

**VII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА
И ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ**

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Нижеий Новгород, 10-12 сентября 2014

УДК 536.2
ББК Н113.6

**МАТЕРИАЛЫ VII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ «ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА
И ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ»**

/Под научной редакцией А.Ф. Бурьянова

© Изд-во «Де Нова» М., 2014,.

Отпечатано в типографии «Алвиан», 02.09.2014 г., 274 стр., 16 усл. печ. л.

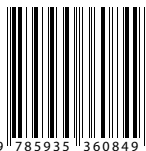
Сборник содержит труды VII Международной научно-практической конференции. В нем рассматривается широкий круг научных и практических проблем, связанных с теоретическими разработками, исследованиями, практическим опытом производства и применения гипсовых вяжущих и изделий.

Предназначен для специалистов научных, проектных, производственных и строительных организаций, а также преподавателей, студентов, магистров, аспирантов и докторантов строительных ВУЗов.

Авторы предоставленных к опубликованию докладов несут ответственность за достоверность приведенных в них сведений. Доклады публикуются в авторской редакции.

© Российская Гипсовая Ассоциация

ISBN 5-93536-084-5
EAN 978-593536-084-9



ГАСНТИ 67.03.05

Тираж 500 экз.

ОРГАНИЗАТОРЫ

Российская Гипсовая Ассоциация

Московский государственный строительный университет

ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова

Научно-исследовательский институт строительной физики

ГУП «НИИМосстрой»

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

**14050, Московская обл.,
П. Красково, ул. К. Маркса,117
ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова
Телефоны: (495) 557-30-11, (8442) 49-34-80**

gips@rescom.ru
rosgips@rosgips.ru

www.rosgips.ru

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Гончаров Ю.А., Российская Гипсовая Ассоциация, Президент
– **председатель оргкомитета**

Янис Краулис, Группа КНАУФ СНГ, управляющий
Лавров В.С., ПГЗ «Декор-1», Председатель Совета Учредителей
-**заместители председателя оргкомитета**

Бурьянов А.Ф. – Российская Гипсовая Ассоциация, исполнительный директор
- **ответственный секретарь**

Бессонов И.В. – НИИСФ, ведущий научный сотрудник
Гаркави М.С. – Урал-Омега., заместитель директора
Ижболдин Е.Н., ПГЗ «Декор-1», управляющий директор
Коровяков В.Ф. - ГУП «НИИМосстрой», заместитель директора
Лесовик В. С., БГТУ им. В. Г. Шухова, заведующий кафедрой
Пустовгар А.П. – МГСУ, проректор
Рахимов Р.З. - КГАСУ, заведующий кафедрой строительных материалов
Сучков В.П., ННГАСУ, заведующий кафедрой строительных материалов
Х-Б Фишер – Веймарский строительный университет, профессор
Юмашева Е.И.- журнал «Строительные материалы», главный редактор
Яковлев Г.И. – ИжГТУ, заведующий кафедрой
- **члены оргкомитета**

Панова Ю.С. – Российская Гипсовая Ассоциация, координатор
Парикова Е.В., ООО «КНАУФ ГИПС» , руководитель отдела учебных программ
Коршунов А.Е., ННГАСУ, старший преподаватель
- **рабочая группа оргкомитета**

СПОНСОРЫ

Золотой спонсор

KNAUF

Генеральный спонсор



Официальные спонсоры



**Пешеланский
гипсовый завод**

Gypotech



GRENZEBACH



LAHTI
PRECISION



doubrava

MEMBER OF FMT GROUP
FMT

Спонсоры



Компания
TALLERES FARRAUS S.L.

Генеральный информационный спонсор

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

Научно-технический
журнал

Уважаемые коллеги, дорогие друзья!

От имени Российской гипсовой ассоциации имею честь поздравить Вас с проведением VII Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий», которая проходит в г. Нижнем Новгороде, на гостеприимной нижегородской земле.

Организаторами конференции выступают: Российская Гипсовая Ассоциация, Московский государственный строительный университет, ВНИИ-СТРОМ им. П.П. Будникова, Научно-исследовательский институт строительной физики, ГУП «НИИМосстрой», Нижегородский ГАСУ.

Выбор Нижегородской области для проведения конференции не случаен - на ее территории располагаются крупнейшие месторождения гипсового и ангидритового камня. В области успешно работают и развиваются передовые предприятия гипсовой отрасли России, такие как ООО «КНАУФ Дзержинск», Пешеланский гипсовый завод «Декор-1» и др.

В работе конференции примут участие около 250 представителей коммерческих организаций и строительной науки из более чем 15 стран дальнего и ближнего зарубежья и многих регионов России. Среди них Веймарский строительный университет, Казанский ГАСУ, Московский ГСУ, Ижевский ГТУ, Белгородский ГТУ, фирмы «КНАУФ», «Erisim Makina», «ВОЛМА», нижегородские фирмы, организации и ВУЗы.

Российская гипсовая ассоциация надеется, что заявленные при подготовке к конференции цели будут успешно достигнуты. Состоится плодотворный диалог между представителями научного сообщества и промышленниками по вопросам развития гипсовой отрасли, обмен научно-технической и коммерческой информацией в области применения изделий на основе гипса в жилищном, в том числе малоэтажном строительстве.

Особый интерес участников конференции был проявлен к производственным экскурсиям, которые запланированы в ООО «КНАУФ Дзержинск» и Пешеланский гипсовый завод «Декор-1».

Выражаю уверенность, что вопросы, рассматриваемые на конференции, представляют большой интерес не только для сотрудников научно-исследовательских, проектных и учебных организаций, а также для работников предприятий гипсовой отрасли, поставщиков сырья и оборудования, строителей, маркетинговых и финансово-промышленных групп.

Желаю всем участникам конференции активной и плодотворной работы, хорошего дружеского общения, удачи и успеха!

Президент Российской гипсовой ассоциации
Председатель Оргкомитета конференции

Ю. Гончаров

Уважаемые дамы и господа! Дорогие коллеги!

Искренне рад приветствовать всех участников международной гипсовой конференции в Нижнем Новгороде. Отрадно осознавать сегодня, что за последние два десятилетия в России благодаря значительным инвестициям гипсовая отрасль выходит на европейский уровень технологии и качества. Мы со своей стороны вносим значительный вклад в модернизацию отрасли, в расширение ассортимента стройматериалов на основе гипса, в обучение строителей, которые получают навыки грамотной работы с комплектными системами сухого строительства, а также после обучения внедряют на российских стройках современные методы ведения штукатурных работ, в том числе и машинным способом.

Если в начале 2000-х годов мы занимались восстановлением гипсовой промышленности России, которая находилась в упадке и была дискредитирована отсутствием высококачественных инновационных материалов, то сегодня перед нами стоят иные задачи: создание новых материалов, повышение эффективности производства, совершенствование качества гипсовых материалов, борьба с контрафактом, подготовка кадров и обучение потребителей. Большинство этих вопросов и составляет цели и задачи Российской гипсовой ассоциации.

Вступление России во Всемирную торговую организацию диктует необходимость повышения конкурентоспособности строительной отрасли страны, прежде всего приведения национальной системы технического регулирования в соответствие с мировыми стандартами. Чрезвычайно важно, чтобы гармонизация российских строительных норм с иностранными происходила на основе наиболее высоких показателей качества.

Компания КНАУФ со своей стороны принимает активное участие в работе по разработке новых национальных стандартов и их гармонизации с европейскими. Наши специалисты внесли свои замечания и предложения при разработке нового свода правил «Конструкции с применением гипсокартонных и гипсоволокнистых листов», который вступает в силу 1 октября 2014 года. Для нас очень важно, что этот свод правил направлен на усиление мер безопасности строительства и эксплуатации сооружений. Он содержит требования к конструктивным решениям и способам монтажа каркасно-обшивных перегородок, облицовки стен, ограждений коммуникационных шахт, подвесных потолков, огнезащиты конструкций с применением гипсокартонных и гипсоволокнистых листов.

При нашем непосредственном участии были также подготовлены, утверждены и выпущены в обращение четыре стандарта на сухие гипсовые смеси, а также межгосударственный гармонизированный с европейским

(EN 12859) стандарт на гипсовые пазогребневые плиты.

Призываю членов Гипсовой ассоциации скоординировать усилия по подготовке квалифицированных рабочих кадров для продвижения сухого строительства. Необходимо согласованными усилиями добиваться полного вычета расходов налогоплательщика на социальное партнерство с учреждениями профессионального образования для целей налогообложения прибыли. Мы со своей стороны инициировали соответствующие обращения через Ассоциацию европейского бизнеса в РФ в Госдуму России и предлагаем подать аналогичный запрос от имени Российской гипсовой ассоциации.

Желаю всем участникам конференции плодотворного обсуждения насущных задач отрасли. С удовольствием приглашаю на наше современное производство гипсоволокнистых листов и сухих строительных смесей в Дзержинске. Желаю всем успехов и благополучия!

Управляющий группы КНАУФ СНГ

Янис Краулис

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПОМОЩИ ОБОРУДОВАНИЯ BEUMERGROUP

Абакумов С.А.
ООО "БОЙМЕР"

В зависимости от природных горно-геологических факторов производство и добыча гипса производится подземным или открытым способом. Технологическая направленность производства основана на добыче, транспортировке и измельчении гипсового камня. В настоящее время на большинстве предприятий транспортировка материала из карьера на площадку осуществляется автомобильным транспортом. Однако, в связи с постоянным ростом затрат на данный вид транспортировки все больше компаний задумываются об альтернативных решениях для оптимизации процесса.

Компания BEUMERGroup является одним из лидеров по производству транспортирующих установок. В нашей линейке оборудования есть различные виды ленточный конвейеров, которые позволяют свести к минимуму затраты на транспортировку (Рис.1).

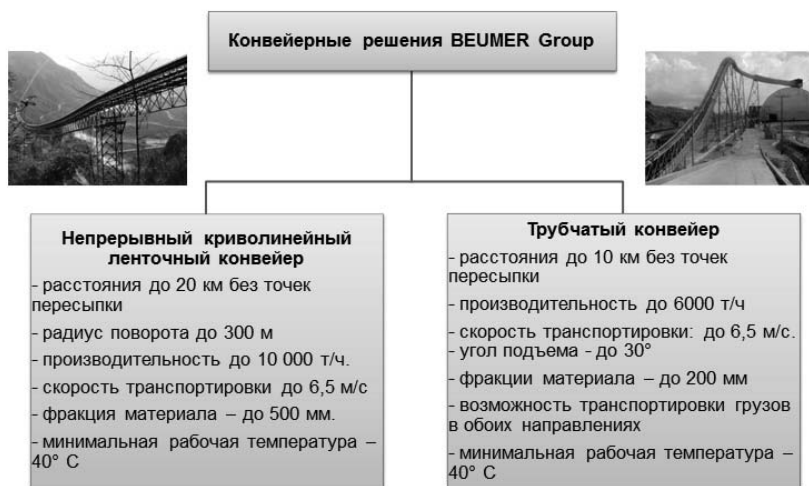


Рисунок 1

Наше оборудование спроектировано для работы при температуре от -40° С до 40° С, что очень важно в условиях Российского климата.

Для того, чтобы более детально оценить эффективность замены автотранспорта на конвейерные системы рассмотрим пример завода в

провинции Сичуань, Китай (Таблица 1). В данном случае были просчитаны три варианта транспортировки: конвейер, грузовики грузоподъемностью 25т и грузовики грузоподъемностью 92т.

Таблица 1

Исходные данные

Сырье	Известняк
Размер частиц	0-100мм
Потребляемая мощность завода	7 500 000т
Производительность конвейера	1 500т/ч
Длина конвейера	12 600м
Дистанция для доставки автотранспортом	38 000м

Анализ показал, что при самых низких капитальных вложениях на закупку грузовиков грузоподъемностью 25т и использование является самым дорогостоящим (Таблица 2). Кроме того транспортировка материалов при помощи конвейера обладает минимальным загрязняющим эффектом и наносит минимальный вред окружающей среде.

Таблица 2

Сравнительный анализ

	Конвейер	Грузовик, 25т	Грузовик, 92т
Количество, шт.	1	150	32
Затраты на закупку оборудования, млн . euro	22,4	15	30
Количество людей для работы на оборудовании, чел.	5-10	200	40
Затраты на обслуживающий персонал в год, euro	Max 400 000	Max 6 000 000	Max 1 200 000
Удельный расход энергии на тонну продукта, кВт/т	1,44	11,1	6,52
Выбросы CO ₂ , т/год	6 480	22 260	13 100
Пыление	Минимальное	Максимальное, неконтролируемое	Максимальное, неконтролируемое
Шум, дБ	85	95	98

Суммарные затраты в год, млн. евро	1,65	14,22	5,155
------------------------------------	------	-------	-------

Помимо транспортного оборудования компания BEUMERGroup производит различные типы фасовочных машин BEUMERfillpac, отличающихся по принципу компоновки фасовочных модулей (карусельные/рядные) и способу подачи фасуемого материала в мешок (с воздушным/турбинным заполнением). В зависимости от числа фасовочных модулей, они обеспечивают производительность от 300 до 3600 мешков/час (для 25-кг мешков) (Рис. 2а,б).

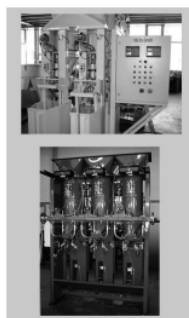
В зависимости от поставленных задач машины BEUMERfillpac могут дополнительно оснащаться автоматическими насадчиками мешков – для повышения производительности и снижения доли ручного труда на предприятии, устройствами ультразвуковой запайки клапана – в случае продуктов, склонных к пылеобразованию, устройствами автоматической регулировки высоты седла – в случае наличия большого сортамента мешков для производимой продукции, и т.д. (Рис. 3).

Система управления BEUMERfillpac обеспечивает высокую степень точности фасовки в соответствии с международными и германскими законодательными нормами и техническими стандартами.



- 6 – штуцерная машина BEUMER fillpac R
 - 90 т/час => 1800 мешков/час (50-кг мешки)
 - => 2250 мешков/час (25-кг мешки)
- 8 – штуцерная машина BEUMER fillpac R
 - 120 т/час => 2400 мешков/час (50-кг мешки)
 - => 3000 мешков/час (25-кг мешки)
- 10 – штуцерная машина BEUMER fillpac R
 - 150 т/час => 3000 мешков/час (50-кг мешки)
 - => 3750 мешков/час (25-кг мешки)
- 12 – штуцерная машина BEUMER fillpac R
 - 180 т/час => 3600 мешков/час (50-кг мешки)
 - => 4500 мешков/час (25-кг мешки)
- 16 – штуцерная машина BEUMER fillpac R
 - 240 т/час => 4800 мешков/час (50-кг мешки)
 - => 6000 мешков/час (25-кг мешки)
- 20 – штуцерная машина BEUMER fillpac R
 - 300 т/час => 6000 мешков/час (50-кг мешки)
 - => 7500 мешков/час (25-кг мешки)

Рисунок 2а



- Фасовка с заполнением крыльчаткой и с пневмоподачей
- Стандартное исполнение рядных машин 1 – 4 модуля.
- Для 25 кг мешков производительность таких машин составляет от 300 до 1200 мешков/ч.

Насадчик пустых мешков

- Производительность от 300 до 1400 мешков в час.

Рисунок 2б

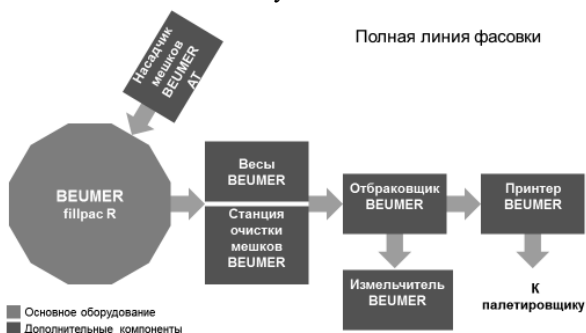


Рисунок 3

В течение многих лет BEUMER разрабатывает инновационные паллетайзеры (Рис. 4а) и роботы-паллетировщики (Рис. 4б) для различных товаров. С помощью специально разработанных захватывающих элементов паллетироваться и депаллетироваться мешки, картонные коробки, лотки, ящики, канистры и многие другие грузы со скоростью до 1900 единиц в час в зависимости от вида тары. Точность укладки и стабильность готового штабеля обеспечивают отсутствие при хранении и упрощают последующие операции по упаковке.

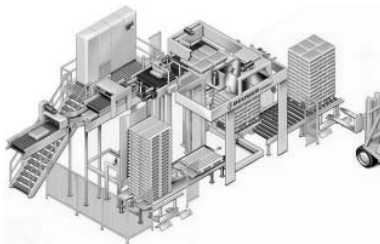


Рисунок 4а



Рисунок 4б

Будь то строительная, химическая или пищевая промышленность, вопрос безопасности труда при транспортировке и хранении штабелированных товаров становится все важнее. Поэтому концерн BEUMER добавляет к проверенной годами линейке машин серии BEUMERstretchhood новую модель, ставшую даже более эффективной и безопасной в эксплуатации при существенно меньшем энергопотреблении. Чтобы облегчить работу технического персонала и обеспечить более высокую эксплуатационную готовность, новый BEUMERstretchhood A (Рис.5) был сконструирован без платформы и, соответственно, без лестницы. Регламентные работы, такие как замена ножей или сварных балок, теперь проводятся с уровня пола, достаточно выдвинуть выдвижную панель. Для защиты оператора машина автоматически останавливается. Поэтому отпадает необходимость приводить конструктивные узлы в позицию для техобслуживания. Благодаря удобному доступу проведение работ по техническому обслуживанию ускоряется, а риск несчастных случаев и сбоев снижается до минимума.

При разработке также во внимания принимались требования к эргономике. Заправка пленки производится несколькими движениями рук без применения инструментов.

Дополнительным преимуществом является компактность новой модели BEUMERstretchhood – меньшая высота конструкции и существенно меньшая монтажная площадь.



Рисунок 5

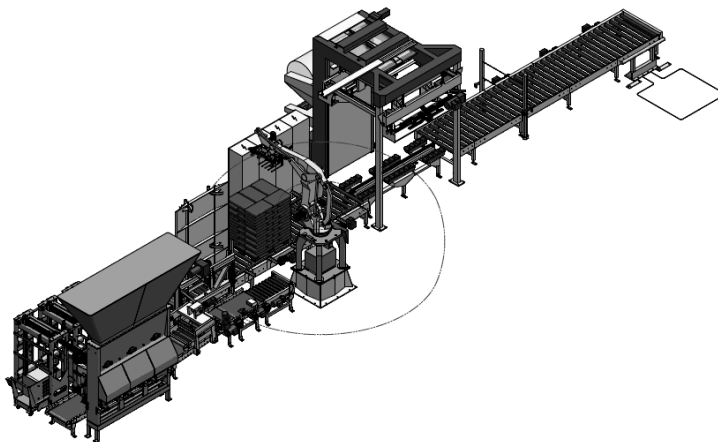


Рисунок 6

Разнообразие возникающих задач требует дифференцированного подхода и широкого спектра машин и услуг для их решения. BEUMER предлагает вам системные решения (Рис. 6) соответствующие вашим индивидуальным требованиям, обеспечивающие надежную транспортировку и согласованность всех этапов процесса. Компетентная инженерная проработка, быстрый и надежный сервис на месте и оперативность поставки запасных частей дополняют наше предложение и обеспечивают высокую эксплуатационную готовность установок.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГИПСОВ В ПРИСУТСТВИИ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК МЕТОДОМ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ КАЛОРИМЕТРИИ

Адамцевич А.О., Пустовгар А.П., Еремин А.В.
НИИ Строительных материалов и технологий, Московский
государственный строительный университет

Непрерывный рост рынка сухих строительных смесей обуславливает актуальность решения комплекса задач, нацеленных на повышение качества сырья, совершенствование производственных линий и сокращение затрат на разработку и оптимизацию рецептур выпускаемой продукции.

При использовании в составе строительной смеси гипсовых вяжущих – одной из важнейших задач, решаемых на этапе разработки рецептуры, является обеспечение необходимых сроков схватывания и динамики набора прочности системы. Регулирование кинетики твердения в данном случае обеспечивается за счет введения в состав смеси модифицирующих химических добавок замедляющим эффектом действия. Известно, что показатель абсолютной эффективности различных модификаторов на единицу массы может существенно различаться для различных добавок, а стабильность их действия зависит от стабильности минерального состава вяжущего, особенностей технологического процесса изготовления смеси и ряда других факторов.

В данной работе проведен анализ влияния некоторых замедлителей, представленных на российском рынке, на кинетику гидратации образцов гипсового вяжущего.

Материалы и методы

В качестве вяжущего использовались образцы строительного гипса Г-5...Г-7, предоставленные несколькими производителями, расположенными на территории европейской части России. На рис. 1 представлены результаты определения сроков схватывания исследуемых образцов. Сроки схватывания определялись по ГОСТ 23789-79.

В качестве замедлителей использовались простые кислоты и комплексные добавки российского и зарубежного производства. Список используемых замедлителей: винная кислота, лимонная кислота, яблочная кислота, добавка Plastretard, добавка SikaRetardan 200L, добавка Weiss GP 03, добавка Weiss SLF 01.

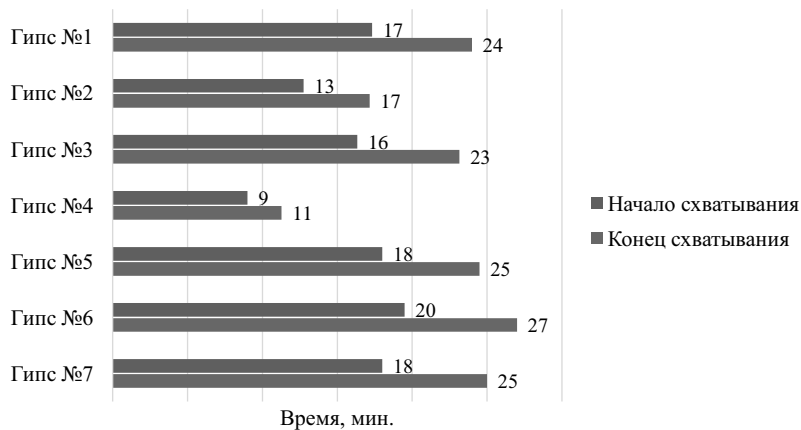


Рисунок 1. Сроки схватывания исследуемых образцов гипса

В связи с тем, что процесс гидратации минеральных вяжущих является экзотермическим, исследование кинетики гидратации в работе производилось с использованием метода изотермической калориметрии (от лат. calor — тепло и лат. metro — измеряю). Тепловой поток измерялся с использованием 8-канального микрокалориметра TAMAiv в температурном режиме 20°C.

На рис.2 показаны графики теплового потока при гидратации различных образцов чистого гипса до введения добавок.

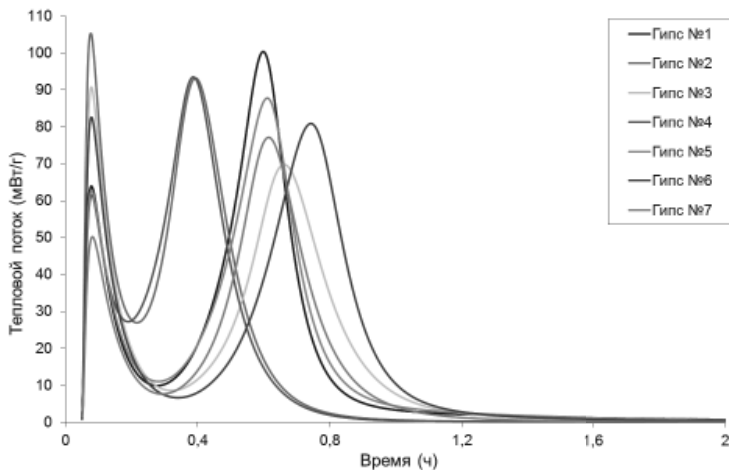


Рисунок2. Графики теплового потока при гидратации исследуемых образцов гипса

В ходе экспериментальной части исследования определялось влияние на кинетику процесса гидратации гипса таких факторов, как: минеральный состав смеси; наличие в составе смеси различных замедлителей; скорость перемешивания смеси и т.д. Для регулирования минерального состава и изменения pH-раствора использовалась гашеная известь в дозировке 2% по массе от гипса. Ниже представлены некоторые из полученных в ходе исследования результатов.

Результаты исследования

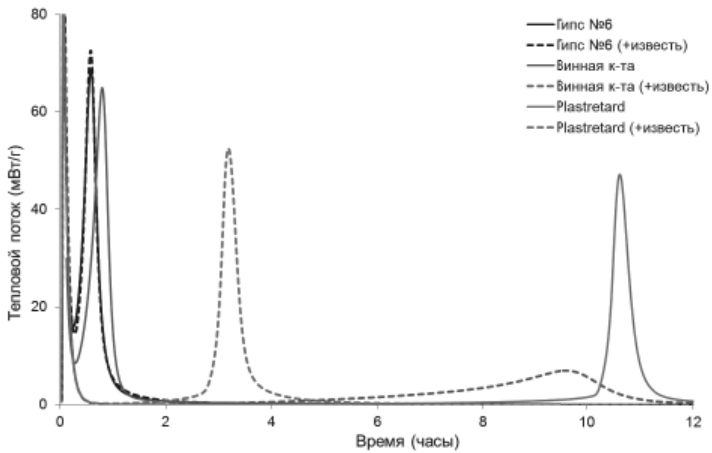


Рисунок 3. Влияние извести на кинетику гидратации различных образцов (дозировка добавок – 0,1% по массе от гипса)

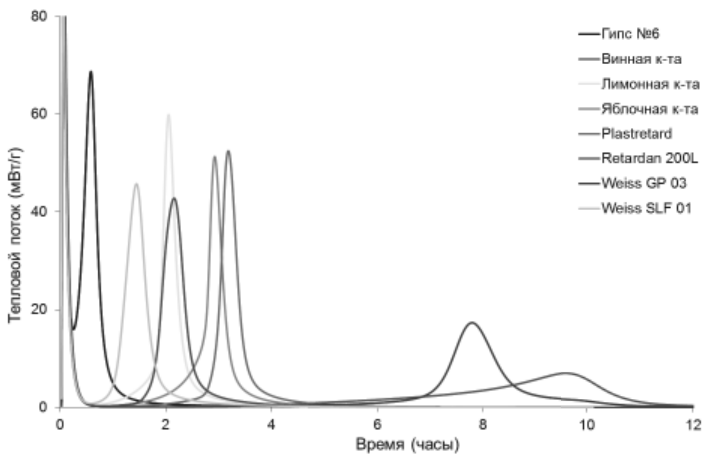


Рисунок 4. Эффект от введения различных добавок в идентичной дозировке
 (во всех образцах присутствует известь, дозировка добавок – 0,1% по массе от гипса)

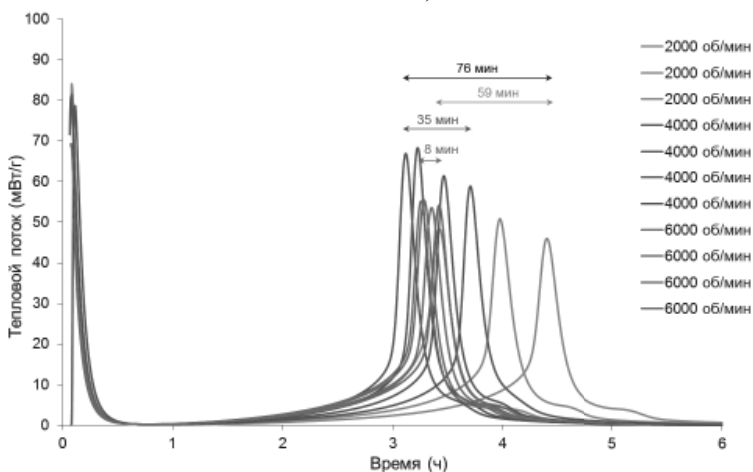


Рисунок 51. Влияние скорости перемешивания на стабильность кинетики гидратации смеси с замедлителем
 (гипс №5, добавка винной кислоты 0,05% + наличие извести в составе смеси)

Обсуждение результатов

На рис. 3 наглядно показано влияние гашеной извести в составе смеси на эффективность действия различных замедлителей. Так, добавка винной кислоты оказывает существенный замедляющий эффект лишь при наличии извести, в то время как для чистого гипса эффект от введения винной кислоты практически отсутствует. При этом количественный эффект от введения добавки Plastretard в гипс, не содержащий извести, значительно выше, чем при ее наличии в составе смеси.

При введении в состав смеси на основе гипсового вяжущего различных кислот в одинаковых дозировках, различия наблюдаются не только в количественном замедляющем эффекте, но и характере протекания реакции гидратации (рис. 4). Так, например, при введении лимонной кислоты – увеличивается индукционный период гидратации, а затем реакция происходит почти с той же интенсивностью, что и для контрольного образца. При введении же в состав смеси винной кислоты – изменяется как продолжительность индукционного периода, так и характер последующего экзотермического пика гидратации.

Данная особенность может быть использована при выборе оптимального замедлителя для сухой строительной смеси с учетом ее назначения. Так, например, при разработке рецептуры наливного пола необходимо обеспечить длительный срок жизни смеси последующим быстрым ростом прочности, что обуславливает актуальность применения добавок, гарантирующих более продолжительный индукционный период и сохранение последующей интенсивности реакции гидратации. В то же время, при разработке рецептуры штукатурной смеси - более важной задачей является обеспечение пластичности состава, что требует применения добавок, более плавно замедляющих скорость реакции.

Говоря об использовании замедлителей в гипсовых системах, стоит отметить наличие проблемы нестабильной кинетики твердения смеси по причине сложности равномерного диспергирования добавок. Согласно полученным экспериментально данным (рис. 5), стабильность скорости реакции возрастает с увеличением скорости перемешивания смеси.

Заключение

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что анализ кинетики тепловыделения при твердении цементных систем играет важную роль в оптимизации процесса производства сухих строительных смесей на основе гипсового вяжущего, так как позволяет решать задачу регулирования состава и свойств разрабатываемых составов.

Литература

1. Адамцевич А.О., Пустовгар А.П., Соловьев В.Г., Пашкевич С.А. Актуальные аспекты практического применения методов калориметрии при изучении кинетики гидратации вяжущих в строительном материаловедении // Научное издание «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании» – 2012. – с. 354-360
2. Адамцевич А.О. Применение методов калориметрии для производства полифункциональных модифицирующих добавок повышенной эффективности // Сборник тезисов III Всероссийской молодежной конференции «Устойчивость, безопасность и энергоресурсосбережение в современных архитектурных, конструктивных, технологических решениях и инженерных системах зданий и сооружений» – 2012. – с. 9-13
3. Адамцевич А.О., Пашкевич С.А., Пустовгар А.П. Использование калориметрии для прогнозирования роста прочности цементных систем ускоренного твердения // Инженерно-строительный журнал – 2013. №3(38) – с. 36–42
4. Адамцевич А.О., Пустовгар А.П., Еремин А.В., Пашкевич С.А. Исследование влияния формата кальция на процесс гидратации

цемента с учетом фазового состава и температурного режима твердения // Строительные материалы – 2013 г. – №7 – с. 59-62

5.Адамцевич А.О., Ахметов М.Ф. Применение изотермической калориметрии при производстве сухих строительных смесей // Российский ежегодник ССС 2014 // М-во образования и науки Росс. Федерации, Моск. гос. строит.ун-т. — Москва: МГСУ, 2014. — Электронное издание

ГИДРОФОБИЗАЦИЯ ГИПСОВЫХ РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРНЫМИ ВОДНЫМИ ДИСПЕРСИЯМИ

Анисимова С.В., Коршунов А.Е., Павликова С.М.

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет ННГАСУ, г. Нижний Новгород, ООО «Компания ХОМА», г.Дзержинск, Нижегородская обл.

Одним из способов повышения водостойкости гипсовых строительных материалов является гидрофобизация их поверхности при применении полимерных составов. При этом снижается способность пористых оснований сорбировать пыль и грязь, ликвидируется агрессивное воздействие воды и водяных паров, усиливается стойкость к биокоррозии, повышается поверхностная прочность, тем самым обеспечивается долговечность конструкций и качество отделки при нанесении и формировании последующих декоративных покрытий.

В последние десятилетия на рынке пленкообразователей предлагается большое количество акриловых и стирол-акриловых дисперсий для использования в рецептурах грунтовочных составов для обработки минеральных оснований, в том числе и гипсовых. Основными требованиями к полимерным водным дисперсиям для создания грунтовок являются: агрегативная устойчивость дисперсии при разведении водой, хорошее смачивание минеральных поверхностей, глубокое проникновение дисперсных частиц внутрь закрепляемых слоев, прочное связывание рыхлых осыпающихся участков поверхности при высыхании грунтовки, придание обработанному материалу водостойкости, обеспечение сцепления последующих отделочных составов с поверхностью. Как правило, содержание полимера в рабочих грунтовках разных производителей и потребителей варьируется от 5 до 10%. Подобные приемы гидрофобизации при грунтовании или пропитке гипсовых материалов распространены при выпуске гипсоволокнистых листов, гипсостружечных плит, пазогребневых плит, элементов пола и т.п. [1-2].

В данной работе произведена оценка гидрофобизации поверхности гипсовых материалов при их обработке методом погружения в растворы полимерных водных дисперсий различных составов и концентраций. В качестве объектов исследований выбраны образцы гипсовых растворов, изготовленные с использованием строительного гипса марки Г-5 II Б (Пешеланский гипсовый завод «Декор-1») и речного кварцевого песка ($M_k=2,0$), взятых в соотношении 1:3, при водогипсовых отношениях $V/G=0,6$, $0,8$, $1,0$, характеризующиеся соответственно пористостью 22%, 24,4%, 29%.

В качестве средств для гидрофобизации выбраны водные дисперсии стирол-акриловых полимеров, свойства которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Производитель	Наименование дисперсии	Массовая доля нелетучих веществ, %	Минимальная температура пленкообразования, °С	Диаметр частиц, нм
Группа ХОМА	Новопол-110	50	18...20	80-150
	Новопол-130	50	4	100-200
	НотаСгyl S 110и	50	4	100-200
	Новопол-006с	32	0-5	30-60
ООО ПКФ «Оргхимпром»	Лакротэн Э-21	50	12...14	160-180
	Лакротэн Э-021	30-35	5	60-80

Производилась объемная пропитка предварительно высушенных до постоянной массы образцов гипсовых растворов при их погружении в рабочие растворы полимерных продуктов (с концентрацией полимера от 2,5 до 12%) на 3 мин (рис. 1), с последующей сушкой сначала в естественных условиях в течение 7 суток, затем при температуре 60°С при выдержке не менее 24 часов.

Степень приобретенной образцами гидрофобности после их обработки характеризовалась с помощью трубки Карстена по скорости понижения уровня воды при поглощении ее поверхностью (рис. 2). Данная методика разработана специалистами фирмы «САЗИ» (г.Москва) [3] и предназначена для характеристики эффективности защиты различных строительных материалов, в том числе находящихся и в условиях строительных объектов.

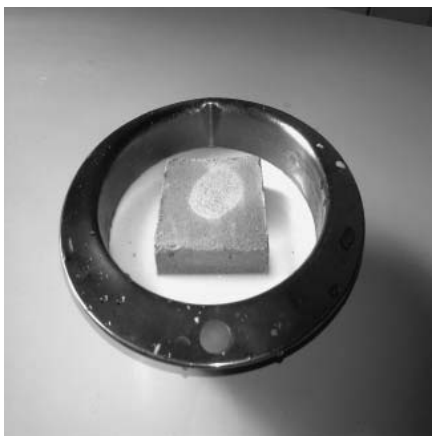
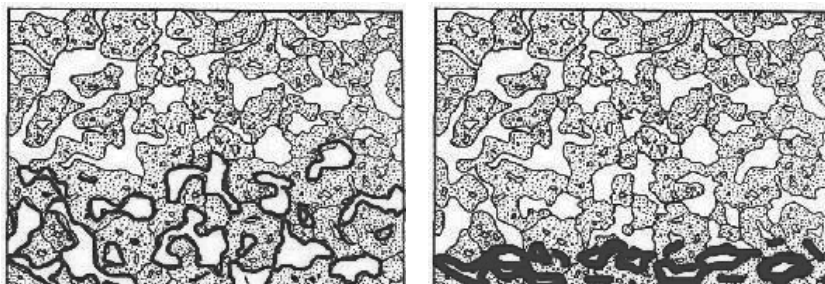


Рисунок 1. Объемная пропитка образцов гипсовых растворов



Рисунок 2. Проверка эффективности гидрофобизации поверхности с помощью трубки Карстена

Безусловно, процесс проникновения полимерных дисперсий в пористые поверхности определяется как свойствами образцов гипсопесчаных композиций (пористостью, влажностью), так и состоянием водного раствора полимера (содержанием и размером частиц полимера, поверхностным натяжением, возможностью закрепления на минеральной поверхности вследствие физических и химических процессов, условиями пленкообразования при дальнейшей сушке). Чем выше пористость поверхности, тем легче вхождение полимерных дисперсных частиц на большую глубину образца вследствие прохождения через микро- и макропоры и капиллярного поднятия. Отмечено [4], что проникновение грунтовок на «ультратонких» дисперсиях (с размером частиц 30-80 нм) сравнимо с проникновением водных растворов полимеров. Однако, вхождение в структуру каменного материала более крупных полимерных частиц (более 100 нм) уже затруднено, что приводит к уплотнению содержания полимера в поверхностных слоях образцов (Рис.3).



а)

б)

Рисунок 3. Схемы проникновения полимерных водных дисперсий (а) с диаметром частиц менее 100 нм; б) с диаметром частиц более 100 нм) при обработке образцов погружением

При дальнейшем высыхании и формировании пленок полимера на минеральной поверхности гипса или заполнителя песка (вследствие физических явлений - выхода воды, коалесценции частиц, появления адгезии и пленки определенной толщины, определяемой концентрацией полимера в пропитке) и проявляется гидрофобизирующая защита. Можно, утверждать, что приобретаемая стойкость к действию воды будет определяться как состоянием пленочного «закрытия» поверхности, так и водопоглощением образующихся полимерных пленок. Необходимо отметить, что среди изучаемых полимерных композиций имеется состав НотаСгyl S 110и, со специально дополнительно введенной в дисперсию гидрофобизирующей кремнийорганической добавкой.

В настоящих исследованиях установлено, что при обработке гипсовых образцов различными дисперсиями (составами с содержанием полимера 5 и 8%) достигается разная степень защиты от действия воды (Рис.4). При использовании таких тонкодисперсных материалов, как Новопол-006с и Лакротэн Э-021, (диаметр частиц до 100 нм) поверхностная защита слаба и значительно уменьшается при разбавлении дисперсий. С возрастанием размеров частиц дисперсий до 200 нм (Лакротэн Э-21, Новопол-130, Новопол-110, НонаCryl S 110u) гидрофобизация поверхности результативнее при меньшей пористости образцов гипсовых растворов, а с ростом В/Г и пористости эффект образования поверхностных защитных пленок мало влияет на процесс заполнения пор образца водой.

