

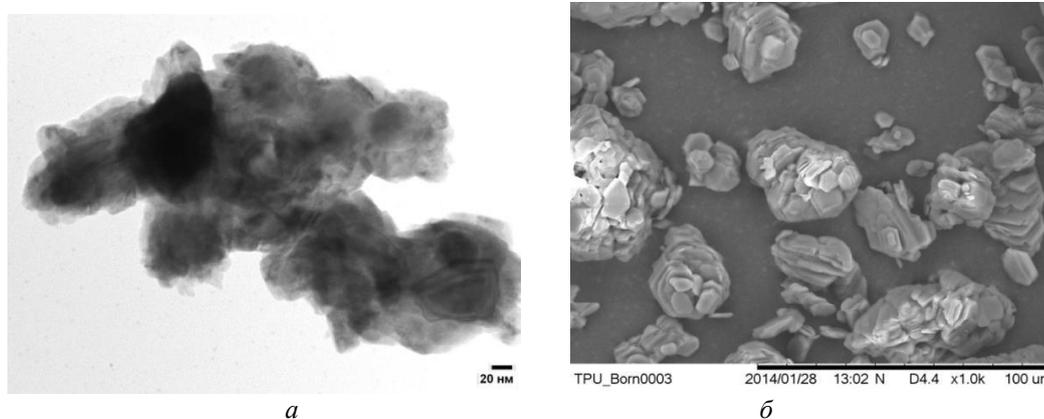
**Влияние наполнителей на основе борной кислоты и нанопорошка меди на термические и механические характеристики эпоксидных композитов***Мельникова Т.В., Назаренко О.Б.**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск**E-mail: [tatkamel93@mail.ru](mailto:tatkamel93@mail.ru)*

Эпоксидные полимеры обладают рядом свойств, которые делают их незаменимыми в качестве производства клеев, лакокрасочных покрытий, абразивных и фрикционных материалов, армированных пластиков, их используют как связующие при производстве слоистых пластиков на основе стеклоткани. Поэтому эпоксидные смолы заняли важное место в ряду промышленных полимерных материалов.

Направленное регулирование функциональных характеристик полимеров достигается путем введения в них различных наполнителей. Например, для повышения теплопроводности эпоксидного клея, используемого для склеивания конструктивных элементов нагревательной аппаратуры, могут быть введены мелкодисперсные металлические порошки – алюминия, меди, железа, вольфрама и др. [1, 2]. Это позволяет обеспечить отвода тепла от нагретых до высокой температуры элементов. В этом случае необходимо также контролировать термическую стойкость эпоксидного клея, так как материалы на основе эпоксидной смолы обладают повышенной горючестью. Для снижения горючести в полимеры вводят замедлители горения органической и неорганической природы [3].

Целью данной работы являлось исследование влияния нанопорошка меди и микропорошка борной кислоты на термическую стабильность и механическую прочность эпоксидных композитов.

Для получения эпоксидных композитов была использована эпоксидная смола ЭД-20, отверждение проводили с помощью полиэтиленполиамина, а в качестве наполнителя – нанодисперсный порошок меди (НП Cu), полученный методом электрического взрыва медных проводников в среде CO<sub>2</sub> [4] и микродисперсный порошок борной кислоты. Концентрация НП Cu составляла 5 мас. %, борной кислоты (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) – 5 и 10 мас. %.

