

КОНТРОЛЬ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЭПОКСИДНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Липчанский Д. С.

Научный руководитель: Назаренко О. Б., профессор, к.т.н.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Lipuchka18@mail.ru

CONTROL OF THERMAL STABILITY OF EPOXY NANOCOMPOSITES

Lipchansky D. S.

Scientific Supervisor: Prof., Dr. Nazarenko O. B.
Tomsk Polytechnic University
Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050
E-mail: Lipuchka18@mail.ru

В данной работе представлены результаты термогравиметрического анализа эпоксидных нанокomпозитов при нагревании до 900-1000 °С в атмосфере воздуха и аргона. Эпоксидные нанокomпозиты были изготовлены на основе эпоксидной смолы марки ЭД-20, отвердителя полиэтиленполиамин (ПЭПА), а также нанопорошка (НП) алюминия и борной кислоты в качестве наполнителей. Исследование влияния нанопорошка алюминия и борной кислоты, а также их комбинаций, на термические характеристики нанокomпозитов при нагревании показало, что наполнители в разных газовых смесях ведут себя по-разному. Так, добавление борной кислоты лучше всего замедляет процесс термоокислительной деструкции эпоксидных нанокomпозитов в атмосфере воздуха. При этом, добавление нанопорошка алюминия с борной кислотой показывает лучшие результаты в атмосфере аргона, чем воздуха.

In this work the thermal properties of the epoxy nanocomposites at the heating to 900°C–1000°C in the atmosphere of air and argon were characterized using thermogravimetric analysis. The epoxy nanocomposites were synthesized from epoxy resin ED-20, polyethylene polyamine as curing agent, nanopowder of aluminum and boric acid, which were used as fillers. The research of the influence of aluminum nanopowder and boric acid, as well as their combinations, on the thermal characteristics of nanocomposites during heating showed that fillers in different gas mixtures behave differently. So, boron acid addition best of all slows down process of thermal-oxidative degradation of epoxy nanocomposites in the atmosphere of air. At the same time, aluminium nanopowder addition with boron acid shows the best results in to the atmosphere of argon, than air.

Полимерные композиционные материалы широко используются в аэрокосмической технике. Космическая промышленность является одним из основных заказчиков и потребителей композитных материалов. Полимерные композиционные материалы для космической отрасли способны выдерживать экстремальные нагрузки космических полетов, такие как высокое давление, низкие или высокие температуры космического пространства, радиационное воздействие, воздействие микрочастиц и т. д. [1]. При этом такие материалы по своим физическим свойствам могут быть легче и прочнее металлических (алюминиевых и титановых) сплавов. Применение полимерных композитов позволяет снизить вес изделия (ракеты, спутника, космического корабля) на 5–30 % в зависимости от типа конструкции и, следовательно, сократить расход топлива. В ракетно-космической технике успешно применяются легкие сосуды и емкости, изготовленные из полимерных композиционных материалов и работающие под давлением, эксплуатируются топливные баки, шары-баллоны, корпуса ракетных двигателей, аккумуляторы давления, дыхательные баллоны для летчиков и космонавтов. Для изготовления конструкционных композиционных материалов, клеев, герметиков широкое распространение получили эпоксидные смолы благодаря таким физико-механическим характеристикам как высокая ударная прочность, стойкость к истиранию, прочность при изгибе, высокая клеящая способность, хорошая химическая стойкость и водостойкость [2].

Дальнейшему расширению использования полимерных материалов в космической технике препятствует такой существенный недостаток полимеров как их пожарная опасность, которая обусловлена повышенной горючестью и сопутствующими процессами. Одним из способов направленного регулирования свойств полимеров и получения материалов для работы в экстремальных условиях космического простран-

ства является использование наполнителей в нанодисперсном состоянии [3-5]. В частности, в качестве наполнителей могут быть использованы нанопорошки металлов. С другой стороны, добавление некоторых видов наполнителей в полимеры способствует протеканию деструкционных процессов в материалах [6].

Целью данной работы является исследование термической стойкости эпоксидных нанокompозитов при введении в качестве наполнителей НП алюминия и борной кислоты, а также комбинации алюминия с борной кислотой, при нагревании в атмосфере воздуха и аргона.

В работе использована эпокси-диановая смола марки ЭД-20, отверженная с помощью полиэтиленполиамина (ПЭПА). Были изготовлены следующие образцы: Э0 – эпоксидная смола, отверженная без наполнителя, Э/Б10 – образец с концентрацией борной кислоты 10 мас.%, Э/А0,35 – образец с концентрацией НП алюминия 0,35 мас.%, Э/А5 – образец с концентрацией НП алюминия 5 мас.%, Э/А5/Б10 – образец с комбинацией 5 мас.% НП алюминия и 10 мас.% борной кислоты.

Изучение термических характеристик эпоксидных композитов проводилось методом термогравиметрического (ТГ) анализа с помощью термоанализатора SDT Q600.