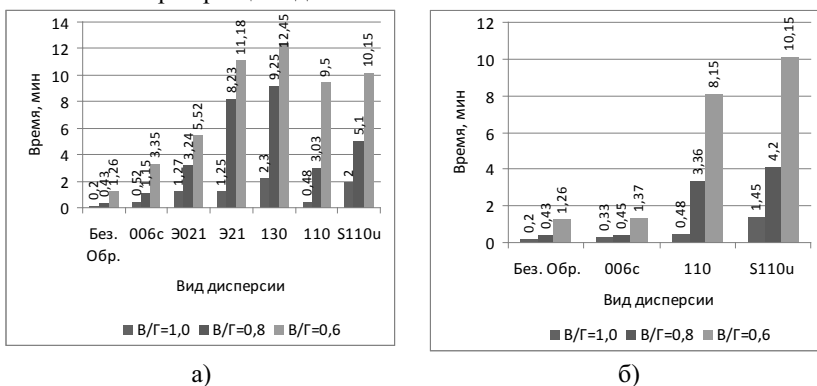


Рисунок 4. Время поверхностного поглощения воды образцами гипсовых растворов различной пористости (В/Г = 1,0 ; 0,8 ; 0,6), обработанных полимерными дисперсиями с содержанием полимера а) 8% и б) 5%.

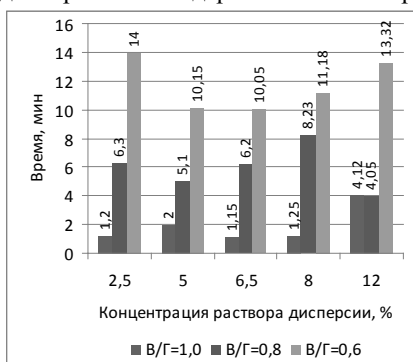


Рисунок 5. Время поверхностного поглощения воды образцами гипсовых растворов различной пористости (В/Г = 1,0 ; 0,8 ; 0,6), обработанных составом НонаCryl S 110u с содержанием полимера от 2,5 до 12%.

В случае использования для пропитки составов НонаСгyl S 110и с содержанием полимера от 2,5 до 12% (рис.5) наблюдаются близкие результаты по времени поверхностного поглощения воды для образцов гипсовых растворов с пористостью 22-24,4%. Для образцов с высокой пористостью 29% (при В/Г=1,0) только при содержании полимера 12% достигается увеличение времени водопоглощения до уровня, сопоставимого с образцами с меньшей пористостью. Высокая степень гидрофобизации при обработке образцов дисперсией с минимальным содержанием полимера (2,5%) объясняется ролью водной фазы для глубокого переноса полимерных частиц внутрь образца, а наличие в составе гидрофобизирующей добавки обеспечивает поверхностное водоотталкивание. На рис. 6 зафиксирован характер проникновения воды в образец во время испытания.

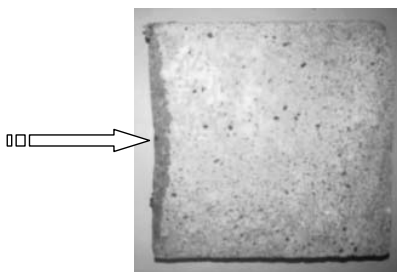


Рисунок 6. Проникновение воды в образец гипсового раствора при В/Г=0,6, обработанного НонаСгyl S 110и с содержанием полимера 2,5%

При оценке водопоглощения некоторых обработанных образцов (пористость 28%) методом погружения в воду, отмечено снижение водопоглощения материала с 35% до 10-11% (Рис. 7). Предполагается, что при грунтовании дисперсиями стирол-акриловых полимеров (содержание полимера в рабочем растворе 8%) происходит ограниченное вхождение полимерных частиц в структуру каменного материала с последующим пленкообразованием в поверхностных слоях. Относительно крупные частицы 160-180 нм (состав Лакротэн Э-21) образуют более укрепленный пленочный поверхностный слой, что отражается в снижении скорости начального проникновения воды при непосредственном контакте (Рис.4). Однако, при длительном статическом воздействии воды на образцы, происходит внутреннее набухание полимерной пленки (водопоглощение полимерной пленки ~ 9%), разрыхление барьера, и как, следствие, повышение водопоглощения гипсовых образцов. Образцы, обработанные дисперсией Лакротэн Э-021с диаметром частиц 60-80 нм, обладают чуть меньшим водопоглощением, что можно объяснить пленочной защитой

вследствие глубокого проникновения и равномерности распределения более мелких полимерных частиц.

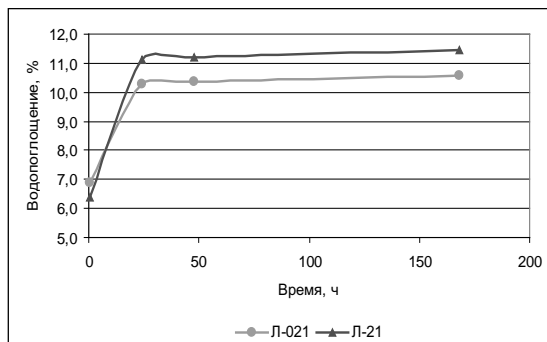


Рисунок 7. Водопоглощение образцов гипсовых растворов с пористостью 28%, обработанных полимерными дисперсиями с содержанием полимера 8%.

На основании представленных результатов можно заключить:

1. Методика оценки гидрофобизации поверхности с применением трубки Карстена может результативно применяться для оценки степени поризованности поверхности гипсовых материалов и их защиты с целью снижения водопоглощения.

2. Для грунтования пористых поверхностей гипсовых растворов более эффективно применение водных дисперсий стирол-акриловых сополимеров с диаметром частиц более 100 нм.

3. Композиция, включающая полимерную водную дисперсию и дополнительно кремнийорганический гидрофобизатор (НонаСруl S 110u) обеспечивает гидрофобизирующую защиту образцов гипсовых растворов с пористостью не более 24% при содержании полимера в рабочем составе 2,5% .

Литература

1. Коровяков В.Ф. Повышение водостойкости гипсовых вяжущих веществ и расширение областей их применения // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI в. 2005. № 3. С.28-31.
2. Потапова Е.Н, Исаева И.В. Повышение водостойкости гипсового вяжущего // Инновации в области применения гипса в строительстве. Сборник тезисов докладов международного симпозиума. М: 2012. – С. 74-77.
3. Технические рекомендации на производство работ по очистке, антисептированию и гидрофобизации зданий и сооружений. 2-е изд., перераб. и доп. –М: ЗАО «САЗИ», 2011.- 32 с.

4. Казакова Е.Е., Скороходова О.Н. Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения. М.: изд-во ООО "Пэйнт-Медиа", 2003. - 136 с.

ОБОРУДОВАНИЕ КОМПАНИИ AUMUND

Брайцев Д.
ООО «Бойлер»

AUMUND является ведущим в мире специалистом по решениям в области транспортировки и складирования сыпучих материалов. В группу AUMUND входят три подразделения **AUMUND Fördertechnik GmbH, SCHADE Lagertechnik GmbH и SAMSON Material Handling Ltd.**

На протяжении 90 лет истории компании AUMUND нами разрабатывается и производится оборудование для цементной и горнодобывающей промышленности, металлургии, промышленности минудобрений, энергетики и портов:

- Транспортеры горячего и абразивного материала
- Ковшовые элеваторы
- Тяжелые пластинчатые питатели
- Цепные скребковые транспортеры
- Силосоразгрузчики
- Системы разгрузки вагонов (вагоноопрокидыватели, толкатели, вытягивающие питатели)
- Кратцер-краны и штабелеукладчики
- Передвижные приемные питатели

Более 14.000 тысяч машин группы AUMUND установлены более чем в 120 странах мира.

Из них более 700 машин поставлены на предприятия России и стран СНГ.

Ковшовые элеваторы

Ковшовый элеватор Aumund с центральной цепью типа **BWZ**

Отличительными признаками ковшového элеватора Aumund являются центральная ковванная цепь и маленький шаг ковшей, обеспечивающий их плотное расположение друг к другу. Ковванные цепи изготавливаются с лабиринтным уплотнением и соединениями на болтах и втулках, обеспеченными смазкой.

Основные характеристики ковшových элеваторов Aumund с центральной цепью:

- производительность - более 900 м³/час
- высота подъема – до 90м
- ковванная центральная цепь с большими поверхностями в шарнирных соединениях
- уголковые держатели для простоты крепления ковшей
- сегментированное приводное кольцо
- монтажная шахта для технического обслуживания
- долгий срок службы при непрерывной эксплуатации

- минимум технического обслуживания
- высокий коэффициент использования



Рисунок 1. Ковшовый элеватор Aumund с центральной цепью типа **BWZ**

Ленточный ковшовый элеватор типа BWG

Отличительными признаками ленточных ковшовых элеваторов Aumund являются большая высота подъема и высокая производительность. Элеваторы сконструированы для непрерывной эксплуатации при минимуме технического обслуживания.

Основные характеристики ленточных ковшовых элеваторов Aumund:

- высота транспортировки – до 175м
- производительность - свыше 1850 м³/час
- температура поднимаемого материала – до 130°С
- загрузка и разгрузка ковшей сплошным материальным потоком благодаря их близкому расположению друг к другу
- прямолинейность хода ленты
- компактные ковши
- высокопрочная лента, усиленная поперечными и продольными стальными тросами
- сегментное фрикционное покрытие на всех приводных барабанах
- просторный корпус с большими дверями для технического обслуживания
- долгий срок службы при непрерывной эксплуатации
- широкая сфера применения



Рисунок 2. Ленточный ковшовый элеватор типа **BWG**

Тяжелые пластинчатые питатели

Рельефные пластинчатые транспортеры **ВРВ-S/SF** устанавливаются в основном под опрокидывающими механизмами и транспортируют неизмельченное сырье к дробилке. Толщина пластин зависит от размера частиц, пропускной способности и размеров бункера. В зависимости от толщины пластин используются соответствующие цепи, выдерживающие нагрузку на разрыв до 2 x 3.600кН. Благодаря возможности подбора цепи соответствующих пластин и цепей можно создавать транспортеры с шириной пластин до 3000мм. Герметичность транспортера обеспечивается за счет абсолютно точной подгонки пластин, рифленой поверхности и изогнутых боковых стенок, а также за счет того, что пластины полностью перекрывают друг друга.



Рисунок 3. Тяжелые пластинчатые питатели

Цепные панцирные транспортеры тип РКФ

Тяговый элемент цепного панцирного транспортера состоит из круглых стальных цепей. В зависимости от области применения транспортера используются простые или закаленные цепи. Благодаря комбинации нескольких цепей со скребками, ширина транспортера может достигать от 600 до 2600мм. Различное количество ветвей цепи позволяет выбрать ширину транспортера в соответствии с шириной выходного отверстия в бункере. Цепи и скребки перемещают материал по верхней ветви транспортера, представляющей собой износостойкую пластину. Конструкция транспортера имеет малую высоту, что является преимуществом при планировании сооружений.

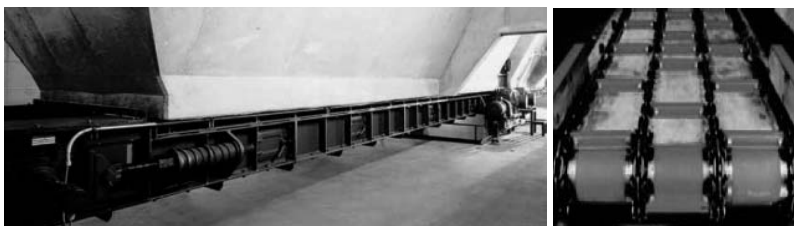


Рисунок 4. Цепные панцирные транспортеры тип РКФ

Цепные скребковые транспортеры

Цепные скребковые транспортеры Aumund Louise типа **ТКФ** применяются для транспортировки всех видов порошкообразных, крупно- и мелкозернистых сыпучих, абразивных материалов и липкого сырья.

Две основные области применения:

- транспортировка материала, включая контролируемую /дозированную разгрузку.
- разгрузка материала из силосов, бункеров или фильтров при помощи разгрузочного стола.

Выбор поперечного сечения корпуса транспортера с однорядной или двухрядной цепью зависит от условий применения транспортера ТКФ.

Преимущества:

- герметичный транспортный путь, уменьшенное пылеобразование
- промежуточная разгрузка с помощью электромеханических шиберов
- износостойкие модификации в зависимости от транспортируемого материала
- износостойкие цепи с длительным сроком службы
- производительность - до 500т/час
- длина – до 50м
- оптимальная газонепроницаемая конструкция

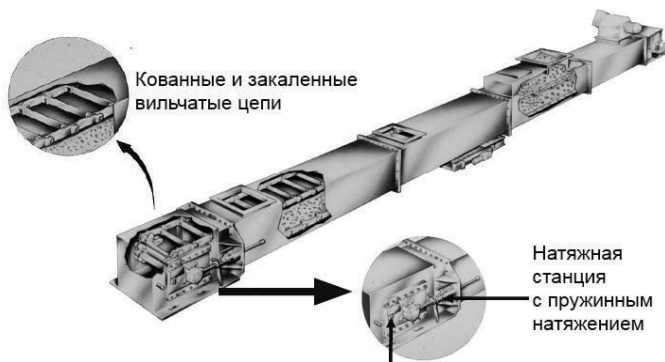


Рисунок 5. Цепные скребковые транспортеры

Силосоразгрузчики

Беспроблемная разгрузка труднотекучих и липких сыпучих материалов, а также сыпучих материалов, склонных к налипанию из силосов осуществляется при помощи силосоразгрузчиков **Centrex**. Принцип работы силосоразгрузчиков - «первым вошел - первым вышел». При помощи разгрузочного захвата, сыпучий материал транспортируется в

радиальном направлении от стенок силоса через разгрузочное отверстие, расположенное в его центре. Разгрузочный захват проходит под стенкой силоса, подсекая весь столб материала, в результате чего исключается возможность как налипания материала к стенкам, так и образование «мертвых зон». Благодаря этому достигается равномерное опускание всего объема материала силоса, что исключает его расслаивание и сводообразование.

В зависимости от условий применяемого технологического процесса или свойств сыпучих материалов, могут быть предложены три варианта исполнения:

- **Centrex** с внутренним приводом, тип **CTX-IV**
- **Centrex** с внешним приводом и неподвижным внутренним конусом, тип **CTX-AV**
- **Centrex** с внешним приводом и вращающимся внутренним конусом, тип **CTX-AD**

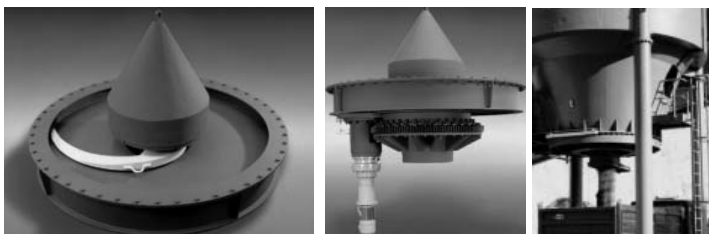


Рисунок 6. Силосоразгрузчики

Передвижные приемные питатели

Передвижные загрузочные устройства компании **SAMSON Material Handling**, также входящей в состав **AUMUND Group** применяются для работы с различными сыпучими грузами во всех отраслях промышленности.

Поверхностный питатель **SAMSON** представляет собой передвижной передаточный транспортер, принимающий практически любой насыпной груз непосредственно с самосвала, фронтального погрузчика или грейферного крана без устройства какого-либо бункера. Питатель **SAMSON** осуществляет кратковременное промежуточное хранение принятого материала и осуществляет его регулируемую подачу на последующие компоненты технологической цепочки.

Питатель **SAMSON** устанавливается наземным способом и представляет собой гибкую альтернативу традиционным приемкам и бункерам.



Рисунок 7. Передвижные приемные питатели

Установка **Stormajor** объединяет в себе преимущества питателя SAMSON с отвалообразователем радиального действия. Оба устройства смонтированы на общей ходовой части и образуют единый передвижной узел. Таким образом, с минимальным количеством машин, без рамп и разгрузочных каналов могут быть созданы большие складские отвалы.



Рисунок 8.

Сконструированный для интенсивного использования в портах и терминалах передвижной **погрузчик судов** с мощностью более 2000т/час является практичным решением для различных производственных задач. С помощью интегрированного в погрузчик питателя SAMSON, прием и подача материала происходит непосредственно с самосвалов.



Рисунок 9.

Одной из наиболее важных сторон эффективной работы с заводами на постсоветском пространстве является коммуникация. В каждом из основных отделов, вовлеченных в работу с клиентом в нашем головном офисе в Рейнберге, работают русскоязычные сотрудники. Начиная с отдела сбыта, конструкторского отдела, бухгалтерии и заканчивая логистикой и

отделом монтажа, Aumund располагает высококвалифицированным персоналом, знающим русский язык и имеющим опыт работы на рынке стран бывшего СССР. Работа напрямую из Рейнберга сокращает количество звеньев передачи информации и дает преимущество молниеносной реакции. Те заводы, которые уже стали нашими заказчиками, знают, насколько быстро специалисты Aumund откликаются на любые их вопросы и пожелания.

Также важной составляющей успеха Aumund на рынках стран СНГ и Балтии является оперативность выездов к заказчику, вне зависимости от места его расположения. По первому же приглашению мы незамедлительно приезжаем для детального обсуждения поставленных вопросов со специалистами завода.

С октября 2008 года начало свою работу московское представительство фирмы Аумунд в Русско-Немецком Доме на Малой Пироговской дом 5. Представительство осуществляет координационную деятельность по проектам на территории бывшего СССР.



Рисунок 10.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ГИПСОВЫХ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Булатов Б.Г., Недосеко И.В.

Башкирский государственный аграрный университет, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Основным направлением развития строительного комплекса как в России в целом, так и регионов в частности предусматривают опережающий рост строительства объектов малой и средней этажности. Решение данной задачи невозможно без изделий и конструкций различного назначения увеличения производства низкоэнергоемких и экономичных материалов, изделий и конструкций различного назначения (большой частью стеновых), получаемых на основе местного сырья и отходов промышленности, к которым в первую очередь следует отнести гипсовые материалы и изделия. По сравнению с подобными строительными материалами – бетонными изделиями, керамикой, газосиликатом они обладают важными преимуществами, такими как повсеместная распространенность сырьевой базой, простотой и дешевизной технологического процесса получения гипсовых вяжущих, экологической чистотой гипсовых материалов и их достаточно хорошие теплофизические свойства. Однако, несмотря на то, что за последние годы произошли значительные положительные изменения в развитии отечественной производственной базы гипсовой промышленности, в частности многократно возросло производство гипсовых сухих смесей для внутренней отделки, гипсокартона и пазогребневых перегородочных плит, изготовление же наиболее массовых и востребованных строительством стеновых изделий на гипсовой основе, к сожалению, остается ничтожно малым [1].

Между тем, почти вековой положительный опыт производства и применения гипсовых мелкоштучных изделий в Башкортостане, Казахстане, Самарской и Свердловской областях и других регионах, где до сих пор успешно эксплуатируется целые поселки малоэтажных жилых домов (один-три этажа), несущими стенами из блоков гипсовой или гипсошлаковой основе подтверждает целесообразность и эффективность использования гипса для данных целей [1,2].

Однако напрямую использовать в современном малоэтажном строительстве положительный опыт предыдущих поколений не представляется возможным, так как используемые до настоящего времени технологии и оборудования для производства гипсовых стеновых изделий устарели не только морально, но и физически и, естественно, не отвечают требованиям сегодняшнего дня как производительности так и по себестоимости выпускаемой продукции. Вся экономика производства гипсовых изделий в пер-

вую очередь связана с удельным расходом вяжущего на единицу объема изделий, а по ценному показателю устаревшая литьевая технология производства гипсовых блоков не может конкурировать с эффективным высокопроизводительным оборудованием используемым при автоматизированном производстве силикатных и керамических изделий.

Несмотря на то, что в последние годы разработаны достаточно эффективные технологические способы получения стеновых и перегородочных изделий на основе безбужигового гипса и различных гипсодержащих отходов (фосфогипса, гипсовых отсевов дробления и др.) их внедрению в производство, по нашему мнению, мешает недостаточная отработанность технологического процесса, что усложняет проведение его комплексной автоматизации. Например, в проведенной технологической схеме [2,3] производства стеновых изделий на основе гипсовых отсевов дробления (или подобных гипсодержащих отходов) (рисунок 1) представлены различные операции: дозирование, перемешивание, сушка, прессование, которые не так просто увязать в общую систему технологического процесса без разделения на соответствующие иерархические уровни управления согласно степени их важности.

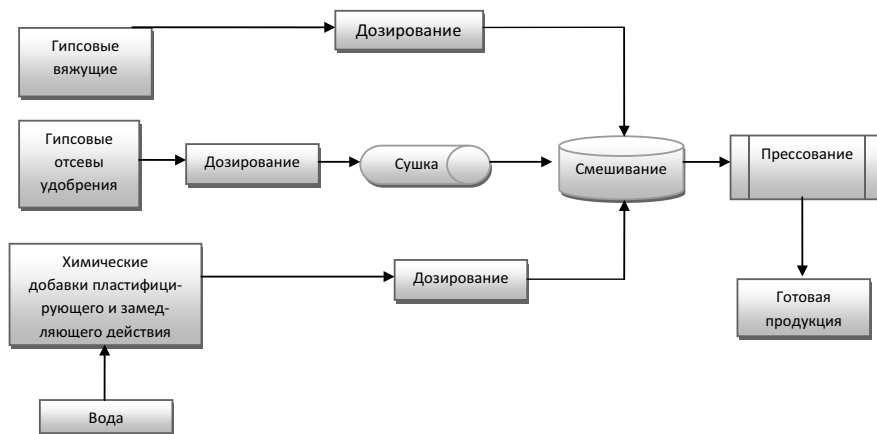


Рисунок 1. Схема технологического процесса изготовления мелкоштучно-стеновых блоков способом прессования полусухой смеси на основе гипсовых отходов

Следовательно, для комплексной автоматизации всего технологического процесса необходимо создание оптимальной структуры управления производством гипсовых стеновых изделий, которое обеспечит решение задач как непосредственного управления технологическим процессом, так и оперативного управления качеством полученных изделий. Решение данной проблемы во многом поможет обеспечить рас-

ширенное внедрение в производство данных технологий и удовлетворить расширяющийся спрос малоэтажного строительства на качественные и дешевые гипсовые стеновые изделия.

Литература

1. Опыт производства и эксплуатации гипсовых стеновых изделий / Р.Н. Мирсаев, И.В. Недосеко, В.В. Бабков и др. // Строит. материалы. - 2008. - № 3. - С. 78–80.
2. Фосфогипсовые отходы химической промышленности в производстве стеновых изделий / Р.Н. Мирсаев, И.В. Недосеко, В.В. Бабков и др. // – М.: Химия, - 2004. – 176 с.
3. Гипсошлаковые композиции из отходов промышленности в строительных технологиях / Р.Н. Мирсаев, И.В. Недосеко, В.В. Бабков и др. // Строит. материалы. - 2010. - № 7. - С. 4–6.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННОГО ФОСФОГИПСА

Булдыжова Е.Н., Гальцева Н.А.
Московский государственный строительный университет

Утилизация многотоннажных отходов промышленности и уменьшение экологического воздействия на окружающую среду являются важнейшими задачами современного материаловедения. К одному из направлений решения данных задач относится использование отходов химических заводов, производящих фосфорную кислоту режимом экстракции-фосфолугидрата. По содержанию основного вещества (α -форма $0,5\text{-Ca}_2\text{SO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$) фосфолугидрат соответствует автоклавным гипсовым вяжущим, но из-за содержания вредных примесей (P_2O_5 , F) практически не используется и полностью вывозится в отвал. В отвалах заводов накопились миллионы тонн фосфогипса, что приводит не только к затратам на хранение отходов, но и загрязнению окружающей среды.

Исследования выполненные по утилизации фосфогипса свидетельствуют о возможности использовать его для производства строительных изделий. Однако из-за наличия примесей он не обладает вяжущими свойствами. Известно, что при механо-химической обработке активизируются вяжущие свойства фосфогипса и возможно получать на таком вяжущем прочные гипсовые материалы.

По результатам совместной работы «МГСУ» и «НИУИФ» была установлена возможность использования α -полугидрата сульфата кальция, полученного при осуществлении высокотемпературного дигидратно-полугидратного процесса получения ЭФК.

На первом этапе исследования было установлено, что исходное вяжущее имеет высокую водопотребность, очень длинные сроки схватывания и низкую прочность (марка по прочности ниже Г-2).

На втором этапе испытаний был произведен совместный помол исходного вяжущего с пластификатором (Melment F-15G). Добавка вводилась в количестве 0,2% от массы вяжущего.

Результаты испытания приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний домолотого гипсового вяжущего

№ п/п	Характеристики	Показатели
1	Удельная поверхность, см ² /г	5500
2	Водопотребность, %	32
3	Сроки схватывания гипсового теста, мин-сек Начало/конец	16-30 / 26-00
4	Прочность образцов - балочек размером (40×40×160), МПа при изгибе / при сжатии	0,8 / 2,1

На третьем этапе изучены свойства α-полугидрата сульфата кальция после дополнительного домолота и ввода ускоряющих минеральных добавок.

В качестве добавок использовались: сульфат калия и известь гашеная гидратная. Результаты испытаний по этапу 3 представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты испытаний домолотого гипсового вяжущего с введением добавок-ускорителей

№ п/п	Наименование показателя	Проба №1	Проба №2
1	Содержание добавок к массе α-полугидрата сульфата кальция: известь гашеная (в пересчете на СаО) сульфат калия	0,2 1,0	0,2 0,6
2	Удельная поверхность, см ² /г	2800	2600
3	Водопотребность, %	45	45
4	Сроки схватывания гипсового теста, мин-сек начало/конец	5-30/7-30	7-30 / 10-00
5	Прочность образцов-балочек размером (40×40×160), МПа при сжатии /при изгибе	9,3 / 3,4	9,7/ 4,0

По проведенной работе можно сделать следующие выводы:

1. Исходное вяжущее имеет высокую водопотребность, очень длинные сроки схватывания и низкую прочность.
2. Совместный помол гипсового вяжущего с пластификатором позволил значительно снизить его водопотребность и сократить

сроки схватывания, но увеличить марку вяжущего по прочности не удалось (осталась в пределах Г-2).

3. Использование помола и минеральных добавок позволяет получить нормальнотвердеющее гипсовое вяжущее марки Г-7.
4. Гипсовое вяжущее полученное на третьем этапе может быть использовано для производства сухих строительных смесей широкой номенклатуры, блоков и стеновых панелей.

АНАЛИЗ ПОЯВЛЕНИЯ ТРЕЩИН В МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Василик П.Г., Калашников Р.В., Бурьянов А.Ф., Х.Фишер
ЗАО ЕВРОХИМ-1, «ГК «ЮНИС»», ФГБОУ ВПО «МГСУ», Веймарский
строительный университет

Причины появления трещин в материалах на основе гипсовых вяжущих различны. Это и конструкционные дефекты, и усталостные явления в материалах при работе изделий под нагрузкой, и разрушение в результате пластических и контракционных напряжений (1). Производителям сухих строительных смесей приходится сталкиваться с трещинами в отделочных материалах, которые трудно объяснить. Так при переходе с одного гипсового вяжущего на другое, или в зависимости от сезонности, или в зависимости от партии могут проявляться трещины в тонких слоях. При этом вяжущее, на первый взгляд, может иметь идентичный фазовый состав (чаще входной контроль предполагает только проверку начала и конца схватывания гипса и очень редко количество двуводного гипса). Но после выдерживания сухой смеси во влажном воздухе, трещины уже не образуются. В тоже время, в связи с увеличением количества установок по варке гипса, работающих по непрерывному циклу и отсутствия на заводах установок по искусственному старению, на рынке возрастает доля материала, содержащего повышенное количество растворимого ангидрита (ангидрид III, как альфа, так и бета модификаций). Действующий ГОСТ 125-79 не регламентирует ни фазовый состав, ни методики его определения.

При использовании замедлителей схватывания и зародышеобразователей (двугидрата гипса), а также эфиров целлюлозы при производстве гипсовых шпатлёвок, штукатурок и наливных полов наблюдается образование мелких кристаллов с дефектной структурой. (Рис.1) Это приводит к преобладанию деформаций влажностной усадки над деформациями расширения, связанными с ростом кристаллов гипса. Особенно сильно это проявляется при повышенном водотвердом соотношении и тонком наполнителе в шпатлёвках. Присутствие растворимого ангидрита приводит к быстрому снижению свободной воды и схлопыванию капилляров.

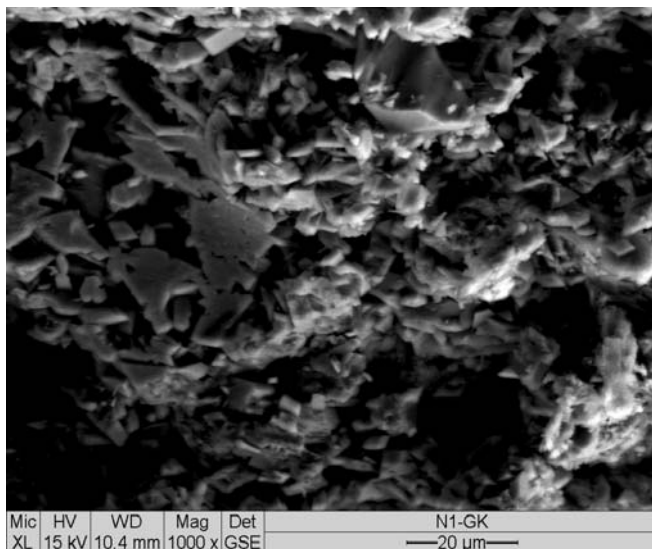


Рисунок 1. Микрофотография исследуемой гипсовой шпатлёвки.

В работах (2) уже изучалось влияние различных типов замедлителей на многофазовые гипсы в рецептурах самовыравнивающихся полов. При этом рассматривались экзотермические эффекты и приводились доводы об самонапряжении системы в следствии неодновременности перехода различных фаз гипса в двухводные кристаллогидраты.

Трещины, которые мы рассматриваем, возникают вследствие высоких внутренних напряжений, превышающих прочность материала в данном конкретном временном отрезке. То есть, если изменить кинетику гидратации (ускорить/замедлить набор прочности), то при одном и том же вяжущем и рецептуре мы можем получить или не получить трещины. Но что делать, если мы связаны жесткими рамками по срокам технологических пределов нанесения отделочного материала?

Одним из путей решения проблемы является снижение внутренних напряжений в твердеющем материале. Как известно, напряжения, связанные с испарением воды, как правило, намного превышают контракционные (Рис.2). Эфиры целлюлозы, являясь сильным водоудерживающим агентом, замедляют процесс испарения воды. При этом если рассматривать штукатурные составы, то, исходя из практических знаний многих производителей сухих строительных смесей (ССС), увеличение дозировки эфиров целлюлозы (ЭЦ) на 20-30% полностью убирают проблемы с подобными трещинами. ЭЦ не только удерживают воду, но и приводят к загущению. При повышенных дозировках происходит потеря удобоукладываемости.

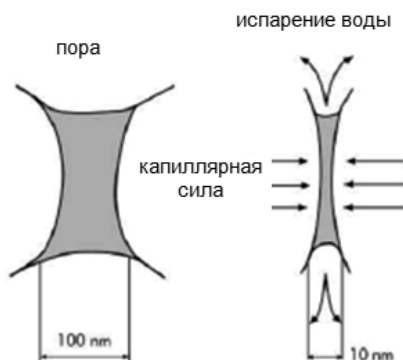


Рисунок 2. Усадочные явления при высыхании материала.

Для снижения усадки в цементных системах широко применяются полиолы — многоатомные спирты. Эти органические соединения успешно снижают поверхностное натяжение растворов и, как следствие, капиллярные силы, что приводит к меньшим внутренним напряжениям.

В работе была изучена эффективность различных типов полиолов в рецептуре шпатлевки на базе многофазового гипса, а также влияние различного количества ангидрита III на трещиностойкость шпатлевок.

Растворимый ангидрит проверялся по следующей методике (2)

Порядок работы:

- сухую навеску гипса 1-2 г выдерживают 24-30 ч над концентрированным раствором NaCl;
- навеску высушивают и взвешивают;
- количество растворимого ангидрита вычисляют по формуле:

$$\%m \text{ CaSO}_4 \text{ раст.} = (1,51 * m_1 * 100) / m,$$

где m_1 - разность массы навески до и после выдерживания над концентрированным раствором NaCl, г; m - исходная навеска, г.

Было исследовано 2 гипсовых вяжущих с содержанием ангидрита III в количестве 4,6 и 2,4%. Рецептура шпатлевки представлена в таблице 1. Трещиностойкость проверялась на клиньях, нанесённых, как на бетонное основание, так и на гипсокартонные листы Рисунок 3-6. Трещины наблюдаются в тонком слое. Из чего можно сделать вывод, что в связи с интенсивным испарением в тонком слое напряжения возрастают значительно быстрее, чем материал набирает прочность.

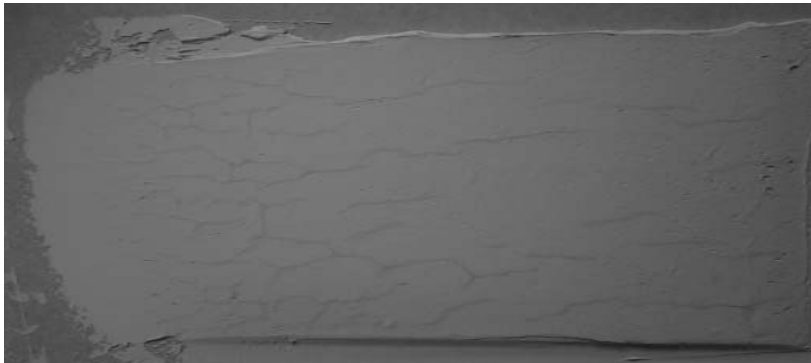


Рисунок 3. Клиновой тест на трещиностойкость гипсовой шпатлёвки без полиолов. Содержание ангидрита III — 4,6%



Рисунок 4. Клиновой тест на трещиностойкость гипсовой шпатлёвки с полиолом Sitren PSR 100.

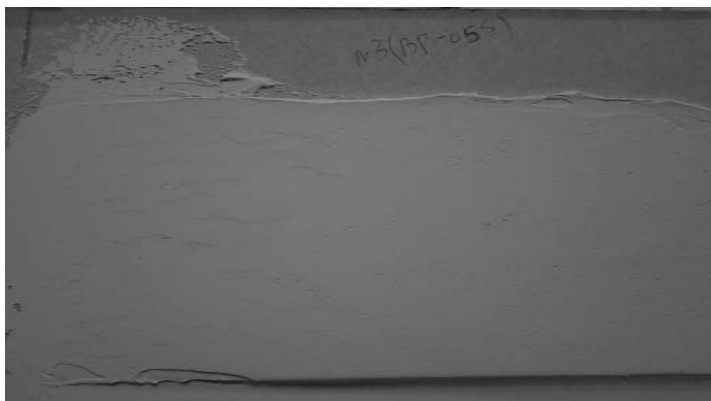


Рисунок 5. Клиновой тест на трещиностойкость гипсовой шпатлёвки с поливиниловым спиртом.

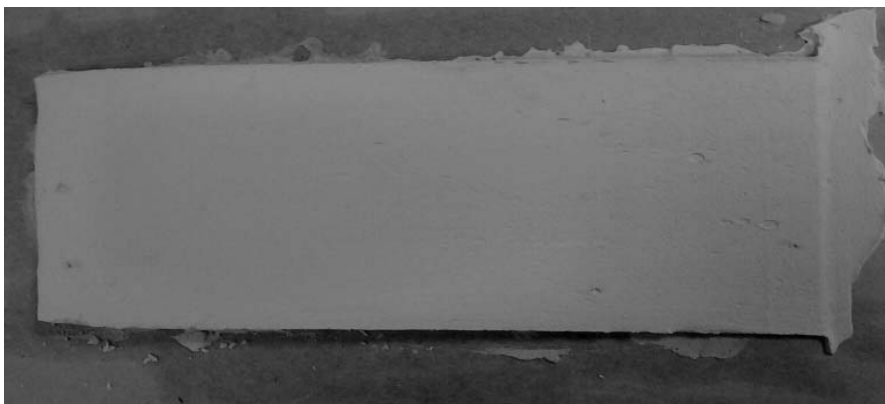


Рисунок 6. Клиновой тест на трещиностойкость гипсовой шпатлёвки без полиолов. Содержание ангидрита III – 2,4%/

Таблица 1

Исследуемые составы и результаты

Номер состава	№1, содержание растворимого ангидрита 4,6%	№2, содержание растворимого ангидрита 4,6%	№3, содержание растворимого ангидрита 4,6%	№4, содержание растворимого ангидрита 2,4%
Гипс	800	800	800	800
Silverbond 30 (наполнитель)	177	177	177	177
Ca(OH) ₂	10	10	10	10
Mecellose FMC 7150 (эфир целлюлозы)	2,8	2,8	2,8	2,8
Amitrolit 8882 (эфир крахмала)	0,5	0,5	0,5	0,5
Laolin 1 (зародышеобразователь)	4,4	4,4	4,4	4,4
Винная кислота (замедлитель)	2,7	2,7	2,7	2,7
Esapon 1850 (диспергатор)	0,1	0,1	0,1	0,1
Melment F15 (суперпластификатор)	2	2	2	2
Sitren PSR 100 (комплекс полиолов)	-	0,5	-	-

с длиной цепи 6-12)				
BP-05S (частично гидролизованный поливиниловый спирт со степенью полимеризации 500)	-	-	0,5	-
В/Т				
Трещиностойкость на поверхности стены	есть	нет	есть	нет
Трещиностойкость, клин на гипсокартоне	есть	нет	есть	нет

Из результатов видно, что Sitren PSR 100 даже в незначительных концентрациях показал значительное повышение трещиностойкости в материале, содержащем ангидрит III. При этом снижение содержания ангидрита с 4,6 до 2,4% также привело к исчезновению трещин.

Таким образом полиол Sitren PSR 100 можно рекомендовать в качестве добавки, повышающей трещиностойкость и снижающей усадку, не только в цементные составы, но и в гипсовые.

Литература

1. Василик П.Г., Голубев И.В., Трещины в штукатурках, «Строительные материалы» №4, Москва, 2003г.
2. Пустовгар А.П., Нефедов С.В. Проблемы применения гипсовых вяжущих в составах для устройства полов, Baltimix 2009, Петрозаводск.
3. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов 1973. стр. 66.

ИННОВАЦИОННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ГИПСА НА GIPS AD (БОЛГАРИЯ)

Ветегрове Х.
Claudius Peters Projects GmbH (Германия)

На протяжении многих лет компания GIPS AD осуществляет свою деятельность на рынке гипса и гипсовых вяжущих в Болгарии. Она продает на рынке не только непосредственно строительный гипс, но также производит поставки природного гипса со своего собственного, разрабатываемого шахтным способом, карьера. Существовавшее производство строительного гипса осуществлялось в гипсоварочных котлах с газогенератором, работающим на дизельном топливе. Для того, чтобы выполнять европейские нормы по выбросам, было решено организовать новое производство строительного гипса с нуля на новом месте неподалеку от старого производства. Завод располагается в Кошава поблизости от города Видин на берегу реки Дунай на северо-западе Болгарии.



Рисунок 1. Старый завод с административным зданием в центре

Предприятие производит строительный гипс различного качества, который упаковывается как в обычные мешки, так и в биг-беги, а также отгружается навалом непосредственно в грузовики. Компания Claudius Peters была выбрана в качестве поставщика оборудования для производства строительного гипса, дробления камня и упаковочного отделения. Система кальцинации гипса проектировалась для работы с природным гипсом, поставляемым с местных гипсовых карьеров.