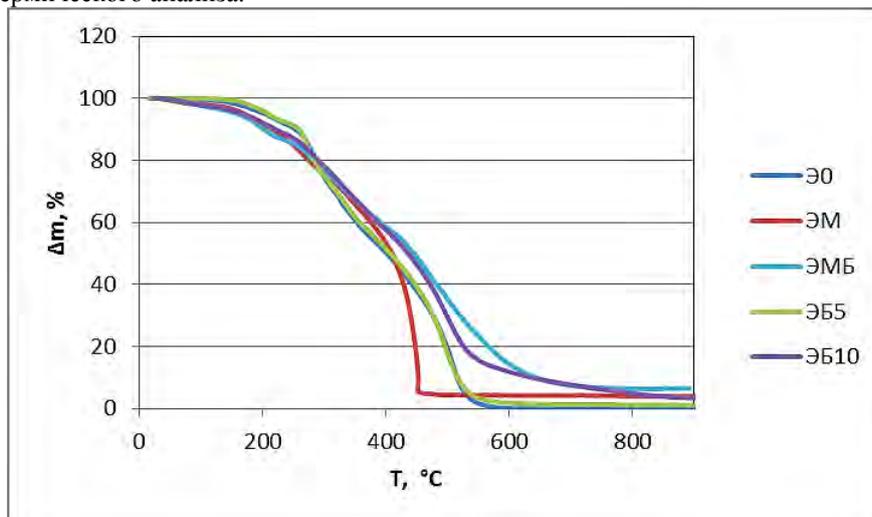


**Рис. 1.** Микрофотографии нанопорошка меди (а) и микропорошка борной кислоты (б)

Исходные вещества (НП Cu и порошок борной кислоты) исследованы методом сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии (JEOL JSM-7500FA, JEM-2100F, TM-3000). Термическая стабильность образцов исследована с помощью термогравиметрического метода (ТГ) в режиме линейного нагрева со скоростью 10 °С/мин в атмосфере воздуха в диапазоне температур 20–1000 °С. Термический анализ проводился на термоанализаторе SDT Q600. Для определения физико-механических свойств полученных композитов использовали универсальную испытательную машину GOTECH AI-7000M.

По данным электронной микроскопии (рис. 1, а) размер частиц порошка меди относится к нанодисперсному диапазону. Кроме того, можно отметить, что в результате длительного хранения и постепенного окисления частицы меди приобретают рыхлую поверхность. Частицы порошка борной кислоты H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> имеют размер менее 40 мкм и представляют собой чешуйчатые кристаллы, состоящие из плоских слоев толщиной приблизительно 100 нм (рис. 1, б).

На рис. 2 показана зависимость остаточной массы образцов при нагревании, полученная по данным термического анализа.



**Рис. 2.** График зависимости остаточной массы от температуры и наполнителя:

Э0 – эпоксидная смола, ЭБ5 – эп. смола с порошком  $H_3BO_3$  (5%), ЭМ – эп. смола с нанопорошком Cu (5%), ЭБ10 – эп. смола с порошком  $H_3BO_3$  (10%), ЭМБ – эп. смола с порошком  $H_3BO_3$  (10%) и нанопорошком Cu (5%)

Согласно полученным данным, при использовании в качестве наполнителя нанопорошка меди (5 %) наблюдается ускорение процесса термоокислительной деструкции, которая заканчивается при температуре 460 °С, в отличие от образца ненаполненного эпоксидного полимера, температура окончания основной стадии термоокислительной деструкции которого составила 600 °С. В данном случае нанодисперсная медь выступает как катализатор процесса деструкции. Этот образец имеет наименьшую остаточную массу – 4,5 %.

Наибольшую остаточную массу при 600 °С (12,5 %) имеет эпоксидный полимер с нанопорошком меди (5 %) и порошком борной кислоты (10 %).

Из анализа полученных результатов термических испытаний можно сделать вывод о положительном влиянии на термическую стабильность эпоксидных полимеров совместного использования наполнителей. При температуре 600 °С образец с нанопорошком меди (5 %) и микродисперсным порошком борной кислоты (10 %) имеет остаточную массу на 5,52 % больше, чем образец с использованием порошка борной кислоты (10 %).

Механические испытания образцов проведены на установке А1-7000М. Сущность метода заключается в том, что образец, свободно лежащий на двух опорах, кратковременно нагружали в середине между опорами. Скорость относительного перемещения нагружающего наконечника установили 1 мм/мин. В таблице 1 приведены результаты испытания на статический изгиб. Для оценки физико-механических свойств измерялся модуль упругости образцов. Модуль упругости характеризует противодействие полимера изменению размера и формы под действием внешней силы.

**Таблица 1.** Модуль упругости полимерных композитов

Образец	Э0	5%НП Cu	5%НП Cu+ 10% $H_3BO_3$	5% $H_3BO_3$	10% $H_3BO_3$
Модуль упругости при изгибе, МПа	569,33	1484,03	1284,78	623,20	901,53

По результатам испытания выявлено, что наилучшие физико-механические характеристики наблюдаются у образца с НП Cu (5 %).

