

УДК 691

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ СОСТАВЫ И ТЕХНОЛОГИИ
ПОЛУЧЕНИЯ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ И ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ****А. В. БЕЛОУСОВ, Г. О. ЦИПАН****(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л. М. ПАРФЕНОВА)**

В статье представлены результаты патентно-информационного поиска ресурсосберегающих составов сырьевых смесей для получения модифицированных гипсовых композитов. Приведено описание технологий производства газогипсовых изделий, отличающихся снижением расхода энергоресурсов и позволяющих получить изделия с равномерной пористой структурой, повышенными физико-механическими характеристиками.

Расширение номенклатуры эффективных материалов, производство которых основано на бережном отношении к материальным и топливно-энергетическим ресурсам, максимальном вовлечении местных ресурсов и техногенных отходов актуально для отечественной промышленности гипса. В Беларуси гипс не добывается, его импортируют в значительных объемах. Гипсовое сырье ввозится в Беларусь в основном из Молдовы и России, более 70% гипсовых штукатурок поставляются на внутренний рынок из Польши и Латвии [1]. В этой связи проведены теоретические исследования, направленные на систематизацию и анализ составов гипсовых вяжущих и технологий производства, обеспечивающих энергоэффективность и малую ресурсоемкость, а также экологичность и безопасность получаемых материалов.

При отсутствии собственной сырьевой базы становится выгодным производство материалов на основе гипсового вяжущего из отходов. Исследования Петропавловской В.Б. [2] посвящены разработке безобжиговых гипсовых композитов на основе двухводного гипса представленных отходами керамических и фаянсовых производств. Отмечается, что получаемый полуводный гипс имеет очень высокую водопотребность и низкую прочность. Использование в составе композиционных вяжущих двухводного гипса позволяет снизить затраты энергии по сравнению с применением полуводного гипса, для получения которого необходима операция обжига исходного сырья. Однако при использовании двухводного гипса возникает проблема подбора компонентов композиционных вяжущих и соответствующих технологических операций, обеспечивающих необходимые физико-технические свойства строительных материалов.

В работе [2] теоретически обосновано и экспериментально подтверждено использование двухводного гипса в виде отходов различных отраслей промышленности для направленного синтеза эффективных строительных композитов с высокими физико-механическими характеристиками. Получены составы сырьевых смесей для изготовления гиперпрессованных облицовочных и стеновых материалов по энергосберегающей технологии. Разработанная сырьевая смесь [3] для получения модифицированных гипсовых композитов включает измельченный техногенный двухводный гипс в виде отработанных форм фаянсового производства, в качестве извести и воды - насыщенный раствор гашеной извести, а в качестве техногенного двухводного гипса используется бинарная смесь порошков с удельными поверхностями 200-300 м²/кг и 800-900 м²/кг. Повышение прочности гипсового композита достигается за счет введения в состав сырьевой смеси комплексной модифицирующей добавки в составе микрокальцита, поликарбоната и шлакопортландцемента. Сырьевая смесь для получения модифицированных гипсовых композитов обеспечивает прочность 38,6 МПа, коэффициент размягчения – 0,45.

В работе [4] предложены составы для газогипсовых материалов с использованием отхода производства плавиковой кислоты кислый – фторангидрита. Фторангидрит до стадии нейтрализации содержит на зернах до 16 % серной кислоты, что позволило авторам исследований [4] сделать предположение о возможности его использования в качестве компонента газообразования и носителя кислоты. Подбор компонентов для получения поризованного стенового материала осуществлялся исходя из соотношения порообразующих веществ (фторангидрит : карбонатная мука), которые варьировались таким образом, что показатель рН смеси составлял 5–8. Расчет компонентов осуществлялся при условии максимального количества выделяемого углекислого газа, а оптимальное соотношение компонентов при изготовлении стенового материала было получено экспериментальным путем по критерию достижения высоких прочностных и теплоизоляционных показателей изделия. При проведении исследований использовалось гипсовое тесто стандартной консистенции (0,45) с добавкой замедлителя сроков схватывания – лимонной кислоты в количестве 2 % от массы строительного гипса.

В качестве дополнительных газообразующих компонентов использованы: жидкое стекло, карбонат натрия и 25%-я водная дисперсия нановолокна оксида алюминия, стабилизированная 0,5%-м гидрок-

сидом натрия. Высокая прочность материала обеспечивается гидратацией гипсового вяжущего и фторангидрита с образующимся в результате реакции активатором твердения, а достаточные теплоизоляционные свойства – за счет пористости изделия, полученной путем выделения водорода при взаимодействии кислого фторангидрита и дисперсии нановолокна оксида алюминия, сопровождающегося процессом порообразования [4].

