

Колдаева С.Н., Колдаев Ю.Н., Демченко Н.А.

СНИЖЕНИЕ ГОРЮЧЕСТИ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ ЗА СЧЕТ ПРИДАНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ ДРЕВЕСНОМУ НАПОЛНИТЕЛЮ

В настоящее время накоплен значительный опыт по созданию конструкционных материалов на основе древесины с высокими эксплуатационными характеристиками. Однако эти материалы часто оказываются малопригодными из-за высокой горючести. Особенно это касается материалов, используемых в химической и горнодобывающей промышленности.

Наиболее доступными и эффективными способами снижения горючести композиционных материалов на основе древесины является повышение огнестойкости связующего - применение антипиренов или использование в качестве связующих трудногорючих материалов.

Снижение горючести композита зависит от концентрации антипиренов в его составе. Однако, как показывают исследования [1, 2, 3], существуют допустимые пределы концентрации целевых модификаторов в составе композиции, не вызывающие снижения адгезии фаз и прочностных характеристик композита.

Кроме того, такой способ снижения горючести недостаточно эффективен при создании огнестойких материалов, способных работать в условиях циклической влажности, включающих периодическое увлажнение и высыхание изделия. Наиболее эффективные неорганические антипирены являются легко гидратируемые водорастворимыми солями, что приводит к быстрому разрушению композита. Применение водонерастворимых антипиренов, например, сульфата бария или диметилтетрахлортерефталата, не дает такого эффекта, как применение водорастворимых антипиренов.

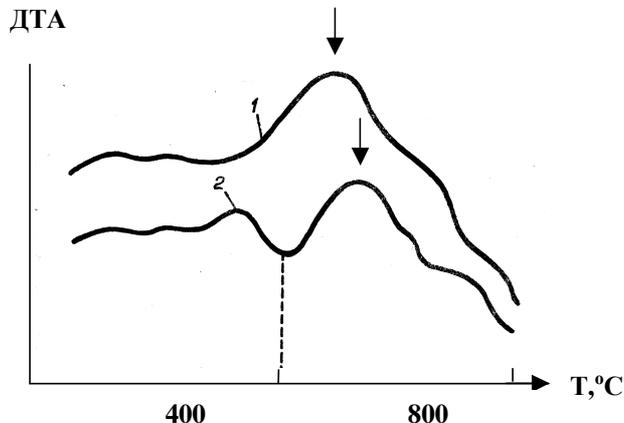


Рис. 1. Дериватограммы (ДТА): 1 - механическая смесь натуральной древесины с 10 мас.% сульфата бария; 2 - метилированная древесина, наполненная 10 мас.% сульфата бария.

Нами исследована возможность снижения горючести древесных пластиков путем придания огнестойкости древесному наполнителю. Разработан способ наполнения капиллярно-пористой системы древесины водонерастворимыми антипиренами, основанный на нейтрализации в порах древесины гидроокиси бария серной кислотой, выделяющейся при мети-

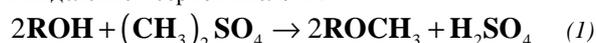
лировании древесины диметилсульфатом. На рис.1 приведены кривые ДТА при окислении метилированной древесины, наполненной сульфатом бария в количестве 10%, и механической смеси древесного наполнителя с 10% сульфата бария.

Несмотря на присутствие легкоокисленных метильных групп, тепловой эффект при окислении метилированной древесины, наполненной сульфатом бария, значительно меньше, чем при окислении механической смеси измельченной древесины с тем же количеством сульфата бария.

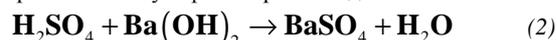
Для оценки огнестойкости полученного материала в экстремальных условиях, включающих периодическое увлажнение и сушку, полученная измельченная метилированная древесина, наполненная сульфатом бария, была использована как наполнитель в композиционном материале, содержащем в качестве связующего фенолформальдегидную смолу ЛБС-3 [1]. Для обработки древесины использовали гидроокись бария и диметилсульфат.