Рисунок 2. Новый завод

Проект Green Field (на новом месте)

Для того, чтобы заменить три старых гипсоварочных котла, была спроектирована новая линия кальцинации производительностью 14 т/ч строительного гипса на основе мельницы кальцинации гипса EM 47-568 Claudius Peters. Компания Claudius Peters была выбрана в качестве комплектного поставщика оборудования – от дробления и подачи сырьевого гипса до упаковки строительного гипса.

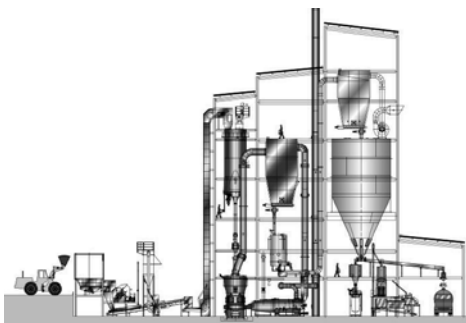


Рисунок 3. Новый завод – Поперечное сечение

Дробление и транспортировка сырьевого материала

Система дробления и транспортировки сырьевого материала включает все необходимое оборудование для обращения гипсового камня, поступающего из карьера, и подачи его в требуемом качестве и количестве в систему кальцинации. Сырьевой гипс загружается с помощью колёсного погрузчика в бункер вибропитателя. Затем он дозируется в ударную дробилку, где происходит его дробление до размера, необходимого для последующего процесса измельчения в мельнице EM. Раздробленный материал выгружается с помощью ленточного транспортера и транспортируется к вертикальному ленточному транспортеру. Металлические части отделяются с помощью постоянного надленточного

магнита. Кроме того, установлен детектор металла для дополнительной защиты от попадания металлических частей в систему кальцинации.



Рисунок 4. Дробление и транспортировка сырьевого материала

Вертикальный ленточный транспортер с двойной лентой подает гипс в силос сырьевого материала (высота подъема прибл. 25 м). Такая техника была выбрана, поскольку позднее к природному гипсу планируется примешивать FGD-гипс (гипс, полученный в процессе сероочистки дымовых газов). По той же самой причине был установлен силос сырьевого гипса, имеющий днище с механической выгрузкой вместо стандартного силоса с односторонним конусным днищем.



Рисунок 5. Механическая выгрузка силоса сырьевого гипса

Из силоса сырьевого гипса материал поступает в цепной скребковый питатель Claudius Peters, который осуществляет постоянную регулируемую подачу гипсового камня в мельницу Claudius Peters. Преимуществом цепного скребкового питателя являются его износостойкость и герметичность.



Рисунок 6. Цепной скребковый питатель

Система кальцинации строительного гипса

Для обслуживания производства сухих строительных смесей была установлена инновационная система кальцинации гипса Claudius Peters, включающая в себя не только вертикальную тарельчато-шаровую мельницу, но и гомогенизатор.

Мельница EM Claudius Peters установлена на более чем 100 гипсовых установках и является хорошо известным оборудованием для производства строительного гипса. Этот опыт является основой для соответствия технологии помола и кальцинации Claudius Peters самому современному уровню развития техники. Процессы помола, сушки, кальцинации и сепарации осуществляются в одной установке (мельнице EM). Вспомогательное оборудование требуется для генерации горячих газов, выделения пылеобразного продукта из воздушного потока системы и для создания воздушного потока. Конструкция мельницы выполняется исходя из температур горячего газа на входе до 650°C , что позволяет снизить объемы воздушного потока и приводит к превосходным энергетическим показателям. Рециркуляция дымового газа к газогенератору способствует максимальному использованию тепловой энергии и обеспечивает оптимальные условия для постоянного качества продукта.

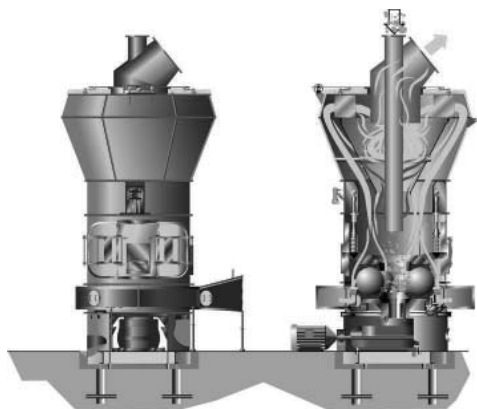


Рисунок 7. Вертикальная тарельчато-шаровая мельница Claudius Peters

Материал подается в мельницу через течку и попадает в центр нижней тарелки, которая приводится в движение редуктором мельницы. Под действием центробежной силы гипс равномерно распределяется под мелющими шарами и выводится из зоны помола через внешний край нижней мелющей тарелки, где вовлекается в поток горячего газа, поступающий из генератора горячих газов и поднимающийся снизу вверх к сепаратору. Равномерное распределение материала по периметру нижнего мелющего кольца, а также оптимальное распределение горячего газа благодаря особому способу подачи воздуха в сопловое кольцо обеспечивают равномерную сушку и обжиг гипса. До поступления в сепаратор частицы крупных размеров оседают в зоне помола благодаря гравитационной силе. Оставшиеся частицы поступают в сепаратор, где происходит процесс разделения материала. Функция сепаратора заключается в отделении максимального количества частиц, не достигших заданной тонкости помола. Крупка возвращается назад в зону помола. Материал, измельченный до заданной тонкости помола, выносится из мельницы с потоком горячего газа. Конечный продукт отделяется от газового потока в пылеуловителе. Система работает в замкнутом контуре, т.е. значительная часть горячего воздуха, использованного для кальцинации, очищается и рециркулирует, т.е. повторно подается вместе с горячими газами газогенератора в мельницу.



Рисунок 8. Мелющие элементы

Главными преимуществами мелющего механизма являются:

- Отсутствие подшипников и мест смазки в зоне помола
- Не требуется воздушное уплотнение для мельницы, работающей под разрежением
- Низкое удельное потребление энергии на помол
- Допускается температура воздуха на входе до 620 °С
- Шары остаются идеально круглыми благодаря их вращательным движениям
- Не требуется наварка мелющих элементов
- Постоянная производительность в течение всего срока службы
- Долгий срок службы мелющих элементов (до 8-10 лет)
- Оптимальная кальцинация материала при постоянных условиях для надежного высочайшего качества продукта
- Равномерное распределение материала в зоне помола для оптимального качества
- Наивысшая стабильность при попадании инородных частиц
- Автоматическое удаление инородных частиц без остановки мельницы

Обработка строительного гипса в гомогенизаторе

Строительный гипс, осажденный в пылеуловителе системы кальцинации, поступает в гомогенизатор Claudius Peters. В гомогенизаторе происходит дальнейшая обработка строительного гипса, позволяющая экономически эффективно повысить его качество.

Свеже-кальцинированный β -полугидрат изменяет свои характеристики в ходе продолжительного хранения или перевалки. Этот эффект известен как "естественное старение" и основан на взаимодействии гипса с влагой окружающей среды. Кальцинированный гипс из технологического процесса не является чистым гипсовым полугидратом, он также включает долю безводного гипса, главным образом в форме растворимого ангидрита, а также некальцинированный гипс, который остаётся в форме гипсового дигидрата. Присутствие влаги делает возможным обратное преобразование растворимого ангидрита в

полугидрат, а при достаточном уровне влажности и времени контакта даже назад в дигидрат. Это обратное преобразование происходит преимущественно у трещин и пор разрушенного полугидрата, приводя к покрытию и заполнению этих пустот. Т.е. снижается удельная поверхность по ВЕТ, в результате чего также изменяются другие характеристики продукта.



Рисунок 9. Гомогенизатор с вертикальной трубой

В природном старении этот процесс может занимать часы или даже дни с трудно прогнозируемыми параметрами качества продукта. По этой причине во многих случаях для дальнейших технологических процессов производители предпочитают работать непосредственно со свежескальцинированным гипсовым вяжущим.

Таблица 1: Свойства строительного гипса

Показатель		До гомогенизатора	После гомогенизатора	Относительно улучшение
Удельная поверхность по ВЕТ	[м ² /г]	9 – 12	прибл. 7	22% – 42%
Водогипсовое отношение	[кг / кг]	0.65 – 0.75	прибл. 0.6	8% – 20%
Прочность при сжатии	[Н/мм ²]	прибл. 11	прибл. 16	прибл. 45%
Содержание связанной воды	%	5.5 – 6.2	прибл. 6.2	0% – 13%
Содержание растворимого ангидрита	%	5% – 10 %	прибл. 1%	80% – 90%

Сниженная удельная поверхность гипсового вяжущего указывает на компактную кристаллическую структуру (как в α -полугидрате) которая влечет за собой снижение водопотребления гипса. Снижение водопотребления в свою очередь приводит к повышенной прочности при сжатии и изгибе.

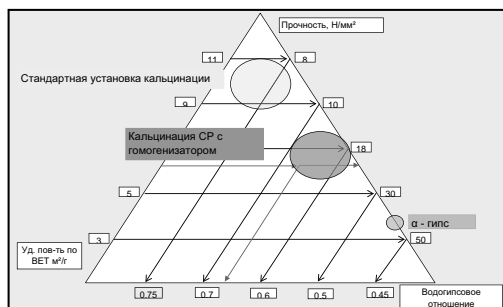


Рисунок 10. Улучшение качества

Развивая концепцию искусственного старения, компания Claudius Peters разработала технологию, позволяющую улучшить следующие параметры при производстве гипса:

- Гомогенность качества продукта
- Стабилизация продукта
- Снижение водопотребления
- Увеличение прочности продукта

Ключевым компонентом в этом процессе является гомогенизатор Claudius Peters. Свеже-кальцинированный гипс поступает в непрерывном режиме из фильтра кальцинации с температурой кальцинации и вводится в гомогенизатор. С той же производительностью обработанный гипс выгружается из гомогенизатора, в данном случае к последующему процессу охлаждения. Уровень гипса в гомогенизаторе обеспечивает обработку гипса при требуемой температуре в течение определённого времени пребывания. Влага может подаваться в гомогенизатор как влажность, внесённая с газами технологического процесса из установки кальцинации.



Рисунок 11. Гомогенизатор с аэрационным днищем

Веденные в гомогенизатор газы обеспыливаются фильтром технологического процесса. Гомогенизатор представляет собой вертикальный реактор, днище которого оснащается тканью, способствующей равномерному распределению газа псевдооживления (см. рисунок 12). Благодаря псевдооживленному состоянию гипс может легко перемещаться в реакторе и интенсивно контактировать с привнесённой влагой. Кроме того, центральная вертикальная труба реактора получает дополнительное количество воздуха, что позволяет транспортировать гипс от днища к верхней секции гомогенизатора, интенсифицируя смешивание и гомогенизацию продукта (см. также [1] и [2]).

Система охлаждения

Из гомогенизатора строительный гипс дозируется с помощью дозирующего вальца Claudius Peters в пневматический всасывающий охладитель. Система охлаждения снижает температуру гипса от температуры обжига (приблизительно 155°C) до 80°C путем непосредственного охлаждения окружающим воздухом. В фильтре гипс отделяется из воздушного потока и поступает через ячейковый затвор непосредственно в силос хранения строительного гипса. Другое транспортное оборудование, например шнеки или ковшовые элеваторы, не требуются.



Рисунок 12. Пневматическая труба охлаждения

Отделение упаковки и отгрузки

Отделение упаковки и отгрузки состоит из трех независимых частей: затаривание в биг-беги, фасовка в клапанные мешки с укладкой их на поддоны и система загрузки грузовиков навалом. Строительный гипс подается во все установки из одного и того же силоса строительного гипса, который может отгружать гипс по всем трем направлениям одновременно. Вместимость силоса спроектирована на 500 т строительного гипса.

1. Система упаковки в биг-беги

Система упаковки спроектирована для биг-бегов с четырьмя стропами с весовым диапазоном от 500 кг до 2000 кг. Заполнение осуществляется грубым и тонким потоком с помощью загрузочного шнека. Скорость вращения загрузочного шнека регулируется с помощью частотного преобразователя. Система управляется с помощью электроники взвешивания PACTRON Claudius Peters.



Рисунок 13. Система упаковки в биг-бэги

2. Система упаковки для клапанных мешков

Заполнение мешков осуществляется с помощью двухштуцерной рядной упаковочной машины Claudius Peters модульного исполнения, с горизонтальной крыльчаткой заполнения, восходящим потоком обеспыливания, процессом заполнения грубым и тонким потоком, контрольным взвешиванием пустых и заполненных мешков на штуцере и самооптимизацией параметров заполнения с помощью системы взвешивания PACTRON.

Проектная производительность для мешков 40 кг составляет 500 мешков/ч. В настоящее время упаковочная машина работает с мешками 25 кг с производительностью 600 мешков/ч. Другие веса заполнения могут быть свободны выбраны (см. также [3]).



Рисунок 14. Система фасовки клапанных мешков

От рядной упаковочной машины мешки транспортируются роликовым транспортером с пневматической очисткой мешков. На следующем ленточном транспортере они выравниваются и поступают на укладку на поддоны через систему подачи. Поворотчик мешков располагает мешки в ряд согласно программе управления. Толкатель рядов перемещает отдельные ряды для формирования полных слоев. Протяжная плита укладывает эти слои на поддон подъемника для формирования штабеля.

Паллетайзер оснащен управлением для разнообразных возможностей настройки машины под модифицированные эксплуатационные требования.



Рисунок 15. Установка укладки мешков на поддоны

3. Система загрузки навалом для грузовиков

Дозирующий валец управляет подачей строительного гипса из силоса хранения в аэрожелоб. Посредством аэрожелоба строительный гипс транспортируется к стационарному загрузочному устройству Claudius Peters. При загрузке строительного гипса с помощью этого загрузочного устройства в грузовик обеспыливание происходит с помощью центрального обеспыливающего фильтра (красная труба к нему показана на рис. 17).



Рисунок 16. Система загрузки навалом

Система автоматизации

Компания Claudius Peters осуществила инжиниринг и поставил комплектную систему автоматического управления, а также низковольтные коммутационные устройства. Система автоматизации состоит из IT-инфраструктуры, системы программируемого логического контроллера (PLC), компьютеров и интерфейса машина-человек (HMI). Визуализация была запрограммирована с помощью WinCC. Пример системы визуального контроля у стола оператора показан на рис. 18, где отображен контур кальцинации с детальными параметрами генератора горячих газов.



Рисунок 17. Визуализация в центре управления

История проекта

В связи с финансированием Европейским союзом была проведена официальная тендерная процедура ЕС, по результатам которой в декабре 2009 года компания Claudius Peters была выбрана в качестве исполнителя проекта. Контракт был подписан в июле 2010 года. Перед началом строительных работ священник освятил место (см. рис. 19). В феврале 2011 начался монтаж оборудования Claudius Peters, который продлился шесть месяцев. Первый кальцинированный материал был произведен в сентябре 2011 года, т.е. 14 месяцев после подписания контракта. Эксплуатационная приемка оборудования была проведена в октябре 2011 года (см. табл. 1).



Рисунок 18. Церемония заложения первого камня

Таблица 2.

Эксплуатационные показатели цеха кальцинации

Установка кальцинации	Технические данные
Производительность установки	≥ 14 т/ч
Тонкость продукта	$\leq 1\%$ остаток на сите 200 мкм
Тонкость продукта (9 т/ч)	$\leq 3\%$ остаток на сите 100 мкм
Общее потребление топлива	≤ 940 кДж/кг
Общая электрическая мощность	≤ 25 кВт*ч/т (включая охлаждение)
Начало схватывания	6 - 9 мин
Выделение пыли	≤ 10 мг/м ³

Заключение

На протяжении всего проекта от инжиниринга до отгрузки оборудования, монтажа и пуска в эксплуатацию между GIPS AD и Claudius Peters выстроилось тесное взаимодействие. Это позволило наилучшим образом использовать на всех этапах предшествующий опыт для организации инновационного гипсового производства. С другой стороны, поставка Claudius Peters комплектной системы от дробления и транспортировки гипсового камня до упаковки и отгрузки строительного

гипса позволила компании GIPS AD минимизировать численность производственного персонала для нового завода. Полностью автоматизированная система требует только нескольких операторов и обеспечивает такое качество строительного гипса, которое является оптимальным для дальнейшего получения продуктов на гипсовой основе. Установка кальцинации GIPS AD является экологичной и гибкой для поставки на конкурентный рынок гипсового вяжущего с желаемыми характеристиками по низким ценам.

Предупреждение

Этот проект был профинансирован Европейским Союзом, и поэтому любая публикация должна содержать следующее примечание:

“Этот документ был создан при финансовой поддержке Производственной программы для развития конкурентоспособности болгарской экономики, софинансируемой Европейским Союзом через Европейский фонд регионального развития. GIPS AD является исключительно ответственным за содержание документа и оно ни в коем случае не должно рассматриваться как мнение Европейского Союза и Государственного заказчика.”

Литература

1. Dipl.-Ing. Henrik Wetegrove: The Claudius Peters Homogenizer: Cost cutting plaster production technology. Global Gypsum Magazine, Nov./Dec. 2009, pp24-26
2. Prof. Dipl.-Ing. Peters Hilgraf: Quality improvement of β -plasters. Cement Lime Gypsum (ZKG) 65. Volume (2011) No 6, pp 38-50
3. Dipl.-Ing. Bernd Lübbert: Packing Machines for Gypsum. Global Gypsum Conference, 17-18 October 2011 in Las Vegas

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ТЕХНИКИ В ГИПСОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Гаркави М.С., Артамонов А.В., Колодежная Е.В., Бурьянов А.Ф.
ЗАО «Урал-Омега», Московский государственный строительный университет

Развитие гипсовой промышленности России связывается с расширением ассортимента продукции и повышением ее технических и эксплуатационных характеристик. При этом основное внимание уделяется использованию энергосберегающих технологий, а также многокомпонентных гипсовых систем.

Одной из энергоемких технологических операций при изготовлении гипсовых вяжущих и материалов на их основе является измельчение изменяемых компонентов. Для помола, как сырьевых материалов, так и готового продукта используются мельницы различного принципа действия, причем вопрос об оптимальном способе измельчения является до настоящего времени дискуссионным.

Снижение энергозатрат при помоле материалов, используемых для производства гипсовых вяжущих и материалов на их основе, может быть обеспечено применением центробежно-ударных мельниц [1]. Это обусловлено тем, что наиболее распространенным и эффективным способом передачи энергии в процессах измельчения является ударное воздействие, т.к. именно оно позволяет концентрировать механическую энергию в определенных участках обрабатываемого тела в количествах, необходимых для его разрушения [2]. Особенностью этих мельниц является их высокая энергонапряженность (более 10 кВт/кг), что позволяет одновременно с измельчением осуществлять и процесс механоактивации измельчаемых компонентов, т.е. создание на них структурных микродефектов и активных поверхностных центров.

Центробежно-ударные мельницы являются основой измельчительных комплексов КИ различной производительности (рисунок 1), характеристики которых приведены в таблице 1.



Рисунок 1. Измельчительный комплекс КИ

Таблица 1.

Характеристика измельчительных комплексов КИ

Марка	Производительность, т/ч	Крупность питания, мм	Крупность измельченного продукта, мм	Установленная мощность, кВт
КИ-0.4	0.1-0.3	5	0.005-0.1	23
КИ-0.63	0.5-3	до 10	0.005-0.1	155
КИ-1.0	1-5	до 20	0.005-0.1	209
КИ-1.25	5-10	до 30	0.005-0.1	315
КИ-1.6	8-15	до 40	0.005-0.1	375

Рассмотрим возможности использования измельчительных комплексов в технологии гипсовых вяжущих веществ.

При изготовлении вяжущего из природного гипсового камня в гипсоварочных котлах для получения материала с однородными строительно-техническими характеристиками необходим равномерный обжиг сырья, что может быть достигнуто использованием монодисперсного материала. Характерной особенностью продуктов измельчения в центробежно-ударных мельницах является изометричная форма зерен и узкий зерновой состав, а за счет изменения скорости и направления движения воздушных потоков в зоне измельчения и во встроенном классификаторе можно в достаточно широких пределах регулировать размер частиц получаемого материала. Поэтому применение этих мельниц при помоле сырья для обжига является предпосылкой получения гипсового вяжущего высокого качества. Кроме того, вследствие механоактивации происходит нарушение кристаллической структуры гипсового камня, возрастание его реакционной способности, что

сопровождается облегчением процесса его дегидратации и возможностью снижения энергозатрат на процесс «варки» гипсового вяжущего.

Следует отметить еще одну особенность продуктов центробежно-ударного измельчения. Как известно [3], гипсовые порошки обладают повышенной способностью к агрегации уже на стадии измельчения, поэтому они содержат не только отдельные «первичные» минеральные частицы, но и их агрегаты, которые неоднозначно влияют на процесс обжига. Помол материала в центробежно-ударной мельнице протекает в высокоскоростном потоке воздуха в камере помола (скорость движения порядка 100м/с), что обеспечивает «завоздушенность» готового продукта и предотвращает агрегацию его частиц [4], т.е. обеспечивается получение необходимого монодисперсного материала.

Вторым возможным направлением использования измельчительных комплексов является измельчение гипсового сырья (природного и техногенного) для изготовления безобжиговых гипсовых материалов [3]. Получение этих материалов связано в первую очередь с организацией их рациональной внутренней структуры, что достигается использованием двуводрата сульфата кальция заданного гранулометрического состава. Поскольку в центробежно-ударная мельница имеет встроенный классификатор, то при ее использовании, как отмечено выше, можно регулировать в широких пределах зерновой состав получаемого продукта.

Структура и технические свойства безобжигового гипсового композиционного материала определяются числом и прочностью контактов между частицами [3]. Прочность контактов, в свою очередь, зависит от интенсивности взаимодействия между частицами на активных поверхностных центрах и энергетического состояния последних. При ударном измельчении, совмещенном с процессом механоактивации, образуется дисперсный продукт с поверхностью, содержащей большое количество активных центров, способных к контактному взаимодействию [5].

Основное направление применения измельчительных комплексов – производство гипсовых вяжущих путем измельчения полугидрата сульфата кальция, полученного либо обжигом сырья во вращающихся печах, либо тепловой обработкой в демпферах (автоклавах). Преимущества использования для помола полугидрата центробежно-ударных мельниц заключаются в осуществлении в них наряду с диспергированием уже указанного процесса механоактивации. Достижимое при этом изменение структуры кристаллической решетки сульфата кальция оказывает большее влияние на его активность, нежели степень дегидратации [6]. Кроме того, в результате ударного измельчения происходит самопроизвольное тепловое модифицирование которое повышает однородность фазового состава гипсового вяжущего и соответственно улучшает его качество [7].

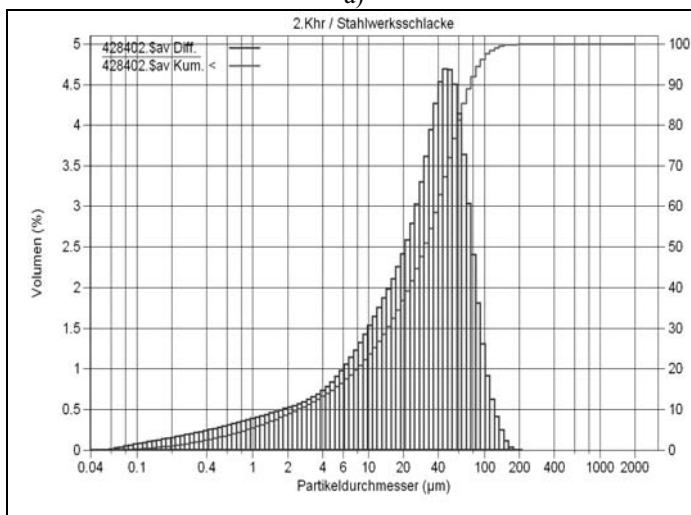
Перспективным способом повышения эффективности и расширения области использования гипсовых материалов является получение компо-

зиционных гипсовых вяжущих с минеральными наполнителями. Введение в состав композиционных вяжущих микронаполнителей не только приводит к повышению эксплуатационных характеристик гипсовых материалов, но и способствует интенсификации процесса их твердения. Это обусловлено тем, что микронаполнители выполняют и роль центров кристаллизации при формировании структуры гипсового камня [8].

Как и в композиционных цементах на основе портландцемента и активных минеральных добавок, эффективность использования микронаполнителей в составе композиционных гипсовых вяжущих зависит от состояния их поверхности – наличия активных центров и структурных дефектов.

В качестве микронаполнителей для изготовления композиционных гипсовых вяжущих достаточно широко используются техногенные продукты, в частности металлургические шлаки. Измельчение шлаков в центробежно-ударных мельницах позволяет не только достичь необходимой дисперсности готового продукта (рисунок 2), но и обеспечить его активацию.

а)



б)

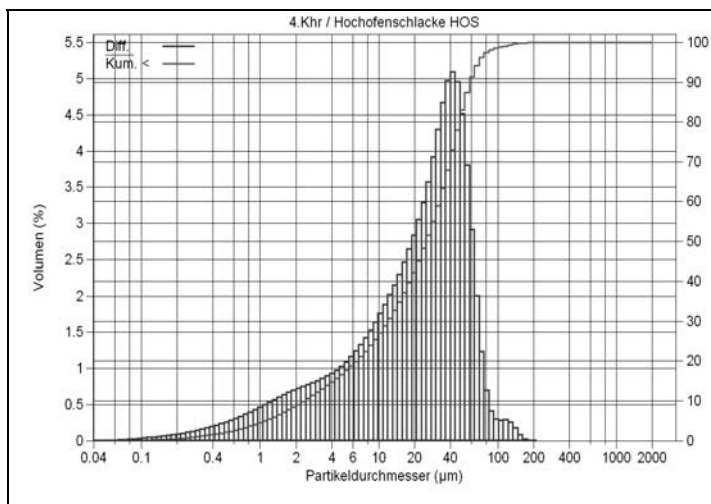


Рисунок 2. Кривая распределения частиц шлака по крупности: а) сталеплавильного шлака, б) – доменного шлака

Об этом свидетельствует величина реальной удельной поверхности измельченного шлака (определенного по методу низкотемпературной адсорбции азота), несмотря на то, что материалы, измельченные в шаровой мельнице, характеризуются более высокой удельной поверхностью по воздухопроницаемости (таблица 2).

Таблица 2.

Удельная поверхность металлургических шлаков

Материал	Шаровая мельница		Центробежно-ударная мельница	
	Величина удельной поверхности (см ² /г), определенная методом			
	воздухопроницаемости	сорбции азота	воздухопроницаемости	сорбции азота
Сталеплавильный шлак	3241	5629	1539	11400
Доменный шлак	3458	7358	1688	12100

Это указывает на высокую дефектность частиц и связанную с ней концентрацию поверхностных активных центров. Таким образом, измельчение в центробежно-ударной мельнице компонентов композиционных вяжущих способствует получению тонкодисперсных материалов с изомет-

ричными зернами, с большим количеством структурных дефектов, с высококоразвитой поверхностью, содержащей ненасыщенные химические связи и активные радикалы. Вследствие этого микронаполнители обладают повышенной реакционной способностью и обеспечивают получение композиционных гипсовых вяжущих с высокими эксплуатационными показателями (таблица 3).

Таблица 3.

Свойства композиционных гипсовых вяжущих

Наименование компонента	Содержание, %	Прочность при сжатии, МПа, в сроки			Коэффициент размягчения
		2 ч	7 сут	28 сут	
Гипсовое вяжущее	100	4,1	7,3	10,1	0,45
Сталеплавильный шлак	20	6,1	8,6	12,8	0,62
Доменный шлак	25	6,7	9,9	14,1	0,66

Следует заметить, что измельчительные комплексы занимают малую площадь и их целесообразно размещать в местах образования техногенных продуктов или гипсовых отходов для организации производства как безобжиговых строительных композитов, так и композиционных гипсовых вяжущих. Установка измельчительных комплексов на предприятиях по производству гипсовых вяжущих и материалов позволит расширить номенклатуру выпускаемой продукции за счет организации производства композиционных вяжущих.

Литература

1. Воробьев В.В., Кушка В.Н., Свитов В.С., Гаркави М.С. Современное оборудование для измельчения и классификации материалов // Вестник БГТУ. 2003. №6. С.280-284.
2. Массалимов И.А. Возможный механизм передачи энергии механическим ударом // Химия в интересах устойчивого развития. 2002. №10. С.161-164.
3. Петропавловская В.Б., Белов В.В., Новиченкова Т.Б. Малоэнергоёмкие гипсовые строительные композиты. Тверь: ТвГТУ, 2014. 136 с.
4. Артамонов А.В., Гаркави М.С., Кушка В.Н. Гранулометрический состав портландцементов центробежно-ударного измельчения // Цемент и его применение. 2007. №2. С. 67-69
5. Гаркави М.С., Фетисова Л.А., Артамонов А.В. Активация структурообразования при твердении вяжущих веществ // Достижения, проблемы и направления развития теории и практики строительного материаловедения: Материалы X Академических чтений РААСН. Казань, 2006. С.144-145.

6. Клименко В.Г., Погорелова А.С. Многофазные гипсовые системы для сухих смесей на основе природного гипса // Вестник БГТУ. 2005. №9. С.108-111.
7. Иваницкий В.В. Физико-химические и технологические основы производства высокопрочных гипсовых вяжущих из природного сырья //Высокопрочный гипс в индустриальном строительстве. Рига. 1984. С.16-20.
8. Алтыкис М.Г., Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Морозов В.П., Бахтин А.И. Влияние добавки карбонатных наполнителей на свойства ангидритового вяжущего // Известия вузов. Строительство. 1998. №2. С.51-53.

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

Гаркави М.С., Шленкина С.С.

Магнитогорский государственный технический университет

Гипсовые вяжущие вещества и материалы на их основе являются прогрессивными строительными материалами благодаря простоте, экономичности и малой энергоёмкости производства. Однако гипсовые вяжущие имеют высокую водопотребность, а изделия из них характеризуются низкой водостойкостью, ограниченной прочностью, малой морозостойкостью.

Анализ работ по повышению эксплуатационных характеристик гипсовых материалов показывает, что одним из способов улучшения технических свойств гипсовых вяжущих является применение химических добавок, в том числе пластифицирующих, позволяющих модифицировать различные свойства гипсовых вяжущих.

Пластифицирующие добавки, в том числе и современные, разработанные главным образом для цементных систем, не проявляют высокого водоредуцирующего эффекта в гипсовых вяжущих дисперсиях. Более того, наличие в молекулах пластификаторов сульфогрупп, а иногда и солей сульфатов, приводит к ускорению их твердения.

Поэтому назрела необходимость разработки «линейки» пластификаторов, адаптированных к специфическим свойствам гипсовых вяжущих. Эта специфичность обусловлена синхронным протеканием процессов гидрато- и структурообразования при твердении этих вяжущих, а также преобладанием точечных контактов в структуре гипсового камня [1]. В данной работе рассмотрено влияние пластификаторов различной природы на твердение гипсового вяжущего.

Для исследования были использованы суперпластификаторы на основе нафталинформальдегида (SNF) и меламинформальдегида (SMF) и гиперпластификатор на основе поликарбоксилатного эфира (PCE). Все исследования проведены на гипсовом тесте с постоянным водогипсовым отношением ($V/G = 0,56$) и при одинаковом содержании добавок (0,5% от массы вяжущего). В качестве вяжущего применялся строительный гипс марки Г5 Челябинского завода «Биопласт».

Для исследования твердения гипсовых дисперсий использованы потенциалометрический и электрофизический методы, которые позволяют получить полную информацию о физико-химических явлениях, определяющих изучаемый процесс [1].

Как показали проведенные исследования в системе с добавкой PCE достигается максимальная энергия связи влаги с материалом. Следует полагать, что в присутствии пластификатора поликарбоксилатного типа

формируется структура с порами и капиллярами малого размера, что и предопределяет высокую энергию связи влаги с материалом. Данный вывод хорошо согласуется с результатами электронно-микроскопического исследования (рисунок 1).

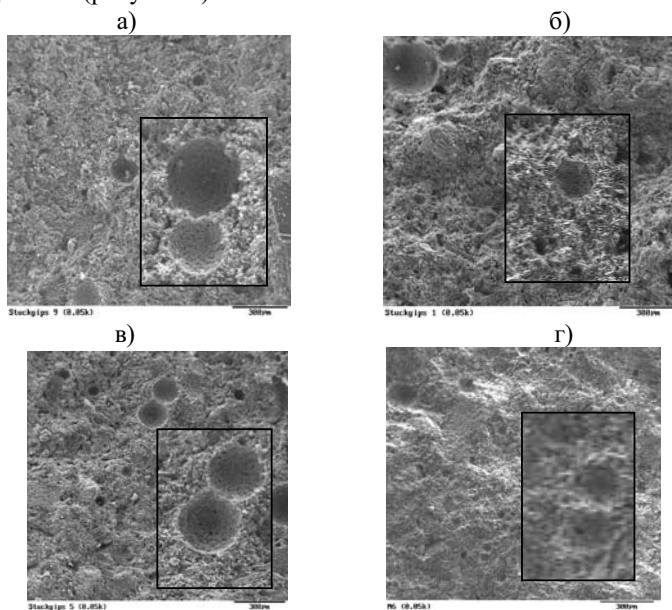


Рисунок 1. Капиллярно-пористая структура гипсового камня
а) без добавок; б) SNF; в) SMF; г) PCE.

Это хорошо согласуется с прочностными характеристиками гипсового камня (рисунок 2).

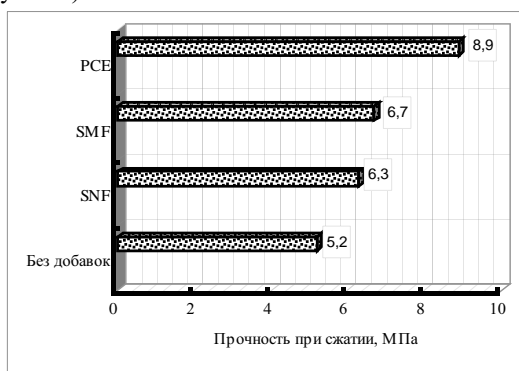


Рисунок 2. Прочность гипсового камня
Как следует из приведенных данных, в гипсовой системе с добавкой

РСЕ достигается максимальная прочность камня. При использовании суперпластификаторов нафталинформальдегидного и меламинформальдегидного типа лучшие показатели достигаются в дисперсии с первым пластификатором, что обусловлено его химической структурой, хотя различия в характеристиках гипсового камня достаточно малы.

Как известно, прочность искусственного камня определяется как прочностью индивидуального контакта между частицами, так и числом контактов на единицу поверхности разрушения. Прочность контакта зависит от интенсивности взаимодействия между частицами, а число контактов от размера частиц. Ослабляя силы молекулярного взаимодействия между частицами, в связи с изменением электрокинетического потенциала их поверхности, добавки пластификаторов SNF и SMF способствуют их сближению и более плотной упаковке. Действие пластификаторов РСЕ основано на совокупности электростатического и стерического факторов, что достигается с помощью боковых гидрофобных полиэфирных цепей молекулы поликарбоксилатного эфира. Поэтому при их использовании в гипсовой дисперсии создаются наиболее благоприятные условия для интенсивного взаимодействия между частицами и увеличения прочности индивидуальных контактов.

В результате проявления эффекта адсорбционного модифицирования в присутствии пластификаторов значительная часть гидратов образуется в виде частиц высокой дисперсности, что предопределяет формирование большого числа достаточно прочных точечных контактов [2].

Полученные результаты находятся в хорошем соответствии с данными электрофизического исследования процесса твердения (рисунок 3). Как следует из приведенных данных, введение в гипсовую дисперсию пластификаторов SNF и SMF, содержащих в своем составе сульфогруппы, практически не изменяет ее характера твердения.

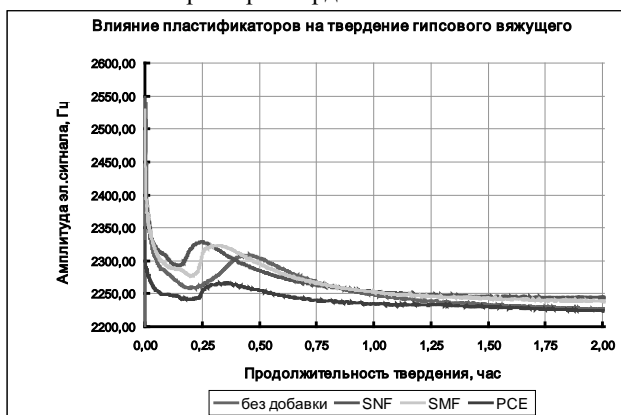


Рисунок 3. Кинетика изменения электрического сигнала

при твердении гипсового вяжущего с пластификаторами

При твердении же гипсовой дисперсии с добавкой поликарбонатного пластификатора РСЕ характер кривой изменения электрического сигнала подобен аналогичной кривой, характерной для твердения цементных систем [1], что свидетельствует о максимальной перестройке образующейся структуры гипсового камня.

Таким образом, проведенные исследования показали, что природа используемого пластификатора существенно влияет на твердение гипсового вяжущего и прочностные показатели образующегося камня.

Следует иметь в виду, что при использовании пластификаторов в гипсовых дисперсиях часто преследуется цель максимального сокращения водосодержания смеси, а в идеале иметь В/Г, соответствующее стехиометрии реакции гидратации полуводного гипса. Однако при снижении В/Г может измениться не только кинетика, но и механизм гидратации вяжущего вещества, что закономерно отразится на структуре гипсового камня и его свойствах. Поэтому и разработка, и применение пластификаторов для гипсовых дисперсий должны осуществляться с учетом их влияния на кинетику и механизм твердения.

При этом, на наш взгляд, необходимо учесть следующие моменты:

- а) величина и стабильность рН вяжущей дисперсии;
- б) влияние пластификаторов на морфологию и размер частиц двухводного гипса;
- в) характер адсорбции пластификатора на частицах двухводного гипса, предотвращающий его «вымывание» при эксплуатации гипсовых материалов и изделий;
- г) совместимость пластификаторов и функциональными добавками и наполнителями в составе сухих строительных смесей на основе гипсовых вяжущих.

Это только основные факторы, которые следует принять во внимание. Все это позволит подойти к созданию пластифицирующих добавок для гипсовых вяжущих, обеспечивающих получение при их использовании заданного эффекта и получать материалы с необходимыми строительно-техническими свойствами.

Литература

1. Гаркави М.С. Термодинамический анализ структурных превращений в вяжущих системах. – Магнитогорск: МГТУ, 2005. – 243 с.
2. Коровяков В.Ф. Гипсовые вяжущие и их применение в строительстве // Российский химический журнал. – 2003. – т. XLVII, № 4. – С.18-25.

ПОЛУЧЕНИЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО ИЗ ФОСФОПОЛУГИДРАТА – ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ДИГИДРАТНО- ПОЛУГИДРАТНЫМ СПОСОБОМ

Гриневич А.В., Киселёв А.А., Петропавловский И.А., Кузнецов Е.М.,
Бурьянов А.Ф., Ряшко А.И.

ОАО «Научно-исследовательский институт по удобрениям и инсектофунгицидам имени профессора Я.В. Самойлова», Московский государственный строительный университет, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

Производство экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) методом сернокислотного разложения природного фосфатного сырья сопряжено с образованием многотоннажного отхода фосфогипса, фосфополуhydrата, который находит ограниченное применение в народном хозяйстве вследствие наличия в нём большого количества остаточных технологических примесей (соединения фтора, фосфаты, свободная H_3PO_4 и др.). Последнее в основном обусловлено использованием в настоящее время в промышленности преимущественно одностадийных дигидратных или полуhydrатных процессов с кристаллизацией соответственно $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ или $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$.

