

Приведены результаты исследования влияния ферментного препарата Filtrase BRX на закономерности получения разжиженной массы из разных зерновых культур: ячменя, овса и пшеницы. Определено влияние ферментного препарата Filtrase BRX на вязкость разжиженной массы, приготовленной из указанных зерновых культур при соотношениях зерно: вода – 1: (3-10). Показано, что использование Filtrase BRX совместно с ферментным препаратом Amilex 4T, прежде всего, влияет на уменьшение кинематической вязкости разжиженной массы и, в меньшей степени – на изменение содержания в ней сухих веществ. Установлено, что применение ферментного препарата Filtrase BRX позволяет уменьшить расход электроэнергии в одном аппарате термоферментативной обработки при разжижении замеса из овса на 29,8 %, а при разжижении замеса из ячменя – на 12,1 %.

Ключевые слова: ферментный препарат, ксиланаза, амилаза, глюканаза, вязкость, сухие вещества, ячмень, овес, пшеница.

Melnyk S.R., Shevchuk L.I., Melnyk Yu.R., Boychuk O.L. Obtaining Rarefied Mass of Various Crops Using Enzyme Preparation Filtrase BRX

The article contains some results of investigation of influence of enzyme preparation Filtrase BRX on regularities of obtaining a rarefied mass of various crops such as barley, oats and wheat. The effect of influence of enzyme preparation Filtrase BRX on the viscosity of rarefied mass obtained from these crops with the ratio grain to water – 1: (3-10) is studied. The use of enzyme preparation Filtrase BRX compatible with the enzyme preparation Amilex 4T primarily is proved to reduce the kinematic viscosity of rarefied mass and to a lesser extent change the content of dry matter. It is found that the use of enzyme preparation Filtrase BRX allows reducing power consumption in a single unit of the heat treatment during obtaining rarefied mass of oats on 29,8 %, while of barley on 12,1 %.

Keywords: enzyme preparation, xylanase, amylase, glucanase, viscosity, dry matter, barley, oats, wheat.

УДК 667.64:678.026

*Ст. препод. А.В. Акимов –
Херсонская государственная морская академия*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЛАСТИФИЦИРОВАННОЙ ЭПОКСИДНОЙ МАТРИЦЫ

Проведено исследование влияния мелкозернистых огнеупорных наполнителей различной физической природы на физико-механические свойства и структуру пластифицированных трихлорэтилфосфатом эпоксидных композитов на основе эпоксидно-диановой смолы ЭД-20. В результате анализа полученных данных выбран оптимальный наполнитель, обеспечивающий снижение горючести композита, а также подобрана оптимальная концентрация, при которой обеспечиваются оптимальные значения ударной вязкости, разрушающих напряжений и модуля упругости при изгибе, а также структура композита.

Ключевые слова: эпоксидный композит, пластификатор, мелкозернистый наполнитель, физико-механические свойства, структура.

Постановка задачи. Формирование конструкционных материалов с улучшенными свойствами является актуальной проблемой современного материаловедения [1]. В данном аспекте перспективными и конкурентоспособными являются полимерные композитные материалы (КМ) на основе эпоксидных связующих. Применение таких материалов в различных сферах промышленнос-

ти обусловлено широким спектром их улучшенных свойств. Потребность в повышении их эксплуатационных характеристик постоянно предъявляет повышенные требования к полимерным материалам и их производству. Применение известных и широко распространенных полимерных матриц из эпоксикомпозитов в целом не обеспечивает в полной мере необходимых свойств материалов. Одним из путей решения данной задачи является создание новых эпоксидных композитов при целенаправленном регулировании их эксплуатационных характеристик научно обоснованным введением полидисперсных наполнителей различной активности в отношении полимерной матрицы, что позволит улучшить как их адгезионные, так и когезионные свойства [2, 3].

Анализ последних исследований и публикаций. На сегодня широко и эффективно используют КМ на основе эпоксидно-диановой смолы ЭД-20 (ГОСТ 10587-84) и отвердителя полиэтиленполиамин ПЭПА (ТУ 6-05-241-202-78) [1-5]. Предварительно установлено, что оптимальным содержанием отвердителя ПЭПА для отверждения ЭД-20 является следующее соотношение компонентов: 10 масс.ч. отвердителя на 100 масс.ч. эпоксидно-диановой смолы [3-5].

