

лимфоциты. Сходным образом можно представить морфогенез лимфоидных узелков и бляшек (комплекс кровеносных и лимфатических микрососудов с интимными взаимоотношениями – противоточная микроциркуляторная система). Если кратко представленную пеструю картину эволюции лимфоидной системы (точнее – кроветворного аппарата) во всем многообразии ее образований упростить, то этот процесс состоит в следующем. Вокруг кровеносных сосудов возникают локальные очаги кроветворения, в т.ч. лимфоидные муфты. Последние могут погружаться в просвет лимфатических путей с образованием ЛУ, лимфоидных бляшек и узелков. Миелоидно-лимфоидные органы кроветворения (красный костный мозг, селезенка) и часть лимфоидных образований (тимус, миндалины, лимфоидные узелки) сохраняют экстралимфатическое состояние. Возможно, что локальное торможение оттока крови / лимфы приводит к возникновению

очага кроветворения. Венозные синусы и примитивная селезенка спирального клапана кишки у миноги образуются в процессе кручения кишки и ее брыжейки, примитивный тимус – среди складок жаберных мешков, красный костный мозг – в полости, ограниченной твердыми стенками, ЛУ – в результате торможения прямого лимфотока в просвете ЛС растущей инвагинацией кровеносных сосудов, трансфузионный лимфоток насыщает ее «обломками» дегенерирующих клеток, а они индуцируют приток макрофагов и лимфоцитов из кровеносных микрососудов. Вероятно, большой объем лимфооттока из органа или его структуры детерминирует морфогенез интралимфатических лимфоидных образований. Лимфатическая и лимфоидная системы конвергируют там, где переплетаются ЛС и кровеносные сосуды: соединительная ткань между ними преобразуется в лимфоидную – вокруг кровеносных микрососудов и в окружении микроЛС.

### Технические науки

#### КЛЕЕВАЯ КОМПОЗИЦИЯ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ И НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА

Евстифеев Е.Н., Новикова А.А., Беляева А.О.

*Донской государственный технический  
университет, Ростов-на-Дону,  
e-mail: doc220649@mail.ru*

На протяжении нескольких десятилетий синтетические смолы широко используются для производства древесной продукции в качестве клеев. Наиболее широкое употребление приобрели клеи на основе карбамидоформальдегидных смол, которые являются продуктом поликонденсации мочевины и формальдегида [1]. Карбамидные смолы при затвердевании склонны к усадке, что приводит к возникновению напряжений и растрескиванию клеевого шва. Чтобы повысить эластичность клеевых соединений в карбамидные смолы вводят различные наполнители: древесную муку, декстрин, гипс, каолин, мел, тальк и многие другие органические и неорганические материалы.

Главным недостатком данных клеевых композиций является их токсичность, обусловленная выделением в процессе синтеза, а также изготовления и эксплуатации готовой продукции свободных токсичных веществ. Не все применяемые в России карбамидоформальдегидные клеи соответствуют нормативам по выделению формальдегида из готовой продукции [2]. В связи с этим перед производителями древесных композиционных материалов особо актуальны вопросы разработки нетоксичных клеевых составов.

Цель работы – исследование и разработка клеевых композиций на основе эпоксидной смолы и наночастиц магнетита для производства древесных композиционных материалов.

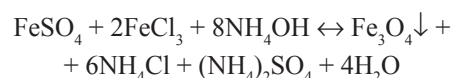
В качестве матрицы разрабатываемой клеевой композиции использовали эпоксидно-диановую смолу марки ЭД-20 – продукт взаимодействия эпихлоргидрина с дифенилолпропаном (дианом).

Для отверждения эпоксидной смолы применяли полиэтиленполиамин (ПЭПА)  $H_2N(CH_2CH_2NH)_nCH_2CH_2NH_2$ . За счет химического взаимодействия с эпоксидными и гидроксильными группами ПЭПА переводит эпоксидные олигомеры в полимеры пространственного строения.

Для модификации эпоксидной композиции в её состав вводили наполнитель – наночастицы магнетита  $Fe_3O_4$  – смешанный оксид железа (II, III). Для его получения использовали следующие реактивы:

- кристаллогидрат хлорида железа (III)  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  марки «ч», ГОСТ 4147-74;
- кристаллогидрат сульфата железа (II)  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  технический, ГОСТ 6981-94;
- аммиак водный технический, ГОСТ 3760-79.

Синтез наночастиц магнетита осуществляли в результате взаимодействия раствора аммиака с растворами указанных выше солей железа:



Для отделения частиц магнетита от водного раствора солей использовали постоянный магнит с сильным магнитным полем. После многократного промывания магнетита дистиллированной

водой до значения pH 7,5–8,5 растворимые соли полностью удалялись из раствора. Для стабилизации частиц магнетита полученный осадок смешивали с моющим средством и снова помещали на постоянный магнит; отделившуюся воду сливали, а полученный осадок магнетита высушивали в муфельной печи при температуре 300°C. После просушки получали смешанный оксид железа, обладающий магнитными свойствами.

