

УДК 539.3

Ю.Ф. САБИРОВА, студент, гр. ЭОСм-1-23 (КГЭУ)

### СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕСТКОГО ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА ИЗ МЕЛАМИНА

Меламиноформальдегидный пористый материал известен уже несколько десятилетий. Но имеется лишь ограниченное количество доступной литературы исследования данного вида пены. Меламиноформальдегидный пористый материал обладает удовлетворительной огнестойкостью и химической стойкостью. Меламиноформальдегидная смолы представляет собой конденсаты, образующиеся при взаимодействии аминогруппы меламина с карбонильной группой формальдегида. Вместе с карбаминоформальдегидными смолами они составляют наибольшую часть промышленно выпускаемых аминосмола. Они в основном используются в качестве клея при производстве древесных плит, в качестве агента, придающего влагопрочность, в производстве бумаги, в качестве покрывного агента для защиты поверхностей и других целей. Благодаря этому широко используется в гражданской, строительной, транспортной, авиационной, военной, повседневной электронной информации и других областях, особенно подходит для антипиренов, шумоподавления и очистки. Меламиноформальдегидный пористый материал - это новый экологический материал, который имеет большие перспективы в 21 веке [1-3].

В эксперименте [4] для приготовления пористого материала сформирована реакционная смесь из эмульсии Meldur MP (меламиноформальдегидной смолы, частично растворимой в воде, с диапазоном концентраций между 60% и 65%), н-пентан, лаурилэфирсульфат натрия (SLES) и муравьиная кислота. Этот тип пены был обозначен как немодифицированный вариант. Плотность пены контролировалась изменением содержания пентана в эмульсии и различными режимами нагрева. Вспенивание и отверждение осуществлялось при нагревании в обычной печи в диапазоне температур от 130 до 150°C в течение 30 минут. Окончательное отверждение и удаление воды проводили при температурах от 170°C до 190°C. Для дальнейшего анализа подготовлены образцы двух типов размеров: цилиндры диаметром 150 мм и толщиной 20 мм, а также квадратные блоки размером 200×200×24 мм<sup>3</sup>. Далее приготовленные пены исследовали с использованием сульфированной меламиноформальдегидной смолы

Meldur MPS (полностью растворимой в воде в диапазоне концентраций от 60% до 65%). Морфологию каждого вновь синтезированного типа жесткого пенопласта МФ исследовали с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Измерения прочности на сжатие проводились на динамометре TIRAtest 2705, согласно EN 826, а теплопроводность в воздухе измерялась прибором для измерения теплового потока Stirolab LM.305, согласно EN 12667.

Таким образом, пористость составляла от 92% до 98%. Открытая пористая структура с заданными механическими свойствами достигнута путем варьирования исходного химического состава жидких реагентов и контролируемого вспенивания и отверждения с использованием классического нагрева. Средний размер пор определяли непосредственно методом СЭМ и косвенно путем измерения теплопроводности в широком диапазоне давлений от  $10^{-3}$  мбар в атмосферу. В результате оптимизации синтеза базовая теплопроводность составила всего 0,006 Вт/м·К.

Для изготовления пористого меламина в работе [5] авторы использовали меламин (99 мас.% чистого, Puławy), формальдегид (45%-ный водный раствор, Alder), муравьиная кислота (85%-ный водный раствор, BASF) и гидроксид натрия (1 М водный раствор, ТКІ Hrastnik) были товарного сорта и использовались по мере получения.

Изготовление пористого меламина осуществлялось в пластиковой колбе с внутренним диаметром 80 мм. Сначала была приготовлена реакционноспособная эмульсия с использованием меламиноформальдегидной смолы, н-пентана в качестве вспенивающего агента, SLES в качестве эмульгатора и муравьиной кислоты в качестве отвердителя. Для перемешивания использовали дисперсионную мешалку с перфорированным диском. Сначала SLES добавляли в полимер МФ на несколько минут, а затем последовательно добавляли н-пентан и концентрированную муравьиную кислоту. Затем однородную эмульсию помещали в пластиковую форму. Первоначальное вспенивание осуществляли в микроволновой печи, поскольку происходит более равномерное объемное поглощение тепла. После первоначального вспенивания форму помещали в лабораторную нагревательную печь, выдерживали при температуре 170°C. Отверждение вспененной смолы МФ происходило в течение 25 минут. Во время вспенивания следует соблюдать осторожность, чтобы избежать перегрева приготовленной эмульсии, поскольку это может привести к преждевременному вспениванию/отверждению. По этой причине была использована ванна со льдом. Пропорции эмульгатора, вспенивателя и отвердителя рассчитаны исходя из сухого вещества полимера МФ. После термообработки полученная пена представляет собой завернутый в полиэтиленовую пленку

и стабилизированный при комнатных условиях. Стабилизированный пенопласт нарезается до соответствующих размеров и в таком виде готов к характеристике. Эти параметры оптимизированы экспериментально и используются для достижения оптимальных результатов. Было показано, что сокращение времени эмульгирования не приводит к получению надлежащей эмульсии, а более длительное время не приводит к получению более тонкой эмульсии. При такой высокой температуре, используемой для отверждения, последующая обработка не требуется.

Полученная пористая среда имеет размеры пор в диапазоне от 150 до 250 мкм, плотность от 50 до 80 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводности при атмосферном давлении 33–34 мВт/(м·К), а в вакууме 6–7 мВт/(м·К).

Учитывая вышесказанное, меламиновый пористый материал представляет собой пенообразный материал, состоящий изсополимера формальдегида, меламин и бисульфита натрия. Являясь своего рода материалом низкой плотности, он обладает отличным звукопоглощением, огнестойкостью, теплоизоляцией, устойчивостью к воздействию влаги и высоких температур, здоровьем, безопасностью и хорошими комплексными свойствами

По сравнению с другими органическими полимерными пенами, пористая среда из меламин обладает превосходной огнестойкостью и химической стабильностью. Инновация представленных здесь жестких пен по сравнению с другими известными гибкими пенами заключается в их жесткой структуре в сочетании с низкой плотностью и теплопроводностью, что делает этот материал потенциально полезной в перспективе для будущих процессов в энергетических системах.

#### Список литературы:

1. Mahnke H. et al. Manufacture of resilient foams based on a melamine-formaldehyde condensate : пат. 4334971 США. – 1982
2. Mahnke H. et al. Resilient foam based on a melamine-formaldehyde condensate : пат. 4540717 США. – 1985.
3. Kavšek M. et al. Melamine-formaldehyde rigid foams–Manufacturing and their thermal insulation properties //Journal of Cellular Plastics. – 2022. – Т. 58. – №. 1. – С. 175-193.
4. Nemanič V. et al. Synthesis and characterization of melamine–formaldehyde rigid foams for vacuum thermal insulation //Applied energy. – 2014. – Т. 114. – С. 320-326.
5. Kavšek M. et al. Melamine-formaldehyde rigid foams–Manufacturing and their thermal insulation properties //Journal of Cellular Plastics. – 2022. – Т. 58. – №. 1. – С. 175-193.

**VIII Международная научно-практическая конференция  
«ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»**

1100-4

**6-8 декабря 2023 г.**

---

Информация об авторах:

Сабирова Юлия Фанисовна, студент гр. ЭОСм-1-23, КГЭУ, 420000,  
г. Казань, ул. Яруллина, д. 6, [julia.sabirova01@list.ru](mailto:julia.sabirova01@list.ru)