

Термическая устойчивость модифицированного шивиртуйского цеолита исследована с помощью термического анализа в режиме линейного нагрева со скоростью 10 °С/мин в атмосфере воздуха в диапазоне температур 20–900 °С (рис. 2). Зависимость дегидратации от температуры является плавной, что характерно для фазы клиноптилолита. Уменьшение массы при нагревании образца модифицированного цеолита до 900 °С составило 15,36 %, причем максимальное уменьшение содержания адсорбированной воды ~6,46 % наблюдалось в температурном диапазоне от 20 до 210 °С. Потеря массы 2,69 % в температурном интервале 560–700 °С связана с дегидратацией оксигидроксида алюминия. Сравнение величины остатка массы модифицированного и исходного образцов после нагрева до 900 °С позволило сделать вывод, что содержание оксигидроксида алюминия в модифицированном цеолите составляет примерно 25 %.

Таким образом, в ходе проведенных исследований были исследованы свойства шивиртуйского цеолита после иммобилизации на его поверхности нановолокон оксигидроксида алюминия. На основании изучения физико-химических свойств данного минерала можно предложить использовать модифицированный природный цеолит как пламягасящую добавку в полимеры.

Список литературы:

1. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. – Киев: Наукова думка, 1981. – 207 с.
2. Смирнская В.Н. Цеолитсодержащие вяжущие повышенной водостойкости и изделия на их основе: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 1998. – 23 с.
3. Варков Р.И. Использование природных цеолитов для повышения пожарной безопасности строительных конструкций и технологического оборудования: Дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2002. – 161 с.

Исследование термической деструкции эпоксидных полимеров, наполненных высокодисперсными порошками борной кислоты

Амелькович Ю.А., Мельникова Т.В., Назаренко О.Б., Путенпуракалчира М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Эпоксидные смолы обладают такими ценными свойствами как высокая адгезионная способность, хорошие механические и электроизоляционные свойства, благодаря которым они широко используются в авиа- и ракетостроении [1, 2]. В частности, эпоксидные клеи используются в авиационной промышленности и ракетной технике для крепления теплозащиты и изделий различного назначения. Температура эксплуатации таких узлов может достигать 2000–3000 °С. При этом известно, что основными недостатками эпоксидных полимерных материалов является низкая термостойкость и повышенная пожарная опасность. Поэтому создание эпоксидных композиционных материалов с пониженной горючестью является крайне актуальной проблемой.

Целью данной работы являлось исследование термической деструкции эпоксидных композиций, наполненных высокодисперсными порошками борной кислоты, при нагревании в инертном газе.

Для снижения горючести в полимерные материалы вводят наполнители – специальные добавки, приводящие к изменению характера процесса деструкции полимера при нагревании или блокированию процесса горения негорючими или ингибирующими веществами [3]. Борная кислота является одним из известных замедлителей горения [4] и используется для модифицирования изделий из древесины, бумаги, хлопка и целлюлозы. При нагреве полимера горение замедляется в результате эндотермической реакции выделения и испарения воды при разложении ортоборной кислоты H_3BO_3 с образованием метаборной кислоты HBO_3 , тетраборной кислоты $H_2B_4O_7$ и оксида бора B_2O_3 . Образующаяся на поверхности материала защитная пленка из оксида бора может способствовать снижению потока тепла от источника тепла и поступления кислорода.

В работе использована эпоксидиановая смола ЭД-20, в качестве наполнителя – высокодисперсный порошок борной кислоты. Отверждение эпоксидной смолы проводилось с помощью гексаметилендиамина. Концентрация наполнителя в композициях составляла 1; 2,5; 5 и 10 мас. %. Образцы исследованы методами термического анализа (совмещенный термоанализатор ТГА/ДСК/ДТА SDT Q600), ИК-Фурье спектроскопии (Nicolet 5700) и сканирующей электронной микроскопии (ТМ-3000).

По данным электронной микроскопии (рис. 1) частицы порошка борной кислоты представляют собой чешуйчатые кристаллы, состоящие из плоских слоев толщиной приблизительно 100 нм. Анализ дисперсного состава показал, что 45 % частиц порошка имеют размер менее 20 мкм.

