胺、水、硅油, 将其混合于烧杯中, 用转子搅拌器搅拌均匀。分别准确称量三聚氰胺、聚磷酸铵、3-β-氯乙

¹ 国家自然科学基金项目(20774064); 国家 863 计划项目(2007AA03Z533); 教育部科学技术研究重点项目(209005); 天津市高校科技发展项目(20071214)。

通信作者: 陈莉。

作者简介: 阎家建(1971-), 男, 天津人, 博士研究生, 主要从事功能材料的研究。

基磷酸酯以及新型阻燃剂 DDPSN，将不同含量阻燃剂分别加入装有聚醚多元醇混合物的烧杯中用转子搅拌机搅拌均匀。将准确称量的 TDI 快速加入到混合物中，同时快速搅拌均匀后倒入自制的模具中使其充分反应发泡，制得不同阻燃剂及阻燃剂含量的软质聚氨酯泡沫塑料。

2.3 软质聚氨酯泡沫塑料的性能研究

本研究参照 GB/T2406-93 塑料燃烧性能方法，采用氧指数测定仪（CZF-3B，南京方山分析仪器设备厂）对软质聚氨酯泡沫塑料的极限氧指数进行测试。对新型阻燃剂 DDPSN 阻燃的软质泡沫塑料试样采用三目连续变倍体视显微镜（ZOOM 645S，新兴光学仪器有限公司生产的）对孔结构进行了观察，参照 GB/T 6343-2009 对泡沫塑料的表现密度进行测定。

3 结果与讨论

3.1 DDPSN 的阻燃性能

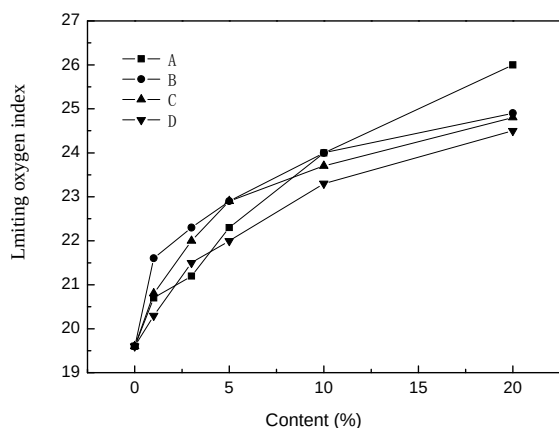


图 1 阻燃剂 DDPSN 对软质聚氨酯泡沫塑料阻燃剂的影响

A— DDPSN; B— 聚磷酸铵; C— 三聚氰胺; D— 3-β-氯乙基磷酸酯

Figure 1. Influence of flame retarder DDPSN on flame retardation of SPUF

从图 1 可以看出，聚氨酯泡沫塑料制品的氧指数随着 DDPSN 质量分数的增大而增大，从 19.5 迅速升高 6，添加 10 份时，氧指数提高了 22.4%。因此，DDPSN 具有较好的阻燃效果。添加有 DDPSN 的聚氨

酯泡沫塑料燃烧时，DDPSN 受热分解生成磷酸、二氧化氮、氨气等，其中磷酸继续反应生成偏磷酸与焦磷酸，在凝聚相中起阻燃作用；偏磷酸可聚合成非常稳定的多聚物，成为泡沫塑料的保护层并隔绝氧气起到阻燃作用；焦磷酸是一种脱水剂，使燃烧的试样剧烈碳化、隔绝空气，最终起到阻燃作用；二氧化氮、氨气等气体分解产物是不助燃气体，在气相中也能起到阻燃得作用。从图 1 也可以看出，与常规有机阻燃剂三聚氰胺、聚磷酸铵、3-β-氯乙基磷酸酯相比，DDPSN 对聚氨酯泡沫塑料的阻燃性较好，尤其在高填充量的情况下，阻燃效果明显。

