

Таблица 1. Физико-механические показатели опытно-промышленных партий разработанных композиционных материалов

Наименование показателей	Композиция ЭИС-1 :ПЭ:ПП. 100:15:7	Композиция ЭИС-1: Э-181: ПЭПЛ. 100:30:12
Теплостойкость по Вика, °C	135	168
Теплостойкость по Мартенсу, °C	130	157
Предел прочности при растяжении, МПа	23,5	29,5
Предел прочности при сжатии, МПа	155	215
Предел прочности при изгибе, МПа	52	69
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	5,3	6,8
Твердость по Бринеллю, МПа	165	230
Водопоглощение, %	0,2	0,3
Адгезия к стали, МПа	26,5	36
Адгезия к алюминию, МПа	22,5	27

Таблица 2. Нормы расхода защитных покрытий для нанесения на поверхности оборудования и резервуаров винодельческих предприятий

Наименование резервуаров и оборудования	Кол-во, шт	Объем, дал	Общая внутренняя поверхность, кг	Норма расхода на 1 м <sup>2</sup> , в кг	Общий расход, кг
Железобетонный резервуар	2	8000	2640	0,3	792
Металлический резервуар	3	530	300	0,3	90
Металлический резервуар	4	500	73,5	0,3	22,5
Бункер питатель	4		90,0	0,3	27
Бетонные ямы для сусла	4		153,0	0,3	45,9
Трубопроводы			600,0	0,3	180,0
Стекатели	4		20,0	0,3	6,0
Итого			3576,5		1163,4

Как показали результаты опытно-промышленных испытаний, проведенных на Самаркандском заводе безалкогольных напитков, разработанные нами полимер-полимерные антикоррозионные композиционные материалы в 2—2,5 раза эффективнее защищают металлические и бетонные резервуары предприятий вино-водочных и безалкогольных напитков от коррозии.

- Фоменко В.Д., Насекан А.Ф., Байдак И.П., Сапитон П.Л., Лазарев Г.Б. Защита от коррозии технологического оборудования и строительных конструкций предприятий цветной металлургии. - М.: «Цветметинформация». – 1978
- Фомин М.Н., Емельянов Ю.В. Защитные покрытия в химической промышленности. — М.: Химия. – 1981

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЯЧЕЙСТЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Т.А. Супоненко, Р.Ю. Попов, Е.О. Богдан

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь,  
[Bohdan\\_Ekaterina@mail.ru](mailto:Bohdan_Ekaterina@mail.ru)

Повышенный интерес к проблеме создания ячеистых теплоизоляционных керамических материалов и изделий объясняется стремлением создать эффективные конструктивные изделия, позволяющие в значительной степени снизить энергозатраты, увеличить тепло- и шумоизоляцию агрегатов. Основной задачей производства таких материалов является получение изделий с наибольшей пористостью при достаточной их прочности и термостойкости.

Среди различных способов формирования пористой структуры материала, в настоящей работе выбрана шликерная технология с использованием пенообразователей. В качестве порообразователя можно использовать невостребованные в течение установленного срока годности пенообра-

зователи для тушения пожаров, которые сохраняют вполне приемлемые пенообразующие свойства и могут представлять интерес для получения теплоизоляционной керамики [1].

Метод пенобразования обеспечивает высокую пористость (более 65—85 %), и как следствие высокие теплоизоляционные показатели материала. По принципу создания пеномассы различают следующие способы поризации: пенообразование, предусматривающее раздельное приготовление пены, массы и их смешивание; аэрирование, при котором пена отдельно не приготавливается, а воздух вовлекается непосредственно в массу, содержащую воздухововлекающие ПАВ; сухая минерализация пены, основанная на приготовлении пены и смешивании ее с тонкодисперсными твердыми частицами исходной композиции [1—3].

Целью работы является разработка технологических параметров получения теплоизоляционных керамических материалов и изделий с заданным комплексом эксплуатационных характеристик на основе тугоплавкого полиминерального глинистого сырья, отходов химической промышленности, наполнителей, крепителей и стабилизаторов структуры.

Для получения теплоизоляционных материалов применялись следующие сырьевые компоненты: тугоплавкая глина месторождения «Городное» (Республика Беларусь), синтезированный алюмосиликатный шамот, а также различные крепители на основе вяжущих веществ и kleев. Для создания ячеистой структуры применяется пенообразователь с истекшим сроком «Барьер-пленкообразующий», который используется для пожаротушащих средств, представляющий собой водный раствор различных поверхностно-активных веществ, которые позволяют получить устойчивую воздушно-механическую пену.

Пористая структура создавалась путем смешивания шликера с образованной путем взбивания пеной. В качестве пенообразователя выступал пенообразователь с истекшим сроком годности «Барьер-пленкообразующий».

Изделия получали по шликерной технологии следующим образом. Вначале готовили сухую массу из керамического сырья: глины «Городное» в количестве 30—50 % и шамота алюмосиликатного в количестве 50—70 %. Все компоненты смешивали в сухом виде, после этого добавляли воду в необходимом количестве. Затем готовили суспензию, куда входили цемент и известь в количестве 10 % от керамической составляющей. Далее смешивали керамическую и вяжущую суспензии. Следующим этапом готовилась пена. Для этого пенообразователь взбивался в лабораторной мешалке до получения устойчивой пены, а затем керамическая суспензия и полученная пена тщательно перемешивались до создания однородной структуры.

