

М. И. Кузьменков, проф., д-р техн. наук  
(БГТУ, г. Минск)

Е. И. Румынская, асп.  
ekaterinakruk@mail.ru (БНТУ, г. Минск)

## **ЖАРОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТЫ СТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Актуальность проблемы обусловлена существующими в Республике Беларусь тенденцией роста социальных и экономических потерь от пожаров [1]. Из результатов проведенного анализа огнезащитных средств, представленных на рынке страны, следует, что в строительном комплексе Республике Беларусь отсутствуют огнезащитные материалы отечественного производства 1-й группы огнестойкости, способные обеспечить теплоизоляцию несущих металлоконструкций при огневом воздействии до 1100°C в течение 150 минут и предотвратить их обрушение при пожаре [2].

Рассмотрев наиболее распространенные варианты огнезащиты (с использованием материалов на основе органических связующих, жидкого стекла, фосфатов и др.), можно сделать вывод, что фосфатные материалы в наибольшей степени удовлетворяют вышеуказанным требованиям. Они термические и поэтому изолируют тепловой поток, а также препятствуют распространению пламени, не искрят, не выделяют угарный газ при нагревании и термическом разложении, характеризуются отсутствием дымообразующей способности, отсутствием токсичных продуктов горения, что особенно важно при использовании их на путях эвакуации. В дополнение к этому, можно отметить, что фосфатные материалы ингибируют коррозию стали. Однако такие составы дорогостоящи, производятся и применяются в основном за рубежом, в таких странах как США, Китай, Япония [3]. На постсоветском пространстве – технологии производства фосфатных огнезащитных материалов – отсутствуют.

Поэтому целью исследования явилась разработка, используя сырьевые ресурсы страны, доступных и эффективных огнезащитных материалов 1-й группы огнестойкости. Принимая в расчет технологические и экономические факторы, было принято решение разрабатывать огнезащитное покрытие на основе магнийаммонийхромфосфатного связующего. Его можно получать с использованием доступного промышленно выпускаемого по ГОСТ 18918 на ОАО «Гомельский химический завод» сырья – аммофоса. При этом в качестве отвердителя такого связующего использовали тонкодисперсный порошок, получаемый из вторичного (т.е. отработанного) периклазохромитового

огнеупорного кирпича марки ПХЦ из вращающихся цементных печей. Состав вторичных периклазохромитовых огнеупоров содержит не менее 65 масс.% MgO, а Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – в пределах 8–18 масс. % .

Для обеспечения хороших теплоизоляционных свойств разрабатываемого огнезащитного материала, удешевления его стоимости, а также его облегчения с целью снижения весовой нагрузки на стальные несущие конструкции, в качестве наполнителя в составе покрытия был использован вспученный вермикулит с крупностью зерен 2-8 мм и насыпной плотностью 65 кг/м<sup>3</sup>. Средний химический состав вермикулита соответствует формуле: (Mg,Fe)<sub>3</sub> · [(Al, Si)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>] · (OH)<sub>2</sub> · 4H<sub>2</sub>O.

Образованная сырьевыми материалами система NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – MgO – Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – (Mg,Fe)<sub>3</sub> · [(Al, Si)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>] · (OH)<sub>2</sub> · 4H<sub>2</sub>O – H<sub>2</sub>O является сложной, не изученной. Сведений о характере физико-химических процессов, лежащих в основе твердения этой композиции, в литературе не обнаружено.

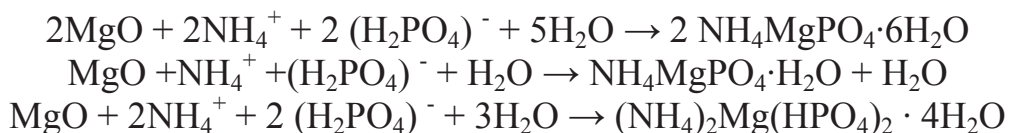
На первом этапе работы на выбранном сырье для установления оптимального соотношения компонентов в связующем был исследован ряд составов. В качестве функции оптимизации составов использовали его прочностные и адгезионные свойства (таблица 1).

Максимальное значение величин адгезии и прочности при сжатии достигается при содержании аммофоса 40 мас.%. Водотвердое соотношение компонентов в составах при этом составило 0,2. Существенная разница значений показателей адгезии и прочности при сжатии, получаемых при меняющемся процентном соотношении сырьевых компонентов, объясняется не только реологией, но и разным фазовым составом продуктов взаимодействия.