Известно, что использование так называемых двухстадийных способов получения ЭФК (дигидратно-полуhydrатных, полуhydrатно-дигидратных), в которых первоначально кристаллизующийся дигидрат или полуhydrат сульфата кальция затем перекристаллизовывается соответственно в $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ или $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, позволяет существенно увеличить выход P_2O_5 в кислоту, сократить количество технологических примесей в отбросном сульфате кальция и повысить возможность использования этого отхода для производства целевых продуктов. Сказанное подтверждает опыт работы промышленной установки по производству ЭФК в Бельгии (г.Энжис) из хибинского апатитового концентрата дигидратно-полуhydrатным способом (способ Central Prayon). Примерно 85% всего отбросного сульфата кальция используется в производстве цемента и для получения β -полуhydrата сульфата кальция по способу Knauf.

ОАО «НИУИФ» в период 2012-2014 г.г. разработал новый, не имеющий аналогов дигидратно-полуhydrатный способ получения ЭФК из бедных фосфоритов Каратау. В исследованиях использовался рядовой фосфорит Коксу с содержанием 24,5-25,0 P_2O_5 , 1,0-1,6 MgO, 0,7-1,4 Al_2O_3 , 0,7-1,4 Fe_2O_3 , 2,0-2,6 F и 21-25 н.о. Основными особенностями нового процесса являются:

- проведение дигидратной стадии процесса при температуре 90-94 °С, времени пребывания пульпы в реакторе 2,0-2,5 ч и содержании P₂O₅ в жидкой фазе пульпы 27-32%;

- перекристаллизация CaSO₄·2H₂O → CaSO₄·0,5H₂O осуществляется в сернофосфорнокислых растворах, содержащих 25-30 % P₂O₅ и 7-9% SO₃, при температуре 92-94 °С в течение 0,8-1,2 ч с кристаллизацией легкофильтрующих компактных приблизительно изометрических сростков α- CaSO₄·0,5H₂O (см. рисунок).

Новая технология позволяет повысить эффективность переработки фосфатного сырья с достижением аналитического выхода P₂O₅ на уровне 98,5%, увеличить содержание P₂O₅ в продукционной кислоте с 26-27% (новый одностадийный дигидратный процесс ОАО «НИУИФ») до 29,0-31% и радикально улучшить качество побочного продукта – фосфополугидрата за счёт снижения в нём содержания вредных технологических примесей (содержание P₂O₅общ. и P₂O₅вод. на уровне 0,25-0,30% и 0,05-0,10%, F_{общ.} и F_{вод.} - 0,06-0,10% и 0,04-0,05% соответственно).

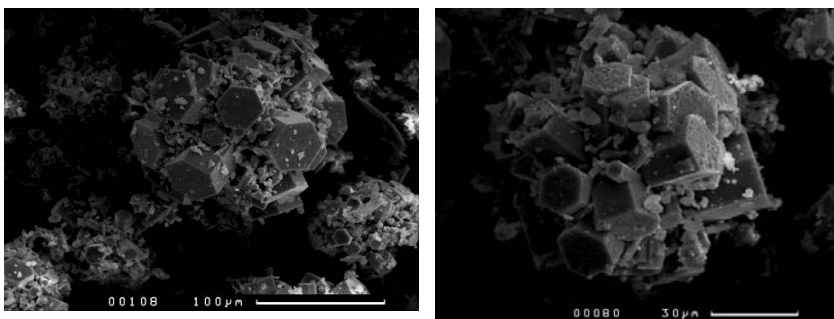


Рисунок – Микрофотографии кристаллов CaSO₄·0,5H₂O

Значительное снижение содержания технологических примесей в α- CaSO₄·0,5H₂O существенно улучшает его вяжущие свойства, что подтверждено специальными исследованиями с опытной партией фосфополугидрата.

Образец α- CaSO₄·0,5H₂O был получен в оптимальных условиях непосредственно на установке непрерывного действия получения ЭФК из фосфорита Коксу (производительность установки составляла около 0,4 кг/ч по фосфориту). Технология подготовки α- CaSO₄·0,5H₂O заключалась в следующем: промытый на фильтре балансовым количеством воды по противоточной схеме осадок обрабатывался ацетоном до удаления гигроскопической влаги и анализировался по известным методикам на содержание P₂O₅ общ., P₂O₅вод., F_{общ.}, F_{вод.}, H₂O_{общ.} и H₂O_{крист.} и незначительно измельчался.

Исходная проба α -полугидрата сульфата кальция имела состав, % масс.: 5,2 H₂O, 0,27 P₂O₅ общ., 0,10 F_{общ.} и 5,2 H₂O_{крист.}, 0,08 P₂O_{5вод.} и 0,04 F_{вод.}

Определение характеристик полученного материала проводилось в соответствии с ГОСТ 23789-79 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний» и состояло из определения тонкости (степени) помола, нормальной водопотребности, сроков схватывания гипсового теста стандартной консистенции и предела прочности балочек на сжатие и на растяжение при изгибе. Марку вяжущего устанавливали по ГОСТ 125-79 «Вяжущие гипсовые. Технические условия».

Показано, что для опытного образца остаток на сите с ячейками размером в свету 0,2 мм составил 0,08%, нормальная водопотребность - 50%, а время начала и конца схватывания - 6,0 и 8,0 мин. соответственно. Следовательно, полученный материал представляет собой нормальноотвердеющее гипсовое вяжущее.

Пределы прочности образцов-балочек размером 40×40×160 мм в возрасте 2 ч при сжатии и изгибе составили 10,8 МПа и 3,9 МПа соответственно, что соответствует нормальноотвердеющему гипсовому вяжущему тонкого помола марки Г-10 Б Ш.

Таким образом, разработанный новый дигидратно-полугидратный технологический процесс производства ЭФК из бедного фосфорита Коксу позволяет не только улучшить основные технико-экономические показатели производства фосфорной кислоты, но и получить непосредственно в замкнутом цикле процесса α -CaSO₄·0,5H₂O, пригодный после небольшой доработки (подсушка, доизмельчение) для производства качественного гипсового вяжущего. Последнее позволяет превратить многотоннажный отход производства в ценный побочный продукт.

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГИПСОВЫМ СУХИМ СТРОИТЕЛЬНЫМ СМЕСЯМ И МЕТОДАМ ИХ ИСПЫТАНИЙ

Губская А.Г., Дубровина Г.Г.,
Государственное предприятия «Институт НИИСМ», Совет ведущих производителей ССС РБ, ЧП «ГАЛА-НЕОН», Республика Беларусь

Существует разный подход к классификации сухих смесей и, соответственно, к определению нормирования их свойств.

В Республике Беларусь классификация сухих смесей, в основном, производится по их функциональному назначению вне зависимости от вида минерального связующего. В соответствии с таким подходом действуют следующие ТНПА, определяющие требования к свойствам сухих смесей:

- СТБ 1307-2012 «Смеси растворные и растворы строительные. Технические условия», который распространяется на: растворные смеси и строительные растворы, изготавливаемые на основе минеральных вяжущих, применяемые для каменной кладки, устройства выравнивающих стяжек, в том числе самонивелирующихся; монтажа строительных конструкций; выполнения облицовочных и штукатурных работ; ремонта; гидроизоляции (с толщиной нанесения более 5 мм), а также на жаростойкие растворы, изготавливаемые на основе огнеупорных алюмосиликатных мертелей, применяемые для кладки тепловых агрегатов (каминов, дымоходов и т.д.) и их оштукатуривания;

- СТБ 1263-2001 «Композиции защитно-отделочные строительные. Технические условия», который распространяется на композиции защитно-отделочные, представляющие собой смесь минеральных вяжущих, наполнителей, полимерных добавок и пигментов.

Несколько иной подход к сухим смесям на основе гипсового вяжущего существует в России, где действуют три отдельных ТНПА, определяющие их свойства в зависимости от назначения:

ГОСТ 31377-2008 «Смеси сухие строительные штукатурные на гипсовом вяжущем. Технические условия», который распространяется на сухие строительные штукатурные смеси заводского изготовления, изготавливаемые на гипсовом вяжущем с модифицирующими добавками, заполнителями и наполнителями и предназначенные для выравнивания и оштукатуривания бетонных, каменных, кирпичных, гипсовых и других поверхностей при проведении внутренних работ при строительстве, ремонте и реконструкции зданий и сооружений. Штукатурные смеси могут применяться также в качестве основания под последующее нанесение на него декоративных покрытий (декоративной штукатурки, краски и т.п.);

- ГОСТ 31386-2008 «Смеси сухие строительные клеевые на гипсовом вяжущем. Технические условия», который распространяется на сухие

строительные дисперсные клеевые смеси заводского изготовления, изготавливаемые на гипсовом вяжущем с различными добавками, предназначенные для монтажа гипсокартонных листов, гипсовых плит и блоков, элементов архитектурного декора на основе гипсового вяжущего при проведении внутренних работ при строительстве, ремонте и реконструкции зданий и сооружений;

- ГОСТ 31387-2008 «Смеси сухие строительные шпатлевочные на гипсовом вяжущем. Технические условия», который распространяется на сухие строительные дисперсные шпатлевочные смеси заводского изготовления, изготавливаемые на гипсовом вяжущем с различными добавками и предназначенные для выравнивания каменных, кирпичных, гипсовых и других поверхностей при проведении внутренних работ при строительстве, ремонте и реконструкции зданий и сооружений. Шпатлевочные смеси могут применяться также в качестве основания под последующее нанесение на него декоративных покрытий (красок и т.п.).

Политика в области разработки и внедрения новых ТНПА в Республике Беларусь направлена на гармонизацию национальных ТНПА с европейскими. Поэтому в последние годы был разработан и введен целый комплекс европейских стандартов, требования которых распространяются в том числе и на сухие строительные смеси на гипсовом вяжущем.

В соответствии с СТБ EN 13279-1-2010 «Вяжущие гипсовые и смеси сухие гипсовые. Часть 1, Определения и требования» (EN 13279-1-2008), выделяются следующие виды гипсовых сухих смесей (таблица 1).

Таблица 3.53

Классификация гипсовых сухих смесей по EN 13279-1-2008

Наименование	Обозначение
1	2
Гипсовая сухая смесь:	В
гипсовая сухая штукатурная смесь	В1
гипсосодержащая сухая штукатурная смесь	В2
гипсово-известковая сухая штукатурная смесь	В3
легкая гипсовая сухая штукатурная смесь	В4
легкая гипсосодержащая сухая штукатурная смесь	В5
легкая гипсово-известковая сухая штукатурная смесь	В6
гипсовая сухая штукатурная смесь для штукатурки с повышенной поверхностной твердостью	В
Гипсовая сухая смесь специального назначения:	С
гипсовая сухая смесь для элементов из усиленного волокнами гипса	С1
гипсовая кладочная смесь	С2
гипсовая сухая смесь для штукатурки с акустическими свойствами	С3
гипсовая сухая смесь для штукатурки с теплоизоляционными свойствами	С4
гипсовая сухая смесь для штукатурки с противопожарными свойствами	С
гипсовая сухая смесь для тонкослойной штукатурки	С1
гипсовая шпатлевка	С2

Необходимо отметить, что требования к основным свойствам смесей сухих строительных штукатурных и шпатлевочных на гипсовом вяжущем (влажность, грансостав заполнителя, водоудерживающая способность, прочность сцепления с основанием), а также к методам их испытаний, изложенные в белорусских и российских ТНПА идентичны. Требования же европейских стандартов для смесей классов В и С отличаются (таблицы 2, 3).

Таблица 2

Требования к гипсовым штукатуркам класса В

Класс гипсовой смеси	Содержание гипсового вяжущего CaSO ₄ , %	Начало твердения, мин, при укладке		Предел прочности, Н/мм ² (МПа)		Поверхностная твердость Н/мм ² (МПа)	Прочность сцепления, Н/мм ² (МПа)
		ручная	Машинная	При изгибе	При сжатии		
B1	>50	>20	>50	≥1,0 (≥1,0)	≥2,0 (≥2,0)	-	0,1
B2	<50						
B3	≥50 CaSO ₄ <5,0Ca(OH) ₂						
B4	≥50						
B5	<50						
B6	≥50 CaSO ₄ <5,0Ca(OH) ₂						
B7	≥50			≥2,0 (≥2,0)	≥6,0 (≥6,0)		

Таблица 3

Требования к гипсовым штукатуркам класса С и шпатлевке класса С7

Класс гипсовой смеси	Содержание CaSO ₄ , %	Тонкость помола, мкм		Начало твердения, мин. по прибору		Предел прочности, Н/мм ² (МПа)			Поверхностная твердость, Н/мм ² (МПа)	
		200	100	Вика	Мессер	При изгибе		При сжатии	2 ч.	7 сут.
						2 ч.	7 сут.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C1	>50	<1%	<10 %	—	>8	>1,5	>3,0	-	>4,	>10,0
C3	-	-	-	>20	-	-	-	>2,0	-	-
C4	-	-	-	>20	-	-	-	-	-	-
C5	Отклонение от номин. содерж. — <10 %	-	-	>20	-	-	-	-	-	-
C6	>50	-	-	>20	-	-	>1,0	>2,0	-	-
Шпатлевка С7										
	>50	-	0	>20	-	-	>1,0	>2,0	-	-

К сожалению, как в белорусских, так и в российских ТНПА не разработаны специальные требования к клеевым составам, а также к гипсовым связующим для устройства полов.

Требования европейских ТНПА изложены в СТБ EN 12860-2008 «Клеи на гипсовой основе для соединения гипсовых плит. Термины и определения, требования и методы испытаний (EN 12860:2001+AC:2002) и СТБ EN 14496-2009 «Клеевые составы на гипсовой основе для теплоизоляции в многослойных панелях и гипсовых плит. Определения, требования и методы испытаний» (EN 14496:2005) (таблица 4), а также в СТБ EN 13454-1-2009 «Вязущие, композитные вязущие и заводские растворы на основе сульфата кальция для бесшовных полов. Часть 1. Термины, определения, требования».

Таблица 4

Требования к клеевым составам на гипсовой основе по европейским стандартам

Показатели	Требования EN 12860	Требования EN 14496
Максимальный размер зерен на сите с размером ячеек 200 мкм, % не более	10	-
Содержание гипса в пересчете на SO ₃ , %, не менее	30	30
Начало схватывания, мин., не ранее	45	-
Прочность сцепления клея с гипсовой плитой	В 3-х испытаниях из 4-х разрушение должно проходить по плите	Не менее 0,6 МПа
pH	6,5-10,5	-

В белорусских и российских ТНПА не установлены требования к смесям сухим строительным на гипсовом вяжущем для бесшовных полов.

В европейском стандарте EN 13454-1:2005 (СТБ EN 13454-1-2009) «Вязущие, композитные вязущие и заводские растворы на основе сульфата кальция для бесшовных полов. Часть 1. Термины, определения, требования» приводятся требования не к показателям сухой смеси для бесшовных полов, а к ее основному компоненту – гипсовому вяжущему.

В соответствии с EN 13454-1 для вяжущих, композитных вяжущих и заводских растворов на основе сульфата кальция для бесшовных полов. нормируется:

- содержание сульфата кальция (CaSO₄). По его содержанию вяжущие подразделяются на два класса: вяжущие (СAB), где содержание сульфата кальция должно быть ≥ 85 % и композитные вяжущие (СAC) с содержанием сульфата кальция ≥ 50 % и < 85 %;
- pH, значение которого должно составлять ≥ 7,0;
- время схватывания: начало схватывания ≥ 30 мин., конец схватывания - ≤ 12 ч.;

- усадка и набухание не должна превышать 0,2 мм/м;
- класс прочности (минимальная прочность на растяжение при изгибе и минимальная прочность при сжатии) (таблица 5).

Таблица 5

Прочность вяжущих САВ и САС

Класс прочности	Минимальная прочность на растяжение при изгибе, Н/мм (МПа)		Минимальная прочность при сжатии, Н/мм (МПа)	
	3 сут.	28 сут.	3 сут.	28 сут.
20	1,5	4,0	8,0	20,0
30	2,0	5,0	12,0	30,0
40	2,5	6,0	16,0	40,0

Необходимо отметить, что методы испытаний штукатурных и шпатлевочных смесей в соответствии с белорусскими и российскими ТНПА достаточно близки к европейским методам испытаний. Существенным отличием европейских ТНПА является требование к содержанию сульфата кальция в смеси и ее твердости. Содержание сульфата кальция определяют по содержанию SO_3 , причем методики, изложенные в EN 13279-2 «Вяжущие гипсовые и смеси сухие гипсовые. Методы испытаний» практически идентичны ГОСТ 5382-91 «Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа». Определение твердости проводят по методу вдавливания шарика.

Если испытания свойств смесей сухих строительных клеевых на гипсовом вяжущем на соответствие требованиям белорусских и российских ТНПА проводится аналогично, то методы европейских ТНПА существенно отличаются. В европейских ТНПА нормируется содержание сульфата кальция и прочность склеивания. Причем прочность склеивания зависит от назначения клеевой смеси. Для сухой смеси для склеивания гипсовых плит применяют методы испытаний аналогичные методам испытаний штукатурных и шпатлевочных смесей. Прочность склеивания по EN 14496 для клеевых составов на гипсовой основе для теплоизоляции в многослойных панелях и гипсовых плит определяют, измеряя примененное вертикально к приклеенной «клеевой» кляксе» усилие, которое необходимо для разрушения соединения. В качестве основания можно использовать полистирол, т.к. он представляет собой типичный теплоизоляционный материал.

В методику определения времени завершения переработки по EN 14496 (Клеевые составы на гипсовой основе для теплоизоляции в многослойных панелях и гипсовых плит. Определения, требования и методы испытаний) вносятся некоторые изменения. В частности, изменяется формула расчета:

$$t = (t_1 - t_0) \cdot 0,8,$$

где t_1 - время достижения глубины проникновения конуса прибора Вика (35 ± 2) мм, мин.,

t_0 - время начального добавления воды.

К сожалению, в настоящее время описать методики испытаний вяжущих для бесшовных полов не представляется возможным.

КОНВЕРСИЯ НИЗКОМАРОЧНОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО В ВЫСОКОПРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – ГЛАВНЕЙШЕЕ ИННОВАЦИОННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Долгоров В.А.

В нынешних условиях инновационная политика является движущей силой в промышленности строительных материалов [1,2]. Гипсовые изделия занимают одно из важных мест в жилищном строительстве.

Однако, широкое применение гипсовых изделий сдерживается из-за существенных недостатков, связанных с их сравнительно невысокой прочностью и водостойкостью [3].

В настоящее время большинство промышленных производств строительного (низкомарочного) гипса основано на технологической сушке гипса в обжиговых вращающихся барабанах при температурах входящего газоносителя ок. 600°C или в гипсоварочных котлах при температурах ок. 180°C.

Известно, что строительный гипс (низкомарочное гипсовое вяжущее) состоит в основном из полугидрата сульфата кальция, кристаллические образования которого подвергаются в процессе дегидратации интенсивному термогидродару взрывного характера, в результате которого происходит удаление перегретой воды в парообразном состоянии, которая производит переизмельчение кристаллических образований, сопровождаемое огромным количеством микрокапиларов и пор в конгломератах [4].

Кроме того, гипсовое вяжущее низких марок, производимое на обжиговых аппаратах, не имеет стабильного модификационного (фазового) состава, что сказывается на качестве получаемых изделий, сухих смесей и конструкций.

Проблема получения высокопрочного гипса зависит от условий дегидратации гипса при более низких температурах и жидко-капельном удалении адсорбированной и кристаллизационной воды. Возможность превращения (конверсии) низкомарочного гипсового вяжущего в высокопрочный материал доказана в работе [5].

Термин «конверсия»- (от латинского «conversion» превращение) может быть распространен и на физико-химические процессы гидратации полугидрата сульфата кальция, его модификаций.

В основе конверсионного способа превращения полугидрата сульфата кальция лежат представления о том, что получаемое гипсовое вяжущее, находится в значительной мере в аморфном состоянии под действием термоудара с образованием электрононенасыщенной поверхности, объединением частиц в неустойчивые конгломераты (рис.1).

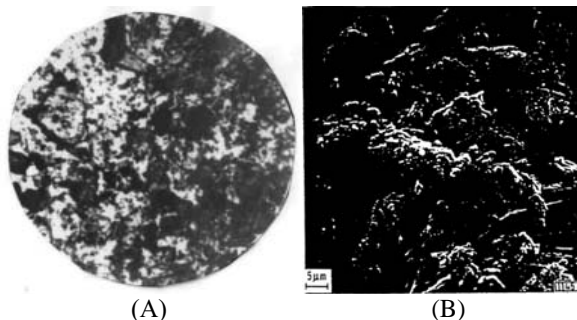


Рисунок 1. (А) Микрофотография обжигового гипсового вяжущего, полученного в сушильном барабане методом «висячей капли» (увеличение $\times 490$);
 (В) β -полугидрат (снимок Крёнерта из Технического университета г. Ааахен; $1 \mu\text{m} = \text{мкм}$); с использованием растрового электронного микроскопа.

Одним из путей достижения высокой прочности является введение в приготавливаемые гипсобетонные и композиционные массы для формования строительных изделий и конструкций модифицирующих добавок нового поколения на основе поликарбоксилатов [6].

Стерическое отталкивание, возникающее из-за давления внутри системы и вызываемое точечным возрастанием плотности среды в период взаимного наложения адсорбционных слоев, в которых участвуют анионные частицы поликарбоксилата, обусловлено объемностью молекулы поликарбоксилата, которая закрепляется на поверхности твердой фазы. Так как сила отталкивания возрастает только при перекрытии адсорбционных слоев, то отталкивающий потенциал силы ограничен непосредственным окружением гидролизующейся частицы вяжущего. Однако, внутри системы эта сила вызывает взаимное отталкивание частиц вяжущего [7].

Нами проведены исследования в системе: поликарбоксилат- сульфат кальция, которые подтверждают вышеприведенные представления. Результаты сравнительных экспериментальных исследований с использованием строительного гипса получены при распыле (ГОСТ 125-79), в условиях трамбования жестких консистенций, а также суспензий с поликарбоксилатом, приведены на рис.2. В работе использовалось гипсовое вяжущее, следующих характеристик: $K_w=4,6\%$; Прочность на сжатие = 5,11 МПа, Прочность на изгиб = 2,53 МПа.

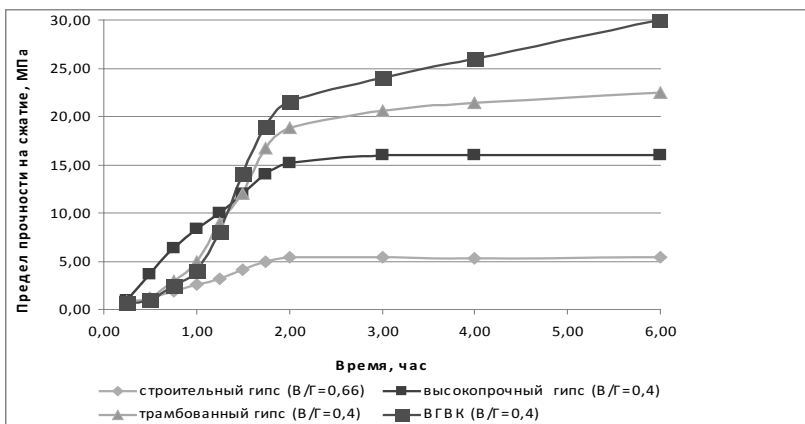


Рисунок 2. Зависимость предела прочности строительного, высокопрочного гипса, строительного гипса при трамбовании и низкомарочного гипса в присутствии поликарбоксилата (ВГВК).

Представления об устойчивости дисперсных систем образующихся при взаимодействии поликарбоксилатов и сульфатов кальция могут быть объяснены с учетом теоретических обоснований Дерягина Б.В. [8], который ввел для понимания процессов понятие расклинивающего давления, представляющего собой алгебраическую сумму молекулярных составляющих, действующих на коротких расстояниях: Ван-дер-ваальсовы силы притяжения, электростатической силы, связанные с перекрытием двойных электрических слоев, структурной составляющей, возникающей при утончении прослоек между частицами. При турбулентной активации под действием интенсивных срезающих усилий и замедленной гидратации гипса в присутствии поликарбоксилатов гипсовая суспензия обогащается большим количеством коллоидных частиц. Тиксотропный коллоид, равномерно распределенный между частицами гипса, препятствует их сближению.

При конверсионном способе происходит максимальное уплотнение разрыхленных гипсовых частиц, за счет адсорбционных процессов на поверхности вяжущего, вытеснение воздуха и формирование более плотных новообразований, что в конечном итоге и позволяет получать высокую прочность гипсовых изделий.

Таким образом, сущность конверсионного способа получения высокопрочного гипсового композиционного материала - (ВГВК) заключается в предварительном смешивании низкомарочного гипса с добавками, включающими поликарбоксилаты с различной длиной алифатических гидрофобных цепочек, пеногасители, замедлители и регулирующие агенты, сочетание которых в определенных концентрациях

позволяет получать синергетический эффект при кристаллизации дигидрата сульфата кальция.

На рис. 3 представлена схема конверсионного процесса получения высокопрочного материала из гипсового вяжущего.

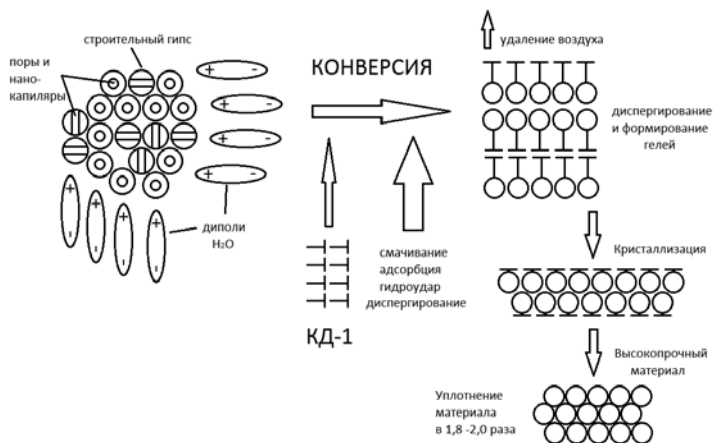


Рисунок 3. Схематическое изображение конверсионного процесса получения высокопрочного материала из строительного гипса

Установлены условия реализации конверсионного способа низкомарочного гипса в высокопрочный гипсовый материал:

- применение комплексных добавок на основе поликарбоксилатов;
- диспергирование исходной аморфно-кристаллической массы гипсового вяжущего при дефиците водной фазы;
- интенсивное перемешивание при наличии гидростатического и динамического давления в сосуде с суспензией (гидроудар);
- перемешивания суспензии в стесненных условиях при максимальном сближении и уплотнении гидратирующихся диспергированных частиц и интенсивного удаления межкристаллитного воздуха;

Установлено, что в зависимости от длительности перемешивания исходного гипсового теста с использованием малопрочного вяжущего и комплексной поликарбоксилатной добавки при малых водогипсовых отношениях (до 0,20-0,25) происходит активирование и гидратация составляющих модификаций, в том числе ангидрита III, перекристаллизация, уплотнение новообразований, сопровождаемое разогреванием массы, что следует из полученных экспериментальных данных на рис.4 .

Если для получения гипсовой суспензии обычного быстрохватывающегося гипсового вяжущего рекомендуется ручное перемешивание до 1 мин, то для получения высокопрочного гипсового материала (ВГВК) требуется время перемешивания массы более 5 мин в быстроходном смесителе

При этом происходит значительное повышение прочности получаемой гипсовой отливки, сроки схватывания уменьшаются.



Рисунок 4. Сроки схватывания в зависимости от длительности перемешивания гипсового теста.

Проведены сравнительные исследования физико-механических свойств строительного гипса (СГ), высокопрочного гипса (ВГ) и гипсового высокопрочного вяжущего (ВГВК), получаемому по конверсионному способу при различных водогипсовых отношениях. Результаты изучения представлены в табл.1.

Таблица 1
Физико-механические свойства образцов гипса и различных образцов

№ п/п	Наименование свойств	В/Г	СГ	ВГ	ВГВК	Гипсовый камень
1.	Средняя объемная масса, кг/ куб.м.	0,25	-	-	1980	2210
		0,3	-	1700	1890	
		0,35	-	1650	1810	
		0,44	1340	1445	-	
2.	Предел прочности образцов в сухом состоянии, МПа	0,25	-	-	30,5	19,0-22,0
		0,3	-	-	26,7	
		0,4	-	12,8	23,5	
		0,65	5,0	8,3		
3.	Водопоглощение,%	0,18	-	-	1,8	12-18
		0,20	-	-	2,0	

На основании проведенных исследований по конверсионному получению высокопрочного гипсового материала из низкомарочных гипсовых вяжущих сформулированы следующие направления применения в строительстве ВГВК:

1. Получение высокоэффективных сухих строительных смесей для производства наливных полов (рис.5).
2. Производство высокопрочных гипсовых конструкционных изделий для строительства зданий, изготовление фасадных элементов и художественно-декоративных плит (рис. 6).



Рисунок 5. Готовый пол в промышленном складе завода на основе высокопрочного конверсионного гипса

Таблица 2

Технические результаты сухой саморазравнивающей смеси

Параметры	В/Г	Расплыв, мм (Кольцо Вика)			Скорость за- густе- ния мм/мин	Сроки схватывания мин		Прочность, МПа через 3 суток +1 сутки в сушилке	
		0 мин	10 мин	20 мин		Нача- ло	Ко- нец	Из- гиб	Сжа- тие
Вели- чина	0,24	245	235	225	1	161	180	8	24



Рисунок 6. Отделка архитектурно-строительными изделиями гостиницы «Русь» Олимпийского комплекса г. Сочи

Литература

1. Ферронская А.В. , Коровяков В.Ф., Баранов И.М., Бурьянов А.Ф., Лосев Ю.Г., Поплавский В.В., Шишин А.В. «Гипс в малоэтажном строительстве» Из-во АСВ. Москва, 2008г, с.238
2. Коровяков В.Ф. «Гипсовые вяжущие и их применение в строительстве»//Российский химический журнал,2003, № 4, том XLVII, с.18-25
3. Будников П.П. «Гипс его исследование и применение». Издание 3, СтроиздатНаркомстроя, М.-Л.-1943, с.31.
4. Манджурнет В.В. Автоклавный гипс. Труды Киевского теплотехнического института силикатов, т. III, 1951г.
5. Морева И.В. «Эффективные композиционные материалы на основе низкомарочного строительного гипса. Авторефератдокторскойдиссертации. Иваново, 2009г.
6. Coppola L. [et. al.] Influence of the Sulfate Level in the Clinker Phase on Rheological and mechanical behaviour of Superplasticized ready- mixed concretes // Atti del 12th International Congress of the European Ready-Mixed Concrete Organization ERMCO, Lisbona, Portugal, 23 June 1998. - P. 606-613.
7. Долгорев В.А. Высокоэффективные строительные материалы на основе низкомарочного гипсового вяжущего. Ж. Строительнаянаукаитехника № 6 (33) 2010, с.105-110/
8. Dolan A.K. Theory of stabilization of colloids by adsorbed polymer /A.K. Dolan, S.T. Edwards// Proc. Ray. Soc. Incl. A.- 1974.-Vol. 137.- P.509-513

ТЕПЛОЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕГКИХ ПЕРЕГОРОДОЧНЫХ ПАЗОГРЕБНЕВЫХ ПЛИТ

Долгорев В.А.

В настоящее время гипсовые заводы на территории России и стран СНГ в массовом порядке производят пазогребневые плиты для стен и перегородок (ПГП) в соответствии с ТУ 5767-002-18896209-02.

Указанные изделия в зависимости от вида применяемой технологии подразделяют по плотности в $\text{кг}/\text{м}^3$: на легкие (600-700), нормальные (700-1000) и тяжелые (1100-1200), а также по типоразмерам и показателям водопоглощения. Плиты изготавливаются из гипсового вяжущего марки Г-4 или Г-5 по литьевой технологии в формах-кассетах специальной конструкции. Масса одной плиты до 35 кг, прочность на сжатие 3,5 МПа. Отпускная влажность плит по массе не должна превышать 12%.

Рынок пазогребневых плит (по сравнению с ГКЛ и ГВЛ) растет более уверенным темпом, что, по-видимому, связано со спецификой использования этого вида материалов. По итогам 2012 г. прирост оценивается на уровне 23% — объем производства ПГП составил порядка 10 млн. м^2 . Потенциал роста производства данного вида материалов еще не исчерпан.

По обычной технологии на гипсовых заводах с использованием гипсового вяжущего, содержащего от 60% полугидрата сульфата кальция подача гипсовой суспензии для формования пазогребневых плит производится при расходе 80-82% воды, часть которой выпаривают в тоннельной сушилке горячим воздухом при температуре $> 80^\circ\text{C}$ в течение 12-14 ч, расходуя в качестве теплоносителя природный газ.

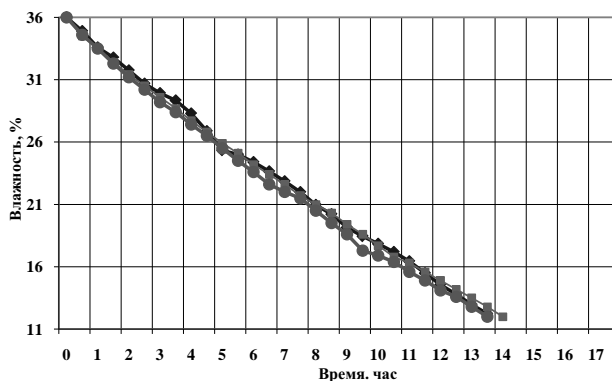


Рисунок 1. Зависимость сушки пазогребневых плит от времени при температуре теплоносителя 80°C ; расстояние между плитами 25 мм. (Пешеланский гипсовый завод).

Исследования по снижению количества влаги, используемой при формировании пазогребневых плит, проводились многими зарубежными фирмами: «Кнауф», «Лафарж», «Сент-Гоббен», однако хороших результатов до сего времени практически не было достигнуто.

Известные предложения исследователей [1] проводить формирование пазогребневых плит при В/Г отношении 0,65-0,75 в присутствии пластифицирующих добавок, а также с использованием сложных композиционных смесей, включающих портландцемент, однако при этом резко возрастала плотность отформованных изделий.

Известны разработки предусматривающие использование пенообразователей в процессе формирования пазогребневых плит [2], что приводило к сложным технологическим процессам и снижению прочности изделий.

Таким образом, известные направления снижения энергозатрат при формировании пазогребневых плит включают в себя:

- формирование изделий при высоком В/Г отношении в интервале 1,0-1,2 и сушки в аэродинамической трубе;
- формирование пазогребневых плит с более низким отношением В/Г, например 0,7; за счет конструктивных решений полых пространств в изделиях;
- введение в формовочную массу суперлегких гидрофобизированных наполнителей;
- поризацию структуры при одновременном упрочнении межпорового пространства и за счет этого снижение В/Г отношения с 0,86 до 0,6.

Последнее направление снижения влажности изделий на наш взгляд выглядит более предпочтительно и приемлемо в условиях производства пазогребневых плит [3,4].

Нами предлагается новая технология (конверсионный способ), с целью снижения теплотрат на выпаривание воды, включает конверсионный способ подготовки гипсового раствора с применением комплексного модификатора КД-1 и модифицированного пенообразователя. Процесс формирования ПГП плотностью от 500 до 950 кг/м³ ведется при В/Г 0,35-0,4 (в обычной технологии В/Г=0,8-0,90).

С использованием гипсовых вяжущих Псебайского завода «КНАУФ ГИПС КУБАНЬ», Пешеланского завода «ДЕКОР-1», Хабезского завода, предприятия «МАГМА» и других проведены исследования по получению пеногипсовых образцов при одинаковой концентрации 0,4% пенообразователей «ПБ-Люкс», «Неопор» и «Пеностром», а также с комплексной модифицирующей добавкой КД-1 в сочетании с указанными пенообразователями той же концентрации.

Результаты исследований пеногипсовых образцов приведены на рис. 2, 3

Из имеющегося опыта производства пеногипсовых материалов и полученных данных следует, что, применение комплексной добавки КД-1 в

сочетании с модифицированными пенообразователями, позволяет получать материал с высокой прочностью от 3,4 до 7,7 МПа при плотности пеногипса в интервале от 500 до 980 кг/м³.

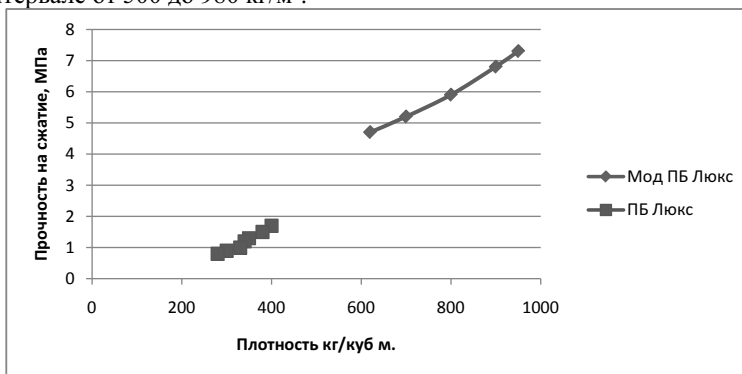


Рисунок 2. Зависимость прочности на сжатие пеногипсовых образцов с использованием добавки КД-1

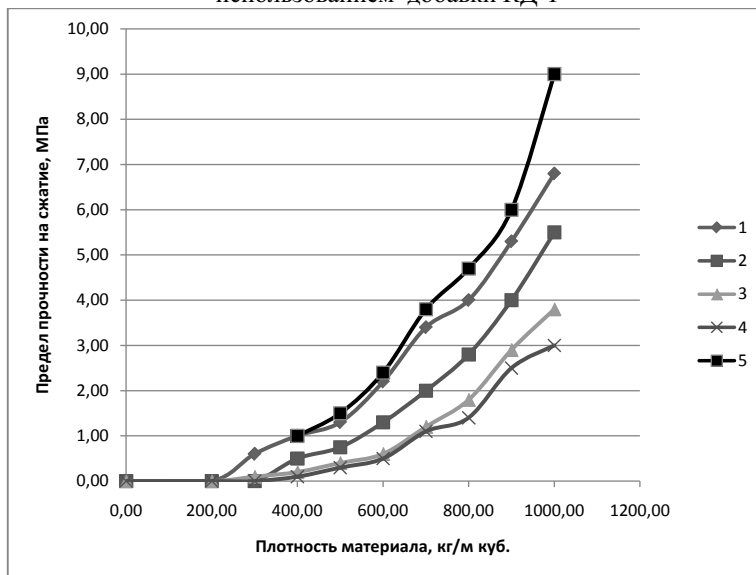


Рисунок 3. Зависимость прочности композиционных гипсовых образцов от объемной массы (изменения объемной массы получены с применением модифицированного пенообразователя)

- 1) Экспериментальные данные, полученные на гипсовом вяжущем Усть-Джегутинского завода с применением предлагаемой технологии
- 2) Теоретические данные, полученные с применением модельных

конфигураций по методике расчета ВНИИСТРОМа [4]

- 3) Экспериментальные данные, полученные по обычной технологии,
- 4) Теоретическая зависимость, полученная с применением расчетов [5,6]
- 5) Экспериментальные данные, полученные на гипсовом вяжущем

Пешеланского гипсового завода в оптимальных условиях с модифицированным пенообразователем ПБ-Люкс и поликарбоксилатной добавки КД-1 при В/Г 0,4.

При В/Г= 0,4 с учетом расхода воды на гидратацию гипсового вяжущего 12-18% и остаточной влажности пазогребневой плиты 12%, стадия сушки может стать становится излишней(табл.1).