При разработке эпоксидных матриц для защитных покрытий (в том числе и огнеупорных) важное значение, в первую очередь, имеет оптимизация их ингредиентов и исследование механизма протекания физико-химических процессов сшивания при введении модификаторов и наполнителей различной природы [6]. Регулировать важнейшие свойства полимеркомпозитных покрытий возможно физико-химической модификацией или комбинированием различных материалов для создания конструкций композитных материалов, в которых оптимально сочетаются свойства компонентов. Для обеспечения необходимых эксплуатационных характеристик композиционных материалов используют пластификаторы и наполнители. Пластификаторы улучшают эластичность полимерных материалов, снижают температуру обработки. Наполнители позволяют повысить механические и физико-химические характеристики композитов. Влияние наполнителя на свойства полимера определяется многими факторами: химической природой полимера и наполнителя, характером поверхности наполнителя, размером и формой его частиц, способностью к образованию собственных структур, изменением конформационного набора макромолекул и самой структуры полимера [6-7]. В случаях, когда введение наполнителя приводит к улучшению механических и физико-химических свойств КМ, принято говорить об усиливающем действии наполнителя. В работах [8-10] введено понятие активности наполнителя относительно полимерной матрицы. Наполнители при разном количественном содержании могут по-разному влиять на структуру полимеров [6, 7].

Цель работы – исследовать влияние мелкозернистых огнеупорных наполнителей различной физической природы на физико-механические свойства и структуру эпоксидных композитов.

Материалы для исследования. В работе [11] проведено исследование КМ на основе эпоксидно-диановой смолы марки ЭД-20 (ГОСТ 10587-93). В качестве отвердителя эпоксидного олигомера применяли отвердитель аминного типа – полиэтиленполиамин (ПЭПА) (ТУ 6-02-594-85), способный формировать

трехмерную сетчатую структуру в отсутствии нагрева. В качестве пластификатора применяли трихлорэтилфосфат (ТХЭФ) (ТУ 6-05-1611-78).

В качестве наполнителей для экспериментальных исследований использованы мелкозернистые огнеупорные материалы: совелитовый порошок (ТУ 36-131-83), углекислый кальций (ГОСТ 5972-77), дихлоризоцианурат натрия (ТУ 6-02-860-74) зернистостью 5...10 мкм. Совелитовый порошок (СП) состоит из смеси солей углекислого магния ($MgCO_3$) и углекислого кальция ($CaCO_3$) с асбестом ($MgSiO_3$). Средняя плотность порошка не превышает 350 кг/м^3 . Углекислый кальций (УК) в качестве основного ингредиента содержит карбонат кальция ($CaCO_3$) – 99,7 %, остальное – сахарин. Натриевая соль дихлоризоциануровой кислоты или дихлоризоцианурат натрия (ДХЦК) – $C_3Cl_2N_3O_3Na$. Сшивали КМ введением полиэтиленполиамиона (ПЕПА) и трихлорэтилфосфата (ТХЭФ) в композицию при стехиометрическом соотношении компонентов, масс.ч.: ЭД-20 : ПЕПА : ТХЭФ – 100 : 10 : 10. Содержание наполнителей изменяли в пределах $q = 10...60$ масс.ч.

Технология формирования КМ и методы исследования. Эпоксидный КМ формировали по следующей технологии: предварительное дозирование эпоксидно-диановой смолы ЭД-20, подогрев смолы до температуры $T = 353^{\pm 2} \text{ К}$ и ее выдержка при данной температуре в течение времени $\tau = 20^{\pm 0,1}$ мин; дозирование наполнителей и последующее их введение в эпоксидный олигомер; гидродинамическое совмещение пластификатора, наполнителей и эпоксидной диановой смолы ЭД-20 до получения однородной смеси и последующего полного растворения добавки в течение времени $\tau = 2^{\pm 0,1}$ мин при комнатной температуре $T = 298^{\pm 2} \text{ К}$, ультразвуковая обработка продолжительностью $\tau = 2^{\pm 0,1}$ мин, введение отвердителя ПЭПА и перемешивание композиции в течение времени $\tau = 5^{\pm 0,1}$ мин, отверждение композиции. Отверждение КМ проводили по экспериментально установленному режиму: формирование образцов и их выдержка в течение $\tau = 12,0^{\pm 0,1}$ ч при температуре $T = 298^{\pm 2} \text{ К}$, нагрев со скоростью $v = 3 \text{ К/мин}$ до выбранной температуры сшивания $T = 413^{\pm 2} \text{ К}$ [11], выдержка образцов при данной температуре в течение времени $\tau = 2,0^{\pm 0,05}$ ч, медленное охлаждение до температуры $T = 298^{\pm 2} \text{ К}$. С целью стабилизации структурных процессов в матрице образцы выдерживали в течение времени $\tau = 24 \text{ ч}$ на воздухе при температуре $T = 298^{\pm 2} \text{ К}$ с последующим проведением экспериментальных исследований.