**Таблица 1 – Прочность на сжатие и адгезия к стальной подложке испытываемых образцов**

Содержание аммофоса в образцах, масс.%	Предел прочности при сжатии, МПа	Адгезия, МПа
10	2,0	0,2
20	6,0	0,7
30	15,2	0,8
40	24,0	1,1
50	22,0	0,6
60	15,0	0,55
70	14,0	0,4
80	7,0	0,3

На основании анализа результатов РФА были сделан вывод, что основой исследуемых составов является реакция образования струвита (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MgPO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O. Схема термохимических превращений в системе NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – MgO – Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O может быть описана следующими реакциями:



Из приведенных уравнений видно, что образующиеся кристаллогидраты содержат 11 (6+1+4) молей кристаллизационной воды, что обеспечит в процессе термообработки интенсивное газообразование, приводящее к вспучиванию, а вместе с тем хорошее теплоизоляционное свойство покрытия.

С помощью дериватографического анализа было установлено наличие ряда термических эффектов, происходящих при нагревании в составах с содержанием аммофоса 20, 40 и 60 масс.% при ВТ = 0,2. Для установления их природы были сняты рентгенограммы исследуемых составов после температурного на них воздействия 170, 260 и 690 °С. Из анализа результатов ДТА и РФА, следует, что в оптимальном составе в диапазоне температур от 50 до 400 °С наблюдаются два эндоэффекта с минимумами при 109 и 222°С. Первый эндоэффект связан с дегидратацией и деаммонизацией струвита, термически обработанного при 170°С. Второй эндоэффект в диапазоне 190–260°С связан с дегидратацией диттмарита  $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  и его деаммонизацией, а также продолжение дегидратации струвита.

Третий тепловой эффект – экзотермический, его максимум наблюдается при температуре 663°С. При данной температуре происходит кристаллизация аморфного дифосфата магния. Это подтверждается рентгенографическими данными.

Было проведено исследование сроков схватывания магнийаммонийфосфатного связующего оптимального состава найденным количеством замедлителя, в качестве которого в работе использовалась борная кислота, которую вводимая в количестве - 5 масс.% от массы связующего.

Оптимизация состава покрытия проводилась учитывая совокупность требований по прочности при сжатии, адгезии, консистенции составов. Разработанная рецептура оптимального состава была следующей: аммофос – 32 масс.%, ПХЦ – 44,19 масс.%, борная кислота -3,81 масс.%, вермикулит- 20 масс.%. Данный состав характеризовался требуемой прочностью на сжатие не менее 2,5 МПа и адгезией к стальной подложке не менее 0,8 МПа.

На следующем этапе работы основной целью явилось исследование влияния температуры на адгезию и прочность на сжатие покрытия. Влияние количества наполнителя на устойчивость покрытия к температурному воздействию оценивали путем измерения показателей адгезии и прочности после нагревания образцов в диапазоне температур 100–1100°С. Были установлены падение адгезии и прочности

при температурах примерно 300 °С и 900°С, которые связаны со структурными превращениями в огнезащитном покрытии, а именно: дегидратацией и деаммонизацией струвита при 300°С и кристаллизацией орто- и пирофосфатов магния в температурном диапазоне 600-900 °С. Введение вермикулита снижает падение прочностных и адгезионных свойств покрытия в указанных температурных интервалах. Это обеспечивает стабильность проявления требуемых свойств покрытия в диапазоне температур 100—1100°С и тем самым гарантирует надежность его работы при пожаре.

Разработанные материалы являются эффективными и экономически доступными. Они позволяют решить проблему огнезащиты стальных конструкций и, безусловно, могут быть использованы в строительном комплексе страны.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Полевода И.И. Огнестойкость изгибаемых железобетонных конструкций из высокопрочного бетона: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01/БНТУ. – Минск, 2004. – 23с.

2 Пожарная безопасность строительства: Г. И. Касперов [и др.] курс лекций.- Минск: КИИ МЧС Республики Беларусь, 2007. – 266 с.

3 Axel Kalleder, Non-flammable materials by nanotechnology. Proceedings of Conference “Fire Retardant Coatings III”, Axel Kalleder Berlin: Vincentz. P. 77 – 85.

УДК 666.295.5

А. Н. Шиманская, асп.

И.А. Левицкий, проф., д-р техн. наук  
keramika@belstu.by, (БГТУ, г. Минск)

### **БИОЦИДНЫЕ СВОЙСТВА ГЛАЗУРНЫХ ПОКРЫТИЙ ПЛИТОК ДЛЯ ПОЛОВ**

В настоящее время мировой ущерб, причиняемый микроорганизмами, разрушающими материалы и вызывающими заболевания, исчисляется миллиардами долларов, поэтому проблема защиты от биоповреждения конструкций зданий и сооружений является исключительно актуальной. Другой важной социальной и материаловедческой проблемой является обеспечение надежных пролонгированных антибактериальных свойств объектов жизнедеятельности человека, т.к. накопление микроорганизмов в жилых помещениях приводит к инфицированию людей и животных и возникновению эпидемий. В связи с этим большое внимание уделяется созданию и использованию в различных отраслях промышленности и быту антибактериальных материалов.