3.2 DDPSN 填充对泡沫塑料结构的影响

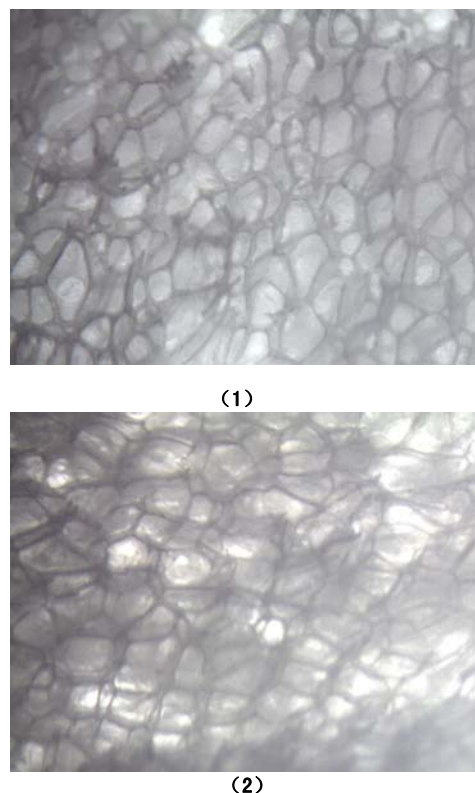


图 2 DDPSN 填充对泡沫塑料泡孔结构的影响

(1) 填充量为 0; (2) 填充量 20%

Figure 2. Influence of flame retarder DDPSN on the structure of SPUF

图 2 为软质聚氨酯泡沫塑料的泡孔结构。从图中可以看出，随阻燃剂 DDPSN 的加入，聚氨酯泡沫塑料的泡孔结构没有发生太大的变化，这说明 DDPSN 对聚

氨酯泡沫塑料的发泡影响不大。

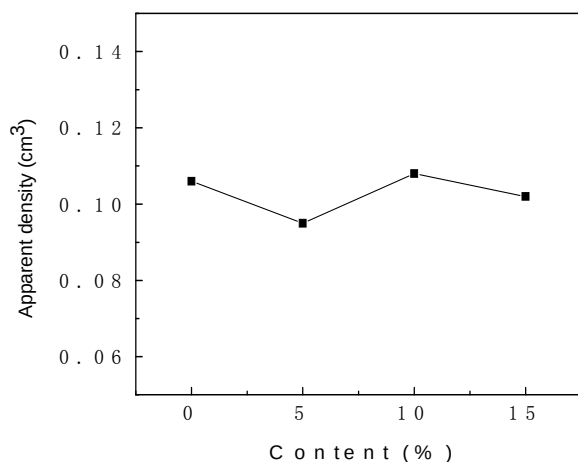


图3 DDPSN 对泡沫塑料表观密度的影响

Figure 3. Influence of flame retarder DDPSN on the apparent density of SPUF

由图 3 可以看出, DDPSN 的添加对聚氨酯泡沫塑料的表观密度没有太大的影响。DDPSN 是一种膨胀型阻燃剂, 在聚氨酯发泡过程中, 其添加对发泡影

响不大, 因此导致制品表观密度变化不大, 这与图 2 的研究结果是一致的。

4 结 论

与常规有机阻燃剂三聚氰胺、聚磷酸铵、3-β-氯乙基磷酸酯相比, 新型阻燃剂 DDPSN 对聚氨酯泡沫塑料的阻燃性较好, 尤其在高填充量情况下, 阻燃效果明显。DDPSN 的加入对聚氨酯泡沫塑料的孔结构没有太大的影响。

References (参考文献)

- [1] King D A, Walker J, Harman D J. [J]. Cellular Polymers, 2009, 28: 325-343.
- [2] Meng X Y, Ye L, Zhang X G, *et al.* [J]. J. Appl. Polym. Sci., 2009, 114: 853-863.
- [3] Thirumal M, Khastgir D, Singha N K, *et al.* [J]. J. Appl. Polym. Sci., 2008, 12: 56-64.
- [4] König A, Fehrenbacher U, Hirth T, *et al.* [J]. J. CELL. PLAS, 2008, 44: 469-480.
- [5] Andersson A, Magnusson A, Troedsson S, *et al.* [J]. J. Appl. Polym. Sci., 2008, 109: 2269-2274.
- [6] Denecker C, Liggat J J, Snape C E. [J]. J. Appl. Polym. Sci., 2006, 100: 3024-3033.