Разрушающие напряжения и модуль упругости при изгибе определяли в соответствии с ГОСТ 4648-71 и ГОСТ 9550-81 соответственно. Параметры образцов: длина $l = 120^{\pm 2} \text{ мм}$, ширина $b = 15^{\pm 0,5} \text{ мм}$, высота $h = 10^{\pm 0,5} \text{ мм}$. Ударная вязкость определена по методу Шарпи в соответствии с ГОСТ 4647-80 на маятниковом копре МК-30 при температуре $T = 298^{\pm 2} \text{ К}$ и относительной влажности $d = 50^{\pm 5} \text{ \%}$. Использовали образцы размером $(63,5 \times 12,7 \times 12,7)^{\pm 0,5} \text{ мм}$.

Отклонение значений при исследованиях показателей физико-механических свойств КМ составляло 4...6 % от номинального. Структура материалов исследована на металлографическом микроскопе модели XJL-17AT, который оборудован камерой 130 UMD (1,3 Mega Pixels). Диапазон масштабирования от $\times 100$ до $\times 1600$ раз. Непосредственно в работе образцы исследовали при увели-

чении $\times 200$ и $\times 400$ раз. Для обработки цифровых изображений использовано программное обеспечение Levenhuk TourView v.3.7.6510.

Результаты исследований и их обсуждения. На первом этапе проводили экспериментальные исследования физико-механических свойств КМ, а именно: ударной вязкости (W , кДж/м^2), модуля упругости (E , ГПа) и разрушающих напряжений ($\sigma_{изг}$, МПа) при изгибе для выбора оптимального из исследуемых мелкозернистых наполнителей, вводимых в пластифицированный КМ, обеспечивающего наилучшие его физико-механические показатели. Результаты проведенных исследований приведены на рис. 1-3.

Предварительно установлены значения физико-механических свойств пластифицированной матрицы, которые составляют: $\sigma_{изг} = 60,23 \text{ МПа}$, $E = 3,62 \text{ ГПа}$, $W = 4,41 \text{ кДж/м}^2$. Далее, при введении в КМ в качестве наполнителя СП (см. рис. 1), наблюдали снижение значений $\sigma_{изг}$: при $q = 10$ масс.ч. – $\sigma_{изг} = 35,15 \text{ МПа}$, а при $q = 20$ масс.ч. – $\sigma_{изг} = 31,75 \text{ МПа}$ (см. рис. 1, кривая 2). Далее, с ростом содержания наполнителя значение $\sigma_{изг}$ снижается. При этом значения модуля упругости при изгибе составляют: при $q = 10$ масс.ч. – $E = 3,56 \text{ ГПа}$, а при $q = 20$ масс.ч. – $E = 3,60 \text{ ГПа}$ (см. рис. 1, линия 1), а далее с увеличением содержания наполнителя E возрастает (при $q = 60$ масс.ч. – $E_{\text{max}} = 4,64 \text{ ГПа}$).

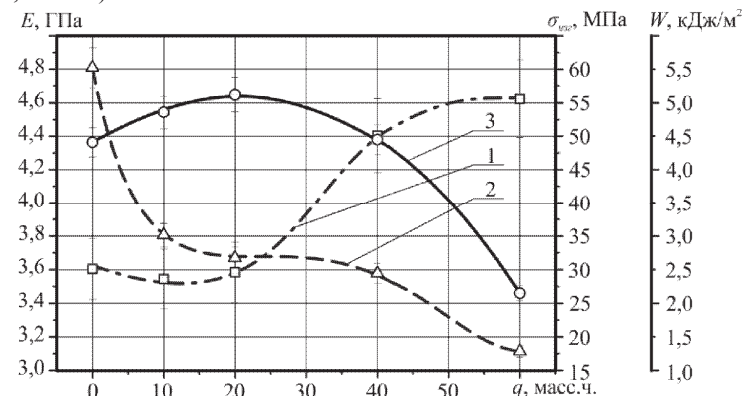


Рис. 1. Зависимость модуля упругости при изгибе E (1), разрушающих напряжений при изгибе $\sigma_{изг}$ (2) и ударной вязкости W (3) КМ от количества СП

