

## ОЦЕНКА КИСЛОРОДНОГО ИНДЕКСА ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

*Федорова Е.В., Новожилова С.С.*

*Томский политехнический университет*

*Научный руководитель: Назаренко О.Б., д.т.н., профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Полимерные материалы широко используются в разных областях народного хозяйства. Недостатком полимеров является их повышенная пожарная опасность. Пожарная опасность полимерных материалов и изделий из них определяется в технике такими характеристиками как: горючесть, воспламеняемость, токсичность, кислородный индекс и др.

Целью данной работы являлось определение кислородного индекса эпоксидных композитов с помощью расчетного метода по результатам термического анализ.

Кислородный индекс (КИ) – это минимальное объемное процентное содержание кислорода в кислородно-азотной смеси, при котором возможно свечеобразное горение материалов в условиях специальных испытаний. Значение КИ применяется при разработке полимерных композиций пониженной горючести и контроле горючести полимерных материалов. Экспериментальный метод определения КИ, согласно ГОСТ 12.1.044-89, заключается в нахождении минимальной концентрации кислорода в потоке кислородно-азотной смеси, при которой наблюдается самостоятельное горение вертикально расположенного образца, зажигаемого сверху.

Кислородный индекс (в %) вычисляют по формуле:

$$\text{КИ} = V_{\text{к}} / (V_{\text{к}} + V_{\text{а}}) \cdot 100,$$

где  $V_{\text{к}}$  и  $V_{\text{а}}$  – объемный расход кислорода и азота соответственно (л/мин или см<sup>3</sup>/с). За результат испытания принимают среднее арифметическое не менее трех определений.

В атмосфере воздуха процентное содержание кислорода составляет 21 %. Таким образом, если значение КИ материала ниже 21 % – этот материал будет поддерживать горение на воздухе.

Для идентификации материалов и оценки их пожарной опасности может быть применен метод термического анализа (ГОСТ Р 53293-2009 «Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа»).

Термический анализ представляет собой группу методов, основанных на регистрации изменения физических и химических свойств, протекающих в исследуемом образце в условиях программируемого изменения температуры. Термогравиметрический анализ (ТГ) основан на непрерывной регистрации изменения массы образца в зависимости от времени или температуры при нагревании в соответствии с выбранной температурной программой в заданной газовой атмосфере. Измерительная система позволяет многократно нагревать и охлаждать образец с контролируемой скоростью, а также проводить изотермические измерения.

В данной работе с помощью метода термического анализа исследованы образцы эпоксидных композитов: Э0 – эпоксидный полимер без наполнителя; ЭБ10 – наполненный борной кислотой, концентрация 10 масс. %; ЭЦБ 1 – 5 % цеолита + 10 % борной, ЭЦБ 2 – 1 % цеолита, ЭЦБ 3 – 5 % цеолита и ЭЦБ 4 – 10 % цеолита. Термический анализ проводился с использованием термоанализатора ТГА/ДСК/ДТА SDT Q600 при нагревании образцов до 900 °С в атмосфере азота. На рис. 1 представлены результаты термического анализа для образцов Э0 и ЭБ1.

Цеолит – порода класса алюмосиликатов натрия и кальция. Внешне цеолиты – это камни зеленоватых и светло-серых тонов, агрегатное состояние которых – плотно спрессованные зерна. Основные компоненты в составе цеолита – это оксиды алюминия, железа, марганца, титана, кремния, калия, кальция, магния, натрия и вода (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав цеолита

SiO	69,0-74,0 %	CaO	1,7-3,3 %
TiO	0,08-0,16 %	MgO	0,4-1,7 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,4-14,0 %	K <sub>2</sub> O	4,0-5,5 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,60-1,8 %	Na <sub>2</sub> O	0,4-0,9 %
MnO	0,02-0,05	H <sub>2</sub> O	до 10 %

Борная кислота (ортоборная кислота) H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> – это слабая неорганическая кислота, бесцветные кристаллы в виде чешуек. При температуре выше 70 °С борная кислота теряет воду с образованием сначала метаборной кислоты HBO<sub>2</sub> (при 107,5 °С), затем оксида бора B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (при 160 °С).

Кислородный индекс рассчитывался по формуле Ван-Кревелена:

$$КИ = 17,5 + 0,4КО,$$

где КО – коксовый остаток при температуре 850 °С.

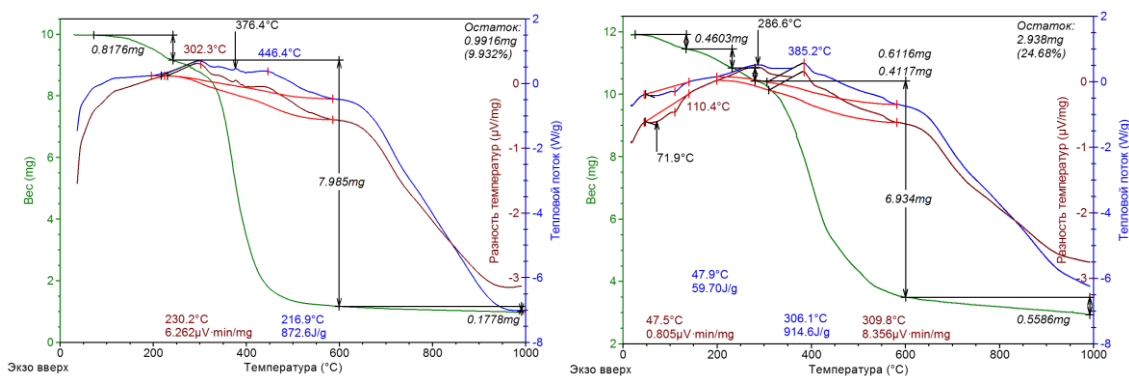


Рис. 1. Результаты термического анализа: а) образец Э0; б) образец ЭБ1

Величина коксового остатка, определенная по данным термического анализа и результаты расчета кислородного индекса представлены в таблице 2.

Таблица 2. Значения кислородного индекса образцов

№	Образец	850 °С	
		КО, %	КИ, %
1	Э0	10,3	21,6
2	ЭБ10	12,0	22,3
3	ЭЦБ 1	26,3	28,0
4	ЭЦБ 2	10,4	21,7
5	ЭЦБ 3	11,9	22,3
6	ЭЦБ 4	21,9	26,3

Результаты расчета КИ показывают, что увеличение концентрации наполнителя (цеолита) до 10 % приводит к повышению КИ. Наилучший результат получен для образца, наполненного комбинацией 5 % цеолита и 10 % борной кислоты. Повышение кислородного индекса свидетельствует о снижении горючести исследуемых эпоксидных композитов, что объясняется выделением воды из наполнителей при нагревании.

Таким образом, в данной работе рассмотрен расчетный метод определения кислородного индекса, который можно применять в случае отсутствия необходимого оборудования для исследований.