Таблица 1

Физико-механические показатели	Заводы						
	Пешеланский	Тырнаузский	Хабезский	Новомосковский	Чебоксарский	КНАУФ Псебайский	Пермский
Марка вяжущего	5	6	5	5	5	5	5
Показатели пазогребневой плиты, получаемой конверсионным способом:							
В/Т	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4
Плотность, кг/м ³	850	950	960	1050	900	980	900
Сроки схватывания, мин начало	6-00	5-20	5-40	6-10	7-50	7-00	5-40
Сроки схватывания, мин конец	9-00	8-00	7-50	8-20	10-00	9-50	10-00
Образец, высушенный до постоянной массы, г.	219	246	274	283	230	282	232
Прочность, МПа на сжатие через 2ч	4,2	5,2	5,4	5,0	5,3	5,7	5,8
Прочность, МПа на сжатие через 7 дней	5,7	7,0	7,5	6,0	6,8	7,9	7,5

Предлагаемая конверсионная технология позволяет получать пазогребневые плиты плотностью 800-1000 кг/м³ при влажности 12% в соответствии с техническими требованиями. Технология значительно сокращает теплотраты на сушку изделий, поскольку приготовление литьевой гипсовой суспензии происходит при В/Г =0,35-0,4. Это означает снижение количества выпариваемой воды в 2-2,5 раза.

Разработана технология с применением конверсионного способа, позволяющая максимально снизить тепло-энергозатраты при производстве облегченных пеногипсовых изделий высокого качества с получением прибыли.

Литература

- 1.Ефимов П.А., Пустовгар А.П. Патент РФ № 2392245 Способ получения пеногипсобетона, опубл. 20.06.2010г.
2. Burkhardt G.W., US № 4265964, Lightweight frothed gypsum structural units. BurkhardtG.W., опубл. 05.05.81.
3. Шиядзава Н. Пеногипсовая композиция для формования методом литья Патент Япония № 58-84165 Заявл. 14.11.81, опубл. 20.05.83.
4. ЛЮ Ц., ЛЕТТКЕМАН Д. М., УИЛСОН Д. В., РЭНДАЛЛ Б. С., ШЕЙК М. П., (US) Патент № 2434024«Быстросохнущие гипсовые изделия», 2010г.
5. Иваницкий В.В.,Сапелин Н.А., Бурьянов А.Ф. «Физико-технические свойства пеногипсовых полов и изделий»,сб. ВНИИЭСМ. Сер., вып. 10, М., 1987г.
6. Пинскер В.А. «Физическая основа параболической зависимости между объемной массой и прочностью ячеистого бетона», Строительные материалы, № 8, 1965,с.27-28
7. Пинскер В.А. «К проектированию состава газобетона с заданной прочностью. Материалы четвертой конференции по ячеистым бетонам», Пенза, декабрь 1967 г. Приволжское книжное издательство. Пензенское отделение. 1969 г.

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРНОГО Al_2O_3 ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

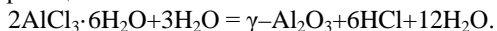
Доманская И.К., Ногина Т.А., Васильев В.Г., Владимирова Е.В.
Уральский федерального университета имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, Уральское отделение Российской академии наук, г. Екатеринбург

В последние годы, наряду с углеродными нанотрубками, применяемыми для решения различных материаловедческих проблем, получили распространение металлические и элемент-оксидные структурные образования с размерами порядка нанометров. Они обладают выраженной биологической и физико-химической активностью, благодаря чему могут применяться в экологических и медицинских целях, технике и технологиях. Масштабы их применения и эффективность использования во многом зависят от способов получения, определяющих стоимость и доступность наномодификаторов для широкого потребителя.

Методы получения наночастиц можно разделить на физические и химические. В физических методах наночастицы собираются из отдельных атомов в результате испарения и последующей конденсации, образуются при высокотемпературном распылении растворов, либо путем измельчения различных материалов с помощью соответствующих устройств. К группе химических методов можно отнести процессы, основанные на восстановлении различных ионов в жидкой фазе с последующим формированием агрегатов нужных размеров или реакциях разложения химических соединений.

В Институте химии твердого тела УрО РАН разработан технологически простой химический способ получения наночастиц оксидов металлов, основанный на реакции термогидролиза [1].

Для получения наноструктурного оксида алюминия использовали следующую методику: навеску хлористого алюминия помещали в реактор и нагревали с одновременной подачей смеси воздуха и водяного пара, в результате чего происходил гидролиз с образованием оксида алюминия и хлороводорода по реакции:



Хлороводород током реакционной газовой смеси выносится из зоны реактора и поступает в резервуар с водой, где, растворяясь, образует соляную кислоту. Для предотвращения выброса хлороводорода в окружающую атмосферу использовали установку замкнутого цикла (рис.1).

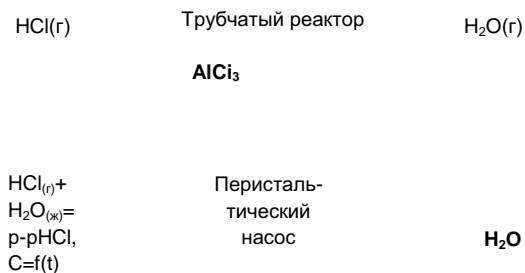


Рисунок 1. Схема установки для получения Al_2O_3 , методом термогидролиза.

Концентрация образующейся кислоты пропорциональна количеству прореагировавшей соли. Таким образом, измеряя любое физико-химическое свойство раствора (в данном случае – электропроводность), можно в любой момент времени следить за глубиной протекания реакции термогидролиза. Изменяя температуру термогидролиза, можно варьировать размер частиц оксида металла; однако, в отсутствии стабилизатора, они быстро агломерируются (рис.2).

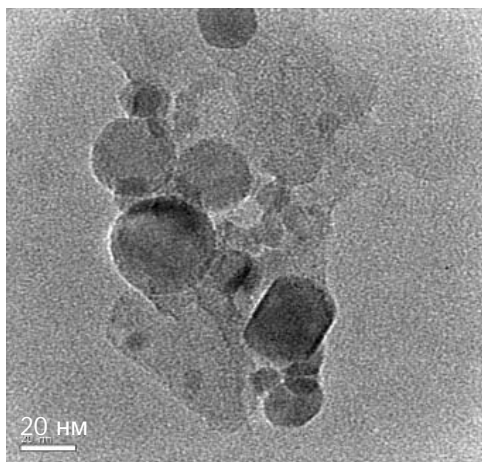


Рисунок 2. Микрофотография наночастиц оксида алюминия

Таким образом, порошок наноструктурного оксида алюминия, поступаая к потребителю, фактически, представляет собой смесь

агломератов. Распределение их по размерам, выполненное на основании данных сканирующей электронной микроскопии, представлено на рисунке 3.

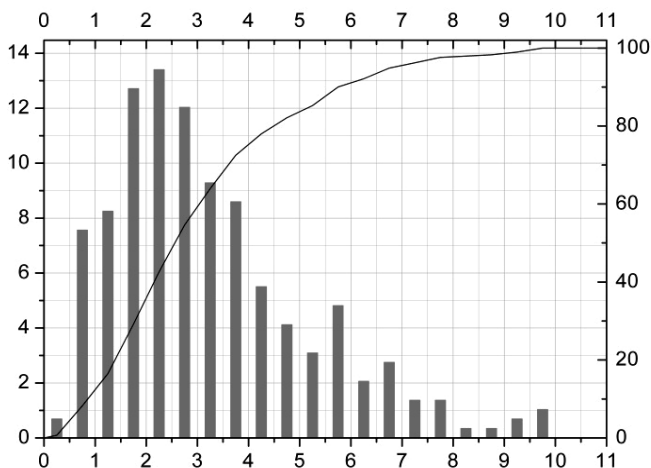


Рисунок 3. Распределение агломератов частиц $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ по размерам

Полученные в результате термогидролиза частицы агломератов оксида алюминия обладают высокой химической активностью и могут найти применение в химической промышленности в качестве катализаторов, а также при разработке керамических и других материалов.

На кафедре Технологии вяжущих материалов и строительных изделий УрФУ проведены исследования по оценке возможности использования полученного наноструктурного Al_2O_3 в качестве модификатора гипсовых вяжущих на примере строительного гипса ОАО «Свердловский завод гипсовых изделий». Расход добавки Al_2O_3 составлял от 0,001 до 0,05 % от массы вяжущего; способ ее введения - с водой затворения. Расход воды составлял 60 % для всех составов и соответствовал величине нормальной густоты теста бездобавочного гипса. Подвижность гипсового теста и сроки схватывания определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 23789.

Установлено, что добавки наноструктурного Al_2O_3 загущают гипсовое тесто и сокращают сроки его схватывания (табл.1).

Для определения прочностных характеристик гипсового вяжущего изготавливали образцы кубической формы 20x20 мм, которые выдерживали в течение суток в воздушных (комнатных) условиях.

Таблица 1
Влияние добавок Al_2O_3 на свойства гипсового вяжущего

№ состава	Кол-во добавки, %	Расплав, см	Начало схватывания, мин	Конец схватывания, мин
1	-	18,5	11	16
2	0,001	16,0	9	13
3	0,005	16,0	9	13
4	0,025	15,5	11	14
5	0,050	15,5	8	11

Затем одну часть образцов испытывали с помощью ручного пресса ПРГ-1; другую – дополнительно высушивали до постоянной массы при температуре 60 °С, охлаждали до комнатной температуры и так же определяли их прочность.

Как показывает проведенный эксперимент, добавки наноструктурного Al_2O_3 в указанном интервале расходов не оказывают существенного влияния на прочность затвердевшего гипсового камня. Некоторое упрочнение образцов, до 6.5 – 8,0 %, по сравнению с контрольным составом, наблюдали только для высушенных образцов (рис.4).

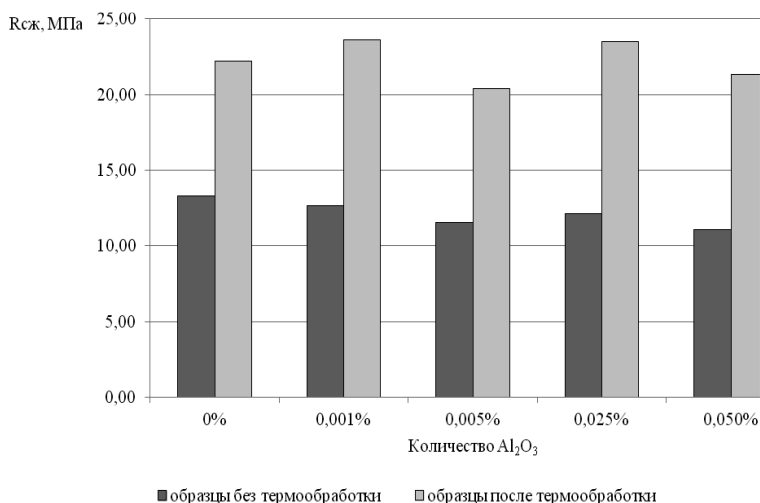


Рисунок 4. Влияние добавок Al_2O_3 на прочность гипсовых образцов

Проверено, также, влияние наноструктурного Al_2O_3 на прочность аналогичного гипсового вяжущего, модифицированного гидрофобизатором ГКЖ 136-157М. Расход гидрофобизатора – 0,3 %, расход оксида алюминия – 0,001 % от массы вяжущего. Образцы – балочки 40х40х160 мм. Определение прочности – в возрасте 2 ч.

Добавка-гидрофобизатор, загущая гипсовое тесто, замедляет сроки его схватывания и, практически, в 2 раза снижает прочностные показатели затвердевшего гипса в нормативные сроки испытаний. Введение в состав вяжущего всего 0,001 % наноструктурного Al_2O_3 позволило несколько компенсировать это влияние (табл. 2).

Таблица 2

Влияние модифицирующих добавок на основные свойства гипсового вяжущего

№ состава	Расход добавок-модификаторов, %		Распływ, мм	Сроки схватывания, минут		R изг, МПа	Rсж, МПа
	$\gamma-Al_2O_3$	ГКЖ 136-157М		начало	конец		
1	-	-	180	6	10	1,3	5,8
2	-	0,3	160	10	18	0,7	3,0
3	0.001	0,3	170	12	15	1.3	3.6

Учитывая относительную простоту изготовления указанного компонента, его можно рекомендовать для дальнейших исследований в качестве наноструктурной добавки в составе строительных материалов на основе минеральных вяжущих, в том числе гипсовых сложномодифицированных систем.

Литература

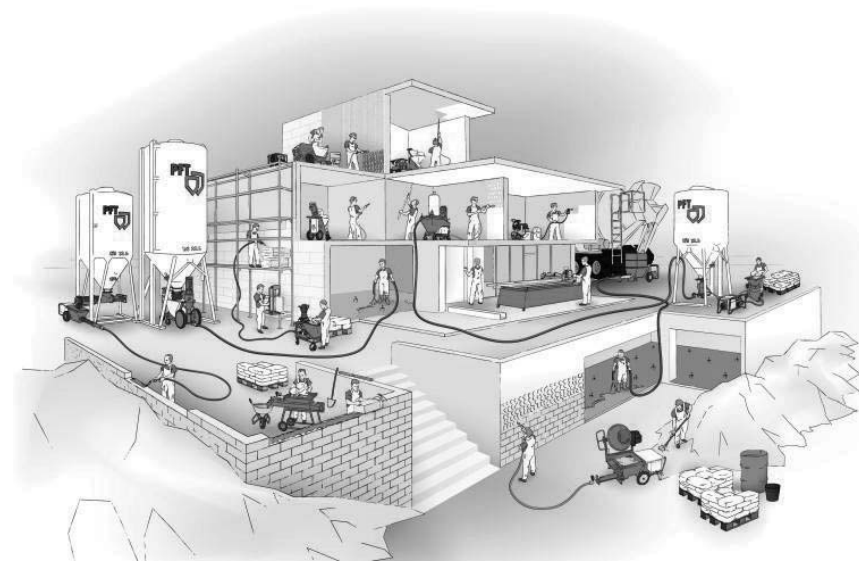
1. Патент № 2384522. Российская федерация. Способ получения наночастиц оксида металла. Васильев В.Г., Баженов А.В., Владимирова Е.В., Кожевников В.Л., Носов А.П., Мохорт Е.С., Чистякова Т.С.

Кнауф PFT. ТЕХНИКА МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Дрыжаков Д.

Строительный рынок России стремительно развивается. Повышение производительности и эффективности труда, сокращение сроков и повышение качества отделочных работ имеют все большее значение в конкурентной борьбе за выгодные заказы.

Компания КнауфPFT предлагает широкий ассортимент техники «MadeinGermany» для механизации различных строительных работ, с некоторыми видами мы постараемся познакомить Вас в этой статье.



ШТУКАТУРНЫЕ МАШИНЫ

КНАУФ - семейная компания, и принцип «семейственности» разработчики перенесли и на оборудование под товарным знаком PFT. Самая известная линия машин компании - **семья штукатурных машин серии «G»**. В 2013 году компания вывела на рынок новое поколение хорошо известных строителям машин серии “G” – машины PFTG4X «neXtgeneration». Новые машины впервые были представлены мировому строительному рынку в апреле 2013 года на крупнейшей в мире выставке строительного оборудования “BAUMA-2013” в Мюнхене и вызвали огромный интерес у участников строительного рынка всего мира.



Линия машин PFTG4X«neXtgeneration» пришла на смену целому ряду модификаций машин PFTG4 (самой распространенной в мире штукатурной машине) и PFTG5, которые после её появления были сняты с производства. Машины нового поколения вобрали в себя все лучшее, чем их предшественницы отличались от конкурентов, при этом получили целый ряд доработок и усовершенствований, которые вывели эти машины на новый уровень качества и эффективности.

Семейство новых штукатурных машин PFT G4X «neXt generation» сегодня выглядит следующим образом:



PFT G4XSmart—простая и надежная штукатурная машина, предназначенная исключительно для производства штукатурных работ. Удобство, надежность и невысокая цена всего за один год сделали эту машину самой популярной на рынке штукатурной техники.

Модульная конструкция позволяет разбирать агрегат за короткое время без применения инструмента таким образом, что два человека способны легко перемещать машину. Машина предназначена как для работы с материалом в мешках, так и в силосных контейнерах.

Производительность	- 6-55 л/мин.
Дальность подачи	- до 50 м.
Общий вес	- 263 кг.

С помощью одной штукатурной машины звено из четырех штукатуров оштукатуривает 150-200 м² поверхностей за одну рабочую смену.



PFT G4XStandard—более дорогая модификация, основным отличием которой от версии Smart является конструктивная возможность устанавливать шнековые насосы типа «R», большего диаметра и большей производительности. Это делает машину незаменимой при производстве работ по заливке наливных самовыравнивающихся полов.

Производительность	- 6-85 л/мин.
Дальность подачи	- до 50 м.
Общий вес	- 271 кг



PFT G4X Super – само название говорит о том, что эта машина принадлежит к премиум сегменту. Дополнительные опции (датчик наличия материала в бункере, резиновая зона смешивания, автоматическая корректировка направления вращения) превращают эту машину в вершину технического совершенства в своей области. Однако за совершенство надо платить – модель самая дорогая в линейке.

Производительность	- 6-85 л/мин.
Дальность подачи	- до 50 м.
Общий вес	- 308 кг

Нередко бывает, что трехфазное напряжение отсутствует на объекте, и строители вынуждены использовать однофазное оборудование. В этом случае на помощь приходит либо однофазная версия штукатурной машины, либо переключаемый вариант **PFT G4X 230/400**, которая может работать как от однофазной, так и от трехфазной сети.

Семья малогабаритных, легких и недорогих машин **PFT RITMO** наверняка заинтересует небольшие строительные компании и бригады, которые производят весь комплекс отделочных работ на сравнительно небольших объектах.

Эти машины позволяют вести работы не только с сухими смесями, но и с готовыми (жидкими) штукатурными и шпаклевочными материалами, красками и грунтовками. Использование таких машин позволит резко повысить эффективность работы бригады и сократить сроки сдачи объекта.

	<p>PFT RITMOM - самая малогабаритная, легко транспортируемая машина нового поколения из семейства штукатурных машин ПФТ. Незаменима для проведения работ на небольших объектах. Машина легко разбирается на модули и перевозится в багажнике легкового автомобиля. Необходимое напряжение в сети 220 В.</p> <p>Производительность - 4-14 л/мин. Дальность подачи - до 15 м. Общий вес - 86 кг.</p>
	<p>PFT RITMOL - усиленная версия машины PFT RITMOM, имеющая такие же габариты, но при этом более мощная, с большей дальностью подачи раствора.</p> <p>Производительность - 1,5-14 л/мин. Дальность подачи - до 20 м. Общий вес - 118 кг.</p>
	<p>PFT RITMOXL - более серьезная и мощная машина, приближающаяся по своим параметрам к машинам семейства «G». Выпускается в трех модификациях: однофазная 220В, трехфазная 380В и комбинированная, работающая как от сети 220В, так и от трехфазной сети 380В.</p> <p>Производительность - 2,4-60 л/мин. Дальность подачи - до 60 м. Общий вес - 220-232 кг.</p>
	<p>RITMO Powercoat - первая шпаклевоочная машина в мире, позволяющая в непрерывном режиме перерабатывать сухую шпаклевку. Оснащение машины запатентованным механизмом домешивания позволяет получить на выходе абсолютно однородный материал без комков.</p> <p>Производительность - 0,8-3 л/мин. Дальность подачи - до 15 м. Общий вес - 100 кг.</p>

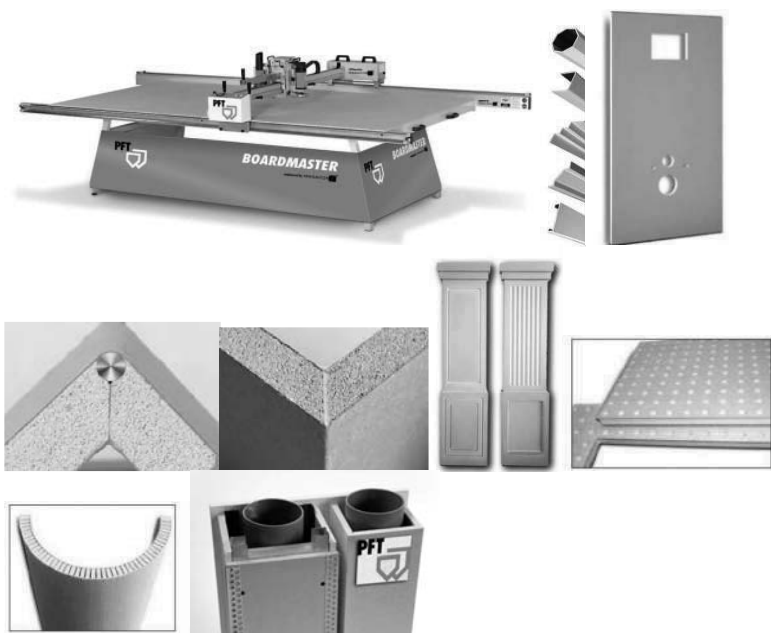
ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫЕ УСТАНОВКИ



PFT SILOMAT - Серия пневмотранспортных агрегатов подающих сухую смесь из силосного контейнера или из мешков непосредственно к штукатурной машине практически на любой этаж в автоматическом режиме. Подача сухой смеси в приемный бункер машины производится через шланг большого диаметра с помощью сжатого воздуха. В этом случае штукатурные машины комплектуются специальной крышкой, устанавливаемой на приемный бункер.

Компания KnaufPFT не только осуществляет поставки техники и запасных частей для партнеров, но и оказывает разностороннюю техническую поддержку - от предоставления печатных информационных материалов, до проведения обучающих практических семинаров.

МОБИЛЬНЫЙ СТОЛ ДЛЯ РЕЗКИ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ



PFT BOARDMASTER XL - мобильный раскройный стол для плитных материалов.

Портативный стол для обработки гипсокартонных листов и похожих материалов размерами 300 x 130 x 4 см (длина x ширина x высота). Его легко использовать, и он превосходно подходит для быстрой, чистой и экономичной обработки различных материалов – особенно в полносборном строительстве.

Целевая группа

- Компании, продающие гипсокартон или стройматериалы, которые в качестве дополнительного сервиса хотели бы на месте предлагать комплектующие элементы для монтажа.
- Большие фирмы, специализированные на сухом строительстве, которые стремятся работать быстрее и эффективнее.
- Оференты предложений гипсокартона, которые хотят предлагать дополнительные продукты высокого качества.

Позволяет получить дополнительную доходность за счет Производства и продажи готовых элементов, а также повышает производительность и качество работ для строителей.

РЫНОК СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Дубровина Г. Г., Губская А. Г.
ЧП «ГАЛА-НЕОН», Государственное предприятие «Институт НИИСМ»,
Республика Беларусь

Как объясняют аналитики, посткризисный 2012 год стал периодом восстановления деловой активности, роста доходов домашних хозяйств, положительной динамики потребительского рынка. Это незамедлительно вылилось в растущий спрос на коммерческую недвижимость. В планах 2013 года заявлен ввод 28 объектов офисной недвижимости общей площадью 249 тыс. м², более 240 складской недвижимости, более 250 тыс. м² торговых площадей, а также развитие рынка отелей Минска в связи с подготовкой к проведению чемпионата мира по хоккею 2014 года (рисунок 1). Эти факторы положительно отразились на росте производства сухих строительных смесей (ССС) (рисунок 2).

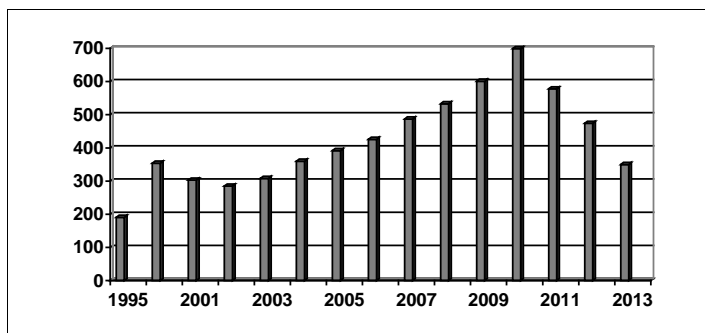


Рисунок 1. Ввод в действие жилых домов на 1000 человек населения
(квadratных метров общей площади)

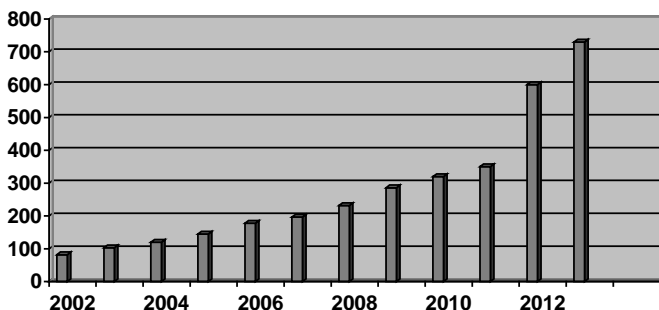


Рисунок 2. Динамика роста ССС, производимых в Республике Беларусь

В начале 90-х г. белорусские производители сухих смесей предлагали строительному комплексу очень узкую номенклатуру продукции: плиточные клея, штукатурки, шпаклевки, системы утепления фасадов. В последние годы номенклатура выпускаемых отечественных сухих смесей существенно изменилась в сторону усложнения составов. Сегодня предприятия Беларуси производят различные защитно-отделочные штукатурки для наружных и внутренних работ, гидроизоляционные составы, самонивелирующие стяжки для полов, фуги и т.д.

Ассортиментный перечень сухих строительных смесей, выпускаемых в Республике Беларусь, в настоящее время представлен следующими видами сухих смесей:

- кладочные – для кладки ячеистобетонных блоков, кирпича, камня;
- монтажные – для монтажа крупных панелей и перегородок;
- клеевые – для укладки облицовочной плитки, приклеивания теплоизоляционных материалов и армирующей сетки в легких штукатурных теплоизоляционных системах;
- затирочные (фуги) – для заполнения швов между облицовочными плитками;
- гидроизоляционные – для устройства вертикальной и горизонтальной гидроизоляции цоколей, подвалов, фундаментов, бассейнов, санузлов, гидросооружений;
- штукатурные защитно-отделочные – для устройства внутренней и наружной декоративной отделки зданий;
- самонивелирующиеся – для устройства стяжек и оснований полов;
- шпатлевочные – для заделки раковин и неровностей на основаниях из бетона и штукатурки;
- окрасочные – для внутренней и наружной отделки зданий;

- штукатурные (выравнивающие) – для выравнивания стен и потолков, они, в свою очередь, подразделяются на:
 - штукатурные легкие – на легких заполнителях;
 - штукатурные водоотталкивающие – для применения в местах с повышенной влажностью;
 - штукатурные ремонтные – для ремонта бетонных и железобетонных конструкций;
 - штукатурные saniрующие – для ремонта бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в местах повышенной солевой агрессией;
 - грунтовочные – для улучшения сцепления отделочных слоев с основанием.

В зависимости от типа используемого связующего можно разделить рынок ССС на следующие сегменты (рисунок 3а)

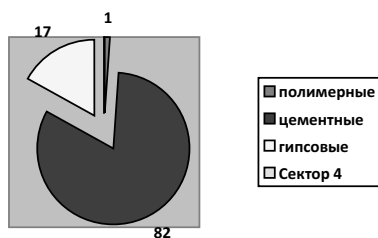


Рисунок 3а

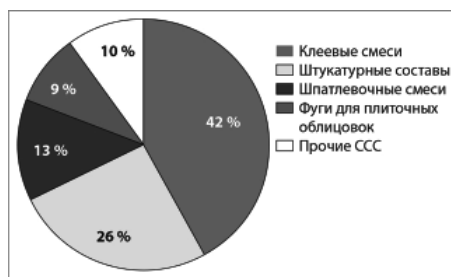


Рисунок 3. Соотношение видов ССС, выпускаемых в Республике Беларусь

Производство сухих смесей в Беларуси становится отдельным направлением промышленности строительных материалов. Уже в 2013 г. по аналитическим данным ведущих производителей ССС специализированные предприятия произвели примерно 730 тыс. тонн отечественных сухих смесей (рисунок 3). До 2011 года в республике насчитывалось около 35 производств ССС, в настоящее время количество их значительно уменьшилось за счет происходящих тенденций в отрасли: стратегии синергизма, реструктуризации и реорганизации цехов и неавтоматизированных производственных площадок. Порядка 75% рынка ССС приходится на 5 компаний: ПТ ООО «Тайфун» группы компаний ATLAS, ООО «Илмакс», ОАО «Красносельскстройматериалы», компанию «Церезит», ООО «Сармат».

Анализ показывает, что белорусские сухие строительные смеси могут быть востребованы преимущественно на российском рынке, что обусловлено в первую очередь географической близостью соседнего государства, а также спросом данных продуктов на местных стройках.

Гипсовые вяжущие вещества и материалы на их основе обладают рядом ценных качеств. Производство гипсовых вяжущих нетоксично, требует низких удельных расходов топлива и энергии (примерно в 4-5 раз меньше по сравнению с производством цемента), материалы на основе гипсовых вяжущих характеризуются высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами, огне- и пожаробезопасны, легкие, могут использоваться в качестве декоративных элементов для архитектурных решений внутренней отделки помещений. Особенно следует отметить, что использование гипсовых материалов для внутренней отделки обеспечивает благоприятный климат внутри помещений за счет способности материала "дышать" - легко поглощать влагу и отдавать ее.

В большей степени это относится и к ССС на основе гипсового вяжущего, которые обладают рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с другими видами ССС:

- изготавливаются из экологически чистого природного минерала;
- регулируют влажностный режим в помещении и создают благоприятный микроклимат;
- имеют низкую теплопроводность;
- не дают усадки и не образуют трещин;
- имеют высокую адгезию;
- растворы гипсовых ССС просты в работе ;
- отделяемая гипсовыми ССС поверхность характеризуется высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами, огне- и пожаробезопасностью;
- пониженный расход материала в сравнении с цементными растворами аналогичного назначения;

- применение гипсовых сухих смесей для отделки обеспечивает снижение трудозатрат более чем в 2 раза по сравнению с цементными растворами.

Несмотря на несомненные преимущества, гипсовые материалы имеют ограниченное применение в строительстве, не соответствующее их потенциальным возможностям: их применение в Беларуси в настоящее время в значительной мере уступает ССС на цементной основе. Причиной такого положения является недостаточная осведомленность строителей об опыте производства и применения материалов и изделий на основе гипсовых вяжущих в отечественном и зарубежном строительстве.

Общее потребление гипсовых ССС в Беларуси в 2013 году по оценкам ведущих производителей ССС составляет порядка 100 тыс.т. Программа импортозамещения, реализуемая в настоящее время в Республике Беларусь, способствовала практическому отсутствию на рынке ССС импортных сухих смесей на основе цемента. Однако импорт гипсовых сухих смесей в 2013 году составил около 10% от общего потребления ССС в Беларуси. Одной из основных причин этого является отсутствие собственной сырьевой базы для производства гипсового вяжущего. Весь гипсовый камень, используемый белорусскими заводами для производства гипсового вяжущего, часть которого используется для производства сухих смесей, является импортным. Как показывает анализ, объем производимого гипсового вяжущего в Беларуси, не оказывает заметного влияния на объем внутреннего потребления ССС на его основе.

В настоящее время база технических нормативных правовых актов (ТНПА) в республике приводится в соответствие с Евростандартами - документами, действующими в ЕС. В Западной Европе действующие стандарты адаптированы к высокотехнологичным решениям строительных работ и способствуют обеспечению научно-технического прогресса в строительстве и социальному эффекту. В Беларуси в настоящее время введены в действие только несколько СТБ, соответствующих EN (СТБ EN) на ССС, однако быстрый полный переход на Евростандарты пока не получается. В значительной степени отличаются белорусские ТНПА и от стандартов стран СНГ (в основном России). Отсутствие или недостаточность нормативной базы ССС является в значительной степени сдерживающим фактором развития отрасли.

В Беларуси основной объем сухих смесей на основе гипсового вяжущего производится ПТ ООО «Тайфун» группы компаний ATLAS, в меньшем объеме - ООО «Илмакс».

Конкуренцию перечисленным выше компаниям по производству и реализации на белорусском и российском рынке гипсовых сухих смесей в недалеком будущем может составить ОАО «БЕЛГИПС»:

- во-первых доля государства в ОАО «БЕЛГИПС» переходит к корпорации «ВОЛМА», которая успешно развивается на рынке

строительных материалов России и стран СНГ, занимая на рынке России 1 и 2 место с долей от 15 до 40 %, выпускающая более широкий ассортимент гипсовых материалов, чем ОАО «БЕЛГИПС». Это позволит существенно расширить номенклатуру выпускаемой ОАО «БЕЛГИПС» продукции. Будет решена и важнейшая для ОАО «БЕЛГИПС», как и для других производителей гипсовых сухих смесей, проблема – обеспечение предприятий сырьем с постоянным составом за счет использования гипсового камня ООО «Кастрыжевский комбинат строительных материалов», входящего в группу предприятий «ВОЛМА», что позволит организовать выпуск продукции высокого качества;

- во-вторых, на новой площадке в окрестностях г. Минска будет построен новый завод, где предусматривается использование оборудования ведущих европейских производителей: гипсоварочного оборудования компании «Клаудиус Петерс» (Германия) или «Эришим Макина» (Турция), завода сухих строительных смесей компании «Дубрава» (Австрия). На этом же заводе будет организовано производство и легкого заполнителя – вспученного перлита, что также позволит снизить зависимость от поставщиков сырья и обеспечить постоянство его качества. Использование современных технологий производства позволит значительно улучшить качество выпускаемой продукции, которое не будет отличаться от продукции мировых лидеров – продукции, производимой фирмами Lafarge, Knauf, Rigips, Gyproc;

- в-третьих, реализация произведенной продукции может осуществляться через дилерскую сеть корпорации «ВОЛМА».

Таким образом, ОАО «БЕЛГИПС» совместно с корпорацией «ВОЛМА», становится весомым игроком на рынке производителей гипсовых сухих смесей в Беларуси и России.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВЫХ ОТХОДОВ

Камаев Д.К., Морозова Н.Н., Майсурадзе Н.В.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Одним из основных строительных материалов является вяжущее вещество, которое служит основой строительства и используется для соединения в одну монолитную массу отдельных составных частей изделий. Часть занимают материалы на основе гипсового вяжущего.

В условиях рыночной экономики происходит быстрое развитие производства материалов и изделий, обеспечивающих значительное снижение массы возводимых зданий, энергосберегающих технологий, а также рост экологически безопасных материалов и изделий. Если рассматривать гипсовые материалы и изделия с позиции этих тенденций, то они находятся в более предпочтительном положении по сравнению с другими аналогичными широко применяемыми в настоящее время.

Обусловлено это повсеместным распространением природного гипсового сырья и гипсосодержащих отходов, простотой и экологичностью их переработки в гипсовые вяжущие, а последних - в гипсовые материалы с более низкими, по сравнению с другими минеральными вяжущими и изделиями, расходами топлива и энергии (соответственно в 4 и 5 раз меньше, чем на производство, например, цемента); низкими удельными капиталовложениями и металлоемкостью оборудования гипсовых предприятий по сравнению с цементными (соответственно в 2 и 3 раза меньше), что особенно важно при организации производства на предприятиях средней и малой мощности [1].

Современная стратегия развития жилищного строительства рассматривает одну из основных задач - повышение эффективности бетонов, используемых при изготовлении ограждающих изделий и конструкций [2]. Для таких изделий одним из основных показателей является теплопроводность материала.

В настоящей работе приводятся результаты изучения теплопроводности гипсовых материалов с различным содержанием пенополиуретановых отходов. Пенополиуретановые отходы представляют собой измельченный материал в виде крошки фракции до 10 мм, которые образуются при производстве пенополиуретановых плит.

В качестве вяжущего выбрано гипсовое марки Г6. Выбор обусловлен близкими значениями рН среды вяжущего и пенополиуретанового материалов [3,4].

Определение коэффициента теплопроводности проводили двумя методами. Зондовым методом выполняли на образцах размером 70x70x280 мм по методике ГОСТ 30256-94 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом», который основан на зависимости температуры внедренного в материал нагреваемого тела

(цилиндрического зонда) от теплопроводности окружающего зонд материала. Вторая методика принята по ГОСТ 7076-99 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме». Сущность метода заключается в создании стационарного теплового потока, проходящего через плоский образец определенной толщины и направленного перпендикулярно к лицевым (наибольшим) граням образца, измерении плотности этого теплового потока, температуры противоположных лицевых граней и толщины образца. Для этого подготовлены образцы размером 100x100x15 мм.

При определении теплопроводности зондовым методом использован измеритель теплопроводности МИТ-1, а методом теплового потока - измеритель теплопроводности ИТС-1.

В ходе выполнения эксперимента было установлено, что оценка теплопроводности методом цилиндрического зонда показала большой разброс значений, в силу чего эти результаты не приводятся.

Составы наполненных вяжущих и полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Составы и свойства наполненных вяжущих

№ состава	Соотношение Вяжущее : ППУ	В/ В	Плотность камня, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/м °С
1	контрольный	0,75	1100	0,354
2	10 : 1	0,97	760	0,195
3	5 : 1	1,45	420	0,105
4	(5 : 1)*	1,15	830	0,202

*- состав на гипсоцементнопуццоловом вяжущем (ГЦПВ).

Как видно из приведенных результатов (табл.1) введение ППУ -крошки приводит к значительному увеличению водопотребности смеси. При подготовке контрольных образцов из третьего состава наблюдалось комкование массы и ухудшение удобоукладываемости. Введение ППУ-крошки 9% и 18% по массе в гипсовое вяжущее приводит к снижению плотности на 30% и 60% соответственно, при этом значение коэффициента теплопроводности снижается в 1,8 и 3,4 раза. Однако, прочностные показатели составов с введением ППУ-крошки снижаются. Оптимальным может быть принят второй состав, который показал прочность при сжатии $R_{сж} = 3,1$ МПа. Согласно ГОСТ 31377-2008 «Смеси сухие строительные штукатурные на гипсовом вяжущем. Технические условия» предел прочности при сжатии затвердевших смесей должен быть не менее 2,0 МПа.

Исследование смесей на основе ГЦПВ (состав 4) показали меньшие значения плотности и теплопроводности, чем на чистом гипсовом вяжущем (состав 1), но большие, чем аналогичный состав на гипсовом вяжущем (состав 3).

Таким образом, ППУ-крошка может быть утилизирована в производстве сухих строительных смесей на основе гипсовых вяжущих для получения, в первую очередь, «теплых» штукатурок, а также для снижения массы.

Литература

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В.Ферронской.- М.: Издательство АСВ, 2004, 488 с.
2. Рахимов Р.З. Развитие и размещение производственных сил промышленности строительных материалов Республики Татарстан на период 2008-2030 годы // Строительные материалы, 2008, № 5, -С. 4.
3. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества. Технология и свойства. - М. : Эколит, 2011. – 480 с.
4. Мубаракшина Л.Ф. Усиление карбамидных пенопластов активными наполнителями /автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. - Казань: КГАСУ, 2008. - 21с.

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ СТЕНОВЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Козлов Н.В., Панченко А.И., Бурьянов А.Ф.,
ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

Гипсовые материалы по сравнению с гидравлическими вяжущими отличаются пониженными показателями прочности и водостойкости, что ограничивает их применение областью внутренней отделки помещений с относительной влажностью не более 60 %.

В настоящее время наметились три основных направления повышения водостойкости гипсовых изделий:

- уменьшение растворимости затвердевшего гипса;
- изменение капиллярно-пористой структуры гипсового камня с целью уменьшения водопоглощения и водопроницаемости;
- поверхностная гидрофобизация, пропитка и поверхностная защита материалами, препятствующими водонасыщению гипсовых изделий.

