

Огнестойкая древесина, полученная способом минерализации, была подвергнута испытаниям на прочностные свойства, горючесть и вымываемость огнезащитного вещества. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Анализ полученных результатов показал, что древесина по прочностным свойствам не уступает натуральной, а даже несколько превышает их (см. показатели п. 1, 2 табл. 1).

Огнестойкость древесины определялась методом керамической трубы согласно ГОСТ 16363—76. Из полученных данных (потеря массы при сжигании образцов составляла 2,9 %) следует, что модифицированная древесина относится к классу трудносгораемых материалов.

Для определения устойчивости огнезащитного вещества к вымыванию из древесины образцы помещали в водную среду, в которой они находились в течение 30 сут. Воду меняли на третью, пятую, десятую, двадцатые сутки. Количество воды брали из расчета 2 л на один образец. После 30 сут нахождения в воде образцы извлекали, высушивали до влажности  $8 \pm 2\%$  и проводили испытания на огнестойкость. Полученные данные по огнестойкости после вымывания (потеря массы при горении 6,3 %) позволяют утверждать, что такой древесный материал устойчив к атмосферному воздействию (пары, вода, дождь).

Таким образом, древесный материал, обработанный предложенным способом, устойчив к горению и длительно сохраняет свойство трудносгораемости в процессе эксплуатации. При этом обработка древесины по предложенной технологии не привела к потере ее прочностных свойств.

УДК 678.664-405.8

В.М. САЦУРА, Н.Н. ЦЫБУЛЬКО,  
А.И. МАНДРИКОВА, И.А. ГУРСКАЯ

## ОГНЕСТОЙКИЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Одним из основных факторов, ограничивающих в настоящее время применение пенополиуретанов (ППУ) в строительстве, является их горючность и дефицитность исходных компонентов полиуретановых систем, в которых в основном используется импортное сырье [1].

Рост промышленного потребления ППУ будет осуществляться за счет дальнейшего освоения и увеличения производства основных компонентов для отечественных композиций ППУ.

Цель настоящей работы — придание огнестойкости жестким ППУ и расширение их номенклатуры, а также изделий на их основе, в частности производство теплоизоляционных древесностружечных плит из отходов деревообработки и жестких ППУ. В соответствии с поставленной целью работа включала разработку самозатухающих рецептурных составов на базе отечественного сырья и определение физико-механических свойств получаемых на их основе пенопластов.

Композиции ППУ — это системы, в состав которых входят простые и

сложные полиолы, изоцианаты, ПАВ, стабилизирующие образование ячеистой структуры, вспенивающие агенты, катализаторы уретанообразования и антипирены [ 2 ].

Приданье огнестойкости жестким ППУ – актуальная задача. Однако получить абсолютно негорючие ППУ практически невозможно, так как в их состав входят органические соединения, которые под действием огня способны в той или иной степени гореть и разрушаться. Самозатухаемость или трудногорючность им можно придать путем введения антипиренов в рецептурный состав.

В настоящее время разработано большое количество антипиренов, однако для создания самозатухающих или трудногорючих композиций ППУ необходимо учитывать свойства, механизм действия и тип антипирена. Поскольку процесс горения сложный и многостадийный, необходимо подобрать такую огнегасящую добавку, которая была бы эффективна на определенной стадии горения.

Антипирены ингибируют реакцию горения, уменьшают долю возгораемости, теплоту горения, придают меньшую горючесть продуктам пиролиза, снижают скорость диффузии горючих продуктов к фронту пламени [ 3 ]. Они должны совмещаться с входящими в рецептурный состав ингредиентами, не ухудшать механических и физических свойств, быть мало или вообще нетоксичными.

Для достижения поставленной цели были составлены композиции ППУ с использованием фосфорсодержащих антипиренов. Проведены исследования по определению влияния огнегасящих добавок на снижение горючести и изменение физико-механических свойств пенопластов. В качестве антипиренов использовали неорганические соединения фосфора в сочетании с фосполиолом-2.

Композиции ППУ синтезировали на основе трехфункционального хлорсодержащего и двухфункционального короткоцепочечного азотсодержащего простых полиэфиров, полиизоцианата в присутствии стабилизатора пены, вспенивающего агента, катализатора уретанообразования и огнегасящих добавок. ППУ получали по одностадийному способу при комнатной температуре и свободном вспенивании.

Огнестойкие добавки вводили в полизифирную смесь, которую перемешивали в течение 3–5 мин до гомогенного распределения ингредиентов смеси, а затем добавляли полиизоцианат, и всю смесь перемешивали в течение 15–25 с. Затем массу выливали в форму, где происходило ее вспенивание и отверждение.

Результаты исследований приведены в табл. 1 в сравнении со свойствами базовой рецептуры ППУ-304Н и работ [ 4, 5 ]. Образцы ППУ для испытаний соответствовали предъявляемым к ним требованиям и испытывались по существующим методикам и ГОСТам. Эффективность антипиренов оценивали по ингибированию горения жестких композиций ППУ – потере массы при горении, времени самостоятельного горения и длине обгоревшей части образцов ППУ.