Следует отметить, что значения $\sigma_{изг}$ и E для наполненных СП КМ хорошо согласуются между собой, подтверждением чего являются результаты исследований ударной вязкости W (см. рис. 1, линия 3). Экспериментально установлено, что при содержании СП $q = 20$ масс.ч. наблюдается максимальное значение ударной вязкости $W = 5,12 \text{ кДж/м}^2$. Таким образом, оптимальным содержанием вводимого в КМ совелитового порошка является $q = 20$ масс.ч.

При введении в КМ углекислого кальция (см. рис. 2) результаты исследований показали, что $\sigma_{изг}$, наполненного частицами УК композита, резко снижается по сравнению с матрицей (см. рис. 2, кривая 2), в то время как значения модуля упругости возрастают и максимальное его значение составляет $E = 5,27 \text{ ГПа}$ при содержании УК $q = 40$ масс.ч. (см. рис. 2, кривая 1), а при

$q = 60$ масс.ч. модуль упругости при изгибе снова снижается до $E = 4,42$ ГПа. В то же время полученные значения ударной вязкости хорошо согласуются с данными для модуля упругости при изгибе. Так, при содержании УК в количестве $q = 40$ масс.ч., значение ударной вязкости имеет максимальное значение $W = 5,30$ кДж/м². Таким образом, оптимальным содержанием вводимого в КМ углекислого кальция следует считать $q = 40$ масс.ч.

При исследовании физико-механических свойств композитов, наполненных частицами ДХЦК (см. рис. 3) наблюдали резкое снижение разрушающих напряжений при изгибе $\sigma_{изг}$ и ударной вязкости W по сравнению с матрицей. Однако значение модуля упругости при изгибе при содержании ДХЦК в количестве $q = 20$ масс.ч. минимальное – $E_{\min} = 3,27$ ГПа, а при $q = 60$ масс.ч. максимальное – $E_{\max} = 3,98$ ГПа (см. рис. 3, кривая 1).

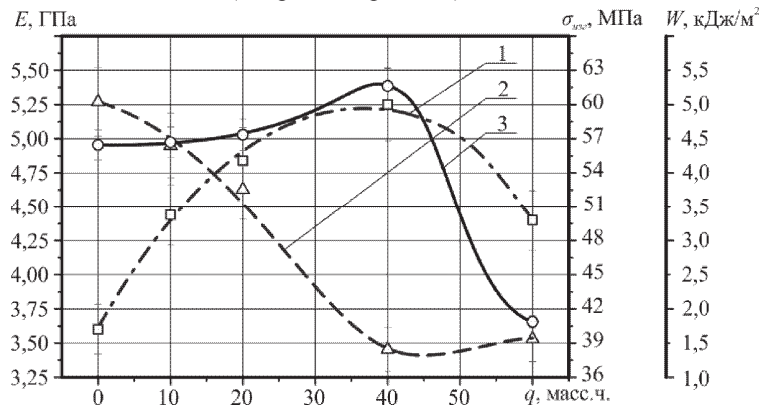


Рис. 2. Зависимость модуля упругости при изгибе E (1), разрушающих напряжений при изгибе $\sigma_{изг}$ (2) и ударной вязкости W (3) КМ от количества УК

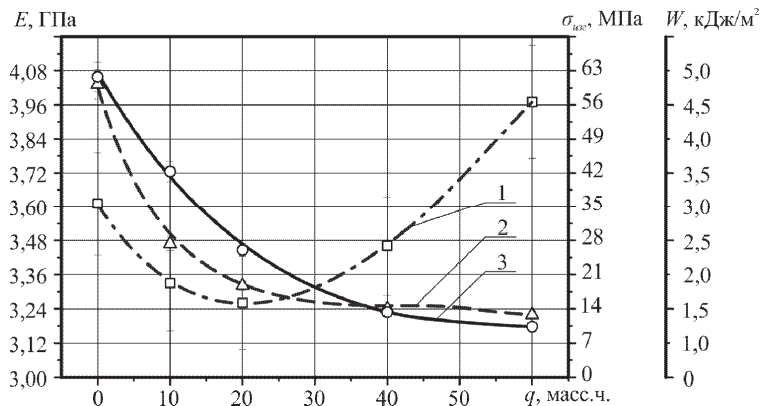


Рис. 3. Зависимость модуля упругости при изгибе E (1), разрушающих напряжений при изгибе $\sigma_{изг}$ (2) и ударной вязкости W (3) КМ от количества ДХЦК

Это не согласуется с резким снижением значений $\sigma_{изг}$ и W , что свидетельствует о нецелесообразности применения ДХЦК в качестве наполнителя

для данного композита с целью обеспечения оптимальных физико-механических показателей. Связано это, по-видимому, с высокой химической активностью наполнителя, что сказывается на изменении структуры материала и снижении его когезионных свойств.