Представляется, что более перспективны первые два пути, так как в этих случаях повышается водостойкость материала по всему объему и его эксплуатационная надежность независимо от случайных повреждений поверхности изделий или конструкций.

Для реализации этой задачи используются различные добавки, но наиболее эффективными следует считать те, которые позволяют одновременно снизить растворимость гипса и уменьшить водопроницаемость гипсового камня или бетона.

Введение техногенных отходов и побочных продуктов различных производств в состав минеральных вяжущих и материалов на их основе позволяет повысить экономическую, технологическую и экологическую эффективность их применения. Наиболее эффективным использование отходов или побочных продуктов можно считать, когда одновременно появляется возможность управления структурой и свойствами строительных материалов.

Для выполнения вышеупомянутых задач в настоящей работе предлагается возможность использования добавки к гипсовому вяжущему на основе микрокремнезема или биокремнезема и карбидного ила, пластифицирующей добавки, хотя с разной эффективностью (рисунок 1).

Изучение свойств исходного гипса, а также многокомпонентных гипсовых вяжущих осуществлялось с использованием методов испытаний, регламентированных действующей нормативной документацией. Все составы многокомпонентных гипсовых вяжущих приготавливались из теста нормальной густоты исходного гипса. Испытания гипсовых вяжущих осуществлялось по ГОСТ 23789-79 «Вяжущие гипсовые. Методы

испытаний». Коэффициент размягчения гипса и многокомпонентного гипсового вяжущего определялся по ТУ 21-31-62-89.

В результате чего, получен материал, отличающийся от исходного гипса повышенными прочностными характеристиками и водостойкостью. Данный эффект обеспечен более мелкопористой структурой затвердевшего камня с меньшим количеством пор и капилляров, сообщающихся с внешней средой в сравнении с исходным гипсовым вяжущим. А так же образованием за счет взаимодействия активных SiO_2 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$, входящих в состав добавки, малорастворимых низкоосновных гидросиликатов кальция, затрудняющих проникновение влаги извне в гипсовый камень.

При оптимальном соотношении компонентов добавки использование микрокремнезема и карбидного ила позволяет повысить прочность исходного гипса в водонасыщенном состоянии в 2,1 раза, прочность в высушенном состоянии в 1,4 раза, а при использовании биокремнезема и карбидного ила в 2,1 и 1,5 раза - соответственно в водонасыщенном и высушенном состояниях.

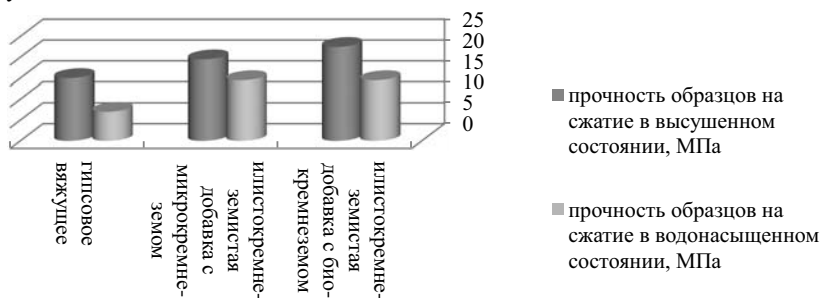


Рисунок 1. Сравнение эффективности использования микрокремнезема и биокремнезема в качестве компонентов илестокремнеземистой добавки

В ходе эксперимента были подготовлены образцы на основе полуводного гипса марки Г5, карбидного ила, кремнеземистой составляющей (микрокремнезем и биокремнезем) и пластифицирующей добавки в различных пропорциях. Исследование чистых смесей кремнеземистой составляющей (микрокремнезем и биокремнезем) и карбидного ила показало, что наибольшей прочностью обладают смеси в диапазоне $\text{SiO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$ от 1 до 1,2 – для илестокремнеземистой добавки с использованием микрокремнезема и карбидного ила и в диапазоне $\text{SiO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$ от 0,5 до 0,7 – для илестокремнеземистой добавки с использованием биокремнезема и карбидного ила, что соответствует и результатам стехиометрического расчета количества вступающих в реакцию SiO_2 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (таблица 1).

Таблица 1

Результаты исследования зависимости гидравлической активности микрокремнезема и биокремнезема от отношения $\text{SiO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$

Наименование	Гидравлическая активность илестокремнеземистой добавки при соотношении $\text{SiO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$								
	,5	,6	,7	,8	,9	,0	,1	,2	
Гидравлическая активность микрокремнезема, МПа	9,9	3,3	5,1	5,7	6,3	6,8	7,5	7,0	
Гидравлическая активность биокремнезема, МПа	8,1	8,7	8,3	7,9	7,3	6,6	5,1	3,2	

Для установления оптимума количества вводимой в гипс илестокремнеземистой добавки с целью получения водостойкого (с коэффициентом размягчения более 0,8) гипсового вяжущего были исследованы прочностные характеристики в зависимости от дозировки добавки. В ходе эксперимента дозировка илестокремнеземистой добавки варьировалась от 5 до 35 % от массы исходного полуводного гипса.

Основываясь на накопленных в ходе исследования рецептурах многокомпонентного гипсового вяжущего было установлено, что оптимальное количество вводимой в гипс илестокремнеземистой добавки находится в пределах от 20 до 30% от массы гипсового вяжущего.

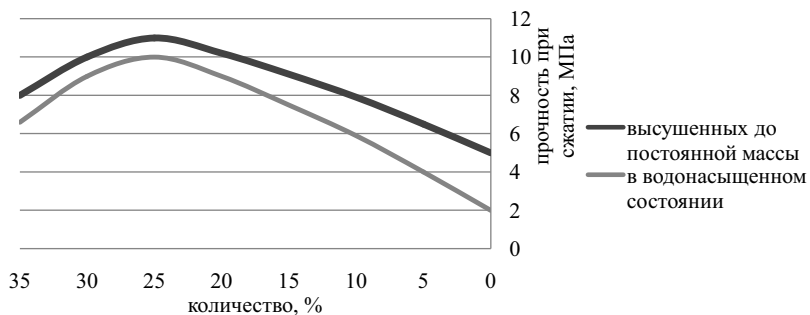


Рисунок 2. Прочность при сжатии образцов многокомпонентного гипсового вяжущего в зависимости от количества илестокремнеземистой добавки

Для определения влияния условий твердения на свойства гипсовых вяжущих на основе промышленных отходов были выбраны различные условия твердения: 1) естественно-сухие условия 28 суток – ЕСУ; 2) тепло-влажностная обработка при температуре 80 °С (8 часов) – ТВО; 3) нормальные условия (камера нормального твердения) 28 суток – НУ.

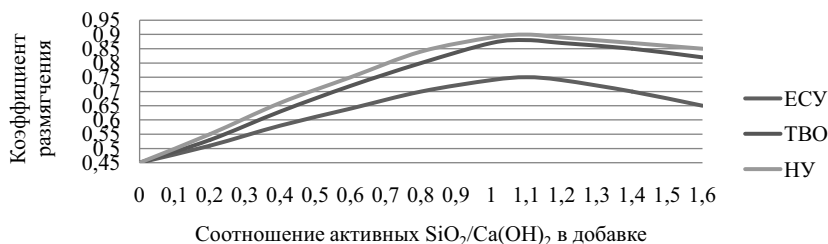


Рисунок 3. Изменение прочности водонасыщенных образцов с добавкой на основе микрокремнезема и карбидного ила при различных условиях твердения в зависимости от соотношения активных $\text{SiO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$ в добавке

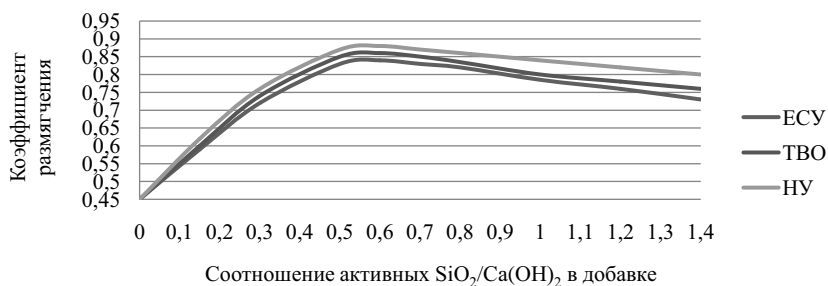
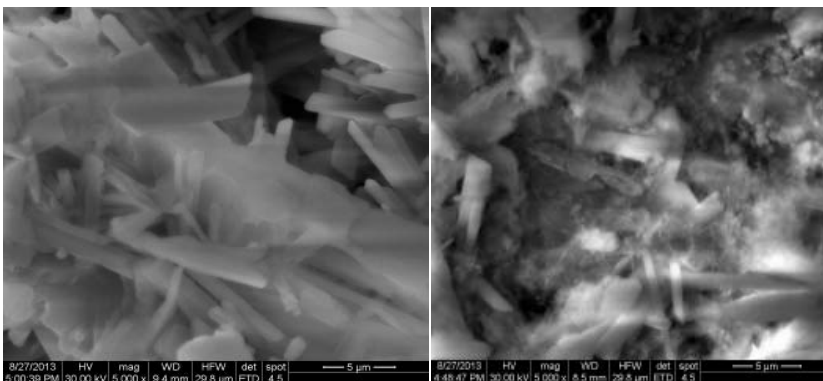


Рисунок 4. Изменение прочности водонасыщенных образцов с добавкой на основе биокремнезема и карбидного ила при различных условиях твердения в зависимости от соотношения активных $\text{SiO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$ в добавке

Установлены закономерности влияния условий твердения на физико-механические свойства затвердевших гипсовых вяжущих повышенной водостойкости на основе промышленных отходов, при которых для получения материала с повышенной водостойкостью при использовании илестокремнеземистой добавки на основе микрокремнезема и карбидного ила требуется проведение ТВО или его выдержка в нормальных условиях в течение 28 суток. Применение илестокремнеземистой добавки на основе биокремнезема и карбидного ила не требует особых условий твердения.

Замедленная скорость сушки и кинетика водопоглощения образцов гипсового вяжущего повышенной водостойкости на основе промышленных отходов позволила сделать предположение, что структура затвердевшего материала более мелкопористая с меньшим количеством пор и капилляров, сообщающихся с внешней средой. Результаты исследований поровой структуры, проведенных на анализаторе удельной поверхности и размеров пор показали, что основной объем пор многокомпонентного гипсового вяжущего составляет $0,019 - 0,075 \text{ см}^3/\text{г}$, а у исходного гипса – $0,141 \text{ см}^3/\text{г}$, что позволяет характеризовать структуру материала с применением илестокремнеземистой добавки как мелкопористую. Общая пористость гипсового камня на основе многокомпонентного гипсового вяжущего приблизительно одинакова с общей пористостью обычного гипсового камня (37% и 36% соответственно), но открытых пор у гипсового вяжущего на основе промышленных отходов (с добавлением илестокремнеземистой добавки) значительно меньше (15% и 25% соответственно), что может привести к повышению морозостойкости гипсового вяжущего.



Гипсового вяжущего Смешенного гипсового вяжущего
Рисунок 4. Микроструктура затвердевшего камня образцов

На снимках образцов с добавлением илестокремнеземистой добавки, полученных с помощью электронного микроскопа при увеличении 5000 раз, пространство между крупными четкими призматическими кристаллами двуводного гипса, заполнено переплетенными волокнами тоберморитоподобныхнизкоосновныхгидросиликатов кальция.

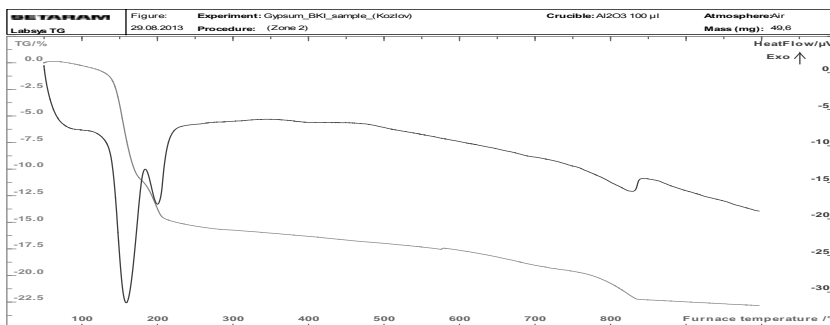


Рисунок 5. Термографическая кривая для образца смешенного гипсового вяжущего

На термографической кривой для образца водостойкого гипсового вяжущего на основе промышленных отходов в интервале температур 75-90 °С наблюдается незначительная потеря массы за счет обезвоживания C-S-H (I) и испарения несвязанной воды. Зафиксирован заметный экзотермический эффект в интервале температур 830-840 °С, соответствующий переходу продуктов обезвоживания C-S-H (I) в воластонит.

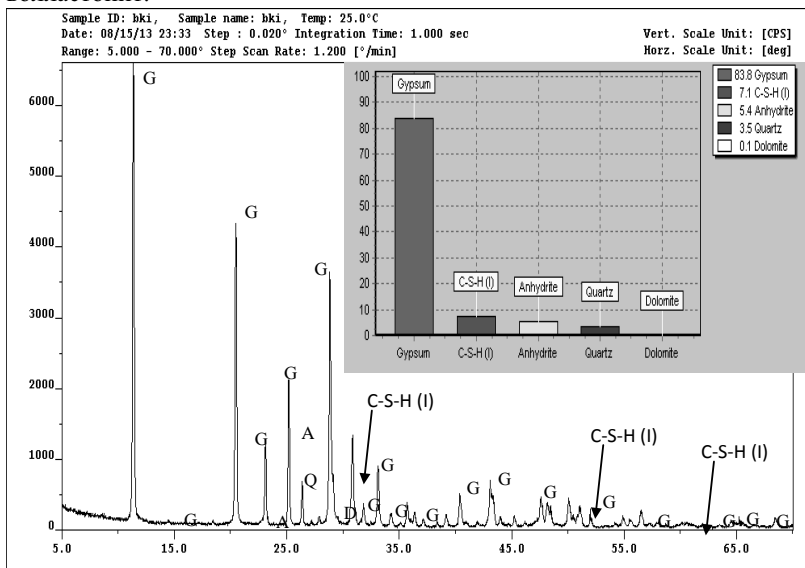


Рисунок 6. Дифрактограмма образца смешенного гипсового вяжущего, совмещенная с его фазовым составом. G=двуводный гипс, A=ангидрит II, Q=кварц, D=доломит

На дифрактограмме образца с добавлением илистокремнеземистой добавки наблюдается ряд дифракционных максимумов с $d = 3,04 \text{ \AA}$; $2,84 \text{ \AA}$; $1,88 \text{ \AA}$, соответствующий закристаллизованным низкоосновным гидросиликатам кальция C-S-H (I) в концентрации 7,1 (5) % по массе образца.

Таким образом, использование промышленных отходов позволило получить водостойкий материал отличающийся от исходного гипсового вяжущего, повышенными физико-механическими свойствами (прочностью, водостойкостью и морозостойкостью), который пригоден для использования, как в помещениях с относительной влажностью более 60 %, так и для ограждающих конструкций (с коэффициентом размягчения более 0,8 при оптимальном соотношении компонентов).

БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЙ ТЯЖЕЛЫЙ БЕТОН ДЛЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Коровяков В.Ф., Чумаков Л.Д.

Московский государственный строительный университет

В настоящее время бетоны на гипсовых вяжущих не используются для изготовления несущих конструкций, за исключением несущих стен малоэтажных зданий из различных бетонов на основе водостойких гипсовых вяжущих.

В лабораториях МГСУ и НИИМосстроя проведены исследования тяжелых бетонов на основе композиционных гипсовых вяжущих (КГВ).

Для разработки составов тяжелых бетонов использовали КГВ марок М20 на основе золы и М25 на основе граншлака, гранитный и известняковый щебень, кварцевый песок. Образцы формовались из виброуплотняемой и литой бетонных смесей.

Подбор составов тяжелого бетона на начальном этапе исследований осуществлялся расчетно-экспериментальным методом в следующей последовательности:

- выбор исходных данных и компонентов бетонной смеси;
- назначение предварительного расхода вяжущего в соответствии с предварительными опытами;
- определение расхода воды, обеспечивающего заданную удобоукладываемость бетонной смеси экспериментальным путем;
- вычисление расхода заполнителей по известным формулам (метод абсолютных объемов);
- приготовление опытных замесов (по три на каждый состав, отличающиеся расходом воды) и уточнение расхода воды для обеспечения заданной удобоукладываемости;
- установление зависимостей между расходом КГВ и прочностью, а также между прочностью бетона и величиной водовяжущего отношения;
- проверка полученных зависимостей экспериментально и их математическое выражение.

Для удобства работы с бетонными смесями при их приготовлении вводили замедлитель схватывания в количестве, обеспечивающем замедление схватывания на 12...15 мин.

Результаты определения составов тяжелых бетонов приведены в табл.

1.

Таблица 1

Основные свойства тяжелых бетонов на КГВ на гранитном щебне

Марка КГВ	В/Вяз	Удобоукладываемость бетонных смесей		Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте при нормальных условиях твердения				Коэффициент размягчения	Коэффициент водостойкости
		Жесткость, с	Подвижность (ОК), см		3 ч	3 сут	7 сут	28 сут		
Расход КГВ 300 кг/м ³										
КГВ20	0,49	30-40		2410	7,5	10,3	13,3	19,9	0,90	0,94
	0,65		4...6	2370	6,4	9,5	10,1	15,4	0,85	0,92
	0,72		12...14	2365	4,5	7,0	8,5	12,5	0,83	0,91
КГВ25	0,47	30-40		2410	8,7	12,3	15,3	23,6	0,88	0,95
	0,60		4...6	2390	7,2	9,7	11,8	18,3	0,86	0,93
	0,70		12...14	2400	5,2	9,2	11,5	16,8	0,84	0,92
Расход КГВ 400 кг/м ³										
КГВ20	0,45	30...40		2433	9,5	13,4	17,5	26,8	0,92	0,95
	0,55		3...4	2395	8,4	12,0	15,0	24,0	0,88	0,94
	0,65		16...18	2388	7,4	10,4	13,5	20,4	0,86	0,93
КГВ25	0,4	30...40		2425	11,5	17,5	21,0	32,3	0,94	0,96
	0,5		3...4	2415	9,2	14,3	17,5	26,9	0,92	0,95
	0,65	16...18		2420	10,3	13	16,5	25,5	0,89	0,92

Результаты исследований свидетельствуют, что прочность на сжатие тяжелого бетона определяется активностью вяжущего, величиной водовяжущего отношения, а также видом и качеством заполнителей. Получены тяжелые бетоны классов В7,5...В35 (марки 100...400) при расходах КГВ от 300 до 500 кг/м³ в зависимости от удобоукладываемости бетонной смеси.

Усредненные характеристики тяжелых бетонов на КГВ, изученных в работе, приведены в табл.2.

Таблица 2.

Основные характеристики тяжелого бетона на основе КГВ

Наименование показателей	Величина показателя для класса бетона по прочности на сжатие				
	В7,5	В10	В15	В20	В25
Средняя прочность при сжатии, МПа	10,5...11,2	13,5...15,0	18,5...21,0	25,0...27,5	27,5...32,5
Начальный модуль упругости, МПа*10 ⁻³	9,5...13,0	13,0...16,0	16,5...20,0	27,0	30,0
Морозостойкость, циклы	50	75	100	100	130
Водопоглощение, % по массе	8...10	6...8	5...7	4...6	4...5
Водостойкость, Кр	0,88...0,95	0,90...0,95	0,90...0,95	0,90...0,95	0,90...0,95

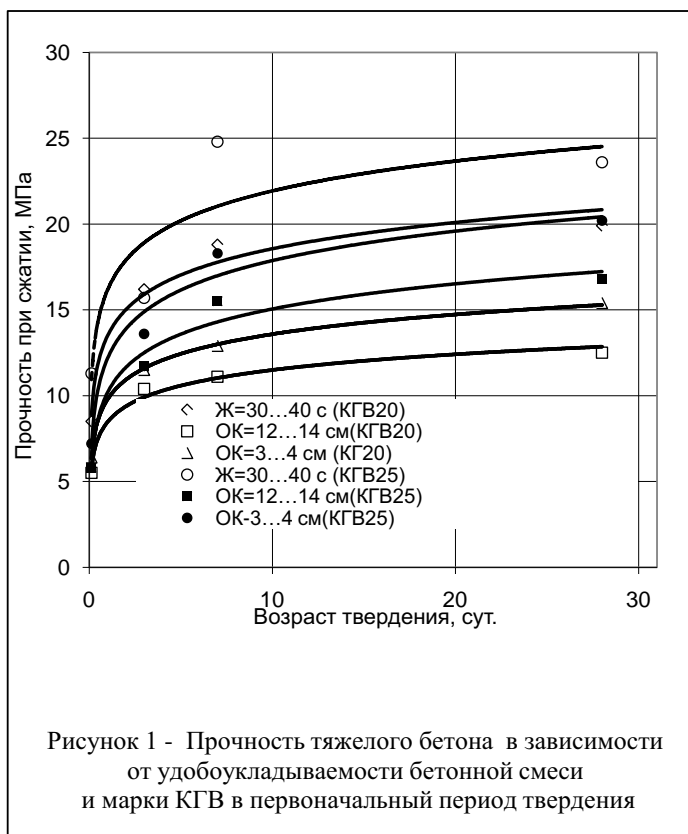
Полученные данные позволили констатировать, что тяжелые бетоны на КГВ обладают свойствами, характерными для бетонов на портландцементе соответствующих классов по прочности. Кроме того, они быстро твердеют и для изготовления изделий не требуют тепловой обработки.

На рис. 1 показана кинетика роста прочности тяжелых бетонов на КГВ, полученных из бетонных смесей с различным водосодержанием.

Установлено, что чем ниже водо-вяжущее отношение, тем быстрее набирается прочность. Бетонная смесь с добавкой замедлителя схватывания и уплотняемая вибрированием, приобретает 40 % марочной прочности в течение 30...35 минут после начала схватывания.

Удобоукладываемость бетонных смесей на КГВ зависит от водосодержания и от расхода вяжущего, то есть от реологических свойств вяжущей пасты из КГВ и воды. Структурная вязкость пасты(теста) из КГВ значительно меньше, чем теста из ГЦПВ, что предопределяет снижение ее количества в бетонной смеси без ухудшения удобоукладываемости. Поэтому бетонные смеси на основе КГВ обладают значительно лучшей удобоукладываемостью, чем ГЦП бетонные смеси. Отмеченные отличия

структуры камня из КГВ обеспечивают получение бетонов с меньшим расходом вяжущего по сравнению ГЦП бетонами.



Зависимость прочности тяжелого бетона от расхода вяжущего, полученная в результате статистической обработки результатов методом наименьших квадратов, носит экспоненциальный характер при расходах вяжущего от 240 до 440 кг/м³. Так, марочная прочность тяжелого бетона на основе КГВ 20 и ОК=14...18 см в зависимости от расхода вяжущего описывается уравнением

$$R_{28} = 0.46e^{0.0084x},$$

а бетона на основе КГВ 25 –

$$R_{28} = 0.292e^{0.0103x}.$$

Зависимость прочности бетона на КГВ от Ц/В (вяжуще-водного отношения) имеет линейный характер практически на таком же

промежутке значений Ц/В как и для бетонов на портландцементе. Эта зависимость удовлетворительно описывается формулой

$$R_6 = AR_{ц}(\text{Ц/В}-B)$$

Значения коэффициентов А и В не являются постоянными величинами и изменяются в зависимости от характеристик использованных материалов. Для изученного бетона на КГВ данная формула принимает вид

$$R_6 = 1,22R_{ц}(\text{Ц/В}-0,78);$$

$$R_6 = 1,3R_{ц}(\text{Ц/В}-0,9);$$

Таким образом, тяжелый бетон на КГВ подчиняется практически тем же законам, что и бетон на портландцементе. Формулы прочности тяжелого бетона на КГВ и другие свойства идентичны свойствам аналогичного бетона на ГЦПВ, изготовленном на высокопрочном гипсовом вяжущем. Поэтому можно рекомендовать использовать для расчетов рекомендации, разработанные для таких бетонов.

На основе КГВ, приготовленного по известной технологии с применением высокоэффективного пластификатора на основе карбоксилатных полимеров, в заводских условиях была приготовлена бетонная смесь с ОК=18 см, из которой формовали плиту перекрытия и контрольные образцы. В качестве заполнителей использовали гранитный щебень фракции 3 – 10 мм и рядовой песок с Мк=2,4.

Образцы испытывали в разные сроки твердения. Прочность образцов через 30 мин после конца схватывания составляла 5 МПа, через 1 сутки 18 МПа, через 28 суток – 39 МПа. Образцы, твердевшие 4 часа при температуре 40-44 °С, имели прочность 37 МПа., Данные испытаний плиты перекрытий на несущую способность и трещиностойкость по методике ГОСТ и результаты испытаний контрольных образцов, позволили сделать вывод о возможности применения тяжелого бетона на КГВ для изготовления несущих изгибаемых элементов (плит перекрытий, балок, перемычек), взамен портландцементных.

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ-ОТДЕЛОЧНИКОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА

Парикова Е.В.
ООО «КНАУФ ГИПС»

Стратегия компании КНАУФ в области образовательных проектов и социального партнерства построена на четырех основных направлениях. Это организация экспертного краткосрочного обучения технологиям КНАУФ носителями технологий в собственных учебных центрах КНАУФ; сотрудничество с учреждениями образования в части организации обучения, переподготовки и повышения квалификации специалистов строительного профиля в ресурсных и консультационных центрах КНАУФ; внедрение профессий, включающих материалы и технологии КНАУФ, в систему государственного и негосударственного профессионального образования; популяризация рабочих профессий-отделочников среди молодежи.

В Учебных центрах КНАУФ проходят обучение как начинающие строители (учащиеся и студенты), так и профессионалы. Все категории слушателей знакомятся с основами качественного ремонта по унифицированным учебным программам продолжительностью от 1 до 5 дней. По итогам аттестации, успешно прошедшие курс, получают сертификат КНАУФ. В настоящее время в странах СНГ, Украины и Грузии работает 12 учебных центров КНАУФ: семь в городах России (Красногорск, Санкт-Петербург, Краснодар, Пермь, Дзержинск, Челябинск, Новомосковск), один на Украине (Киев), один в Казахстане (Капчагай, Алматинская обл.), два в Узбекистане (Ташкент и Бухара) и один в Белоруссии (Минск).

Такое обучение востребовано потому, что оно помогает строителям решать на объектах реально возникающие проблемы. Учебные программы охватывают вопросы сухого строительства, включая монтаж перегородок, потолков, полов, криволинейных поверхностей, наружных фасадов, облицовку бескаркасным способом; штукатурных работ, в том числе с использованием штукатурных станций PFT, а также различные специальные программы, которые разрабатываются с учетом специфики региона и конкретного заказчика. Особенностью обучения являются преимущественные практические занятия, которым отводится до 70% учебного времени. Программы обучения постоянно модернизируются и обновляются модулями по инновационным материалам и технологиям. Таким образом, знания и практические навыки, приобретаемые на наших курсах обучения, позволяют максимально правильно и широко использовать возможности современных материалов.

В Ресурсных и Консультационных центрах КНАУФ – это подразделения учреждений среднего и высшего профессионального образования соответственно, прошедшие специальную аттестацию со стороны компании КНАУФ, ведется обучение по строительным профессиям и специализированным модулям КНАУФ в рамках учебных планов, и также по краткосрочным учебным программам КНАУФ. Помимо сертификата КНАУФ, здесь также получают свидетельства государственного образца и удостоверения о повышении квалификации и присвоении разряда, а также свидетельство о повышении квалификации преподавателя. Суммарно в странах СНГ, Украины и Грузии на сегодняшний момент работает 58 таких центров обучения.

Всего с 1995 года в Учебных, Ресурсных и Консультационных центрах КНАУФ прошли обучение более 80 тысяч человек. Это высококвалифицированные мастера, которые используют современные материалы и технологии сухого строительства при строительстве новых зданий, а также в ремонте и реконструкции помещений.

Однако, потребность в квалифицированных рабочих кадрах, владеющих технологиями монтажа каркасно-обшивных конструкций, постоянно растет. Ежегодно потребление листовых материалов на гипсовой основе увеличивается. Вместе с тем остается достаточно большое количество рекламаций, связанных с нарушением технологии монтажа каркасно-обшивных конструкций из листовых материалов.

Эти обстоятельства вынуждают вести деятельность по внедрению образовательные программы учебных заведений знаний о новых, современных, востребованных рынком технологий.

В 2004 году был разработан и внедрен профессиональный стандарт «Специалист сухого строительства», который предполагал 8 квалификационных уровней, охватывающих начальное, среднее, высшее и дополнительное профессиональное образование, а его создание отражало позицию поддержки болонского процесса, предполагающего интеграцию и некоторую стандартизацию систем образования Европы. На базе этого профстандарта был разработан и внедрен Государственный образовательный стандарт начального профессионального образования по профессии НПО 22.22 «Мастер сухого строительства». С появлением данных стандартов были разработаны и внедрены первые тренажеры, макеты и иные дидактические пособия, появились первые учебные программы и учебные планы, и, наконец, самое главное – появились эксперты, преподаватели и мастера производственного обучения, которые могли обучать современным технологиям сухого строительства.

Осенью 2008 г. Национальным агентством по развитию квалификаций при РСПП и компанией КНАУФ была начата работа над новым вариантом Профессионального стандарта. В 2009 году профессиональный стандарт «Монтажник каркасно-обшивных

конструкций», который был включен в национальный реестр профессиональных стандартов (рег. №10.1.10.2, протокол №5 от 06.04.2010 г.).

Профессия «Монтажник каркасно-обшивных конструкций» введена в тарифно -квалификационный справочник работ профессий рабочих, выпуск 3, раздел «Строительные, монтажные и строительно-ремонтные работы» приказом №233 Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 30.04.2009 г.

В соответствии с профессиональным стандартом «Монтажник каркасно-обшивных конструкций» были внесены корректировки в Федеральные государственные образовательные стандарты «Мастер сухого строительства» и «Мастер отделочных строительных работ». На сегодняшний день профессиональные квалификации сохранены в стандартах по обеим профессиям. По последним данным, обучение по данной профессии осуществляется более в 100 государственных бюджетных профессиональных образовательных организациях в рамках реализации программ профессионального образования и профессионального обучения, в которых обучается около 15 тысяч учащихся и студентов.

Кроме того, образовательные модули, разработанные на основе профессии «Монтажник каркасно-обшивных конструкций», реализуются в рамках программ профессиональной подготовки и переподготовки в учебных и ресурсных центрах Нострой и КНАУФ, а также отраслевых строительных ресурсных центрах в регионах Российской Федерации.

С участием предприятий КНАУФ проводятся научные и практические конференции и симпозиумы, творческие конкурсы среди студентов. Работают стипендиальные и грантовые программы для учащихся, студентов и преподавателей. Компания КНАУФ активно участвует в разработке и тиражировании учебно-методических пособий, учебных фильмов, технической литературы и программ дистанционного обучения.

Особое внимание мы уделяем конкурсам профессионального мастерства. Мы понимаем, что конкурсы профессионального мастерства являются одним из эффективных методов продвижения технологий «сухого» строительства и укрепления партнерских отношений с образовательными учреждениями и строительными фирмами.

Ежегодно Компания КНАУФ участвует в проведении Всероссийской олимпиады по профессии "Мастер отделочных строительных работ" и «Мастер сухого строительства», а также ряда национальных и международных конкурсов.

В 2014 году Компания КНАУФ стала партнером и спонсором компетенции Plastering and Drywall Systems (Специалист сухого метода

строительства, штукатур) чемпионата Worldskills Russia, национальный этап которого был проведен 16-20 мая в г. Казани.

С 2013 года Компания КНАУФ выступает партнёром Национального объединения строителей (НОСТРОЙ) в проведении Всероссийского конкурса российских строителей «Строймастер» в номинации «Лучший штукатур». В конкурсе принимают участие победители конкурсов профессионального мастерства в федеральных округах и городах федерального значения. На региональных этапах «Строймастера – 2014» были проведены также соревнования в номинации «Монтажник каркасно-обшивных конструкций».

В 2014 году всероссийского конкурсе «Строймастер» в номинации «Лучший штукатур» был проведен 4 – 6 августа на базе учебного центра КНАУФ в г. Красногорске. В рамках конкурсных мероприятий для участников было проведено обучение по современным строительным материалам и технологиям их применения. Всего в конкурсе приняло участие 9 команд из городов Российской Федерации: Санкт-Петербурга, Домодедово, Орла, Вологды, Брянска, Ставрополя, Челябинска, Хабаровска и Якутска. В 2014 году конкурсное задание было сложнее, чем в предыдущем году. Участникам необходимо было оштукатурить две стены из газосиликатных блоков со сформированным углом в 90° между ними. Общая площадью оштукатуриваемой поверхности – 5,4 кв. м.

Лучшей оказалась команда из Московской области.

Другой совместный проект КНАУФ и Нострой – это разработка профессиональных стандартов «Штукатур» и «Монтажник каркасно-обшивных конструкций». Третьим партнером выступило СРО «Единство». В 2014 году при участии экспертов КНАУФ эти стандарты были разработаны и направлены в Министерство труда и социальной защиты РФ. Трудовые функции рабочих профессий «Штукатур» и «Монтажник каркасно-обшивных конструкций» были определены на основе анализа требований, предъявляемых к трудовой деятельности со стороны работодателей, а также требований к качеству строительства и инноваций в строительной-отделочной сфере.

Индикатором востребованности профессии «Монтажник каркасно-обшивных конструкций» стала ситуация исключения данной профессии нового перечня профессий рабочих и должностей служащих, по которым осуществляется профессиональное обучение, который вступил в силу с 01.09.2013 г.

Поступившие в адрес компании КНАУФ и Министерства образования и науки РФ запросы и ходатайства от строительных организаций, учебных заведений, региональных министерств обозначили ситуацию, при которой образовательные организации не смогут удовлетворить потребности современного рынка труда, нуждающегося в рабочих кадрах данного профиля, а строительные компании, в свою

очередь, остро нуждаются в «Монтажниках каркасно-обшивных конструкций».

16 декабря 2013 г. Приказом №1348 Минобрнауки России внесены изменения: профессия «Монтажник каркасно-обшивных конструкций» включена в Перечень профессий рабочих, должностей служащих, по которым осуществляется профессиональное обучение.

Проекты в области обучения и социального партнерства направлены на повышение удовлетворенности потребителя продукцией КНАУФ и являются частью политики компании. Такой подход является отличительной чертой компании, ориентированной на перспективу и долгосрочное сотрудничество.

Система образовательных проектов КНАУФ направлена на решение проблемы дефицита высококвалифицированных кадров в строительстве. Мы производим инновационные строительные материалы, которые соответствуют современным требованиям рынка к качеству строительства, и учим как их использовать. Тем самым помогаем нашим клиентам создавать комфортные и безопасные условия для проживания и работы.

УЛУЧШЕНИЕ ФОРМОВОЧНЫХ СВОЙСТВ ГИПСОВЫХ СИСТЕМ КОНТАКТНО-КОНДЕНСАЦИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ

Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б.
Тверской государственный технический университет

Гипсовые материалы и изделия в настоящее время все больше и больше завоевывают отечественный рынок, что обусловлено их высокой технологичностью и экологичностью. Однако гипсовым материалам присущи и недостатки - низкая водостойкость и ползучесть [1]. В то же время производство стеновых изделий методом полусухого прессования на основе двухводного гипса по безобжиговой технологии с подбором оптимального зернового состава сырьевой смеси или с применением широкого спектра существующих добавок позволяет получать изделия высокой прочности, достаточной плотности и водостойкости [4]. При этом могут широко применяться местные гипсосодержащие отходы как химической, так и керамической промышленности [2,3]. Их использование позволяет не только решить экологическую проблему, но и эффективно использовать высококачественное гипсовое сырье в условиях дефицита минеральных вяжущих [5]. Вовлечение местного вторичного сырья в производство стеновых и отделочных материалов и изделий позволит расширить номенклатуру и увеличить объемы строительства в регионах, имеющих такие отходы.

При использовании механизма негидратационного твердения при получении гипсовых изделий давление прессования играет роль физико-химического фактора, определяющего образование первичной структуры материала. Количество контактов, определяющих образование первичной кристаллизационной структуры, среди прочих факторов характеризуется и деформативными характеристиками пресс-порошков.

Одним из способов повышения плотности и прочности гипсовых материалов является использование пластифицирующих добавок или веществ, позволяющих снизить водосодержание сырьевой смеси [4].

С целью улучшения формовочных свойств пресс-порошков двухводного техногенного гипса и прочности изделий, получаемых на их основе, в данной работе исследовалось влияние добавки поливинилового спирта (ПВС) и водотвердого отношения на среднюю плотность, прочность и водостойкость материала.

В работе использовались молотые гипсосодержащие отходы Конаковского фаянсового завода - техногенный двухводный гипс, быстрогасящаяся кальциевая воздушная известь 3 сорта Тверского комбината строительных материалов, поливиниловый спирт.

При определении физико-технических характеристик исходных материалов и получаемых прессованных образцов применялись

стандартные методы испытаний, соответствующие ГОСТам и другим нормативным документам. Деформативные характеристики гипсовых порошковидных сырьевых смесей определялись по методике, предложенной И.И. Бернеем и В.В. Беловым [5].

На основании полученных результатов был построен график зависимости средней плотности пресс-порошка от процентного содержания в смеси поливинилового спирта, а также от водотвердого отношения в соответствии с рисунком 1. Прочность образцов, изготовленных методом полусухого прессования, колеблется в пределах от 24 до 38 МПа в зависимости от фракционного состава сырьевой смеси, из которой формовались образцы, количества добавки поливинилового спирта и водотвердого отношения. Прочность образцов нарастает во времени. К 28 суткам твердения прочность увеличивается более чем в два раза по сравнению с прочностью образцов, испытанных на 7 сутки.

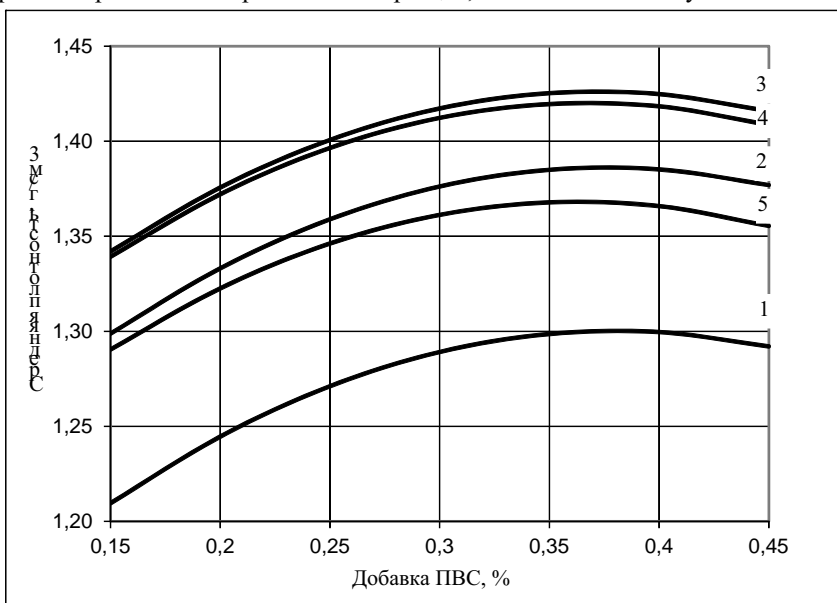


Рисунок 1. Зависимость средней плотности от добавки поливинилового спирта при: 1 – В/Т = 0,10; 2 – В/Т = 0,11; 3 – В/Т = 0,12; 4 – В/Т = 0,13; 5 – В/Т = 0,14

Установлено, что с увеличением добавки спирта до 0,35 % средняя плотность увеличивается, что объясняется повышением пресуемости порошка. Поливиниловый спирт способствует повышению пластичности

сырьевой смеси, жидкая связка позволяет снизить трение при прессовании как между частицами двуводрата, так и между стенками пресс-формы и двуводратом. При содержании добавки выше 0,35 % от массы вяжущего происходит снижение средней плотности. С увеличением водотвердого отношения от 0,1 до 0,12 средняя плотность гипсовых образцов увеличивается. При В/Т больше 0,12 наблюдается уменьшение средней плотности. Жидкость как упругая фаза препятствует сближению частиц.