Разработанная [4] технология изготовления газогипсового материала включает в себя следующие этапы: предварительное дозирование исходных компонентов: фторангидрита, жидкого стекла, стабилизированной дисперсии нановолокна оксида алюминия, раствора карбоната натрия; перемешивание указанных компонентов в типовом смесителе с водой в течение 1–2 мин; совместное перемешивание со строительным гипсом; заливку готовой смеси бетоноукладчиком в разъемные формы согласно размерам требуемого изделия; твердение в камерах при температуре 40–60 °С в течение 24 ч.

В диссертационной работе [5] в качестве добавок в полуводный гипс использовался биокремнезем – тонкодисперсный диоксид кремния биогенного происхождения, а также карбидный ил, который представляет собой промышленный отход получаемый в ацетиленовых генераторах при разложении карбида кальция CaC_2 водой при производстве ацетилена. Изучались свойства многокомпонентных гипсовых вяжущих, следующих составов: 80% – гипсовое вяжущее, 20% – илистокремнеземистая добавка на основе микрокремнезема и карбидного ила (соотношение $\text{SiO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 1,1); 80% – гипсовое вяжущее, 20% – илистокремнеземистая добавка на основе биокремнезема и карбидного ила (соотношение $\text{SiO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 0,6). Авторами исследований [6], установлено оптимальное соотношение между микрокремнеземом и карбидным илом в составе илистокремнеземистой добавки, которое составило 1–1,2, а между биокремнеземом и карбидным илом 0,5–0,7, при этом оптимальная концентрация илистокремнеземистой добавки должна составлять от 20 до 30%.

Гайфуллин А.Р. в своей работе [7] исследовал эффективность введения в строительный гипс минеральной добавки, в состав которой входят молотая керамзитовая пыль и доменный шлак. Молотый гранулированный доменный шлак вводился в гипсовое вяжущее, следующего состава: 74,5% – строительный гипс; 20% – керамзитовая пыль КП-1 дисперсностью 500 м²/кг; 5% – известь и 0,5% – суперпластификатор СП-1. Приведенные данные показывают, что при введении 20% молотой керамзитовой пыли и 30% молотого гранулированного доменного шлака с такой же дисперсностью прочность гипсового камня выше до 2,5 раз. Также проведенные автором исследования показали эффективность введения в состав комплексного гипсового вяжущего добавки 5% извести и 20% керамзитовой пыли с тонкостью помола 500 м²/кг. Показатели прочности достигают значений 17,3 МПа, коэффициент размягчения Кр составляет 0,67. При введении 0,5–1,0% добавок суперпластификаторов MELMENT® F15G и Полипласт СП-1 прочность при сжатии повышается с 17,3 до 19,0–25,3 МПа, коэффициент размягчения с 0,67 до 0,68–0,78.

Простота и экономичность производства гипсовых вяжущих, наряду с современными технологическими разработками, показывает перспективность более широкого применения гипса при изготовлении ячеистых бетонов. В работе [8] предложена смесь для производства газогипса, содержащая следующие основные компоненты: полуводный гипс, серную кислоту, воду и опилки из древесины хвойных или лиственных пород 10% влажности с размером частиц от 1 до 5 мм. Серную кислоту вводят разбавленной до концентрации 45–50%. Опилки предварительно рассеивают по фракциям. Минерализацию древесных опилок осуществляют 50% раствором серной кислоты, для чего в пластмассовую емкость с находящимся в ней нужным количеством опилок вливают требуемое количество раствора серной кислоты и интенсивно перемешивают в течение 5 минут для получения равномерного насыщения опилочных частиц кислотой. Затем в подготовленное гипсовое вяжущее добавляют минерализованные серной кислотой опилки и перемешивают до приобретения гипсоопилочной смесью однородного состояния, после чего затворяют полученную смесь гипсового вяжущего и минерализованных опилок водой, перемешивают в течение 30 секунд и разливают полученную газогипсовую смесь по формам.

Отмечается [8], что процесс газообразования при производстве газогипса начинается сразу же после затворения гипсоопилочной смеси водой и продолжается в течение времени, соразмерного со временем начала схватывания гипсовой смеси, поэтому ко времени окончания процесса газообразования жидкая пенная газогипсовая смесь начинает твердеть и пузырьки выделяемого углекислого газа равномерно распределяются по всему объему газогипса. Выделение углекислого газа в гипсоопилочной смеси при затворении ее водой происходит в результате реакции раствора серной кислоты с карбонатными включениями, содержащимися в гипсовом вяжущем. Минерализованные серной кислотой опилочные частицы разных размеров несут в себе разное количество кислоты, что является причиной образования в жидкой гипсоопилочной смеси газовых пузырьков различных размеров. Таким образом, авторами изобретения [8] путем изменения количества и размера частиц древесных опилок регулировалось количество и размер газовых пор в материале газогипса, его прочностные и теплоизоляционные характеристики.