На последующем этапе методом оптической микроскопии исследовали топографию излома модифицированных мелкозернистыми наполнителями различной физической природы эпоксидных композитов (при разном содержании вводимых наполнителей). Результаты исследований топографии излома приведены на фрактограммах излома (рис. 4-6) и подтверждают гипотезу о межфазном взаимодействии полимера с частицами вводимых мелкозернистых наполнителей. Анализ фрактограмм излома КМ с содержанием частиц СП в количестве $q = 10$ и 20 масс.ч. (см. рис. 4; а, б, д, е) позволяет утверждать о формировании КМ с неоднородным распределением наполнителя, а также их неполном смачивании связующим, что способствует образованию дефектной структуры исследуемого материала.

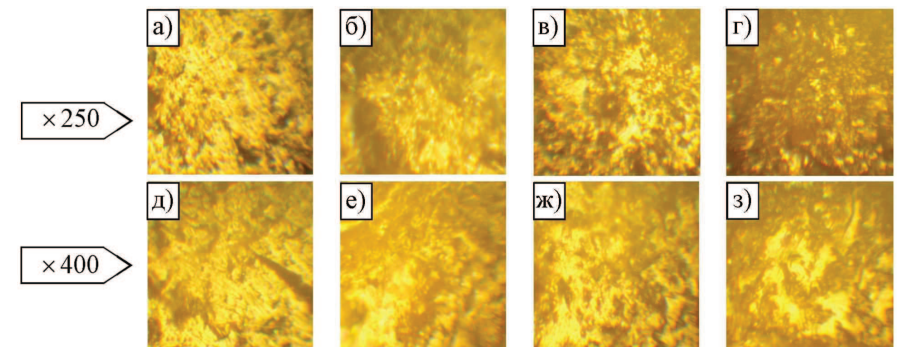


Рис. 4. Фрактограммы (а-г – $\times 250$; д-з – $\times 400$) излома КМ, наполненного частицами СП, q , масс.ч.: а, д – 10; б, е – 20; в, ж – 40; з, з – 60

Поверхность излома КМ с содержанием СП в количестве $q = 40$ и 60 масс.ч. (см. рис. 4; в, г, ж, з) имеют практически однородное распределение кратеров приблизительно одинакового размера и формы. Полученные результаты свидетельствуют о равномерном распределении напряжений по объему КМ, что свидетельствует о термодинамическом равновесии в системе после ее сшивания. Соответственно, при введении частиц в количестве $q = 40...60$ масс.ч. формируется КМ, который отличается улучшенной когезионной прочностью, что подтверждается полученными результатами исследований физико-механических свойств материалов (см. рис. 1).

Анализ фрактограмм излома КМ, наполненного частицами УК с содержанием $q = 10...60$ масс.ч. (см. рис. 5), показал практически однородную структуру излома (см. рис. 5; а-з). Такая топография поверхности образцов характерна для композитов с равномерным распределением напряжений по объему, что указывает на формирование кинетически стабильной структуры. Следует отметить, что из всех приведенных на рис. 5 фрактограмм, наиболее однородной

структурой отличается КМ с содержанием наполнителя в количестве $q = 40$ масс.ч. (см. рис. 5; в, ж), что хорошо согласуется с данными, полученными при исследовании физико-механических свойств КМ, наполненного частицами УК (см. рис. 2).