Если оценивать проводимые испытания совместно, то образец с НП Cu (5 %) и порошком  $H_3BO_3$  (10 %) обладает наилучшей комбинацией характеристик, необходимых как для уменьшения пожароопасности полимерных композитов, так и для улучшения их физико-механических

свойств, по сравнению с другими образцами, наполненными только одним из изученных наполнителей.

#### Список литературы:

1. Абелиов Я.Л. Наполнители для теплопроводящих клеев // Клеи. Герметики. Технологии. – 2005. – № 8. – С. 26–27.
2. Хозин В. Г. Усиление эпоксидных полимеров. – Казань: ПИК «Дом печати», 2004. – 446 с.
3. Кодолов В.И. Замедлители горения полимерных материалов. – М.: Химия, 1980. – 274 с.
4. Амелкович Ю.А., Назаренко О.Б., Сечин А.И. Контроль термической устойчивости нанодисперсных металлов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 13. – С. 192–195.

#### Экологическое образование как фактор экономической стабильности

*Огородникова Е.В.*

*Российский государственный профессионально-педагогический университет, Россия, г.*

*Екатеринбург*

*E-mail:katena.krotova.94@mail.ru*

Экологическое состояние современного мира занимает фактически первое место в рейтинге кризисных проблем населения. Человек стремится максимально эффективно использовать природные ресурсы, но у него отсутствует достаточная информация о методах взаимодействия с природой, тем самым нарушая баланс человеческого воздействия на экологию в целом. Экологические проблемы и трудности приобретают всеобщий характер, именно поэтому специалисты задумались о поиске путей предотвращения негативного влияния вследствие экологического кризиса. Одной из целенаправленных мер является создание эффективной системы экологического образования населения. Большинство жителей страны не имеют достаточно знаний по защите окружающей среды. В связи с этим, требуется повышение уровня знаний в области экологии не только большинства населения страны, но и особенно тех людей, которые связаны с деятельностью по охране и защите окружающего нас мира.

Проанализировав нынешнее экологическое состояние страны, изучив статистические данные, можно сделать вывод, что возрастает потребность в людях, имеющие минимальные эко-знания. Молодое поколение нуждается в экологическом воспитании, их мысли, действия, поведение должны стать природосберегающими, а в идеальном сочетании и сам образ жизни. Необходимо пересмотреть в обществе системы воспитания и образования в области экологии, ведь от этого зависит благосостояние жителей, их здоровье, интеллектуальное развитие, трудовая деятельность, в том числе политическая и социально-экономическая стабильность.

Эффективность деятельности социальных организаций напрямую зависит от их правовой составляющей. На основании правовых норм, содержащихся в законах и иных нормативных правовых актах, формируется система технических, лечебно-профилактических, организационных, социально-экономических и других мероприятий по охране труда, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Успех в решении проблем охраны труда обусловлен качеством подготовки специалистов в определенной области, от их умения принимать правильные решения в сложных и изменчивых условиях современного производства. Руководитель должен гарантировать права и законные интересы трудящихся, создавать систему, которая бы защищала здоровье, жизнь людей и всего населения. Необходима такая программа, которая не позволяла бы недобросовестному работодателю экономить на стандартах безопасности, а также игнорировать экологические требования.

В настоящее время каждый работодатель должен понимать определение «охрана труда» как фактор социально-экономического развития, а не как обязанность перед работником. Некоторые законы и требования нормативных документов руководителями и специалистами просто игнорируются. Ведь требований охраны труда в организации достаточно много, поэтому следуют большие капиталовложения в данную сферу, но им легче заплатить штрафы, которые мизерно малы по сравнению с затратами на охрану труда предприятия.

Неблагоприятные условия труда порождают высокий уровень производственного травматизма. После ознакомления со статистическими данными по несчастным случаям на производстве можно сделать вывод о нарушении требований безопасности, выраженные в негодной организации рабочих мест, неправильной эксплуатации оборудования,