

гомогнизации смеси при низком водосодержании повышается водостойкость и прочность твердеющих композиций. Содержание фосфогипса составляет 78...83%. Формование образцов осуществлялось вибрационным способом. Готовый композиционный материал имеет среднюю плотность 1437...1633 кг/м³, предел прочности при сжатии – 2,5...4,0 МПа. При изготовлении образцов способом фильтрационного прессования предел прочности при сжатии образцов повысится в 1,5...2 раза. При необходимости в сырьевую смесь может вводиться наполнитель, опилки и др. Для повышения ударной прочности может вводиться волокнистый наполнитель. Особенность разработанной технологии состоит в том, что фосфогипсовый композиционный материал изготавливают исключая энергоемкие процессы обжига или сушки. На основе двуводного фосфогипса проблематично получить высокопрочные изделия, поэтому целесообразно изготавливать фосфогипсовые стеновые камни и блоки марок по прочности 25 и 35 в соответствии с СТБ 1008-95 «Камни бетонные стеновые. Общие технические условия». Для нужд широкого строительства требуются также материалы невысокой марки. Фосфогипсовые стеновые материалы рекомендуется применять для малоэтажного строительства.

Заключение. Разработана технология изготовления фосфогипсового композиционного материала, включающего 78...83% фосфогипса и добавки. Сырьевая смесь подвергается нейтрализации и механоактивации. Образцы, изготовленные вибрационным способом, имеют марки по прочности 25 и 35. По разработанной технологии рекомендуется изготавливать фосфогипсовые стеновые материалы (камни, блоки), преимущественно для малоэтажного строительства

Список цитированных источников

- 1 Фосфогипс и его использование / В В Ивалицкий, П.В. Классен, А.А. Новиков (и др.) – М.: Химия, 1990. – 224 с
- 2 Ляшкевич, И.М. Эффективные строительные материалы на основе гипса и фосфогипса – Мн.: Выш. шк., 1989. – 160 с
- 3 Повидайко, В.Г. Фосфогипсовые стеновые материалы / В.Г. Повидайко, И.М. Ляшкевич // Архитектура и строительство – 1995 – № 2. – С. 42.
- 4 Волженский, А.В., Карпова, Т.А., Чистов, Ю.Д., Гусарова (Ермакова), Г.А. Известково-пуццолановый микробетон с необожженным фосфогипсом // Семинар ВДНХ СССР – Научные разработки МИСИ им. В.В. Куйбышева для выставки «Достижения ученых высшей школы в научно-исследовательской работе» – М., 1987. – С. 13.

УДК 666.844

ТЕХНОЛОГИЯ ЭСТРИХ-ГИПСА ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Новик М.В., Мечай А.А.

Введение. В настоящее время в области переработки фосфогипса преуспели такие страны, как Япония, Германия, Франция, США. Например, в Японии из фосфогипса производят 25 наименований строительных изделий и материалов – гипсовые ваяющие, штукатурки, строительные смеси, клеи, облицовочную плитку, блоки, перегородки и т. д. В странах СНГ и ряде стран Евросоюза фосфогипс сейчас не перерабатывается и сбрасывается в отвалы. В связи с тем, что

ресурсо- и энергосберегающие технологии являются приоритетным направлением, в том числе и в промышленности строительных материалов, переработка различных отходов промышленности (в том числе и фосфогипса) является весьма актуальной.

Известные технологии переработки фосфогипса на строительные материалы не обеспечивают эффективного решения проблемы его утилизации. Их недостатками является громоздкость, наличие большого числа дополнительных технологических операций, что сказывается на капитальных и энергетических затратах. Промывка фосфогипса от кислых примесей приводит к образованию большого количества промывных вод, нуждающихся в нейтрализации и необходимости последующей утилизации шлама.

В Республике Беларусь исследованиями по переработке фосфогипса на строительные материалы занимались в БНТУ и УП «Минский НИИСМ», но на данный момент эти технологии не освоены.