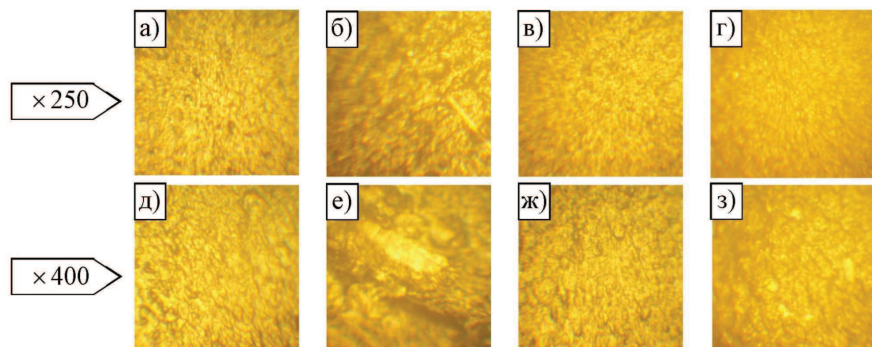


Рис. 5. Фрактограммы (а-г – $\times 250$; д-з – $\times 400$) излома КМ, наполненного частицами УК, q , масс.ч.: а, д – 10; б, е – 20; в, ж – 40; г, з – 60

Анализ фрактограмм излома КМ, наполненного частицами ДХЦК (см. рис. 6), подтверждает нецелесообразность использования данного наполнителя по результатам исследования физико-механических свойств (см. рис. 3), так как все полученные фрактограммы (см. рис. 6; а-з) имеют дефектную структуру из-за наличия вокруг дисперсных частиц физических и химических связей, возникающих в результате высокой активности данной добавки.

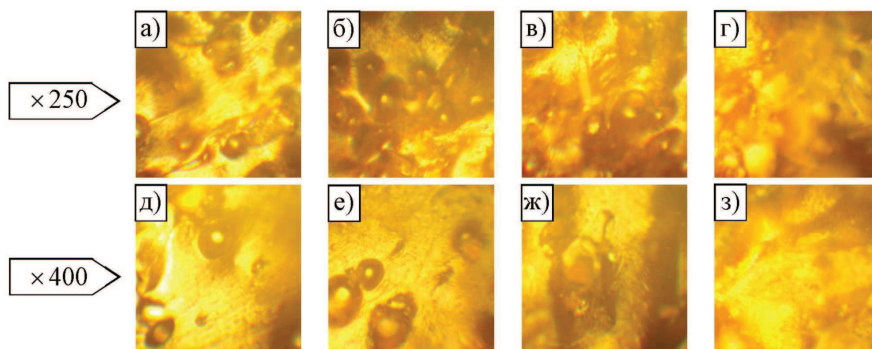


Рис. 6. Фрактограммы (а-г – $\times 250$; д-з – $\times 400$) излома КМ, наполненного частицами ДХЦК, q , масс.ч.: а, д – 10; б, е – 20; в, ж – 40; г, з – 60

На основе проведенных исследований эпоксидных композитов с мелкозернистыми частицами различной физической природы можно утверждать, что материал с содержанием УК ($q = 40$ масс.ч.) характеризуется равномерной структурой, согласованной динамикой свойств и высокими показателями физико-механических характеристик в комплексе (ударная вязкость, модуль упругости и разрушающие напряжения при изгибе).

Выводы. На основе результатов экспериментальных исследований можно констатировать следующее.

1. Установлены значения физико-механических свойств пластифицированной трихлорэтилфосфатом эпоксидной матрицы, которые составляют: $\sigma_{изг} = 60,23$ МПа, $E = 3,62$ ГПа, $W = 4,41$ кДж/м².

2. Установлено, что наилучшим из рассматриваемых наполнителей (при содержании $q = 40$ масс.ч.) для пластифицированного трихлорэтилфосфатом эпоксидного композита, с точки зрения физико-механических свойств, является углекислый кальций. По сравнению с пластифицированной эпоксидной матрицей введение углекислого кальция с указанной концентрацией в композитный материал обеспечивает увеличение ударной вязкости в 1,2 раза ($W = 5,27$ кДж/м²) и увеличение модуля упругости при изгибе в 1,5 раза ($E = 5,27$ ГПа).

Анализ фрактограмм излома композитного материала с содержанием ($q = 40$ масс.ч.) углекислого кальция показал однородность структуры излома, что свидетельствует о равномерности распределения напряжений по объему материала и указывает на формирование кинетически стабильной его структуры.

3. Дополнительно установлено, что использование в качестве наполнителя соевитового порошка не позволяет существенно улучшить физико-механические свойства композитного материала. Анализ полученных результатов показал, что наиболее оптимальным содержанием вводимого соевитового порошка является $q = 20$ масс.ч., однако при этом возрастает в 1,2 раза ($5,12$ кДж/м²) только значение ударной вязкости, значение же разрушающих напряжений при изгибе уменьшается в 1,9 раза (31,7 МПа) по сравнению с матрицей, а значение модуля упругости при этом практически не изменяется.