Синтезированные частицы магнетита исследовали методом седиментационного анализа с использованием центрифуги CPS Disk Centrifuge DC24000. Полученная дисперсия магнетита характеризуется унимодальным распределением и содержит, в основном, частицы с размером до 90 нм. Максимум соответствует диапазону частиц от 27 до 49 нм, что составляет 53,5% всех частиц магнетита в образце. Синтезированный порошок магнетита имеет достаточно высокий индекс полидисперсности (3,15), что говорит о сравнительно широком распределении частиц по размерам.

Образование магнетита было подтверждено рентгенофазовым анализом на рентгеновском порошковом дифрактометре ARL X'TRA (ThermoFisher Scientific, Швейцария).

Индексирование и анализ дифрактограммы проведен с использованием базы данных PDF-2, в соответствии с которой исследуемый образец является магнетитом Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> без посторонних примесей.

Исследование нанопорошка магнетита методом атомно-силовой микроскопии на сканирующем зондовом микроскопе NanoEducator показало, что он состоит из зерен вытянутой формы.

Для экспериментального исследования клеевых составов в работе использован метод физико-химического анализа, позволяющий судить о взаимодействии в клеевой системе. Под клеевой системой следует понимать гетерогенную смесь со значительным числом взаимосвязанных параметров, состоящую из наполнителя и клеевой композиции смола – отвердитель, претерпевающей в процессе отверждения различные превращения. Химические реакции, протекающие в клеевых системах, характеризуются как процессами конденсации олигомеров смолы и сшивания полимерных цепей на реакционной поверхности раздела, так и различными физическими процессами переноса вещества.

Для нахождения оптимального соотношения между эпоксидной смолой ЭД-20 и отвердителем ПЭПА исследовали горизонтальный разрез с постоянным 5% содержанием наночастиц магнетита в трехкомпонентной клеевой системе ЭД-20 – ПЭПА – Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Поверхности склеиваемых образцов, изготовленных из ясеня, тщательно зачищали от неровностей и заусенцев шлифовальной бумагой трех разных степеней зернистости (50-Н, 40-Н, 20-Н по ГОСТ 3647-80). На подготовленные

бруски наносили метки, обозначающие границы клеевого шва. Расчет компонентов клеевой системы проводили в объемных процентах. Общее их содержание составляло 2,5 мл. Для порошкообразного магнетита (насыпной вес 1,304 г/см<sup>3</sup>) использовали весовое дозирование.

Компоненты клеевых составов по разрезу 5% Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + 95% (смола – отвердитель) тщательно перемешивали в пластиковом стаканчике. Подготовленный, таким образом, клей наносили с помощью медицинского шприца на отмеченную площадь очищенных поверхностей бруска. После нанесения клея образцы выдерживали на воздухе в течение 10–15 мин. Затем бруски клеевыми участками склеивали, прочно скручивая их медной проволокой, не допуская перекоса образцов. Время выдержки склеенных образцов на воздухе составляло 48 часов. С каждым клеевым составом приготавливали 5 образцов для испытания на прочность.

Для определения прочности на сдвиг клеевого соединения применяли испытательный пресс ИП-500.

Прочность клеевого соединения на сдвиг вычисляли с точностью до 1 кгс/см<sup>2</sup> по формуле

$$R_i = \frac{P}{F},$$

где  $P$  – максимальная разрушающая нагрузка в кгс;  $F$  – площадь склеивания, см<sup>2</sup>, вычисляемая с точностью до 0,1 см<sup>2</sup>.

За величину прочности клеевого соединения принимали среднее арифметическое результатов испытаний образцов, вычисляемое по формуле

$$R_{cp} = \frac{1}{n} \sum R_i,$$

где  $n$  – число испытанных образцов;  $R_i$  – значения прочности отдельных образцов, кгс/см<sup>2</sup>.

Наибольшая прочность клеевого соединения с 5% наночастиц Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> достигается при 20% отвердителя ПЭПА и 80% смолы ЭД-20 и составляет 93,8 кгс/см<sup>2</sup>. Это соотношение между смолой и отвердителем в исследуемой клеевой композиции является оптимальным.

Для нахождения оптимального содержания наполнителя исследовали 6 клеевых составов по разрезу (80% смолы + 20% отвердителя) → Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>:

100% (80% смолы ЭД-20 + 20% ПЭПА) = 2,5 мл;

5% Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + 95% (80% смолы ЭД-20 + 20% ПЭПА) = 2,5 мл;

10% Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + 90% (80% смолы ЭД-20 + 20% ПЭПА) = 2,5 мл;

20% Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + 80% (80% смолы ЭД-20 + 20% ПЭПА) = 2,5 мл;

30% Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + 70% (80% смолы ЭД-20 + 20% ПЭПА) = 2,5 мл;

40% Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + 60% (80% смолы ЭД-20 + 20% ПЭПА) = 2,5 мл.

