

можно было бы легко предсказать, исходя из данных, полученных для низкомолекулярных нормальных парафинов. Однако, установлено, что поливинилхлорид значительно более реакционноспособны, чем нормальные парафины; предполагают, что это связано с присутствием в его цепи непредельных и аномальных структурных группировок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т. Кинетические закономерности и механизмы высокотемпературного окисления ингибированного ПЭ // Пластические массы. - 2012. - № 9. - С. 10-14.
2. Сутягин, В.М. Физико-химические методы исследования полимеров: учеб. пособие / В.М. Сутягин, А.А. Ляпков. – Томск: Изд-во Томск. политех. ун-та, 2010. – 140 с.

УДК 678.07

Н. А. Яковлев, аспирант; А.С. Мостовой, к.техн.н.;  
Е.В. Плакунова, к.техн.н.  
(ЭТИ (филиал) ФГБОУ ВО СГТУ имени Гагарина Ю.А., г.Энгельс)

### **ЭПОКСИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ, НАПОЛЕННЫЕ ПОЛИФОСФАТОМ АММОНИЯ**

Одной из главных задач современного материаловедения является снижение пожарной опасности материалов и изделий из полимерных композитов. Для реактопластов, относящихся к карбонизирующимся полимерам, наиболее эффективными, влияющими на структурирование полимера, являются фосфорсодержащие соединения. При их участии в процессах термолиза и горения достигается повышенный выход карбонизированного остатка [1-3].

Выбор полифосфата аммония (АПП-2) обусловлен наличием в его составе Р и N, оказывающих влияние на физико-химические процессы при термолизе. Кроме того, введение АПП-2 снижает дымообразование композита. АПП-2 достаточно стабилен и при 700°C сохраняет до 60% массы, при этом процесс разложения эндотермичен, что уменьшает передачу теплового потока к полимеру [1,3].

В данной работе для наполнения эпоксидной композиции применялся АПП второй кристаллической фазы, обладающий высокой термической стабильностью и низкой растворимостью в воде, а также имеющий несимметричную форму частиц в виде нерегулярного многогранника, рис.1.

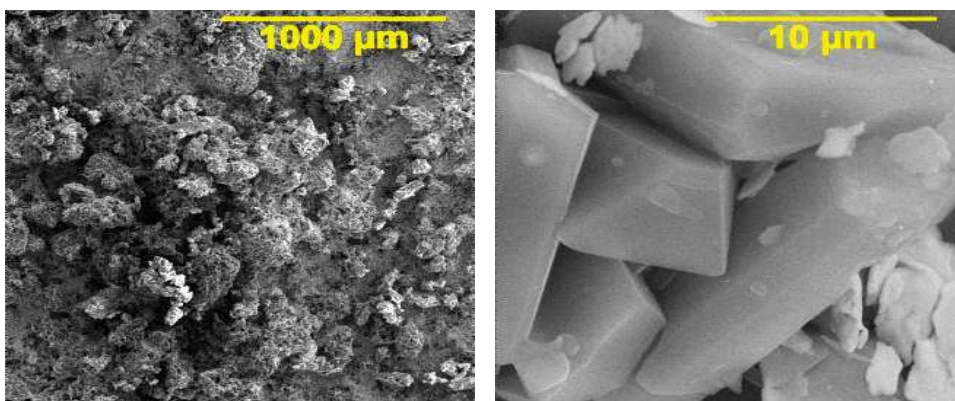


Рисунок 1. СЭМ образцов полифосфата аммония, а) увеличение x1000; б) увеличение x10000

Анализ данных гранулометрического состава АПП-2, рис.2, показал, что наибольшее содержание (33,5 % масс.) у фракции диаметром 90 мкм.

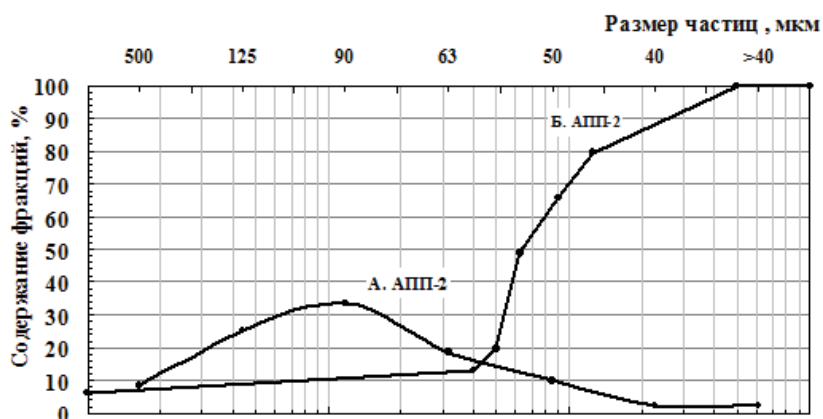


Рисунок 2. А. Данные гранулометрического состава АПП-2; Б. Интегральная кривая

Сравнение гранулометрического состава с интегральной кривой распределения позволяет определить, что наполнитель содержит большое количество агломератов, состоящих из более мелких частиц, это подтверждается микрофотографиями.