Анализ фрактограмм излома композитного материала с содержанием частиц соевитового порошка при $q = 10$ и 20 масс.ч. показал неоднородность распределения частиц наполнителя, а также неполное их смачивание связующим, что способствует образованию дефектной структуры исследуемого материала. При содержании соевитового порошка в количестве $q = 40...60$ масс.ч. наблюдается улучшение когезионной прочности и равномерное распределение напряжений по объему, что свидетельствует о термодинамическом равновесии системы после ее сшивания. Однако по сравнению с матрицей имеет место значительное снижение в 2,04...3,37 раза (17,86...29,46 МПа) разрушающих напряжений при изгибе, а также снижение ударной вязкости в 2,1 раза (2,15 кДж/м²), поэтому рекомендовать использование соевитового порошка в качестве наполнителя нецелесообразно.

4. Анализ фрактограмм излома композитного материала, наполненного частицами натриевой соли дихлорциануровой кислоты, подтверждает нецелесообразность использования данного наполнителя по результатам исследования физико-механических свойств ($\sigma_{изг}$ уменьшается в 4,7 раза, W уменьшается в 4,9 раза по сравнению с матрицей), так как все полученные фрактограммы имеют дефектную структуру из-за наличия вокруг дисперсных частиц наполнителя физических и химических связей, возникающих в результате высокой активности данной добавки.

Література

1. Кербер М.Л. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин и др.; под ред. А.А. Берлина. – Изд. 3-е, [перераб. и доп.]. – СПб.: Изд-во "Профессия", 2008. – 560 с.
2. Николаев А.Ф. Технология полимерных материалов / А.Ф. Николаев, В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов и др.; под общ. ред. В.К. Крыжановского. – СПб.: Изд-во "Профессия", 2008. – 544 с.
3. Buketov A.V. Epoxy nanocomposites: monograph / A.V. Buketov, O.O. Sapronov, V.L. Alek-senko. – Kherson: Publisher KSMA, 2015. – 184 p.
4. Buketov A.V. Investigation of the physico-mechanical and thermophysical properties of epoxy composites with a two-component bidisperse filler / A.V. Buketov, O.O. Sapronov, M.V. Brailo // Strength of Materials. – Vol. 46, No. 5. – 2014. – Pp. 717-721.
5. Букетов А.В. Властивості модифікованих ультразвуком епоксипластів / А.В. Букетов, П.Д. Стухляк, І.В. Чихіра. – Тернопіль: Вид-во "Крок", 2011. – 201 с.
6. Букетов А.В. Фізико-хімічні процеси під час формування епоксикомпозитних матеріалів / А.В. Букетов, П.Д. Стухляк, С.М. Кальба. – Тернопіль: Вид-во "Збруч", 2005. – 184 с.
7. Тхір І.Г. Фізико-хімія полімерів / І.Г. Тхір, Т.В. Гуменецький. – Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2005. – 240 с.
8. Колупаев Б.С. Физикохимия полимеров / Б.С. Колупаев. – Львов: Изд-во "Вища шк.", 1980. – 154 с.
9. Соломко В.П. Наполненные кристаллизующиеся полимеры / В.П. Соломко. – К.: Изд-во "Наук. думка", 1986. – 226 с.
10. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров / Ю.С. Липатов. – М.: Изд-во "Химия", 1977. – 304 с.
11. Букетов А.В. Исследование физико-механических свойств композитных материалов на основе эпоксидиановой смолы, отвержденной полиэтиленполиамином, с добавлением пластификатора-антипирена трихлорэтилфосфата / А.В. Букетов, А.В. Акимов, Д.А. Зинченко // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. праць. – Сер.: Технічні науки. – 2015. – № 5. – С. 126-134.

Акимов А.В. Застосування дрібнозернистих наповнювачів різної фізичної природи для покращення фізико-механічних властивостей композитних матеріалів на основі пластифікованої епоксидної матриці

Проведено дослідження впливу дрібнозернистих вогнетривких наповнювачів різної фізичної природи на фізико-механічні властивості і структуру пластифікованих трихлоретилфосфатом епоксидних композитів на основі епоксидно-діанової смоли ЕД-20. Внаслідок такого аналізу отриманих даних вибрано оптимальний наповнювач, що забезпечує зниження горючості композиту, а також підібрано оптимальну концентрацію, за якої забезпечуються оптимальні значення ударної в'язкості, руйнівних напружень і модуля пружності при вигині, а також структура композиту.

