

УДК 678.742.3:678.046

МИКРОСТРУКТУРНАЯ ОЦЕНКА ДИСПЕРСИИ $\text{Al}(\text{OH})_3$ И БЕНТОНИТА В ОГНЕСТОЙКОМ РАНДОМ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОМ КОМПОЗИТЕ

Ф. А. МУСТАФАЕВА^{1,2}, Н. Т. КАХРАМАНОВ², У. В. БАГИРОВА²¹Сумгаитский государственный университет²Институт полимерных материалов

при Сумгайтском государственном университете

Сумгаит, Азербайджан

Рандом полипропилен (ППР) обладает превосходными механическими свойствами, но является легковоспламеняющимся, что обуславливает необходимость в экологически чистых, не содержащих галогенов антипиренах, таких как гидроксид алюминия (ГА) [1, 2]. Хотя ГА обеспечивает эндотермическое разложение, высокие концентрации часто ухудшают характеристики материала, что требует использования синергетических наполнителей, таких как бентонит, для образования защитного слоя обугливания при более низких концентрациях [3, 4]. В данном исследовании изучаются микроструктурная дисперсия и морфология межфазной границы композитов ППР (Topilene® R200P), содержащих как ГА, так и бентонит.

На основе изображений, полученных с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) (JSM-6610), можем проанализировать микроструктурную морфологию и распределение наполнителя в двух различных композитах из ППР. Хорошо известно, что конечные качества композита предопределены его супрамолекулярной структурой. Исследование с помощью СЭМ дополнительно подтвердило состояние дисперсии бентонита в композиции ППР / компатибилизатор / ГА (рис. 1).

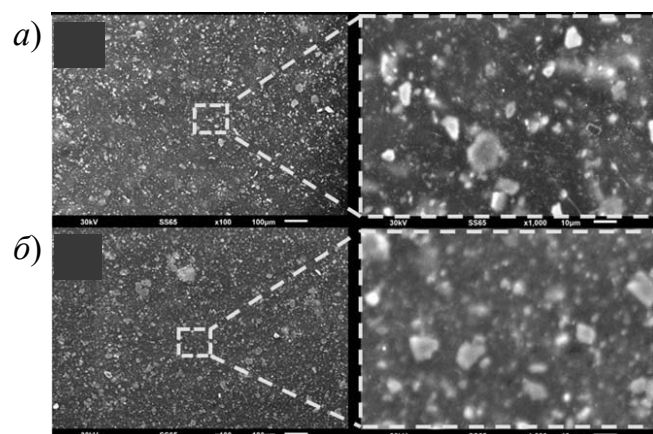


Рис. 1. СЭМ-изображения ППР / компатибилизатор / ГА (45 %) / бентонит (5 %) (а) и ППР / компатибилизатор / ГА (25 %) / бентонит (25 %) (б)

На изображениях в левой панели представлен широкоугольный вид основной матрицы. Они показывают, насколько равномерно распределены наполнители в ППР на макроуровне. На правой панели увеличенные

изображения наглядно демонстрируют локальное межфазное взаимодействие, форму и индивидуальные размеры минеральных частиц, внедренных в полимерную матрицу. Сравнительный анализ изображений композитов, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа, представлен в табл. 1. В обоих образцах наполнители демонстрируют в целом однородное распределение по всей ППР-матрице, без массивного макрофазового расслоения или крупных структурных трещин. На изображениях с большим увеличением ($\times 1,000$) наполнители, по-видимому, прочно внедрены в фазу ППР. Однако наличие отчетливых острых краев указывает на типичную морфологию физического смешивания, характерную для высоконаполненных термопластичных композитов.

Табл. 1. Микроструктурное сравнение композитов на основе ППР / компатибилизатор / ГА / бентонит

Особенность	Композит (а)	Композит (б)
Распределение соотношения наполнителя	В основном состоит из ГА, с незначительной примесью бентонитовой глины	Равномерное распределение по весу (соотношение 1:1) ГА и бентонитовой глины
Разброс размеров частиц	Высокий контраст между множеством мелких частиц и некоторыми более крупными, угловатыми кристаллическими структурами (видимыми в рамке с большим увеличением)	Более равномерное распределение частиц разных размеров с плотной пространственной структурой
Агломерация и плотность	Из-за высокой общей концентрации ГА (45 %) частицы имеют высокую плотность и образуют скопления неправильной формы	Отдельные слои/пластинки бентонита и частиц ГА смешиваются более тщательно, образуя узкие промежутки между ними

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Flame Retardant Polypropylenes: A Review / F. Seidi, E. Movahedifar, G. Naderi [et al.] // Polymers (Basel). – 2020. – Vol. 12 (8).
2. Flame retardant treatments for polypropylene: Strategies and recent advances / W. Zhao, C. K. Kundu, Z. Li [et al.] // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. – 2021. – Vol. 145.
3. Fire-resistant polymer composites based on mineral fillers / F. Mustafayeva, N. Kakhramanov, Kh. Allahverdiyeva [et al.] // RSC Adv. – 2026. – Vol. 16 (7). – P. 6257–6287.
4. **Mustafayeva, F. A.** Flame retardant effect of aluminum hydroxide in polymeric materials: A review / F. A. Mustafayeva, N. T. Kakhramanov // Chem-ChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. – 2025. – Vol. 68, № 5. – P. 72–100.