На основе анализа ИК-спектров можно сделать вывод, что борная кислота является аддитивным антипиреном, т. к. внедрения в молекулы полимера не происходит. На ИК-спектрах исходной эпоксидной смолы и наполненных полимерных образцов наблюдаются полосы поглощения при 913, 773 и 752 см^{-1} , соответствующие эпоксидной группе [1, 5], а также полосы поглощения при 2261, 2929 и 3052 см^{-1} , характерные для борной кислоты, интенсивность которых возрастает с увеличением содержания наполнителя.

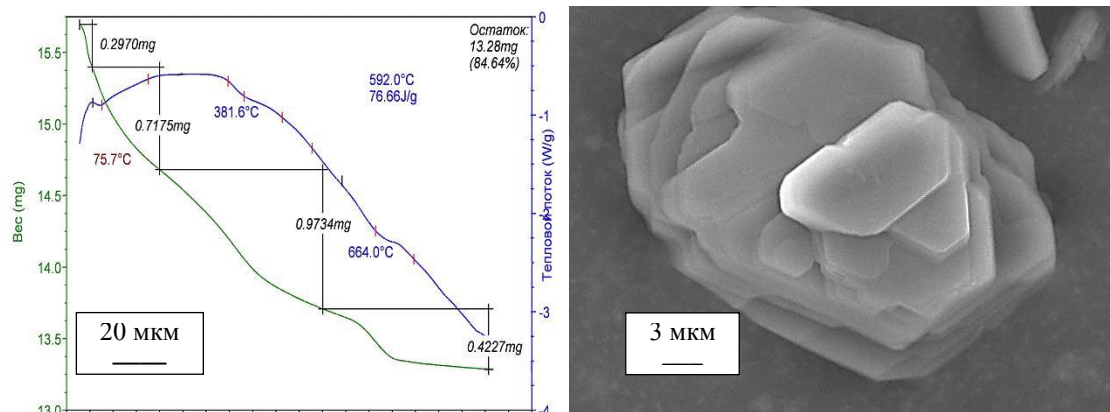


Рис. 1. Микрофотографии порошка борной кислоты

Особенности термической деструкции эпоксидных композитов исследованы с использованием методов термического анализа – термогравиметрического метода (ТГ) и дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) в режиме линейного нагрева со скоростью 10 $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ в атмосфере аргона в диапазоне температур 20–1000 $^{\circ}\text{C}$. На рис. 2 представлены термограммы исходной эпоксидной смолы и образца с концентрацией борной кислоты 10 мас. %.

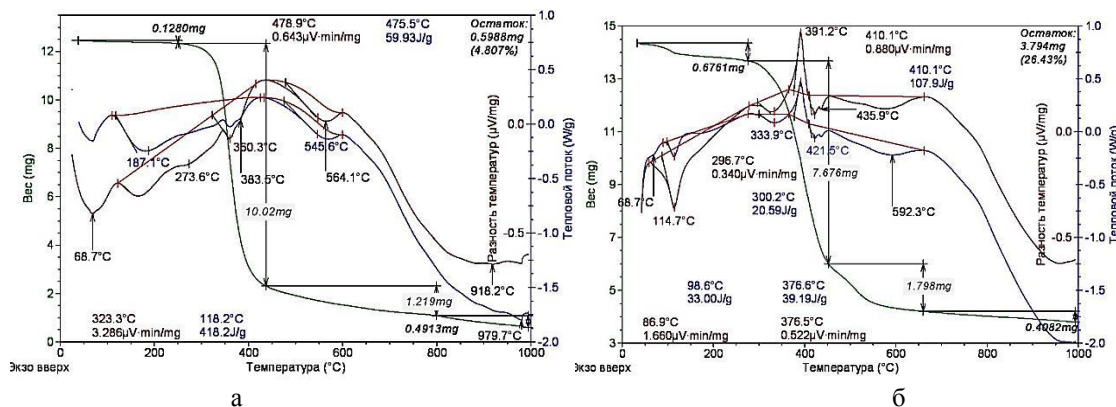


Рис. 2. Термограммы образцов эпоксидных полимеров: а – без наполнителя; б – с наполнителем (концентрация наполнителя 10 мас. %)

По ТГ-кривым были определены температуры фиксированных потерь масс образцов при нагревании – 5, 10, 20, 30 и 50 % и потери массы при фиксированных значениях температуры – 100, 200, 300, 400, 500 и 600 $^{\circ}\text{C}$. Результаты этих исследований представлены в табл. 1 и 2, соответственно.