Ключові слова: епоксидний композит, пластифікатор, дрібнозернистий наповнювач, фізико-механічні властивості, структура.

Akimov A.V. The Use of Fine Fillers of Different Physical Nature to Improve the Physical and Mechanical Properties of Composite Materials Based on Epoxy Plasticized Matrix

The research was carried concerning the impact of physical and mechanical properties and structure of plasticized trichloroethyl phosphate epoxy composites based on epoxy-bisphenol resin ED-20 with the introduction of fine-grained refractory fillers with different physical nature. As the result of the analysis of the data we selected optimum filler, which provides low flammability of the composite, as well as select the optimal concentration for optimum toughness values, destructive stress and flexural modulus, and also composite structures.

Keywords: epoxy composite, plasticizer, fine-grained filler, the physical and mechanical properties, structure.

УДК 684.4.04

Доц. Л.М. Бойко, канд. техн. наук; аспір. О.В. Анциферова –
НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ

ВПЛИВ ЩІЛЬНОСТІ НА МЕЖУ МІЦНОСТІ ДЕРЕВНОВОЛОКНИСТИХ ПЛИТ СЕРЕДНЬОЇ ЩІЛЬНОСТІ ЗА ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ

Наведено результати досліджень межі міцності та модуля пружності деревинно-волоконистих плит середньої щільності або плит MDF (Medium Density Fiberboard) товщиною 10, 16 та 19 мм. Зразки досліджено за таких температур: 20, 40, 60 та 80 °C. Виявлено, що зразки, вирізані з плити MDF щільністю 780-820 кг·м⁻³ за максимальної температури мали такі ж показники межі міцності, як і зразки, випробувані за температури 40 °C, але вирізані з плити MDF, щільність якої становила 650-750 кг·м⁻³. Вставлено, що з підвищенням температури відбувається зменшення значення межі міцності – 3...5 МПа на кожні 10 °C.

Ключові слова: межа міцності, плити MDF, щільність, довговічність.

Вступ. У сучасному меблевому виробництві для виготовлення корпусних меблів використовують такі матеріали, як личковані стружкові плити, плити MDF, меблеві щити, плити із сотовим заповненням та натуральну деревину. Ринок потребує різних за конструкцією, призначенням та дизайном меблів. Перед конструктором під час конструювання виробів постає головне завдання – знайти оптимальне поєднання функціонального призначення предмета та його вартості. Втрати деревних плит у виробництві виробів, їх руйнування та втрата ними форми за нетривалого використання, потреба підвищення конкурентоспроможності продукції сприяє пошуку раціональних способів конструювання меблів зі заданим показником довговічності.

Важливим чинником, який впливає на межу міцності, а отже – і на довговічність, є щільність плити MDF. Також на довговічність виробів з плити MDF впливає температура, за якої експлуатуються вироби. Співвідношення між температурою і механічними властивостями дуже важливе, якщо плити MDF, які складають конструкцію виробу, в процесі експлуатації будуть зазнавати впливу коливань температури. Інформації про наслідки впливу температури на механічні властивості деревноволокнистих плит у літературі обмаль, тільки кілька авторів [1-4] порушують цю проблему у своїх дослідженнях. Ці знання мають важливе практичне значення.

Мета дослідження – визначення впливу різноманітних температур на межу міцності деревноволокнистих плит різної густини.

Об'єкт дослідження – процеси руйнування деревноволокнистих плит середньої щільності товщиною 10, 16 та 19 мм.

Матеріали та методика дослідження. Зразки для досліджень відібрано згідно з ДСТУ EN 310:2003 за такими розмірами: для товщини 10 мм – 250×50 мм; для товщини 16 мм – 370×50 мм; для товщини 19 мм – 430×50 мм. Для досліджень відібрано зразки без покриття, ламіновані білою плівкою, шпоновані синтетичним шпоном та опоряджені фарбою, яка мала матове покриття наведених вище товщин. Зразки досліджували за температур 20, 40, 60, 80 °C і відносної вологості 65 % за таких швидкостей навантаження – 2, 7, 12 мм·хв⁻¹. Довжина зразків контролювалася рулеткою, а ширина і товщина штангенциркулем у трьох місцях, також зразки зважували перед випробуванням.