**Физико-химические аспекты термоокислительной стабильности композитов на основе эпоксидной смолы и модифицирующих добавок**

***Наймушина Д.Е.1, Беличко Д.Р.1, Лыга Р.И.2***

*Инженер-исследователь*

*1Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина, Донецк, Россия*

*2Донецкий государственный университет, химический факультет, Донецк, Россия*

*E-mail: musia.2014@yandex.ru*

В современных материалах полимерные композиты занимают ключевую позицию благодаря их высокой удельной прочности, термостойкости и устойчивости к внешним воздействиям. Однако эксплуатация в условиях высоких температур и окислительной среды приводит к термоокислительной деградации, что существенно снижает их механические и функциональные характеристики.

Одним из перспективных подходов к повышению термоокислительной стабильности композитных материалов является введение в их состав различных модифицирующих добавок. В частности, оксид кремния (SiO₂) благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам играет важную роль в улучшении теплостойкости и барьерных свойств полимерных и керамических матриц. Кроме того, 1,2,3-бензотриазол (БTA) известен как эффективный ингибитор коррозии и антиоксидант, который может снижать скорость окислительных процессов в полимерных композитах. Данная работа направлена на изучение влияния этих компонентов на характеристики композитов при термоокислительном старении, а также на выявление оптимальных условий их применения для повышения эксплуатационных свойств материалов.

Для синтеза композитов в качестве матричного компонента использовали эпоксидную смолу УП-650Т, в которую последовательно вводили полиамин Ancamine 2579 и тетраэтоксисилан. Количество алкоксидного предшественника рассчитывали исходя из требуемых 0,5–10 масс.% SiO₂ в образцах. В состав композитов дополнительно вводили БТА (1 масс.%) через растворение его в связующем.

В исследованиях термоокислительной деструкции эпоксидно-неорганических композитов установлено, что с увеличением концентрации кремнезема начальная температура термоокислительного процесса сдвигается в сторону более высоких значений. При содержании 5 масс.% SiO2 температура начала термоокислительного разложения повышается на 27 °C. Температура, при которой теряется половина массы композитных образцов, увеличивается с 280 до 359 °C, что свидетельствует о значительном повышении термостабильности материалов.

Дополнительное введение бензотриазола в состав композитов на основе эпоксидной смолы и неорганического наполнителя усиливает ингибирующее воздействие кремнезема на процесс термоокислительной деструкции. Скорость самой интенсивной стадии окисления снижается, что указывает на более эффективную стабилизацию материала при повышенных температурах. Авторы исследования объясняют улучшение защитных свойств полимерных композитных покрытий при добавлении БТА взаимодействием силанольных групп органосиланов с молекулами бензотриазола.

Кроме того, кремнезем проявляет выраженное антиоксидантное действие в составе эпоксидных композитов. При содержании 10 масс.% диоксида кремния максимальная скорость высокотемпературного окисления полимерной матрицы кислородом снижается в 5 раз, что заметно улучшает термостабильность полимеров. Такое влияние БТА согласуется с результатами термомеханического анализа, которые продемонстрировали снижение температуры стеклования композитов в присутствии бензотриазола, и, соответственно, уменьшение густоты сшивки полимерной матрицы.

*Исследование выполнено в рамках государственного задания ДонГУ (НИР FRRE-2023-0006, номер госрегистрации 124012400357-1), а также государственного бюджетного задания ФГБНУ ДонФТИ «FREZ-2024-0002».*