Березкиной Ю.В. [9] предложена отдельная технология приготовления газогипсовой смеси с использованием серной кислоты. Отличие технологии заключается в способе подачи серной кислоты в гипсовое вяжущее. Серную кислоту вводят с помощью древесно-опилочного «носителя» - опилки хвойных пород мелкой фракции с размером частиц менее 1 мм. При концентрации водного раствора серной кислоты от 20% до 30% получена равномерная пористая структура гипсового камня со сравнительно одинаковым диаметром пор.

В патенте SU1276645A1 [10] предложен состав сырьевой смеси для газогипса, включающий полуводный гипс, карбонатную, волокнистую, пластифицирующие добавки и воду. С целью уменьшения объемной массы и увеличения прочности, предложено приготовление осуществлять в два этапа: сначала смешивают 80-90 мас.% воды затворения с 80-90 мас. % пластифицирующей добавки, полуводным гипсом, карбонатной, волокнистой дабавками и затем в полученную смесь вводят при перемешивании оставшиеся количество воды затворения и пластифицирующей добавки с дополнительно введенной кислотной добавкой.

Одной из важнейших проблем современного строительства является возведение объектов с высокими энергосберегающими характеристиками. Нужны эффективные, долговечные, экологически безвредные и пожаробезопасные стеновые материалы ограждающих конструкций. Проведенный обзор, показывает, что этим требованиям в полной мере соответствуют гипсовые материалы. Снизить вес изделий позволяет создание ячеистой структуры гипсовых материалов. Для повышения рентабельности использования газогипсовых материалов в строительстве и регулирования свойств возможно применение вторичного сырья, являющегося отходами промышленного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Производство строительных материалов 2015: отчет ЗАО «Инвестиционная компания «ЮНИТЕР» [Электронный ресурс]/ Р.Осипов, М. Кохов, Д.Кириленко,2015 – 30 с. – Режим доступа: <https://uniter.by/upload/Construction%20materials%20industry.pdf> – Дата доступа: 12.09.2021
2. Петропавловская, В. Б. Безобжиговые гипсовые композиты с повышенными эксплуатационными свойствами: автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.16.09 / В.Б. Петропавловская; Моск. гос. строит. ун-т. – Тверь, 2019. – 34 с.
3. Сырьевая смесь для получения модифицированных гипсовых композитов: Патент RU 2539478/ Петропавловская В. Б., Полеонова Ю. Ю., Жуков Д. Е. – Оpub.: 20.01.2015
4. Аниканова, Л.А. Газогипсовые материалы с использованием вторичного сырья/Л.А. Аниканова, А.И. Курмангалиева, О.В. Волкова, Ю.М. Федорчук // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – Т. 20. – № 6. – С. 126–137.
5. Козлов, Н.В. Гипсокерамзитобетон повышенной водостойкости:автореф. дис....канд.техн.наук: 05.23.05/ Н.В. Козлов;Моск. гос. строит. ун-т. – Москва, 2015. – 25 с.
6. Козлов, Н.В. Микроструктура гипсового вяжущего повышенной водостойкости / Н.В. Козлов, А.И. Панченко, А.Ф. Бурьянов, В.Г. Соловьев // Строительные материалы. – 2014. – № 5. - С.72-75
7. Гаифуллин, А.Р. Композиционные гипсовые материалы с добавками керамзитовой пыли: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / А.Р. Гаифуллин; Казан. гос. архитектур.-строит. Университет. – Казань, 2012. – 20 с.
8. Смесь для производства газогипса: Патент RU 2552238 / А.В.Веселов, А.Л. Кришан, – Оpubл.: 10.06.2015
9. Березника, Ю.В. Технологические особенности при производстве газогипса/Ю.В. Березника//Вестник БГТУ им. Шухова. –2011. –№ 4. – С.11-14
10. Способ приготовления сырьевой смеси для газогипса: Патент SU1276645A1 / П.П. Адомайтис,В.Б.Арончик,Е.В.Гирш,А.А.Екибаева,С.С.Михедко,Я.П.Озолс,В.И.Олейник,В.П. Панов, Л.Б. Цимерманис,А.В.Шафиров – Оpubл.: 15.12.1986