Зависимость прочности клеевого шва от содержания наночастиц  $Fe_3O_4$  в клеевых составах с оптимальным соотношением: 80% ЭД-20 + 20% ПЭПА

Свойство клеевого соединения	Содержание наполнителя $Fe_3O_4$ в клеевых составах, об. % при постоянном соотношении ЭД-20:ПЭПА					
	0	5	10	20	30	40
Прочность клеевого соединения на сдвиг, кгс/см <sup>2</sup> , отвержденного в течение 48 ч	54,6	93,8	119,8	154,0	145,5	76,1

С каждым клеевым составом изготавливали по 5 склеенных образцов. После отверждения клеевого шва в течение 48 часов при обычных условиях они были подвергнуты испытанию на прочность (таблица).

Из данных таблицы видно, что зависимость прочности клеевого шва от содержания в клеевых составах магнетита при постоянном отношении смолы к отвердителю имеет весьма пологий максимум. Можно рекомендовать клеевые составы в широком диапазоне содержания магнетита от 15 до 30% с прочностными характеристиками от 140,2 до 145,5 кгс/см<sup>2</sup>. Оптимальный состав с содержанием 20% магнетита соответствует максимальному значению прочности – 154,0 кгс/см<sup>2</sup>, что почти в три раза больше связующей композиции без  $Fe_3O_4$ .

#### Список литературы

1. Кардашов Д.А. Синтетические смолы. – М.: Химия, 1976. – 504 с.
2. Кондратьев В.П., Кондрашенко В.И. Синтетические клеи для древесных материалов. – М.: Научный мир, 2004. – 520 с.

#### ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Коноплев Б.Г., Молчанова Л.Ф.

Южный федеральный университет,  
Ростов-на-Дону, e-mail: [lmolchanova@sfnu.ru](mailto:lmolchanova@sfnu.ru)

Сетевые образовательные ресурсы открывают широкие возможности для расширения лабораторной и научно-технологической базы учебного процесса, организации переподготовки в актуальных областях инженерно-технического профиля, использования в учебном процессе дорогого уникального оборудования, недоступного всем учебным заведениям. Компетентностный подход к организации образовательного процесса заключается в управляемом самостоятельном обучении на основе модульной структуры рабочих программ учебных дисциплин, органично включающих в себя проблемный и проектный методы обучения, а также мониторинг учебных достижений.

Рассматривается технология разработки электронного учебно-методического комплекса дисциплины на основе модели компетентности выпускника университета. Приводится

пример управляемого самостоятельного обучения с помощью сетевого научно-образовательного ресурса [http://sfedu.ru/www/stat\\_pages22.show?p=SCI/N11659](http://sfedu.ru/www/stat_pages22.show?p=SCI/N11659).

Разработанный программно-аппаратный комплекс представляет собой совокупность аппаратных и программных средств, созданных на основе современных информационно-коммуникационных технологий и программно-аппаратных решений, позволяет обеспечить принципиально новые возможности электронного обучения, дистанционную работу на уникальном оборудовании, проведение виртуальных лабораторных работ и научных исследований в интерактивном режиме, а также доступ к базам экспериментальных данных. Это создает возможность существенного расширения круга пользователей уникальным оборудованием, а также повышения квалификации сотрудников, работающих в области нанотехнологий. Комплекс представлен на Федеральном интернет-портале <http://www.portalnano.ru/read/iInfrastructure/russia/nns/sfnu/nanoscience>.

#### БЕСХЛОРНАЯ ОТБЕЛКИ ПЕРОКСИДНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ПШЕНИЧНОЙ СОЛОМЫ

Пен Р.З., Каретникова Н.В., Вшивкова И.А.

Сибирский государственный  
технологический университет, Красноярск,  
e-mail: [robertpen@yandex.ru](mailto:robertpen@yandex.ru)

Основное количество целлюлозы производится в настоящее время по сульфатному методу. Несмотря на довольно совершенную технологию, потери серы в окружающую среду (в виде диоксида серы, сероводорода, метилсернистых соединений) заставляют этот способ производства считать экологически неблагоприятным. В качестве альтернативного решения рассматривается делигнификация пероксидами [1, 2]. В частности, согласно патенту [3], делигнификацию растительного сырья проводят в системе  $H_2O_2-H_2O-AcOH-AcOOH-Cat$ .

Однолетние растения во все большем масштабе вовлекаются в химическую переработку, в том числе для производства технической целлюлозы, как возобновляемое сырье с коротким периодом ротации. Эксперименты подтвердили возможность переработки пшеничной соломы