Технология приготовления композиции заключается в следующем. Измельченную древесину обрабатывали 40-60 % -ным водным раствором гидроокиси бария, нагретым до 80-90°C, затем диметилсульфатом в количестве 60-70 % от массы гидроокиси бария по сухому остатку и сушили в два этапа: при 40-50°C в течение 2-3 ч., затем до влажности 4-10 % при 100-120°C; затем пропитывали фенолформальдегидной смолой и сушили до влажности менее 8 % при 70-90°C.

При 40-50°C диметилсульфат взаимодействует с древесиной с образованием метиловых эфиров полисахаридов и лигнина и выделением серной кислоты:



Выделяющаяся серная кислота реагирует с гидроокисью бария с образованием сульфата бария и воды.



Для того, чтобы избежать обугливания древесных частиц, гидроокись бария вводят в древесину в несколько большем количестве, чем требуется по уравнению, а температура сушки измельченной древесины в то время, когда протекает взаимодействие, не поднимается выше 50°C, так как при более высокой температуре скорость реакции метилирования резко возрастает, что приводит к деструкции древесины выделяющейся серной кислотой. Снижение температуры сушки после обработки диметилсульфатом ниже 40°C приводит к уменьшению скорости реакции метилирования, диметилсульфат частично испаряется, оставшаяся часть практически не реагирует с древесиной, а при последующем повышении температуры до 100-120°C бурно взаимодействует с древесиной, вызывая ее деструкцию. Полученная метилированная древесина благодаря частичной блокировке гидроксильных групп обладает большей гидрофобностью, чем исходная измельченная древесина. Кроме того, образующийся сульфат бария заполняет капиллярно-пористую систему древесины, что также снижает ее водопоглощение.

Колдаева С.Н., к.т.н., преподаватель кафедры «Тактика проведения аварийно-спасательных работ и тушения пожаров» Гомельского инженерного института МЧС РБ.

Колдаев Ю.Н., преподаватель кафедры «Тактика проведения аварийно-спасательных работ и тушения пожаров» Гомельского инженерного института МЧС РБ.

Демченко Н.А., начальник кафедры «Тактика проведения аварийно-спасательных работ и тушения пожаров» Гомельского инженерного института МЧС РБ.

Беларусь, ГИИ МЧС РБ, 246023, г. Гомель, ул. Речицкое шоссе, 35а.

Таблица 1. Рецептуры композиции

Компоненты	Содержание компонентов, мас. %		
	1	2	3
Древесный наполнитель	80,0	75,0	76,0
Фенолформальдегидная смола ЛБС-3 (по сухому остатку)	20,0	25,0	24,0

Таблица 2. Состав древесного наполнителя в пересчете на абсолютно сухой наполнитель

Компоненты	Содержание компонентов, мас. %		
	1	2	3
Метилированная измельченная древесина ^x	78,2/7,2	70,4/10,6	61,5/16,3
Сульфат бария	21,0	28,5	36,8
Гидроокись бария	0,8	1,1	1,7

^x в числителе указано содержание метилированной измельченной древесины, в знаменателе - степень метилирования, т.е. количество введенных метоксильных групп, в мас. % от массы абсолютно сухой измельченной древесины (без учета минеральных наполнителей).

Таблица 3. Соотношение реагентов, используемых при обработке

Реагенты	Композиции		
	1	2	3
Диметилсульфат, г (m_1)	60,2	91,0	143,0
Сульфат бария, г (m_2)	87,8	130,0	220,0
m_1/m_2 , %	69 %	70 %	65 %

Таблица 4. Свойства композиции

Показатели	Композиция на основе древесины без обработки	Композиции на основе модифицированной древесины		
		1	2	3
Предел прочности, МПа ^x при сжатии ^{x1}	115 – 130 / 110 – 125	114 / 110	119 / 112	124 / 121
при растяжении	25 – 30 / 21 – 25	25 / 23	27 / 24	30 / 26
при статическом изгибе	55 – 65 / 50 – 60	54 / 51	61 / 56	64 / 60
ударная вязкость ^x , кДж/м ²	5,0 – 6,0 / 4,9 – 5,7	5,0 / 5,0	5,6 / 5,4	6,1 / 5,9
Водопоглощение ^x , % :				
за сутки		1,5	1,0	0,8
до насыщения		7,7	5,2	4,8
Теплостойкость по Мартенсу ^x , °С	110 – 130 / 103 – 126	128 / 127	136 / 134	142 / 142
Горючесть ^x				
Потеря массы образца при горении, %	18,4 – 19,2 / 16,9 – 21,4	5,8-8,9 / 5,2-9,7	4,5-12,0 / 4,0-7,0	1,1-5,2 / 1,7- 4,9
Продолжительность: самостоятельного горения (тления), с	60 – 70 / 65 – 80	14 – 46 / 6 – 40	5 – 42 / 8 – 31	8 – 30 / 8 – 36

^x в числителе - свойства образцов без обработки, в знаменателе - после 5 циклов увлажнения и высушивания.