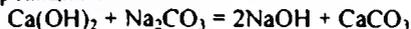
В отвалах Гомельского химического завода содержится более 20 млн. тонн фосфогипса. Имеющиеся объемы отходов позволяют создать крупное производство по выпуску строительных материалов из переработанных отходов предприятия.

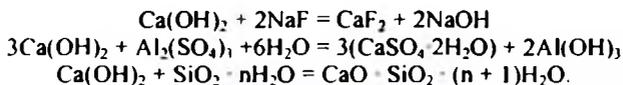
В производстве высокообжиговых гипсовых вяжущих (ВГВ) из техногенного и природного сырья выделяют два направления. Для первого направления получения ВГВ характерен совместный помол обожженного гипса и различных добавок-активаторов, которые при затворении интенсифицируют процесс гидратации нерастворимого ангидрита (доменный шлак, гипсовый камень, каустический доломит, известь и т. д.) Второе направление характеризуется совместным обжигом гипса с другими компонентами (фтор-, кальций-, натрийсодержащие добавки), которые улучшают свойства готового продукта [1–3].

Технология получения вяжущих на основе фосфогипса. На кафедре химической технологии вяжущих материалов БГТУ разработана технология переработки фосфогипса на высокообжиговое гипсовое вяжущее – эстрих-гипс. Технология основана на использовании отвального фосфогипса, pH которого равен 6–6,8 вследствие многолетнего воздействия атмосферных осадков. Фосфогипс обжигается совместно с мелом, который вводится для нейтрализации кислых примесей в процессе приготовления и хранения сырьевой смеси. Образующийся при декарбонизации мела CaO является активатором процесса гидратации нерастворимого ангидрита.

Температура обжига составляла 900–1100°C. Содержание мела в сырьевой смеси изменялось в пределах 0–10%. В качестве добавок-интенсификаторов твердения вяжущего использовались: содовый плав (отход производства капролактама), кремнегель (отход производства фторида алюминия), технические сульфат алюминия, кремнефторид и фторид натрия. Добавки-интенсификаторы вводились в состав вяжущего на стадии помола. Дозировка добавок в составе композиции находилась в пределах от 0 до 5%. Водопотребность вяжущего составляла 22–24%. В качестве контрольного образца использовался обожженный фосфогипс без активаторов твердения.

Образующийся в процессе затворения ВГВ Ca(OH)₂ является активатором процесса гидратации ангидрита, а также взаимодействует с вводимыми добавками по следующим реакциям:





При взаимодействии Ca(OH)_2 с карбонатом натрия и фторидом натрия образуются нерастворимые соединения, которые способствуют уплотнению твердеющей системы, что приводит к росту прочности и водостойкости. Образующийся NaOH увеличивает растворимость ангидрита, что ускоряет процесс его гидратации, способствуя набору прочности в ранние сроки твердения. Гелеобразный гидроксид алюминия, полученный при взаимодействии Ca(OH)_2 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, в виде пленки покрывает кристаллы продуктов гидратации, повышая их водостойкость, а кристаллы дигидрата сульфата кальция выполняют роль центров кристаллизации, что сокращает сроки схватывания и ускоряет темп набора прочности гипсового камня. Низкоосновные гидросиликаты кальция, являющиеся продуктами взаимодействия Ca(OH)_2 с аморфным SiO_2 , формируют прочный водостойкий каркас, что также способствует уплотнению и упрочнению твердеющей системы.

Максимальная дозировка добавок, при которой происходит увеличение прочности и водостойкости, составляет до 2%. Дальнейшее увеличение содержания добавок приводит к снижению прочности вяжущего. Это свидетельствует об избыточном образовании NaOH и нерастворимых соединений (CaF_2 , CaCO_3), которые по своей природе не являются вяжущими, что приводит к разупрочнению твердеющей системы. Зависимость прочности образцов от времени твердения представлена на рис. 1.