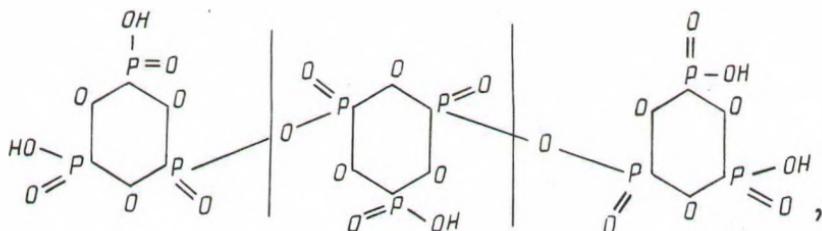
Наибольшим ингибирующим эффектом при горении обладают композиции 1 и 5. Потеря массы у этих композиций изменяется от 0,5 до 3,7 %. Композиция 2 в зависимости от состава антипирена имеет потерю массы от 1,5 до 5,97 %. Время самостоятельного горения пенопластов по композициям 1–5 не превышает 1,2 с, а длина обгоревшей части 0,03 м.

*Таблица 1. Физико-механические свойства жестких пенополиуретанов*

Номера рецептуры жестких ППУ	Потеря массы при горении, %	Время сгорания, с	Длина обгоревшей части, м	Каждущаяся плотность, кг/см <sup>3</sup>	Напряжение изгиба при изгибе 10% в деформации, МПа	Напряжение при изгибе 10% деформации, МПа	Ударная вязкость, Дж/м <sup>2</sup>	Водопоглощение, кг/м <sup>2</sup>
Базовая 304Н	25,8	1-2	0,04	51,0	0,12	—	210	0,3
Рецептуры по а. с. 647319	4,8-10,0	0,1-0,4	0,016-0,032	36,4-56	0,23-0,29	—	250-370	0,06-0,09
Рецептуры по а. с. 530044	6,3-96	0-0,10	0,01-0,012	36,5-46,8	0,17-0,18	—	180-270	0,02
Композиция 1	0,5-3,7	0-0,2	0,015-0,03	32-37	0,129-0,154	0,36-0,45	290-360	0,06-0,10
Композиция 2	1,5-5,97	0-0,8	0,01-0,03	39,5-52,3	0,28-0,48	0,46-0,54	200-215	0,007-0,01
Композиция 3	3,5-7,9	0-0,2	0,01-0,027	46-54	0,135-0,18	0,40-0,48	200-250	0,09-0,2
Композиция 4	0,5-2,35	0	0,01-0,022	41,4-50	0,20-0,29	0,62-0,70	310-340	0,01-0,02
Композиция 5	4,3-10,9	0-0,3	0,01-0,025	57,3-65	0,28-0,50	0,45-0,51	260-300	0,04-0,08

Фосфорсодержащие антипириены препятствуют разогреву полимера, вызывают дегидратацию и ускоряют коксование, что приводит к образованию на поверхности материала защитного слоя. При горении полимера, содержащего фосфор, образуются оксиды и метаfosфорная кислота, которая появляется при термической деструкции.

Метаfosфорная кислота может конденсироваться с отщеплением воды в циклические структуры типа



образуя защитную пленку из полифосфорной кислоты, которая препятствует взаимодействию кислорода с углеродным скелетом полимера.

Введение адитивных, ингибирующих горение добавок обычно вызывает снижение прочностных показателей. Одна из основных задач при составлении самозатухающих композиций — сохранить свойства, присущие обычным жестким ППУ путем выбора ингредиентов и их количества.

Основным показателем, характеризующим прочность пенопласта, является напряжение сжатия при 10 %-й деформации. Как показали исследования, напряжение сжатия разработанных композиций изменяется от 0,13 до 0,46 МПа, что превышает данные базовой рецептуры ППУ-304Н. Следует обратить внимание, что прочность при сжатии у многих разработанных рецептур превышает аналогичный показатель при меньшей плотности.

Напряжение при изгибе разработанных ППУ изменяется от 0,45 до 0,890 МПа. Этот показатель зависит как от соотношения полиэфирно-изоцианатной системы, антипирирующего состава, ячеистой структуры, размера ячеек и их формы, так и от прочности и жесткости полимерных пленок, составляющих стенки ячеек, и от кажущейся плотности. Удельная ударная вязкость этих композиций изменяется от 200 до 540 Дж/м<sup>2</sup>, водопоглощение их не превышает 0,2 кг/м<sup>2</sup>.

Если провести сравнительный анализ по ингибирующей способности горения и прочности пенопластов, то по всем показателям разработанные композиции превосходят базовую и уже известные композиции 4–5.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев В.А., Андрианов Р.А., Ушков В.А. Горючесть полимерных строительных материалов. — М., 1978.
2. Бермин А.А., Шутов Ф.А. Химия и технология газонаполненных высокополимеров. — М., 1980.
3. Асеева Р.А., Занков Г.Е. Горение полимерных материалов. — М., 1981.
4. А. с. 530044 СССР, С 086 Г 16/4. Композиция для получения пенополиуретана.
5. А. с. 647319 СССР, С 08 Г 6/14. Композиция для получения пенополиуретана.