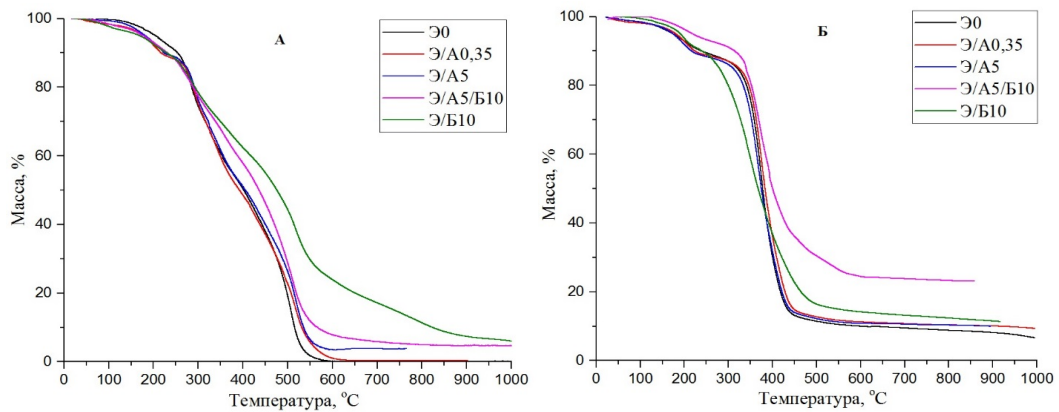


Рис. 1. Термогравиметрический анализ образцов в атмосфере воздуха (А) и аргона (Б)

На рисунке 1, в таблицах 1 и 2 представлены результаты термического анализа образцов в атмосфере воздуха и аргона. В таблице 1 представлены термические характеристики эпоксидных композитов в атмосфере воздуха и приведены значения T_2 , T_{10} , T_{50} , T_{90} – это температуры, при которых потеря массы составила 2, 10, 50, 90 %. В таблице 2 представлены результаты расчета кислородного индекса, определенные по данным термического анализа в атмосфере аргона. Кислородный индекс рассчитывался по формуле Ван-Кревелена:

$$KI = 17,5 + 0,4 \cdot KO. \quad (1)$$

где KO – коксовый остаток при температуре 850 °С.

Согласно полученным данным (таблица 1), начальная температура разложения образцов T_2 при нагревании в воздухе была разной и зависела от вида наполнителя. Так, температура T_2 для ненаполненного эпоксидного полимера Э0 составила 161 °С, а для других образцов T_2 была ниже. При введении в эпоксидную матрицу различного процентного содержания НП алюминия, а также НП алюминия с борной кислотой приводит к улучшению термической стабильности образцов. Значения температур T_{50} и T_{90} , а также остаточная масса при температуре 600 °С повышаются по сравнению с образцом Э0. Наилучший результат получен для образца Э/Б10, наполненного борной кислотой. Это объясняется тем, что борная кислота при

нагревании разлагается с выделением воды в эндотермическом процессе, что приводит к понижению температуры и замедлению процесса разложения полимера.

Таблица 1. Термические характеристики эпоксидных композитов в атмосфере воздуха

Образец	T_2 , °C	T_{10} , °C	T_{50} , °C	T_{90} , °C	Остаток при 600 °C, %
Э0	161,0	253,4	401,8	515,7	0,25
Э/Б10	83,3	219,8	466,3	816,7	23,2
Э/А0,35	111,2	212,6	384,4	525,7	0,84
Э/А5	136,1	215,2	394,4	527,7	3,5
Э/А5/Б10	103,9	224,8	430,1	560,5	7,6

Таблица 2. Значения кислородного индекса образцов в атмосфере аргона

№	Образец	Температура при 850 °C	
		КО, %	КИ, %
1	Э0	8,5	20,9
2	Э/Б10	11,99	22,3
3	Э/А0,35	10,21	21,6
4	Э/А5	10,2	21,6
5	Э/А5/Б10	23,35	26,8

Результаты расчета КИ показывают, что при добавлении исследуемых наполнителей величина КИ повышается. Наилучший результат получен для образца, который наполнен комбинацией 5 % алюминия и 10 % борной кислоты.

Таким образом, в данной работе изучены термические характеристики эпоксидных композитов, наполненных НП алюминия и борной кислотой, с помощью термогравиметрического анализа в атмосфере воздуха и аргона. Используемые наполнители при нагревании в окислительной и инертной среде ведут себя по-разному, но при этом можно отметить, что при их введении в эпоксидную матрицу улучшаются термические характеристики, а к большему эффекту приводит совместное использование НП алюминия с традиционным анитипирином – борной кислотой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акишин А.И. Космическое материаловедение. Методическое и учебное пособие. – М: НИИЯФ МГУ, 2007. – 209 с.
2. Чернин И.З., Смахов Ф.М., Эпоксидные полимеры и композиции. – М.: Химия, 1982. – 232 с.
3. Новиков Л.С., Воронина Е.Н. Перспективы применения наноматериалов в космической технике. Учебное пособие. – М.: Университетская книга, 2008. – 188 с.
4. Ястребинский Р.Н., Соколенко И.В., Иваницкий Д.А., Матюхин П.В. Воздействие электронного излучения на термопластичный полимер // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12–6. – С. 983–986.
5. Nazarenko O.B., Amelkovich Y.A., Ilyin A.P., Sechin A.I. Prospects of Using Nanopowders as Flame Retardant Additives // Advanced Materials Research. – 2014. - Vol. 872. - P. 123–127.
6. Милинчук В.К., Клишпонт Э.Р., Тупиков В.И. Основы радиационной стойкости органических материалов. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 256 с.