Приготовленный шликер оптимального состава до смешивания с пеной имел следующие свойства: влажность — 58,4 %, текучесть через 30 с — 8 с, pH — 8,5.

Формование полуфабриката осуществлялось путем литья приготовленного шликера в картонные формы размером (50×50×50) мм. Сушка изделий велась естественным образом при условиях повышенной влажности (для создания наиболее мягкого режима сушки) до остаточной влажности 10—14 %. Затем осуществлялся обжиг полуфабриката в интервале температур 1150—1200 °C, и выдержкой при максимальной температуре 2 ч.

Показатели значений открытой пористости полученных образцов находились в интервале 11,3—75,6 %. Каждущаяся плотность находилась в интервале 563—1258 кг/м<sup>3</sup>, а механическая прочность при сжатии 1,4—3,2 МПа.

Изучение свойств, структуры, внешних признаков материалов данной серии составов выявило необходимость проведения исследовательских работ в направлении оптимизации температурно-временных параметров синтеза (изменения температурных режимов обжига и времени выдержки). Результатом исследований стало установление зависимостей основных физико-химических свойств от времени выдержки.

Кроме того, в данной работе изучалось воздействие автоклавирования, с последующим обжигом в электрической печи на физико-химические свойства, фазовый состав и структуру материала. Установлено, что совместное влияние указанных технологических операций: обработка в автоклаве (при температуре 180 °C, давлении 1 МПа и времени выдержки 4 ч) с последующей температурной обработкой при 1150—1200 °C способствует повышению механической прочности образцов и существенному улучшению других физико-химических свойств, а также формированию равномерной пористой структуры.

По технологии сухой минерализации пены были синтезированы теплоизоляционные материалы на основе гипсового вяжущего марки Г5 и водного раствора пенообразователя «Барьер-пленкообразующий». Установлено, что соотношение воды и пенообразователя равное 5:2 соответственно, является оптимальным и обеспечивает формирование равномерной пористой структуры с требуемой формой и размером пор, при этом сохраняются требуемые прочностные характеристики. Полученные изделия характеризовались следующими показателями свойств: водопоглощение 130,80—229,48 %, кажущаяся плотность 358—513 кг/м<sup>3</sup>, открытая пористость 67,13—82,16 %, механическая прочность при сжатии 1,48—2,83 МПа.

Однако следует отметить, что ввиду особенностей гипсового материала, исключается возможность применения теплоизоляционных изделий на основе указанного вяжущего сырья в условиях высоких температур (выше 70 °C).

Таким образом, на основании проведенных исследований сформулированы технологические принципы получения методом пенообразования высокопористых теплоизоляционных материалов с регулируемой структурой и свойствами. Также доказана целесообразность использования пенообразователя с истекшим сроком годности «Барьер-пленкообразующий» для получения ячеистых теплоизоляционных материалов, а также возможность его применения для изготовления безобжиговых теплоизоляционных материалов на основе вяжущих веществ.

1. Дятлова Е.М., Попов Р.Ю., Богдан Е.О. Теплоизоляционные керамические материалы на основе огнеупорного и тугоплавкого глинистого сырья Республики Беларусь // Огнеупоры и техническая керамика, 2018. – № 6. – С. 3–8.
2. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / Ю.П. Горлов [и др.]. – М.: Стройиздат, 1976. – 189 с.
3. Езерский В.А., Д.В. Кролевецкий, Г.И. Горбунов. Поризованная стеновая керамика – преимущества и недостатки технологии // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2006. – № 4. – С. 42–44.

---

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОРГАНИЧЕСКИХ КООРДИНАЦИОННЫХ ПОЛИМЕРОВ

А.С. Тимоненкова

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь: alinatimon16@gmail.com

В настоящее время активно развивается и разрастается такой класс материалов, как металлоганические координационные полимеры (МОКП). Это связано с тем, что их специфические свойства являются крайне привлекательными для исследователей и предпринимателей. Чрезвычайно большая удельная площадь поверхности, высокая степень кристалличности и высокое содержание металлов, которые являются потенциально ценными активными участками для катализа, обуславливает использования этих материалов в различных областях медицины, техники и др. Однако область их применения может быть значительно расширена за счет образования композитов на их основе. Так, например, композиты состава металлоорганический координационный полимер/магнетит являются перспективными материалами для охлаждения устройств электроники.

Данная работа посвящена изучению и оптимизации процессов получения композитов на основе металлоганических координационных полимеров методом послойной сборки [1].

Для изучения процессов получения композитов были отобраны 5 различных образцов МОКП UiO-66 ( $Zr_6O_4(OH)_4(BDC)_6$ ), Zr-fumarate (фумарат цинка), Al-fumarate (фумарат алюминия, полученный в лаборатории), Basolite F300 (тримеллитат железа), Basolite A250 (фумарат алюминия, полученный по методике BASF). Частицы металлоганического координационного полимера (20 мг) диспергировали ультразвуком в 18 мл дистилированной воды в течение 20 с, после добавляли 0,15 мл раствора ПСС с концентрацией 0,1 мг/мл и обрабатывали ультразвуком 1 мин (Сапфир, Россия). После чего снимали данные об изменении  $\xi$ -потенциала частиц (Zetasizer Nano ZS, Malvern). Цикл повторяли до установления постоянного отрицательного значения  $\xi$ -потенциала.