Насыпная плотность АПП-2 составляет  $0,806 \text{ г/см}^3$ , максимальный объем наполнителя, который можно ввести в полимер, для АПП-2 составляет  $\varphi_{\text{max}} = 0,627$ . Отклонение от сферической формы и агрегация приводят к снижению  $\varphi_{\text{max}}$ . Так же стоит отметить обратную пропорциональность зависимости максимальной объемной доли от удельной поверхности наполнителя.

Было определено влияние АПП-2 на процесс отверждения эпоксидной композиции, в различных соотношениях, рис.3. В

качестве исходных составов исследовали непластифицированную (100ЭД-20+15ТЭТА) и пластифицированную (100ЭД-20+30ТФФ+30ТХЭФ+15ТЭТА) эпоксидные композиции. Содержание полифосфата аммония варьировали от 1 до 5 масс. ч.

При введении в состав эпоксидного олигомера пластификаторов ТХЭФ и ТФФ в количестве 30 масс.ч., увеличивается продолжительность отверждения и снижается максимальная температура данного процесса, рис.3.

Проведенный анализ кинетических кривых отверждения составов, содержащих АПП-2, показал, что наполнитель оказывает влияние на процессы структурообразования, при этом ускоряется процесс отверждения эпоксидной композиции и увеличивается температура отверждения. Максимальная температура отверждения у состава 2, содержащего непластифицированную смолу и 1 масс. ч. АПП-2 составляет 153°C, а время отверждения и время гелеобразования 59 и 22 мин., соответственно. Наибольшее время отверждения у пластифицированного состава - 4, составляет 152 мин., времена гелеобразования 80 мин и температура отверждения 56°C.

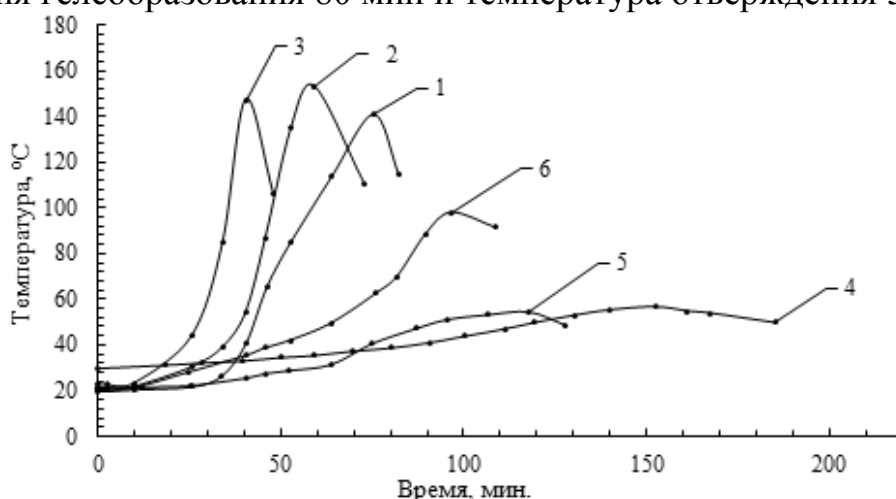


Рисунок 3. Кинетические кривые отверждения составов, масс.ч.:

1-100ЭД-20+15ТЭТА; 2-100ЭД-20+15ТЭТА+1АПП-2;

3-100ЭД-20+15ТЭТА+5АПП-2;

4-100ЭД-20+30ТФФ+30ТХЭФ+15ТЭТА;

5-100ЭД-20+30ТФФ+30ТХЭФ+15ТЭТА+1АПП-2;

6-100ЭД-20+30ТФФ+30ТХЭФ+15ТЭТА+5АПП-2.

В связи с наличием модифицирующих компонентов и их влиянием на процессы структурообразования эпоксидной композиции, возможно и изменение её физико-механических свойств, табл.1.

Показано, что введение АПП-2 в состав повышает устойчивость к изгибающим и ударным нагрузкам с одновременным повышением твердости.