В табл. 1-4 приведены, соответственно, рецептуры композиций, составы и характеристики древесного наполнителя, соотношения реагентов, свойства композиций.

Огнестойкость, пределы прочности на сжатие, растяжение, статический и ударный изгиб определялись на образцах древесного пластика без обработки и на образцах, прошедших 5 циклов обработки, каждый из которых включает 7 суток пребывания в воде при 20°C с последующей сушкой при 100°C в течение 5 часов для образцов, предназначенных к испытаниям на механическую прочность, и 20 часов - для образцов, предназначенных к испытаниям на огнестойкость. Перед испытаниями все образцы кондиционировались при температуре 20°C и влажности 50-55 % в течение двух недель. Динамика изменения свойств испытуемых образцов

позволяет считать, что описанных 5 циклов обработки достаточно для моделирования влияния циклической влажности на свойства материалов в реальных условиях эксплуатации.

Испытания огнестойкости и физико-механических свойств образцов проводились соответственно ГОСТам: предел прочности на растяжение – ГОСТ 11262-80; на сжатие – Ст СЭВ 2896-81; статический и ударный изгиб – ГОСТ 4648-80. Испытания огнестойкости материалов проводились методом огневой трубы согласно ГОСТ 17088-71. В качестве источника пламени использовалась спиртовая горелка, время поджигания образца оставляло 2,5 мин. Фиксировалось суммарное время самостоятельного горения, тления и потеря массы.

Помимо лабораторных испытаний, были проведены исследования возможности возгорания роликов, изготовленных

из древесных пластиков на основе модифицированной древесины и на основе древесины без обработки, в роликоопорах ленточных транспортеров на ПО «Беларуськалий». Основное требование пожарной безопасности к перечисленным материалам заключается в том, что изделия не должны возгораться как в процессе эксплуатации, так и при каких-либо отклонениях от нормальных условий эксплуатации.

При заклинивании подшипников качения роликоопор трение о транспортерную ленту может спровоцировать возгорание ролика, а затем и контактирующей с ним прорезиненной транспортерной ленты.

Испытывались древесно-полимерные ролики с трубной частью, изготовленной из разработанных материалов на основе модифицированной и необработанной древесины. Длина трубной части ролика – 420 мм, диаметр – 159 мм. У части роликов были заклинены подшипники без прослабления их посадки в корпусе. При установке на конвейер КРУ-350 эти ролики не вращались вообще, у других вращалось внешнее кольцо подшипника по внутренней поверхности корпуса. По окончании пятиминутных испытаний ролики были сняты и после внешнего осмотра разобраны. В результате осмотра роликов из композиций 1-3 было установлено, что ролики с заклиненными подшипниками без прослабления их посадки в корпусе во время испытаний не вращались, лента скользила по поверхности ролика. Износ составил 0,5-0,6 мм. На по-

УДК 539.3

Босяков С.М., Медведев Д.Г.

ВЛИЯНИЕ УГЛА НАМОТКИ СТЕКЛОВОЛОКНА НА ОСНОВНЫЕ ЧАСТОТЫ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ОДНОСЛОЙНЫХ АНИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИНОК

Анализ свободных поперечных колебаний анизотропных пластинок с произвольной геометрией играет большую роль при исследовании их динамической прочности. Решение задачи о колебаниях анизотропной пластинки сводится к определению прогиба в любой точке и в любой момент времени, а также частот собственных колебаний, причем особенно востребованной оказывается вторая часть решения, поскольку значения частот свободных колебаний необходимы для нахождения динамических напряжений, вызванных динамической нагрузкой. Однако при краевых условиях, отличных от свободного опирания, и для пластинок прямоугольной формы точное определение частот свободных колебаний сопряжено со значительными трудностями, связанными с интегрированием уравнения четвертого порядка. Еще более затруднительным оказывается случай, когда упругие свойства анизотропной пластинки описываются шестью константами упругости, каждая из которых зависит от угла намотки стекловолокна по отношению к основному направлению упругости [1]. Поэтому на практике широко используются приближенные методы, в частности метод конечных элементов [2, 3], метод Ритца [4], определения частот колебаний основного тона, представляющих наибольший практический интерес. Ниже представлены результаты нахождения основных частот собственных колебаний анизотропных пластинок различной конфигурации, выполненных из ориентированного стеклопластика.

Будем считать, что основные направления упругости материала пластинки (направления ориентации стекловолокон)

верхности ролика не обнаружено следов обугливания от трения ленты. Ролики с заклиненными подшипниками и с прослабленной посадкой в корпусе вращались. Часть корпуса, непосредственно прилегающая к наружной обойме подшипника, карбонизировалась на глубину 5-7 мм. Лабиринтные уплотнения расплавились, следов возгорания не обнаружено. При аналогичных испытаниях роликов, изготовленных из древопласта без обработки древесного наполнителя, наблюдалось тление, а в отдельных случаях и возгорание изделий.

Полученные экспериментальные данные подтверждают, что предлагаемый метод метилирования древесного наполнителя позволяет снизить горючесть и повысить гидрофобность, а, следовательно, и коррозионную стойкость древесных пластиков, что делает их пригодными к эксплуатации в химической и горнодобывающей промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Прушак В.Я., Колдаева С.Н., Михайлов М.И. Технология древесно-полимерных композитов для деталей машин. - Гомель: Информтрибо, 1992. - 225 с.
2. Коваленко А.Д. Термоупругость. - Киев: Вища школа, 1975. - 216 с.
3. Назаров Г.И., Сушкин В.В., Теплостойкие пластмассы: Справочник. - М.: Машиностроение, 1980. - 208 с.

составляют угол Φ с координатными линиями. В этом случае закон Гука имеет вид:

$$\begin{aligned}\sigma'_{11} &= B'_{1111}\varepsilon_{11} + B'_{1122}\varepsilon_{22} + 2B'_{2111}\varepsilon_{12}, \\ \sigma'_{22} &= B'_{1122}\varepsilon_{11} + B'_{2222}\varepsilon_{22} + 2B'_{1222}\varepsilon_{12}, \\ \sigma'_{12} &= B'_{2111}\varepsilon_{11} + B'_{1222}\varepsilon_{22} + 2B'_{1212}\varepsilon_{12}.\end{aligned}\quad (1)$$

Здесь ε_{ij} - компоненты тензора деформаций, B'_{iiii} , B'_{ijij} , B'_{ijji} , B'_{jjjj} - константы упругости $i, j = 1, 2$, которые можно представить через основные константы упругости B_{iiii} , B_{ijij} , B_{ijji} следующим образом [1]:

$$\begin{aligned}B'_{1111} &= B_{1111}\cos^4\varphi + B_{2222}\sin^4\varphi + \\ &+ \left(B_{1212} + \frac{1}{2}B_{1122} \right) \sin^2 2\varphi, \\ B'_{2222} &= B_{1111}\sin^4\varphi + B_{2222}\cos^4\varphi + \\ &+ \left(B_{1212} + \frac{1}{2}B_{1122} \right) \sin 2\varphi, \\ B'_{1122} &= (B_{1111} + B_{2222} - 2B_{1122}) \sin^2\varphi \cos^2\varphi + \\ B_{1212} &(\sin^4\varphi + \cos^4\varphi),\end{aligned}$$

Босяков Сергей Михайлович, доцент кафедры теоретической и прикладной механики Белорусского государственного университета.

Медведев Дмитрий Георгиевич, зам. декана механико-математического факультета, доцент кафедры теоретической и прикладной механики Белорусского государственного университета, доцент кафедры теоретической и прикладной механики Белорусского государственного университета.

Беларусь, БГУ, 220050 Беларусь, Минск, пр. Независимости, 4.