Рисунок 1 – Зависимость прочности образцов с различными добавками-интенсификаторами от времени твердения

Оценка представленных зависимостей показывает, что марочная прочность образцов вяжущего с добавками-активаторами достигается уже в 7-суточном возрасте. Прочность данных образцов превышает прочность контрольных в 2–4 раза и составляет 27–52 МПа. Сроки схватывания полученных вяжущих: начало – 45 мин. – 2 ч., конец – 1–3 ч.

Основные характеристики гипсового вяжущего. Одной из основных характеристик высокообжиговых гипсовых вяжущих является коэффициент водостойкости (K_n). Зависимость величины K_n от состава вяжущего представлена на рис. 2.

Наибольший коэффициент водостойкости имеет образец вяжущего с добавкой кремнегеля ($K_n = 1,2$) благодаря тому, что образующиеся в результате реакции низкоосновные гидросиликаты кальция формируют водостойкую структуру.

Рентгенофазовый анализ продуктов гидратации ВГВ позволил установить значительное увеличение степени гидратации ангидрита в присутствии активаторов твердения, а также образование нерастворимых продуктов взаимодействия Ca(OH)_2 с активаторами, что способствует формированию плотной водостойкой структуры. Данные РФА подтверждаются дифференциально-

термическим анализом. Дегидратация $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ проходит ступенчато. При температуре 130-160°C удаляется 1,5 моля воды, при этом образуется полугидрат сульфата кальция. Затем при 160-200°C на второй стадии происходит полное обезвоживание полугидрата до растворимого ангидрита с удалением 0,5 моля воды. Потеря массы у образца, содержащего добавку-активатор, в 2 раза выше, чем у контрольного, что свидетельствует о повышенном содержании $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ за счет большей степени гидратации ангидрита. С целью изучения микроструктуры был проведен электронно-микроскопический анализ продуктов гидратации эстрих-гипса (рис. 3-4).

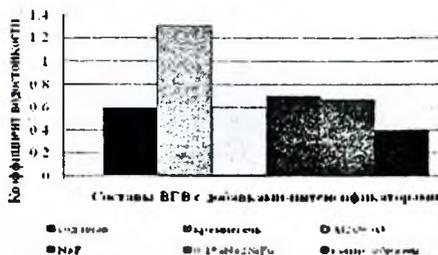


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента водостойкости ВГВ от его состава

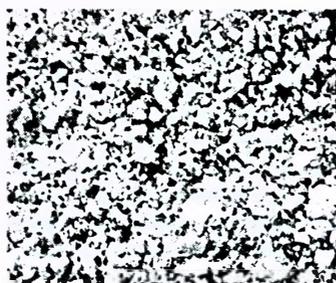


Рисунок 3 - Микроструктура бездобавочного гипсового камня ($\times 1000$)

На рисунке 4, соответствующем образцу с активатором твердения видно большое количество волокнистых кристаллов дигидрата сульфата кальция, которые формируют прочный каркас структуры. Кроме того, структура гипсового камня с добавкой является более плотной, что связано с образованием нерастворимых соединений при взаимодействии активаторов с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и значительно большей степенью гидратации.



Рисунок 4 - Микроструктура гипсового камня с добавкой фторида натрия ($\times 1000$)

Заключение. Полученные вяжущие по своим показателям могут быть рекомендованы для сухих строительных смесей (в том числе и для устройства самонивелирующихся полов).

Список цитированных источников

1. Выпуск ангидритового вяжущего из фосфогипса / Л.И. Сычева [и др.] // Цемент. - 1993 - № 5-6. - С. 60-62.
2. Высокопрочные ангидритовые вяжущие из различного сырья и отходов промышленности / Т.Г. Габададзе [и др.] // Строительные материалы. - 1985. - № 10. - С. 21.
3. Самонивелирующиеся стяжки под полы на основе ангидритового вяжущего из фосфогипса / Ю.Я. Грандас [и др.] // Строительные материалы - 1989 - № 12 - С. 17.