На показатели свойств композиций влияние оказывают различные способы механоактивации такие, например, как ультразвуковое диспергирование и смешение на планетарной мельнице, которые обеспечивают равномерное распределение наполнителя в составе эпоксидной композиции и препятствуют его агрегации. При этом обеспечивается повышение физико-механических характеристик: на 15-20% повышается прочность при изгибе, показатель ударной вязкости возрастает до 20%.

Таблица 1. Физико-механические свойства эпоксидных полимеров, содержащих АПП-2

Состав композиции, масс.ч.	Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	Твердость по Бринеллю, МПа
100ЭД-20+30ТФФ+30ТХЭФ+15ТЭТА			
100 ЭД-20+30ТФФ+30ТХЭФ+15ТЭТА	39	12	121
1АПП	44	16	204
5АПП	51	22	217
Перемешивание на планетарной мельнице* - 500 об./мин. Ультразвуковое диспергирование* - 22 кГц			
1АПП	<u>51</u>	<u>16</u>	<u>205</u>
	53	15	214
5АПП	<u>59</u>	<u>24</u>	<u>229</u>
	60	27	225

\*- с последующей термообработкой образцов 60°С, 2ч

Введение АПП-2 в состав эпоксидной композиции обеспечивает повышение кислородного индекса с 25-27 до 35-40 % объемных, при этом потери массы при горении составляют 1-3%. Разработанные материалы, содержащие АПП-2 не поддерживают горение на воздухе и по показателям воспламеняемости и горючести относятся к трудновоспламеняемым материалам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мостовой, А.С. Разработка составов и исследование свойств пожаробезопасных эпоксидных компаундов / А.С. Мостовой, Е.В. Плакунова, Л.Г. Панова // Дизайн. Материалы. Технология. – 2012. – № 5 (25). – С. 135-137.
2. Коробщикова Т.С., Орлова Н.А. Влияние оптимального соотношения наполнителей на физико-механические характеристики

эпоксидных покрытий // Пластические массы. – 2011. – № 6. – С. 40-43.

3. Яковлев Н.А., Плакунова Е.В., Панова Л.Г. Гибридные наполнители – антипирены в эпоксидных композициях пониженной горючести // Дизайн. Материалы. Технология. 2013. № 5 (30). С. 153-156.

О.С. Блажевич, студ.  
В.Г. Матыс, доц., к.х.н.  
(БГТУ, г. Минск)

### **ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА КОНВЕРСИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ЦИНКЕ ИЗ КИСЛЫХ МОЛИБДАТНЫХ РАСТВОРОВ С ДОБАВКАМИ ИОНОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

Для предохранения от коррозии оцинкованные изделия подвергают химической обработке погружением в пассивирующий раствор, в результате чего на поверхности цинка формируется тонкое конверсионное покрытие оксидно-солевой природы, в состав которой входит как цинк, так и активные компоненты раствора. Такая обработка цинковых покрытий существенно повышает их стойкость в атмосфере высокой влажности и придает им необходимые декоративные свойства. Эта операция стала уже давно обязательной в технологии гальванического цинкования.

Основой большинства пассивирующих растворов долгое время являлись соединения шестивалентного хрома – хроматы. В технологии гальванического цинкования обработка такими растворами называлась хроматирование. Однако соединения шестивалентного хрома относятся к 3-ему классу опасности и с начала 2000-ых гг. в странах Европы, США и Японии введен запрет на использование таких соединений в покрытиях деталей в автомобилестроении, а затем и в электронике. Таким образом задачи разработки растворов пассивации цинковых покрытий на основе экологически безопасных соединений являются актуальными.

Данная работа направлена на поиск и разработку экологически безопасных составов растворов для пассивации гальванических цинковых покрытий. В качестве основы таких растворов использованы соединения Мо (IV) – молибдаты. Для повышения коррозионной стойкости получаемых покрытий в растворы пассивации вводят фосфаты [1,2]. Однако даже в молибдат-фосфатных растворах конверсионные покрытия получаются недостаточно стойкими особенно в отношении испытаний в камере солевого тумана [3]. Целью данной работы было повышение защитных свойств конверсионных покрытий, получаемых из молибдат-фосфатных растворов на гальваническом цинке. С этой целью в молибдат-фосфатные растворы вводились добавки ионов переходных металлов  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  и  $Mn^{2+}$  и изучались защитные свойства получаемых конверсионных покрытий.

В качестве базового раствора для пассивации использовался молибдатно-фосфатный раствор, в котором соотношение Мо/Р варьировалось от 0,33 до 1.