Процесс термической деструкции исследуемых образцов происходит в несколько стадий. Введение наполнителя положительно влияет на термостойкость наполненных образцов. С увеличением концентрации наполнителя растет как остаточная масса образцов при фиксированных температурах, так и температура, соответствующие фиксированным потерям

массы. Лучшие результаты получены для образца с концентрацией наполнителя 10 мас. %. Согласно данным табл. 1 и 2 температура 50%-ной потери массы для образца с содержанием наполнителя 10 мас. % на 57,6 °С выше, чем для исходного эпоксидного полимера. Потеря массы при температуре 1000 °С для этого же образца на 21,6 % ниже по сравнению с исходным полимером. Борная кислота при нагреве разлагается с выделением воды. Реакция разложения борной кислоты происходит в две стадии, которые начинаются при температурах 110 и 150 °С и заканчивается при 400 °С. Реакция разложения борной кислоты является эндотермической, что приводит к охлаждению полимерной матрицы.

Таблица 1. Остаточная масса образцов при различных температурах, %

T, °C C, мас. %	100	200	300	400	500	600	1000
0	99,6	99,3	97,3	25,0	15,4	12,3	4,8
1,0	99,3	98,8	96,5	27,4	13,9	11,8	9,1
2,5	99,4	98,8	96,7	39,5	21,1	17,9	15,2
5,0	98,9	97,9	95,9	48,9	28,2	23,6	20,4
10,0	98,4	96,3	94,3	63,4	36,5	30,1	26,4

Таблица 2. Значения температуры при фиксированных потерях массы, °С

Δm, % C, мас. %	5	10	20	30	50
0	319,0	335,1	347,0	354,1	367,7
1,0	312,1	332,0	348,5	357,8	372,8
2,5	315,6	338,1	355,9	347,9	387,7
5,0	309,7	338,7	359,6	371,8	397,9
10,0	286,3	334,8	369,2	389,5	425,3

Таким образом, исследование термической деструкции эпоксидных полимеров, модифицированных высокодисперсными порошками борной кислоты, показало, что влияние борной кислоты на показатели термической деструкции зависит от концентрации наполнителя. При нагревании эпоксидных композиций до 1000 °С наблюдалось увеличение выхода остатка по окончании деструкции, а также повышение температур, при которой происходит фиксированная потеря массы образцов. Это свидетельствует о положительном влиянии наполнителя на течение процесса термической деструкции и эффективности введения борной кислоты в качестве добавки в эпоксидную смолу для снижения горючести.

Список литературы:

1. Ли Х., Невилл К. Справочное руководство по эпоксидным смолам. – М.: Энергия, 1973. – 415 с.
2. Чернин И.З., Смехов Ф.М., Жердев Ю.В. Эпоксидные полимеры и композиции. – М.: Химия, 1982. – 232 с.
3. Брык М.Т. Деструкция наполненных полимеров. М.: Химия, 1989. – 192 с.
4. Кодолов В.И. Замедлители горения полимерных материалов. – М.: Химия, 1980. – 274 с.
5. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. – М.: Мир, 1965. – 216 с.

Получение образцов материалов методом электроискрового диспергирования и исследование их свойств

*Немцова О.А., Лемачко А.Н., Мартеньянов Д.В., Мухортова Ю.Р. Журавков С.П.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Одной из важных проблем, стоящих сегодня перед обществом, является обеспечение населения чистой питьевой водой [1, 2]. Среди различных методов водоочистки, в последнее время всё большее распространение получает использование новых видов наноструктурных сорбционных материалов [3-5]. Среди различных видов загрязнений гидросферы, особую роль