При увеличении добавки формовочные свойства материала меняются в соответствии с рисунком 2.

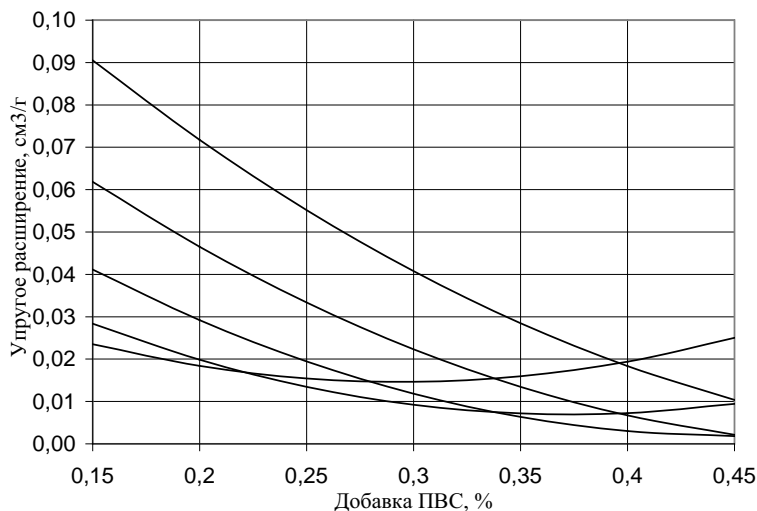


Рисунок 2. Зависимость упругого расширения гипсовых образцов от добавки поливинилового спирта при: 1 – В/Т = 0,10; 2 – В/Т = 0,11; 3 – В/Т = 0,12; 4 – В/Т = 0,13; 5 – В/Т = 0,14

При водотвердом отношении до 0,11 при увеличении добавки упругое расширение снижается. А при содержании добавки свыше 0,3 % упругое расширение повышается. Это происходит потому, что смесь становится более пластичной и быстрее уплотняется. При прессовании вся энергия уходит на деформацию частичек, а не на деформацию структуры. При В/Т больше 0,12 с увеличением добавки пластичность повышается. Таким образом, установлено, что добавление поливинилового спирта в смесь изменяет формовочные свойства. Оптимальное содержание добавки составляет 0,35 %, оптимальное водотвердое отношение – 0,12.

Зависимость прочности гипсового камня негидратационного твердения от количества вводимой добавки и содержания воды,

полученная по результатам проведенного двухфакторного планированного эксперимента, представлена на рисунке 3. Установлено, что с увеличением добавки поливинилового спирта от 0,15 до 0,35 % в соответствии с рисунком 3 наблюдается увеличение прочности, что объясняется улучшением удобоукладываемости сырьевой смеси за счет пластифицирующего действия добавки.

При дальнейшем увеличении процентного содержания добавки прочность уменьшается при всех значениях водотвердого отношения. Наибольшая прочность на 14 сутки твердения составляет 37,85 МПа. Применение добавки ПВС позволяет повысить прочность безобжигового материала в сухом состоянии на 26 % по сравнению с прочностью контрольных образцов, изготовленных без введения добавки поливинилового спирта ($R_{сж} = 27,8$ МПа).

При изменении водотвердого отношения от 0,1 до 0,14 зависимости имеют различный характер. Наибольшую прочность имеем при $V/T=0,12$, следовательно добавка также понижает и водотвердое отношение (оптимальное V/T при испытании образцов без добавки равно 0,14). Самая низкая прочность наблюдается при $V/T=0,1$.

Зависимость коэффициента размягчения от процентного содержания добавки и водотвердого отношения показана на рис. 4.

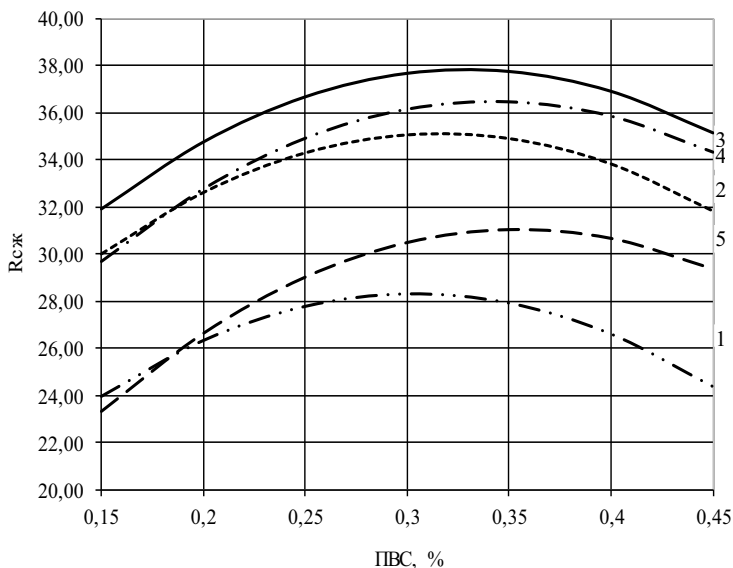


Рисунок 3. Зависимость прочности гипсовых образцов от содержания добавки и водотвердого отношения при: 1 – $V/T = 0,10$; 2 – $V/T = 0,11$; 3 – $V/T = 0,12$; 4 – $V/T = 0,13$; 5 – $V/T = 0,14$

Коэффициент размягчения остаётся сравнительно низким (рис.4), но с увеличением добавки повышается.

Использование добавки ПВС даёт объединение факторов, влияющих на пластифицирующие способности соединения, а именно: наличие в структуре радикалов большой молекулярной массы; функционально-активные группы (карбоксильные и карбонильные), способные реагировать с частицами минеральных вяжущих веществ и продуктами их гидратации.

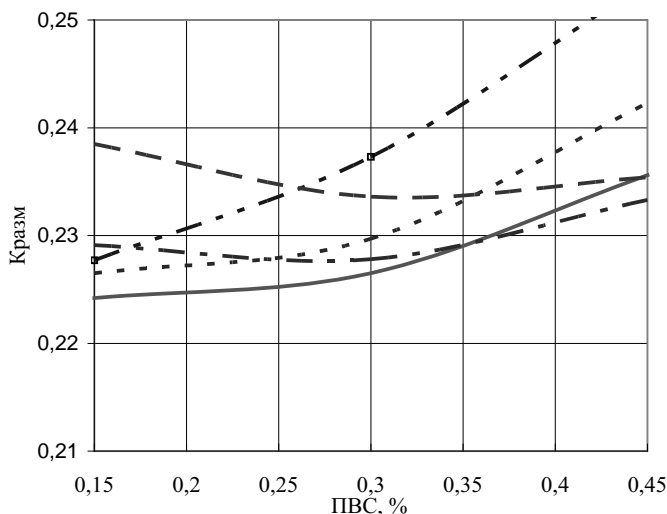


Рисунок 4. Зависимость водостойкости от содержания добавки и водотвердого отношения при: 1 – В/Т = 0,10; 2 – В/Т = 0,11; 3 – В/Т = 0,12; 4 – В/Т = 0,13; 5 – В/Т = 0,14

Таким образом, добавка поливинилового спирта положительно влияет на основные свойства безобжигового гипсового материала. Однако необходимо отметить и невысокую водостойкость получаемого материала за счет образования пленок на поверхности зерен двугидрата, препятствующих протеканию процесса структурообразования кристаллизационной структуры негидратационного твердения в полном объеме.

Проведенные исследования дисперсных систем на основе двуводного техногенного гипса с добавкой поливинилового спирта показали перспективность получения экологически чистых материалов с обеспечением необходимых физико-механических.

Литература

1. Федоров, В.П. Эффективные добавки в гипсовое вяжущее [Текст] / В.П. Федоров, С.Ф. Коренькова // Бетон и железобетон, 1995. №8. С.9 – 10.
2. Потапов, Ю.Б. Процессы структурообразования и технология получения безобжиговых вяжущих на основе фосфогипса дигидрата [Текст] / Ю.Б. Потапов, С.Н. Золотухин, В.Н. Семенов // Строительные материалы, 2003. №7. С. 37.
3. Чистов, Ю.Д. К проблеме использования фосфогипсовых отходов [Текст] / Ю.Д. Чистов, А.С. Тарасов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2003. №5. С. 185-187.
4. Калашников В.И., Гуляева Е.В., Валиев Д.М. Влияние вида супер- и гиперпластификаторов на реотехнологические свойства цементно-минеральных суспензий, порошковых бетонных смесей и прочностные свойства бетонов // Известия вузов. Строительство, 2012. – №11. – С. 40-45.
5. Белов В.В., Бурьянов А.Ф., Яковлев Г.И., Петропавловская В.Б., Фишер Х.-Б., Маева И.С., Новиченкова Т.Б. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция: монография // под общей редакцией А.Ф. Бурьянова. - Москва: Изд-во Де Нова, 2012. - 196 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕНОГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Петропавловский К.С.

Тверской государственной технической университет

В связи с тем, что на рынке строительных материалов сегодня зачастую преобладают теплоизоляционные и отделочные материалы и изделия, характеризующиеся высокой степенью опасности для человека, назрела острая необходимость в строительных материалах, которые бы были безопасных по составу и доступны для разных слоев потребителей по стоимости. Гипсовые изделия в этом аспекте имеют преимущества по целому ряду параметров: экологичности, пожарной безопасности, архитектурной выразительности и т.д. [1].

В настоящее время в мировой практике используются технологии получения облегченных гипсовых изделий. Использование пенной технологии для производства облегченных гипсовых конструкций заслуживает наибольшего внимания ввиду сравнительной простоты ее осуществления и наличия теоретических основ по применению [2-5].

Еще сравнительно недавно при производстве пенобетонов в качестве пенообразователей использовали такие вещества природного происхождения как сапонин, канифольное мыло, гидролизованная кровь и другие.

Смолосапониновый, канифольный, нафтенный, алюмосульфатный пенообразователи хорошо растворимы в воде [2]. Их водные растворы при перемешивании с воздухом давали пену различной устойчивости. Однако такие пенообразователи имели и существенные недостатки: непостоянство химического состава (что исключает воспроизводимость результатов и строгую дозировку), многие из них представляли собой скоропортящиеся продукты (гидролизованная кровь) или вещества, которые изготавливались непосредственно на предприятии по изготовлению строительных изделий, например, канифольное мыло [1].

Сегодня рынок обеспечивается современными протеиновыми пенообразователями как отечественного, так и зарубежного производства, высокого и стабильного качества, обладающих, к тому же, такими достоинствами, как высокая скорость твердения, высокие прочностные характеристики, высокая устойчивость пенобетонной массы, возможность ее безопасной транспортировки на значительные расстояния. Они имеют долгий срок хранения и стойкость к температурным перепадам. Кроме того, при их использовании не требуется вводить химические добавки в состав сырьевой смеси [6]. Несомненным преимуществом протеиновых пенообразователей является их абсолютная экологическая чистота. Они

отвечают требованиям экологической безопасности на всем жизненном цикле – от производства до утилизации.

В то же время и выпуск синтетических ПАВ постоянно возрастает – более 80 % выпускаемых в настоящее время ПАВ, относятся к классу анионоактивных веществ. Неионогенных ПАВ производится около 15 %, остальные 5 % приходятся на катионоактивные и вещества смешанного типа – амфолитные [1]. Наиболее распространенными из них являются анионоактивные вещества. Однако многие вещества этого класса имеют непродолжительное время хранения, и, что особенно важно для получения качественной структуры пеногипса – низкую устойчивость пены, а также не достаточно безопасны. Новые синтетические пенообразователи, такие как ПБ Люкс, заявляются разработчиками как перспективные: они обладают повышенной по сравнению с другими синтетическим пенообразователями стойкостью пены, оказывают минимальное отрицательное воздействие на организм человека, имеют сниженный расход пенообразователя.

В данной работе было исследовано влияние вида порообразователя на характеристики гипсовой смеси и затвердевшего гипсового камня.

В исследованиях в качестве основного компонента использовалось гипсовое вяжущее – строительный гипс марки Г-5 Воскресенского производства корпорации «ВОЛМА». Гипсовое вяжущее характеризуется средней плотностью 750 кг/м³, водопотребностью 60 – 65 %, началом схватывания не ранее 6 мин, концом схватывания – не позднее 30 мин. Зерновой состав характеризуется по ГОСТ 125 остатком на сите 0,2 мм 4-6 %. Для сравнительных экспериментов были выбраны пенообразователи отечественного и зарубежного производства – FoamIn (MIBO S.R.L., Италия), UFарог ("Bang и Basomer", Норвегия), ПБ Люкс (Россия). Пенообразователи FoamIn и UFарог относятся к группе протеиновых, ПБ Люкс является представителем синтетических анионоактивных ПАВ (ТУ 2481-004-59586231-2005).

Гипсовое тесто готовили перемешиванием вручную гипсового вяжущего, пенообразователя и воды, без вспенивания массы. Для исследования реологических свойств гипсового теста использовалась стандартная методика определения расплыва конуса на приборе Суттарда. В ходе экспериментов было исследовано влияние пенообразователей на подвижность и сроки схватывания гипсового теста.

Оценку эффективности пенообразователя на этапе исследования их влияния на водопотребность гипса производили из условия получения наибольшего пластифицирующего воздействия на гипсовое тесто.

Все исследованные в работе пенообразователи оказали пластифицирующий эффект на гипсовое тесто. Максимальным пластифицирующим эффектом, согласно результатам исследований реологических свойств гипсового теста с добавкой ПАВ в соответствии с

рисунком 1, обладает пенообразователь Ufarog CC – диаметр расплыва теста увеличивается на 10 см по сравнению с диаметром расплыва теста стандартной консистенции для данного гипса, что дает возможность повысить прочность гипсовых изделий за счет снижения водопотребности формовочной массы при сохранении её подвижности. Foamín и ПБ Люкс обладают значительно меньшим пластифицирующим действием.

Влияние вышеперечисленных пенообразователей на сроки схватывания гипсового теста оценивали по стандартной методике на приборе Вика.

Результаты исследований сроков схватывания пенообразователей в зависимости от вида применяемого пенообразователя приведены на рисунке 2.

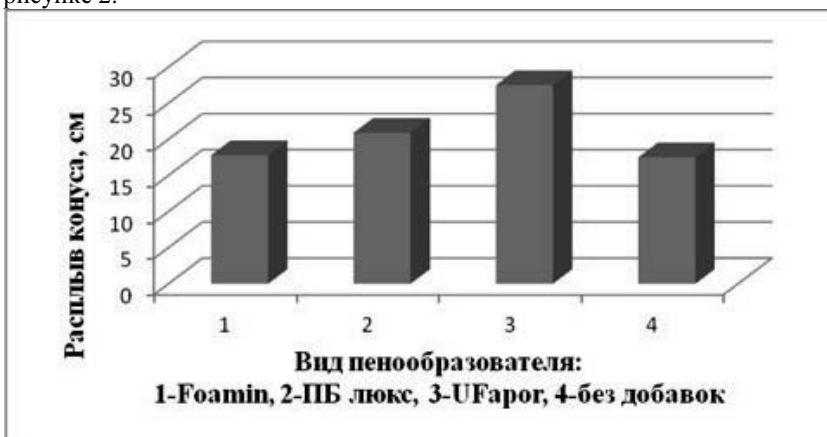


Рисунок 1. Влияние пенообразователей на распльв гипсового теста

Результаты проведенных исследований сроков схватывания гипсового теста в зависимости от вида пенообразователя показали, что наибольшее замедление начала схватывания характерно для Foamín, следующим идет Ufarog. Эффект от использования ПБ Люкса – противоположен, он незначительно ускоряет процесс схватывания, что, по-видимому, объясняется присутствием в нем стабилизирующих и функциональных добавок.

Замедление процесса схватывания поризованной гипсовой системы, обусловлено тем, что полимолекулярные слои поверхностно-активного вещества на частицах гипсового вяжущего препятствуют прямому взаимодействию продуктов гидратации, что положительно влияет на процесс твердения пеногипсовых изделий.

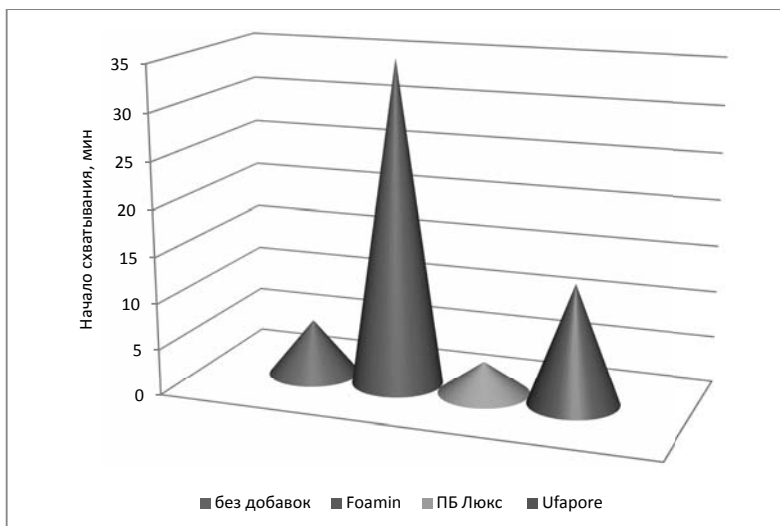


Рисунок 2. Влияние добавок на начало схватывания гипсового теста

Таким образом, по результатам проведенных исследований влияния на свойства гипсового теста современных представителей пенообразователей показывают, что по критериям безопасности (протеиновый, не токсичный), и технологичности – (пена стабильна, не требует дополнительно введения замедлителей и т.д.) имеет преимущества норвежский пенообразователь Ufarore, который позволяет не только повысить эффективность производства пеногипсовых изделий, но и обеспечить их безопасность на всем жизненном цикле.

Литература

1. Белов В.В., Бурьянов А.Ф., Петропавловская В.Б., Современные эффективные гипсовые вяжущие, материалы и изделия: научно-справочное издание / Тверь: Изд-во ТГТУ, 2007. 132 с.
2. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение) Справочник. Под общей ред. А.В. Ферронской – М.: Издательство АСВ, 2004. 488 с., с илл.
3. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф., Баранов И.М., Бурьянов А.Ф., Лосев Ю.Г., Поплавский В.В., Шишин А.В. Гипс в малоэтажном строительстве / Под общей ред. А.В. Ферронской – М.: Издательство АСВ, 240 с., с илл.
4. Халиуллин М.И., Алтыкис М.Г., Рахимов Р.З. Теплоизоляционные и стеновые материалы на основе пеногипсобетонов // Строительные материалы. 1988. №9. С. 29.

5. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Экопоробетон на основе высокопрочного композиционного ГЦПВ // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий. Материалы V международной научно-практической конференции. Казань, 2010. С. 90 – 93.
6. Долгорев В.О. Комплексные гиперпластификаторы для гипса // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий. Материалы V международной научно-практической конференции. Казань, 2010. С. 190 - 193.

КОНВЕЙЕРНЫЕ СИСТЕМЫ RUD KETTEN ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Пономарев Д.

ООО «РУД Руссланд Конвейеры и Системы»

Группа «RUD» в Аалене (Южная Германия) основана в 1875 году. Развившись из простой кузницы на берегу реки Кохер в большую компанию с дочерними предприятиями и представительствами по всему миру, «RUD Ketten» принадлежит сегодня к наиболее передовым производителям цепей и систем для транспортировки сыпучих материалов. Со дня основания компания находится в семейной собственности, сегодня фирмой руководит уже 5-е поколение семьи Ригер.

Кроме установок новых транспортеров в стандартном и нестандартном исполнении, «RUD» активно решает задачи по модернизации устаревшего конвейерного оборудования. В последние годы мы успешно провели ряд таких проектов как в Европе, так и в России.

Цепные системы, предлагаемые «RUD» для модернизации, отличаются простой монтажа/демонтажа, надежностью в эксплуатации и длительным сроком службы. Все компоненты систем, предлагаемых к установке, являются запатентованными разработками «RUD Ketten» и производятся на главном заводе компании, расположенном в городе Аален, Германия.

Для модернизации цепных ковшовых элеваторов мы предлагаем следующие системы:

1. Система «Центральная цепь»

«RUD Ketten» разработал систему центральной цепи (разрывное усилие до 2000 kN), которая успешно работает на элеваторах большой производительности, в условиях особо тяжелых нагрузок.



Рисунок 1. Сборка центральной цепи «RUD»

Сборка цепи производится из звеньев непосредственно на площадке и не требует никакого специального инструмента(Рис.1).

2. Системы для круглых стальных цепей.

Основной принцип систем «RUD Ketten» для круглых цепей — это разделение функций тягового элемента (цепи) и несущего элемента(крепление ковша).

Высокоизносоустойчивые цепи «RUD Ketten» из круглой стали изготавливаются по специальной технологии. Цепь собирается в единую ветвь из длинных (до 20м), тщательно откалиброванных по длине отрезков. Благодаря современным разработкам инженеров «RUD Ketten», в наших элеваторах устранено наиболее слабое место конструкции – соединение цепи (тягового элемента) и ковша (рабочего элемента).

Образуя единую замкнутую ветвь, длинные отрезки цепей соединяются между собой с помощью разработанных и запатентованных «RUD Ketten» специальных соединительных звеньев (Рис.2), имеющих те же характеристики, что и все цепь.



Рисунок 2. Соединительное звено «RUD» тип FL

Установка ковшей производится с помощью современных систем.

2.1 Система «2WIN» (Рис.3).

Система «2WIN» актуальна для модернизации цепных ковшовых элеваторов, ранее работавших на системе DIN – короткий отрезок цепи+скоба. Слабое место такой системы – это скоба, которая не только держит нагруженный ковш, но и является соединительным звеном в цепи. Обрыв скобы, вызванный концентрацией нагрузок, является частой причиной аварий таких элеваторов.

«2WIN» полностью исключает возникновение подобных аварийных ситуаций.



Рисунок 3. Монтаж ковша элеватора с помощью системы «2WIN»

Монтаж очень прост, не требуются ни дополнительные инструменты, ни сварка, ни особая подготовка персонала. Применяя систему «2WIN», специалисты производства выигрывают не только в существенном повышении надежности и увеличении межремонтных сроков, но и в предсказуемости графиков обслуживания, в более долгом сроке использования, в эксплуатационной безопасности и гибкости. При переходе на систему «2WIN» рекомендуется установка новых сегментов на приводных и натяжных колесах (или полная замена колес), для того чтобы обеспечить равномерный износ рабочих поверхностей в процессе эксплуатации. Однако, если колеса находятся в хорошем техническом состоянии, то система «2WIN» может работать с уже установленными колесами. Система работает как с гладкими приводными колесами, так и с зубчатыми.

Ковши не требуют замены, или возможно небольшое согласование отверстий под шпильки крепления. Таким образом модернизация цепного ковшевого элеватора на систему «2WIN» может быть проведена с минимальными расходами для заказчика.

2.2 Система «SWA» (Рис.4)

Система «SWA» актуальна для модернизации цепных ковшевых элеваторов, ранее работавших с любым типом бокового крепления ковша. Принципиальные решения данной системы аналогичны «2WIN».



Система работает в низкоскоростных элеваторах с зубчатыми приводными колесами. Поскольку во время движения элемент крепления «SWA», как и «2WIN», не подвергается износу, то возможно его повторное использование при следующей замене цепи. При переходе на данную систему, возможно, потребуются некоторые мероприятия по согласованию отверстий в корпусе ковша для крепления.

2.3 Система «RUD 65»

Система «RUD 65» актуальна для модернизации цепных ковшевых элеваторов, перемещающих влажные или склонные к налипанию, а также крупнокусковые материалы.



Рис.5.1 Крепление ковша SD



Рис.5.2 Натяжное колесо

Монтаж ковша осуществляется на два звена цепи с помощью специальных захватов-вставок (рис.5.1). Фиксирующие элементы вынесены из внутренней части ковша, получая таким образом гладкую заднюю стенку, что облегчает выгрузку, особенно при перемещении влажного материала.

Натяжные колеса (рис.5.2), оснащенные боковыми ребрами, имеют специальную опорную поверхность. При переходе на данную систему заказчику необходимо считаться с полной заменой приводных и натяжных колес, а также с изготовлением новых ковшей.

«RUD Ketten» осуществляет проекты по модернизации любых цепных ковшовых элеваторов, а также проекты по переоснащению ленточных элеваторов на цепные и наоборот.

3. Для модернизации внутризаводского транспорта «RUD Ketten» предлагает для беспылевой горизонтальной транспортировки сыпучих материалов шнековые и скребковые транспортеры (Рис.6).

Шнековые транспортеры неприхотливы в обслуживании и долговечны. Шнеки изготавливаются из материалов, имеющих высокую устойчивость к износу, а применяемая система автоматической смази и дистанционного управления задвижками обеспечивают надежную эксплуатацию и избавляют от необходимости постоянного присутствия персонала.



Рисунок 6. Шнековый транспортер «RUD Ketten»

В различных вариантах исполнения шнеки могут также использоваться для загрузки/ выгрузки, дозировки, перемешивания. РУД выпускает шнековые транспортеры длиной до 60 метров и производительностью до 400 т/час.

2.4 Система «FORKY»

Для беспылевой транспортировки и дозирования, в том числе крупнокусковых, абразивных и высокотемпературных сыпучих грузов мы предлагаем скребковые транспортеры. Высокая износ- и жаростойкость элементов конструкции этих транспортеров совмещается с возможностью иметь много точек загрузки и выгрузки. В качестве тягового элемента могут выступать высокоизносоустойчивые цепи из круглой стали или вильчатые цепи «FORKY».



Рисунок 7. «FORKY» однорядная



Рисунок 8. «FORKY»

двухрядная

Вильчатые цепи «FORKY» изготавливаются по специальной технологии «RUD», обеспечивающей оптимальную структуру во всем

изделии. Благодаря этому цепи «FORKY» имеют большой запас прочности и устойчивости к износу при меньшей собственной массе. Также цепи «FORKY» оснащены оптическим индикатором, позволяющим моментально оценить степень износа без демонтажа цепи. Цепи «FORKY» доступны как в однорядном, так и в двухрядном исполнении со скребками различных видов.

Оборудование «RUD Ketten» уже много лет отвечает самым высоким требованиям заказчиков. «RUD Ketten» предлагает также программу по модернизации работающего оборудования, в том числе с использованием уже имеющихся элементов конструкций и с увеличением производительности. Применяя надежные системы, «RUD Ketten» может провести модернизацию любого цепного конвейера, независимо от того, где и когда он был изготовлен. Наши специалисты найдут самое верное решение ваших задач по перемещению сыпучих материалов механическими системами.

СОСТАВ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ИСКУССТВЕННОГО КАМНЯ, ПОЛУЧЕННОГО В ПРОЦЕССЕ ТВЕРДЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОИЗВЕСТКОВОКЕРАМЗИТОШЛАКОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Рахимов Р.З., Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

В 80-х годах XX века в строительном материаловедении получило развитие направление, связанное с разработкой водостойких композиционных гипсовых вяжущих низкой водопотребности, технология получения которых предусматривает применение пластифицирующих и пуццолановых добавок в сочетании с механохимической активацией компонентов вяжущего и содержанием клинкерного цемента менее 15% [1].

В качестве пуццолановых добавок к композиционным гипсовым вяжущим применяется широкий ряд материалов природного и техногенного происхождения. В ряде работ выявлена эффективность введения в состав композиционных гипсовых и ангидритовых вяжущих гибридных минеральных добавок, например, молотого доменного шлака и трепела [2], цеолитсодержащей породы и известняка [3], цеолитсодержащей породы и микрокремнезема [4].

В Казанском государственном архитектурно-строительном университете выполнены исследования влияния совместного введения добавок молотых керамзитовой пыли и гранулированного доменного шлака на основные физико-механические свойства композиционного гипсоизвестковокерамзитшлакового вяжущего (КГИКШВ). Установлены оптимальные значения удельных поверхностей добавок молотых керамзитовой пыли и гранулированных доменных шлаков различного минерального состава [5].

КГИКШВ получали на основе строительного гипса марки Г-6БП по ГОСТ 125.

В состав КГИКШВ вместе с вышеназванными добавками вводились также добавки извести и суперпластификатора Полипласт СП-1ВП.

В настоящей работе исследованы состав, структура и основные физико-механические свойства искусственного камня, полученного при твердении КГИКШВ оптимального состава с комплексной модифицирующей добавкой, включающей молотые до 500 м²/кг керамзитовую пыль, отобранную с циклонов пылеочистки цеха по производству керамзитового гравия Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром» и гранулированный доменный шлак Череповецкого металлургического комбината (табл. 1).

Керамзитовая пыль обладает следующим химическим составом (в % по массе): SiO₂ – 59,12; Al₂O₃ – 17,85; Fe₂O₃ – 9,7; MgO – 3,01; CaO – 1,74;

K_2O – 2,26; SO_3 – 0,93; TiO_2 ; Na_2O – 0,81; P_2O_5 – 0,22; MnO – 0,2; потери при прокаливании – 3,11. Минералогический состав керамзитовой пыли представлен (% по массе): негидратированными и дегидратированными глинистыми минералами – 53; кварцем – 15; полевыми шпатами – 5; ангидритом – 3; рентгеноаморфной фазой – 27. С помощью метода набухания по ГОСТ 8735 установлено, что в составе керамзитовой пыли присутствует 9,5 % негидратированной глины. Пуццолановая активность по поглощению CaO для керамзитовой пыли молотой до достижения удельной поверхности $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ составила 462 мг/г.

Таблица 1

Химический состав гранулированного доменного шлака
Череповецкого металлургического комбината

Содержание в %							Модуль основности	Модуль активности
CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	SO ₃	FeO	MnO		
48,4	39,3	4,3	3,4	0,6	0,5	0,4	1,19	0,11

Испытания гипсовых вяжущих проводились в соответствии с ГОСТ 125. Образцы камня испытывались в возрасте 28 суток и 1 года твердения в нормальных условиях. Коэффициент размягчения камня определялся по ТУ 21-0284757.

С использованием метода ротатбельного композиционного центрального планирования эксперимента определен оптимальный состав комплексной модифицирующей добавки (в % от массы КГИКШВ): молотый доменный гранулированный шлак – 30 %, молотая керамзитовая пыль – 20 %, известь – 3 %, суперпластификатор Полипласт СП-1 – 0,5 %

В таблице 2 приведены основные физико-механические свойства КГИКШВ.

Таблица 2

Основные физико-механические свойства КГИКШВ

Наименование показателя	Значение показателя
Тонкость помола, остаток на сите № 02, %	1,5
Нормальная густота, %	36
Сроки схватывания, мин:	
- начало	8,5
- конец	13
Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте:	
- 28 суток	30,5
- 1 года	35,7
Коэффициент размягчения в возрасте:	
- 28 суток	0,92
- 1 года	0,96

Для исходного бездобавочного строительного гипса, твердевшего в течение 28 суток прочность при сжатии составляет 17,5 МПа, коэффициент размягчения – 0,31.

Таким образом, при введении комплексной модифицирующей добавки искусственный камень на основе КГИКШВ в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях имеет прочность при сжатии на 74,6 % и коэффициент размягчения в 3 раза выше, чем у камня на основе исходного строительного гипса.

Исследование показателей пористости полученного искусственного камня осуществлялось по ГОСТ 12730.0-ГОСТ 12730.4.

Минералогический состав искусственного камня изучали с применением рентгенофазового анализа на дифрактометре марки «D8 Advance» корпорации «Bruker» и методом комплексного дифференциально-термического анализа с применением синхронного термоанализатора «STA 409 PC» компании «Netzsch».

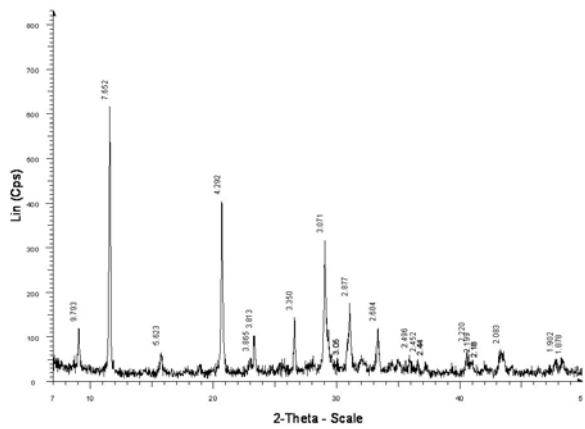
Микроструктуру искусственного камня исследовали на электронном растровом микроскопе РЭММА-202М ПО «Электрон».

Анализ дифрактограмм искусственного камня на основе КГИКШВ, твердевшего в нормальных условиях 28 суток и 1 год (рис. 1), показывает следующее.

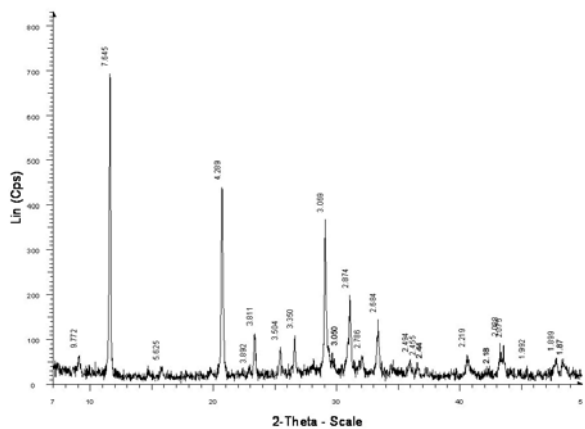
Основным минералом, слагающим исследуемый искусственный камень, является гипс ($d = 7,65; 4,29; 3,06; 2,87; 2,68 \text{ \AA}$). Кроме того, в составе искусственного камня присутствует этtringит ($d = 9,73; 5,61 \text{ \AA}$), кварц ($d = 4,26, 3,34 \text{ \AA}$), кальцит ($d = 3,05; 2,44; 2,18; 1,89; 1,87 \text{ \AA}$), ангидрит ($d = 3,50; 2,45 \text{ \AA}$), бассанит ($d = 6,00; 3,01 \text{ \AA}$), реликтовая полиминеральная (в основном гидрослюдистая) глина ($d = 4,49 \text{ \AA}$).

На дифрактограммах не зафиксированы рефлексы, соответствующие закристаллизованным низкоосновным гидросиликатам кальция типа CSH(B) ($d = 3,04; 2,80; 1,82 \text{ \AA}$), так как их перекрывают рефлексы гипса, но наличие широких дифракционных максимумов ($d = 2,8-3,3 \text{ \AA}$) указывает на наличие новообразованной рентгеноаморфной фазы, соответствующей незакристаллизованным низкоосновным гидросиликатам кальция.

Анализ характерных термических эффектов, представленных на полученных методом комплексного дифференциально-термического анализа термограммах исследуемого искусственного камня на основе КГИКШВ, твердевшего в нормальных условиях в течение 28 суток и 1 год, подтверждает данные рентгенофазового анализа относительно минералогического состава камня.



а)



б)

Рисунок 1. Дифрактограммы искусственного камня на основе КГИКШВ, твердевшего в нормальных условиях в течение:

а) 28 суток; б) 1 год

В таблице 3 приведены сравнительные данные исследований показателей пористости камня в возрасте 28 суток на основе бездобавочного строительного гипса и КГИКШВ.

Анализ приведенных показателей пористости показывает, что общая пористость искусственного камня на основе КГИКШВ ниже по сравнению с камнем на основе строительного гипса на 42,7 %. При преобладающей доле закрытых пор в полном объеме пор, закрытая пористость искусственного камня на основе КГИКШВ выше по сравнению с камнем

на основе строительного гипса на 19,84 %. Наблюдается также уменьшение среднего размера пор.

Таблица 3

Показатели пористости искусственного камня
на основе строительного гипса и КГИКШВ

Наименование показателей	Значение показателей искусственного камня на основе	
	строительного гипса	КГИКШВ
Средняя плотность, кг/м ³	1360	1564
Водопоглощение по массе, %	27	9,0
Полный объем пор, %	50,37	31,88
Объем открытых капиллярных пор, %	35,14	14,01
Объем открытых некапиллярных пор, %	0,86	0,69
Объем условно-закрытых пор, %	14,37	17,11
Показатель микропористости (П _{мк})	0,197	0,376
Показатель среднего размера открытых капиллярных пор (λ)	0,68	0,15
Показатель однородности размеров открытых пор (α)	0,5	0,4

Таким образом, наблюдаемое изменение структуры пористости в результате образования повышенного объема водостойких новообразований при твердении искусственного камня на основе КГИКШВ при введении комплексной модифицирующей добавки обеспечивает увеличение показателей прочности и водостойкости.

Исследование микроструктуры образцов на основе КГИКШВ по сравнению с образцами на основе бездобавочного строительного гипса показало, что введение комплексной модифицирующей добавки обеспечивает формирование искусственного камня с низкопористой структурой, возникновению значительного количества нерастворимых соединений в виде сферических образований низкоосновных гидросиликатов кальция, заполняющих поровое пространство, уплотняющих структуру камня, создающих дополнительные контакты в основной матрице, защищающие контакты срастания гипсовых кристаллов от растворения. Образуется достаточно слитная структура, с равномерным распределением пор.

Сравнение микроструктуры образцов на основе КГИКШВ, твердевших в нормальных условиях в течение 28 суток и 1 года, показало, что в процессе твердения до 1 года новообразования продолжают равномерно заполнять поры по всему объему искусственного камня, увеличивая число контактов, обеспечивая образование более слитной

микроструктуры и способствуя повышению прочности и водостойкости камня.

Таким образом, при введении комплексной модифицирующей добавки, включающей молотые керамзитовую пыль и гранулированный доменный шлак, совместно с добавками извести и суперпластификатора обеспечивается образование более плотной, слитной и мелкозернистой структуры искусственного камня с повышенным содержанием нерастворимых продуктов гидратации. В связи с этим камень на основе КГИКШВ с комплексной модифицирующей добавкой имеет прочность при сжатии на 74,6 % и коэффициент размягчения почти в 3 раза выше, чем у камня на основе исходного бездобавочного строительного гипса.

Разработанные КГИКШВ экономичны в производстве, так как содержат в своем составе до 50 % по массе техногенного сырья в виде молотых керамзитовой пыли и гранулированного доменного шлака.

Литература

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В.Ферронской. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 488 с.
2. Волженский А.В., Роговой М.И., Стамбулко В.И., Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие материалы и изделия. – М.: Госстройиздат, 1960. – 162 с.
3. Халиуллин М.И., Алтыкис М.Г., Рахимов Р.З. Композиционное ангидритовое вяжущее повышенной водостойкости // Строительные материалы, 2000, № 12. – С. 34-35.
4. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Реологические характеристики водных суспензий композиционного гипсового вяжущего и его компонентов // Известия КазГАСУ, 2009, № 2. – С. 263-268.
5. Рахимов Р.З., Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р. Композиционные гипсовые вяжущие с использованием керамзитовой пыли и доменных шлаков // Строительные материалы, 2012, № 7. – С. 13-16.

ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ С ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМ МОДИФИКАТОРОМ

Сеньков С.А.

Пермский государственный национальный исследовательский университет

Сухие гипсовые смеси для отделочных работ находят широкое применение в современном строительстве, но их состав и свойства постоянно совершенствуются, улучшаются, модифицируются.

Одной из целей изменения состава сухих смесей является либо повышение вяжущих и адгезионных свойств смесей, либо экономия вяжущего вещества при сохранении адгезионных свойств смесей на необходимом уровне [1].

Целью проводимого исследования является определение возможности повышения адгезионной прочности к пористому основанию гипсовых вяжущих и сухих смесей на их основе при использовании органоминерального модификатора.

При изготовлении сухих гипсовых смесей, особенно предназначенных для производства штукатурных работ, большое значение имеет правильный выбор добавок, регулирующих начало и конец схватывания. В этом случае необходимо учитывать не только вид гипсового вяжущего, но и рН-среды приготовленного гипсового раствора [2].

Для замедления сроков схватывания и повышения адгезионных свойств растворов на основе гипсовых вяжущих, в их состав вводят органические вещества-адгезивы [1, 2].

В качестве минерального модификатора, повышающего прочность сцепления гипсовых смесей с основанием, может быть предложен калийсиликатный цемент (КСЦ), обладающий значительной адгезией к металлу, бетону, керамике, стеклу [3].

Твердение калийсиликатного цемента обусловлено процессами гидратации тетрасиликата калия с образованием его кристаллогидрата, обеспечивающего высокие механические свойства цементного камня.

Одновременно, при взаимодействии данного цемента с водой возникает щелочная среда ($\text{pH}=12,2$), как за счет высокой растворимости дисиликата калия, образующегося при синтезе наравне с тетрасиликатом калия, так и за счет гидролиза K_2CO_3 исходной шихты и образования бикарбоната калия (KHCO_3). Щелочность среды способствует образованию в продуктах твердения большого количества геля кремневой кислоты, что обеспечивает цементу высокое значение адгезионной прочности [4].

Определение влияния добавки калийсиликатного цемента в составе смеси в количестве 2, 5 и 10% на адгезионные свойства гипса к керамическому полнотелому кирпичу в возрасте 3 и 5 суток воздушного твердения проводилось с использованием гипсового вяжущего - Гипс «Г-3» Ергачинского месторождения при величине водотвердого отношения 0,55.

Состав композиций на основе гипса и КСЦ, а так же прочность на отрыв к керамическому кирпичу в возрасте 3 и 5 суток приведены в таблице 1.

Таблица 1

Состав композиций и прочность на отрыв к керамическому кирпичу

Состав композиции, %		Прочность на отрыв (МПа), в возрасте, суток	
Гипс «Г-3»	КСЦ	3	5
100	-	0,05	0,51
98	2	0,61	0,74
95	5	1,3	1,66
90	10	0,59	1,3

Результаты определения адгезионных свойств гипсового вяжущего в присутствии добавки калийсиликатного цемента показывают, что величина прочности на отрыв к керамическому кирпичу исследуемых композиций в возрасте 5 суток выше, чем у чистого гипса в 2 -5 раз.

Наилучшие результаты получены при содержании добавки КСЦ в количестве 5% , когда прочность на отрыв в возрасте 3-5 суток составила 1,33-1,66 МПа соответственно. Увеличение содержания добавки до 10 % приводит к снижению прочности на отрыв, что объясняется резкой потерей подвижности массы за счет коротких сроков схватывания, когда структура, возможно, еще недостаточно сформировалась в результате быстрого взаимодействия гипсовой составляющей с водой затворения.

Повышение адгезионной прочности гипсовых вяжущих в присутствии КСЦ обеспечивается также и за счет продуктов твердения самого калийсиликатного цемента, а именно, присутствия в их составе геля кремниевой кислоты.

Известно, что в составе сухих смесей, в зависимости от характера среды гипсового раствора на их основе, присутствуют замедлители схватывания.

Результаты исследования влияния добавки калийсиликатного цемента, в количестве 2%, 5% и 10% от массы сухой смеси «Перлгипс», на величину сроков схватывания приведены в таблице 2

Таблица 2

Зависимость величины сроков схватывания композиции
от содержания компонентов

Соотношение компонентов, %		В/Т	Сроки схватывания, мин	
			начало	конец
«Перлгипс»	КСЦ			
100	-	0,55	10	12
98	2	0,55	9	11
95	5	0,55	3,5	6
90	10	0,55	Мгновенное схватывание	

При испытании гипсовых смесей, содержащих добавку калийсиликатного цемента в количестве от 2 до 10%, выявлено, что она ускоряет схватывание гипсовой смеси «Перлгипс». Данные результаты свидетельствуют о том, что введение калийсиликатного цемента интенсифицирует процессы растворения и коллоидации полуводного сульфата кальция, за счет повышенной щелочности среды, что приводит к сокращению сроков схватывания массы.

Проведенные эксперименты позволяют квалифицировать калийсиликатный цемент, как минеральный модификатор свойств гипсовых вяжущих.

При изготовлении сухих гипсовых смесей, особенно предназначенных для производства штукатурных работ, большое значение имеет правильный выбор добавок, регулирующих начало и конец схватывания. В этом случае необходимо учитывать не только вид гипсового вяжущего, но и pH-среды приготовленного гипсового раствора [2].

Резкое сокращение сроков схватывания гипсовых вяжущих и смесей на их основе при добавке калийсиликатного цемента требует подбора того или другого вида замедлителей.

Проведено исследование влияния на сроки схватывания гипсового вяжущего «Г-3» Ергачинского месторождения замедлителей схватывания: порошка - «Винная кислота» - и жидкости - «Retardan (50%)». Количество добавок в композиции составляло 0,1%.

Зависимость сроков схватывания гипсового вяжущего от вида органического модификатора приведена в таблице 3.

Таблица 3

Зависимость сроков схватывания гипсового вяжущего
от вида органического модификатора

Содержание компонентов, %			Сроки схватывания, мин	
Гипс «Г-3»	Органический модификатор		Начало	Конец
	Жидкий замедлитель схватывания «Retardan (50%)»	Замедлитель схватывания «Винная кислота» (порошок)		
100	-	-	7	13
99,9	-	-	5	13
99,8	-	-	8	13
99,9	0,1	-	Отсутствие схватывания > 90	
99,9	-	0,1	11	17

При оценке влияния органического модификатора на сроки схватывания гипсового вяжущего установлено, что из проверенных органических модификаторов сильнодействующим эффектом обладает жидкий замедлитель схватывания «Retardan (50%)», но для сухой смеси желательно иметь порошкообразный замедлитель схватывания.

Из порошкообразных органических модификаторов высокий эффект замедления схватывания гипса показала «Винная кислота» (замедление на 50% для начала схватывания и на 30 % для конца схватывания).

Из литературы [2] известно, что «Винная кислота» является эффективным замедлителем схватывания гипсового вяжущего теста, если присутствует щелочная среда.

Поэтому требовалось оценить влияние на физико-механические и адгезионные свойства гипсового вяжущего, вводимого в его состав органоминерального модификатора (калийсиликатный цемент и «Винная кислота»). Водотвердое отношение составляло величину 0,55.

Зависимость физико-механических и адгезионных свойств гипсового вяжущего от содержания органоминерального модификатора приведена в таблице 4.

Таблица 4

Зависимость физико-механических и адгезионных свойств гипсового вяжущего от содержания органоминерального модификатора

Состав композиции, %			Сроки схватывания, мин		Прочность на отрыв к кирпичу, МПа, в возрасте 3 суток
Гипс «Г-3»	ОММ		Начало	Конец	
	КСЦ	«Винная кислота» (порошок)			
100	-	-	7	13	0,05
99,9	-	0,1	11	17	0,005
99,9	5	-	3,5	6	1,31
99,9	5	0,1	30	45	0,59
99,9	10	0,1	43	53	0,57

Из результатов проведенных исследований следует, что добавка винной кислоты почти полностью нейтрализует щелочную среду в гипсовом тесте, создаваемую калийсиликатным цементом и обеспечивающую высокие адгезионные свойства гипсовому вяжущему.

Прочность на отрыв гипсового вяжущего только с калийсиликатным цементом в той же дозировке (без введения замедлителя) была выше прочности гипса в 26 раз.

Прочность на отрыв гипсового вяжущего в присутствии замедлителя «Винная кислота», меньше величины прочности на отрыв чистого гипса в 10 раз, что требует уменьшения количества добавки – замедлителя. или

Выводы:

1. Показано влияние добавки калийсиликатного цемента на сроки схватывания готовой сухой смеси «Перлгипс». Выявлено, что при введении добавки КСЦ в количестве 5 и 10% от массы смеси сроки схватывания смеси резко сокращаются от 10 до 3,5 мин или до мгновенного схватывания при замешивании смеси.
2. Определено, что при введении добавки 5% калийсиликатного цемента к гипсовому вяжущему, его адгезионные свойства резко возрастают и составляют величину 1,3 МПа в возрасте 3 суток. Для чистого гипсового вяжущего эта величина составляет 0,05 МПа, что в 26 раз ниже приведенного значения.
3. Показано, что композиция, содержащая калийсиликатный цемент, в присутствии добавки - замедлителя схватывания гипсовых смесей «Винная кислота», имеет высокие адгезионные свойства, превышающие прочность на отрыв к керамическому кирпичу чистого вяжущего в 10 раз.

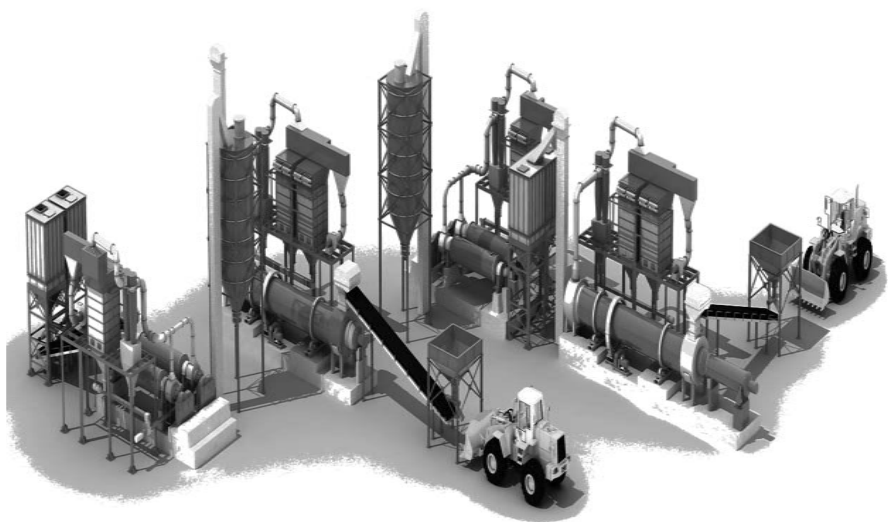
4. Рассчитано, что для получения сухой штукатурной смеси с рекомендованной величиной прочности сцепления с основанием 0,5-0,6 МПа, возможно, использовать разработанный состав гипсового вяжущего с органоминеральным модификатором.
5. Количество добавки калийсиликатного цемента может составлять всего 2,5% от массы гипса, а количество заполнителя – песка может быть увеличено до 10%, что в 2 раза превышает его содержание в стандартных штукатурных смесях.

Литература

1. Баженов Ю.М., Коровяков В.Ф., Денисов Г.А. Технология сухих строительных смесей. М: Изд-во АСВ, 2003. 96 с.
2. Ферронская А.В. Коровяков В.Ф., Баранов И.М. и др. Гипс в малоэтажном строительстве. М: Изд-во АСВ, 2008. 240 с.
3. Авт. свид. № 571458 на изобр. Вяжущее /авторы: Федоров Н.Ф., Кожевникова Л.В., Семейных Н. С.
4. Голубев В.А., Семейных Н.С., Сеньков С.А., Черемных И.Н. Процессы твердения и структурообразования щелочесиликатных цементов. Строительство, архитектура. Теория и практика: Тезисы докладов аспирантов, молодых ученых и студентов на научно-практической конференции строительного факультета. Пермь: ПГТУ. 2007. С. 24–25.
5. Семейных Н.С., Сажина О.В. Композиционные гипсовые вяжущие для сухих строительных смесей. Строительство, архитектура. Теория и практика: Тезисы докладов аспирантов, молодых ученых и студентов на научно-практической конференции строительного факультета. Пермь: ПГТУ. 2008. С. 36–43.

СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

Строммашина GipsTech



Самарский завод «Строммашина» более 70-ти лет производит оборудование для строительной, нефтяной, дорожной, химической, металлургической, горнодобывающей и других отраслей промышленности.

Мы предоставляем инжиниринговые и сервисные услуги: «Разработка технической концепции проекта, предварительная коммерческая оценка проекта, выполнение проектных работ, шефмонтаж (технический и авторский надзор), обслуживание и ремонт оборудования, доставка запчастей по согласованному графику, технический аудит оборудования. В штате нашего инженерного центра (около 50 человек) высококвалифицированные специалисты, которые помогут изготовить проект любой сложности с привязкой оборудования к современным промышленным площадкам».

Благодаря инновационной, технологической и производственной базам мы поставляем в выше упомянутые отрасли следующие виды оборудования: для производства гипсовых вяжущих, для производства минерального порошка, для производства керамзита, для производства железобетонных изделий, для помола и сушки инертных материалов, для термической утилизации отходов бурения и отдельное технологическое оборудование. Наше предприятие, используя свою технологическую базу и с привлечением сторонних организаций, может производить необходимое оборудование индивидуально или серийно по чертежам заказчика.

Примером успешной работы нашего оборудования для производства гипса может служить «Самарский гипсовый комбинат», который в этом году отметил своё семидесятилетие. Более сорока лет назад на комбинате была запущена линия по производству строительного гипса, состоящая из мельниц, сушильных барабанов производства «Самарского завода «Строммашина». Данное оборудование бесперебойно работает и по, сей день.

Однако надо отметить, что за этот период большее количество линий по производству гипсовых вяжущих было изготовлено и отправлено потребителям на основе гипсоварочного котла СМА158А и его модернизированных версий.

Одним из недостатков гипсоварочного котла СМА 158А является периодический способ производства. Начиная с прошлого десятилетия (примерно с 2001г.) технической службой нашего предприятия была разработана модель гипсоварочного котла СМА158Б непрерывного действия, что существенно увеличило производительность линии.

Достаточно плотная конкуренция на рынке производителей оборудования и возрастающие требования заказчиков заставляют всех его участников, и наш завод в том числе, находиться в постоянном поиске вариантов усовершенствования и модернизации оборудования, увеличения

его производительности при минимальном росте стоимости и энергопотребления.

За последние годы нашим заводом был освоен выпуск молотковых тангенциальных мельниц ММТ. За 2013-2014 годы заказчикам было продано более 15 единиц данных мельниц. Существенным преимуществом молотковых мельниц по сравнению с шаровыми является более высокая производительность, компактность, более низкие энергозатраты, возможность совмещать процесс помола с одновременной сушкой.

На стадии освоения заводом находится валковая мельница. Основными достоинствами данной мельницы являются: высокая производительность, существенное снижение энергозатрат, совмещение трех процессов в одном аппарате (Размол + сушка + сепарация), компактность установки.

Не смотря на более высокую цену, в сравнении с аналогами, при должной загрузке, срок окупаемости данной мельницы меньше.

Основываясь на наработанном многолетнем опыте, наш завод не стоит на месте, развивается, расширяет номенклатурную линейку изделий необходимых для производства гипсовых вяжущих.

Это продиктовано потребностями рынка и как следствие требованиями конкретных заказчиков.

В зависимости от производительности, энергозатрат на тонну продукции, требований к готовому продукту по качеству, в настоящее время наше предприятие предлагает потребителям 5 (пять) вариантов «Линий производства гипсовых вяжущих», отличающихся друг от друга по набору основного технологического оборудования.

Линия на основе:

1. Сушильного барабана, мельницы шаровой;
2. Гипсоварочного котла, мельницы молотковой тангенциальной;
3. Сушильного барабана, дисмембратора;
4. Автоклава, мельницы шаровой;
5. Валковой мельницы.

В настоящий момент каждая из предлагаемых линий актуальна и востребована производителями гипса.

Каждая имеет свои минусы и плюсы:

1. Линия на основе сушильного барабана и шаровой мельницы
 - Плюсы: не высокая цена, технологичность, простота эксплуатации, технология проверенная временем.
2. Линия на основе гипсоварочного котла и мельницы молотковой тангенциальной
 - Плюсы: гипс (конечный продукт) более высокой марки Г7-Г8.
3. Линия на основе сушильного барабана и дисмембратора
 - Плюсы: высокая производительность при малых энергозатратах.
 - Необходимо учесть особенности обслуживания оборудования.

4. Линия на основе автоклавов и шаровой мельницы

- Плюсы: высокое качество готового продукта (гипса) марки Г17.

5. Линия на основе валковой мельницы

- Плюсы: 3 процесса в одном устройстве (сушка, помол, сепарация). С определенного типа размера имеют экономию затрат энергии на 1т материала.

- Есть необходимость в высокой квалификации обслуживающего персонала.

Более подробную информацию по вышеперечисленным линиям производства гипса можно получить ознакомившись с нашим сайтом: www.strommash.ru, или отправить запрос на наше предприятие с указанием исходных данных по сырью (влажность, фракционный состав, требуемая производительность и т.д.). В течение 3 (трех) рабочих дней будет дан формализованный ответ с подбором основного технологического оборудования, стоимостью, сроком изготовления, условиями оплаты и другими интересующими заказчика данными.

При необходимости имеем возможность произвести лабораторные исследования сырья и предложить рекомендации по технологическому процессу.

Важной составляющей любого производственного предприятия является инжиниринг. Здесь мы можем предложить заказчику полный комплекс услуг от разработки технологических схем и подбора оборудования, до шеф-монтажа и пуско-наладки. Современное программное обеспечение на базе комплексов Ansys, DassaultSystems позволяет делать проекты в оперативном порядке.

Использование многофункциональных программных комплексов конечно-элементных расчетов ANSYS для решения линейных, нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твердого тела и механики конструкций (включая контактное взаимодействие элементов конструкции, а также применение САПР продукта компании DassaultSystems CATIA (системы автоматизированного проектирования) с привлечением сторонних специалистов и институтов позволило:

- применить методики при разработке нового и нестандартного оборудования;
- значительно ускорить разработку технической документации;
- анализировать смоделированные применяемые технические решения и возможность применения заимствованных узлов типовых агрегатов помола и сушки;
- Проводить прочностные расчеты в динамике вращения и с нагрузками (в т.ч. с материалом).

Благодаря динамичному развитию отрасли производства гипса, сохраняется устойчивый спрос на оборудование необходимое для его производства.

Только в последние годы нами было поставлено комплексное оборудование, включая проектные работы для следующих организаций: ООО «Руссиан – недвижимость» Московская обл., ООО «Отраденскийгипс» Краснодарский край, произведена реконструкция системы аспирации и сепарирования на «Самарском гипсовом комбинате».

МИНИМИЗАЦИЯ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Сучков В.П., Коршунов А.Е., Мольков А.А.
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Накопленный производственный опыт показал, что дальнейшее развитие производства гипсовых вяжущих высоких марок возможно при условии существенного сокращения технологических операций, повышения производительности и снижения расхода топлива и энергии.

Процессы превращения гипса в полуводный сульфат кальция при гидротермальной обработке можно разделить на три периода:

1. Подготовительный латентный (инкубационный) период. В этот период создаются условия для последующего превращения – образуется насыщенный водный раствор необходимой концентрации.

2. Период образования центров кристаллизации полугидрата (зародышей кристаллов). При этом зародыши кристаллов, что установлено авторами экспериментально, образуются преимущественно на дефектах структуры кристаллов исходного гипса.

3. Период преимущественного роста кристаллов полуводного сульфата кальция и образования кристаллических сростков.

На продолжительность каждого из этих периодов существенно влияют кристаллическая структура гипса, способ подготовки сырья, режим тепловой обработки.

В работах (1, 2) показано, что используя пластическую деформацию сырья перед гидротермальной обработкой, изменяя режимы и среду её проведения, возможно существенно сократить продолжительность технологии.

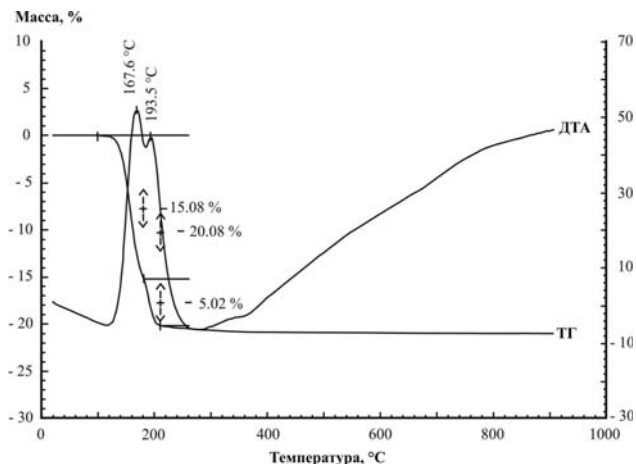
Авторами показано, что в условиях локализованной нагрузки на гранях кристаллов возникают фигуры давления или фигуры удара, формы и строения которых зависят от структуры кристаллической решетки.

Исследования выполнены на гипсовом камне Бебьевского месторождения с содержанием основного минерала ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – 98%.

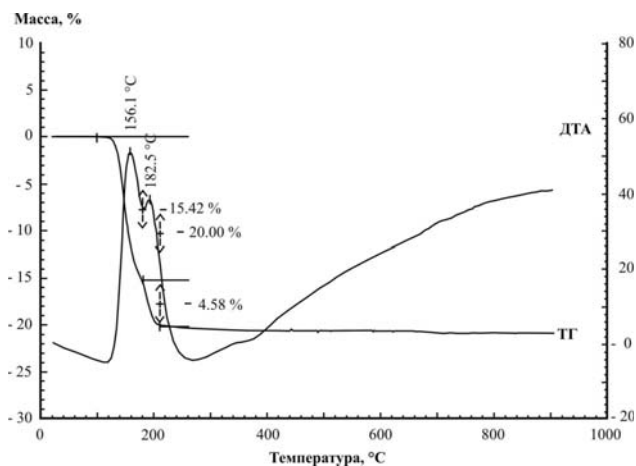
С этой целью гипсовый камень подвергали дроблению, с последующим отбором пробы, просеянной через сито 10 мм. (Проба №1). Часть пробы подвергалась механическому воздействию (пластической деформации) на бегунах (Проба №2). Результаты дифференциально-термического анализа (ДТА) проб представлены на рис. 1.

Установлено, что эндотермические эффекты перехода двуводного гипса в полуводный и ангидрит у пробы №2 наступает при температурах на 11,5°С и 11°С ниже чем у пробы №1.

Смещение эндотермических эффектов в область более низких температур может быть обусловлено изменением концентраций дефектов кристаллической структуры гипса пробы №2.



а) исходного гипсового сырья (проба №1)



б) активированного гипсового сырья (проба №2)

Рисунок 1. Результаты ДТА

Последующее микроскопическое исследование образцов в проходящем свете показывает, что признаки дегидратации гипса концентрируются вдоль дефектов кристаллов гипса и появляются ранее у гипса пробы №2.

Механически обработанную в присутствии поверхностно-активных веществ пробу №2 подвергали автоклавной обработке при избыточном давлении 0,3 МПа с последующей сушкой. Зерновой состав исходной пробы приведен на рис. 2. Зерновой состав полученного вяжущего – на рис. 3.

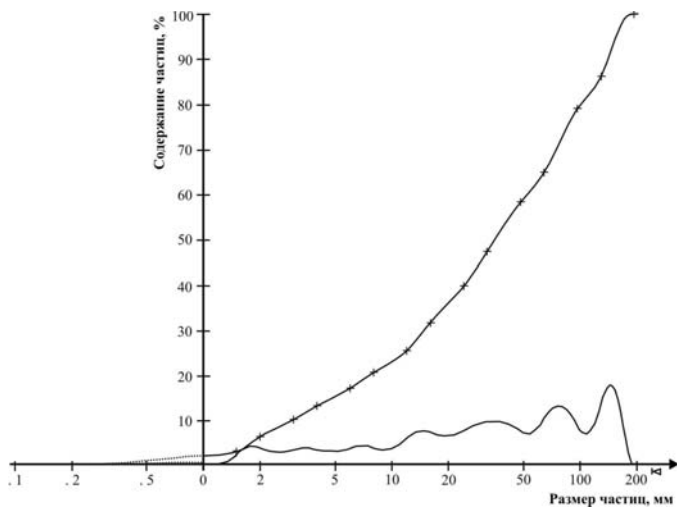


Рисунок 2. Зерновой состав гипсового сырья после МХА

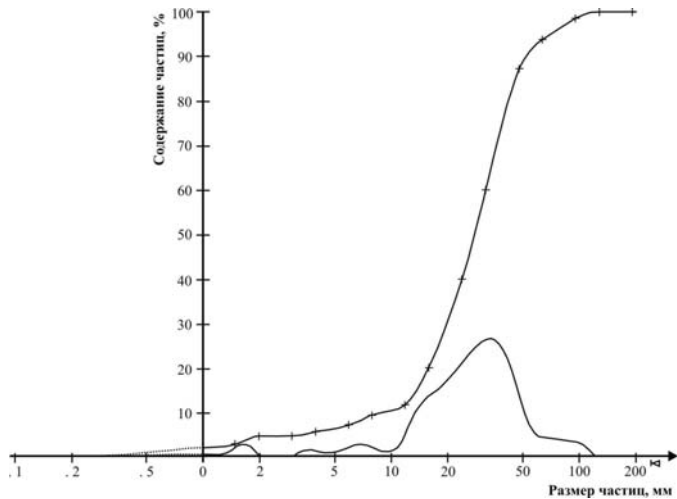


Рисунок 3. Зерновой состав гипсового вяжущего

Из результатов, представленных на рис. 2 и 3 следует, что в процессе автоклавной обработки происходит изменение зернового состава сырья при дегидратации.

Полученное вяжущее удовлетворяет требованиям ГОСТ 125-79 по зерновому составу (размер частиц не превышает 0,2 мм). Отмечен эффект «самоизмельчения» гипса при дегидратации – у вяжущего отсутствуют частицы размером 120-200 мкм, в отличие от частиц сырья.

Вяжущее после сушки не требует помола и разделяется на фракции без усилий, например, просеиванием или проходом через вальцы.

При этом величина удельной поверхности пробы №2 оцененной по воздухопроницаемости составляет 2500 см²/г, а вяжущего – 1500 см²/г.

Нормальная густота гипсового теста из вяжущего, полученного по разным режимам составляет от 28 до 32%. У вяжущего отмечается замедленные сроки схватывания: начало 10-25 мин., конец 15-30 мин. Получено вяжущее марок по прочности Г16 – Г25 в стандартном возрасте.

Работа подготовлена в рамках выполнения НИР «Разработка энергоэффективной технологии производства высокопрочных вяжущих веществ из природного и техногенного гипсового сырья» (код проекта 3009) с финансированием из средств Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания на научные исследования.

Литература

- 1.Классен, Неклюдова М.В., Урусовская А.А. Сквозные фигуры удара и давления в кубических кристаллах. Труды института кристаллографии АН СССР, выпуск II, 146-151, 1956 г.
- 2.Золотов В.А., Лавров М.Н. Влияние пластической деформации кристаллов гипса на процесс их последующей дегидратации. Ученые записки Арзамаского государственного педагогического института. Выпуск физико-математический. Том 4, 105-117, 1960 г.

СОСТАВ И СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОФАЗОВЫХ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Сычева Л. И., Амелина Д. В., Федорова В.О.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

Многофазовые гипсовые вяжущие представляют собой вяжущие сочетающие в различных пропорциях строительный гипс и ангидрит. Сроки схватывания таких вяжущих, прочность и водостойкость изготовленных из них материалов, могут регулироваться в широких пределах за счет изменения соотношения компонентов.

В зарубежных странах широко распространен выпуск многофазовых гипсовых вяжущих (МГВ), которые получают смешиванием отдельно полученного высоко- и низкообжигового гипса. В нашей стране промышленный выпуск МГВ отсутствует.

В настоящее время на ряде предприятий по производству строительного гипса вместо традиционных технологий с гипсоварочными котлами и сушильными барабанами стали использовать установки быстрого обжига гипса. Эти установки характеризуются низкими энергозатратами и высокой производительностью. Особенностью технологии быстрого обжига гипса является нестабильность фазового состава получаемого вяжущего, который может изменяться даже в пределах одной партии и, как следствие, приводить к нестабильности свойств гипсовых вяжущих.

При повышении температуры обжига выше 220 – 300 °С в продуктах дегидратации гипсового камня появляется растворимый ангидрит (РА) – крайне неустойчивая модификация сульфата кальция, быстро переходящая в полугидрат (ПГ) при хранении материала на воздухе. Существует устойчивое мнение, что появление РА в составе гипсовых вяжущих приводит к увеличению нормальной плотности, сокращению сроков схватывания и снижению прочности [1, 2].

Целью данной работы было определение влияния растворимого ангидрита на свойства гипсовых вяжущих.

На первом этапе работы определяли, влияние температуры обжига гипсового камня на фазовый состав и свойства получаемых гипсовых вяжущих.

Гипсовый камень обжигали в лабораторных условиях при температуре от 140° до 350°С и изотермической выдержке материала 1 час. В работе использовали Новомосковский гипсовый камень, предварительно измельченный в шаровой мельнице до удельной поверхности 340 м²/кг. Содержание дигидрата сульфата кальция в гипсовом камне составило 84%.

Фазовый состав продуктов обжига оценивали по методике, предложенной в работе [3]. Определение удельной поверхности, нормальной густоты, сроков схватывания вяжущих и формование образцов для измерения их прочности, выполняли сразу же после получения вяжущего.

Гипсовые вяжущие, обожженные в интервале температур 140 - 160°C в своем составе все еще содержат значительное количество дигидрата сульфата кальция (ДГ), в то время как в вяжущем, полученном при температуре 180°C уже появляется растворимый ангидрит. Повышение температуры до 250°C приводит к увеличению доли РА до 79%, дальнейшее повышение температуры приводит к образованию нерастворимого ангидрита (НА) и уменьшению количества РА (рис.1).

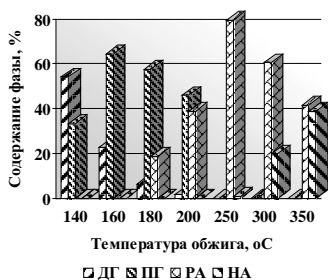


Рисунок 1. Зависимость фазового состава вяжущего от температуры его получения

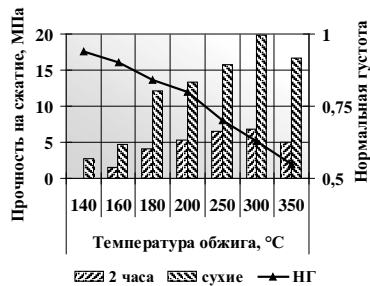


Рисунок 2. Нормальная густота и прочность многофазовых гипсовых вяжущих

Такие изменения фазового состава вяжущих не могут не оказывать влияния на его строительно-технические свойства.

При термообработке гипсового камня первоначально происходит увеличение удельной поверхности с 340 м²/кг для необожженного материала до 520 м²/кг для материала обожженного при температуре 160°C. Это связано с дегидратацией ДГ, выделением воды из его структуры и разрыхлением образующегося материала, что сопровождается увеличением доли ПГ в вяжущем. При дальнейшем увеличении температуры до 180°C происходит некоторое снижение удельной поверхности материала. При этом в материале происходит дальнейшее уменьшение доли ДГ и начинает снижаться содержание ПГ за счет образования РА. В интервале температур 180 - 250°C удельная поверхность не изменяется и составляет 480 м²/кг. Увеличение температуры обжига до 300°C и более приводит к дальнейшему снижению удельной поверхности до 390 м²/кг, что сопровождается образованием нерастворимого ангидрита в вяжущем. Таким образом, изменение удельной поверхности обжигаемого материала носит ступенчатый

характер, обусловленный фазовыми переходами в системе $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - \text{CaSO}_4$.

Увеличение температуры обжига гипсового камня сопровождается снижением нормальной густоты гипсового вяжущего с 0,94 для вяжущего, полученного при температуре 140°C, до 0,55 для вяжущего обожженного при 350°C (рис. 2).

Сроки схватывания вяжущих начинают замедляться при 180°C, когда в составе вяжущих появляется растворимый ангидрит. При дальнейшем повышении температуры обжига и доли РА в составе вяжущих наблюдается дальнейшее замедление сроков схватывания. Максимальные сроки схватывания у вяжущего, полученного при температуре 250°C. У гипсовых вяжущих, полученных при температурах 300°C и 350°C, сроки схватывания опять сокращаются, несмотря на увеличение в составе материала доли НА.

Для МГВ, полученных в интервале температур 140 - 350°C были оценены прочностные показатели и водостойкость. Прочность измеряли у образцов, твердевших в естественных условиях в течение 2 часов и у образцов, высушенных до постоянной массы. Максимальными прочностью, коэффициентом размягчения и минимальным водопоглощением обладали образцы гипсового камня из вяжущего, полученного при температуре 300°C (рис. 2).

Таким образом, появление растворимого ангидрита в составе гипсовых вяжущих в результате повышения температуры их получения не приводит к увеличению удельной поверхности и нормальной густоты. Наличие РА в свежееобожженном материале способствует увеличению прочности и коэффициента размягчения гипсового вяжущего, что ставит под сомнение существующую точку зрения об отрицательном влиянии РА на свойства низкообжиговых гипсовых вяжущих. Увеличение доли РА в составе вяжущего приводит к замедлению его сроков схватывания с 4 – 6 мин до 15 – 17 мин.

Так как МГВ производят в основном путем смешивания строительного гипса и нерастворимого ангидрита, то следующим этапом работы явилась оценка возможности получения МГВ однократным обжигом гипсового камня. Обжиг гипсового камня проводили в интервале температур 250 – 400°C. Продуктом обжига при таких условиях было вяжущее, состоящее из РА и НА.

Поскольку РА является крайне неустойчивой модификацией сульфата кальция, быстро переходящей в ПГ, было интересно оценить влияние фазового перехода РА→ПГ на свойства МГВ. Для этого вяжущие, полученные при разных температурах, подвергали хранению в воздушно-сухих условиях в течение 14 суток до полного перехода РА в ПГ. Свойства определяли как свежееобожженных вяжущих так и вяжущих, подвергнутых старению (табл. 1).

Таблица 1.

Фазовый состав продуктов обжига гипсового камня

Температура обжига, °С	После обжига		После 14 суток хранения	
	РА, %	НА, %	ПГ, %	НА, %
250	79,4	1,1	80,5	1,0
300	60,5	20	62,1	19,2
350	41,6	38,9	43,2	37,8
400	15,1	65,4	16	64,7

Увеличение доли НА в составе вяжущих приводит к снижению их удельной поверхности и нормальной густоты, сокращению сроков схватывания. Причем сроки схватывания существенно сокращаются у вяжущих, полученных в при 350 – 400°С, что, вероятно, обусловлено перестройкой кристаллической решетки CaSO₄, сопровождающейся на термограмме Новомосковского гипсового камня экзотермическим эффектом с максимумом при 400°С и, как следствие, приводящей к высокой гидратационной активности материала. В вяжущем полученном при 500°С было зафиксировано 7,5% РА, остальная часть представлена НА и сроки схватывания такого вяжущего уже резко увеличились (рис.3).

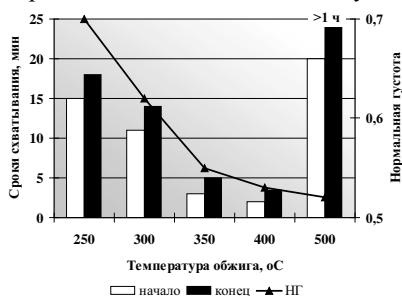


Рисунок 3. Влияние температуры получения гипсового вяжущего на его сроки схватывания

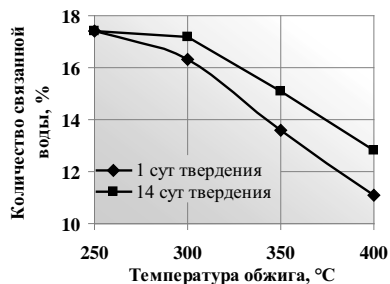


Рисунок 4. Количество связанной воды в затвердевших образцах МГВ

Прочность вяжущих на ранних сроках твердения (2 часа) по мере увеличения температуры их обжига от 250 до 400°С снижается. Однако прочность вяжущих в возрасте 7 и 14 суток твердения растет с увеличением температуры. Максимальной прочностью 25 МПа обладало вяжущее, полученное при 350°С, которое имело состав «41,6% РА + 38,9% НА», в то время как прочность вяжущего, полученного при 250°С и состоящего только из РА, была примерно в 2 раза меньше (13,5 МПа).

Очевидно, прочность вяжущих, полученных при высоких температурах, на поздних сроках твердения (до 14 суток) обусловлена содержанием НА, обладающего высокой гидратационной активностью.

Это так же подтверждается данными о количестве связанной воды в образцах затвердевшего МГВ, что косвенно позволяет судить о степени гидратации вяжущего (рис. 4). Для образцов гипсового камня из вяжущих, хранившихся после получения 14 суток до полного перехода РА в ПГ, определяли количество связанной воды на 1 и 14 сутки твердения. Количество связанной воды на 14 сутки твердения для образцов из вяжущих, полученных при температурах 300 - 400°С, увеличивалось на 0,9 – 1,7% по сравнению с образцами 1-суточного твердения, это свидетельствует о том, что нерастворимый ангидрит с течением времени продолжает активно гидратироваться и степень его гидратации за это время может достигать 40%.

Переход РА→ПГ в процессе хранения вяжущих сопровождается уменьшением удельной поверхности материала примерно на 30 – 40 м²/кг и как следствие снижением нормальной плотности гипсового теста (на 9 – 13%). Заметное снижение удельной поверхности наблюдается при переходе от вяжущего, полученного при 350°С, к вяжущему полученному при 400°С, когда доля НА в материале достигает 65%.

В процессе хранения замедляются сроки схватывания вяжущих. Особенно это заметно для вяжущих, полученных при температуре 250°С (разница в сроках схватывания у свежееобожженного вяжущего и вяжущего, хранившегося 14 суток – 20 минут). Прочностные свойства вяжущих при хранении практически не изменялись. Таким образом, обратный переход РА в ПГ при хранении материала так же сопровождается изменением некоторых свойств вяжущих, как и переход ПГ в РА, при получении вяжущих при разных температурах.

Интересно отметить, что кинетика набора прочности образцов из вяжущих, обожженных в интервале температур 250 - 400°С, также зависит от температуры. Так, например, вяжущее, полученное при 250°С, набирает 80% от 14 суточной прочности к 3 суткам твердения, а вяжущее, полученное при 300°С, достигает таких же значений уже к 1 суткам твердения. При дальнейшем увеличении температуры набор прочности замедляется и вяжущее, полученное при 400°С, набирает 70% от 14 суточной прочности только к 7 суткам твердения.

Для сравнения свойств МГВ, полученных однократным обжигом и путем смешивания отдельных компонентов были приготовлены механические смеси строительного гипса и ангидрита. Составы этих смесей (в пересчете на ПГ и НА) представлены в таблице 2, и они примерно соответствуют составам МГВ, полученных однократным обжигом (табл. 1). Смешанные вяжущие готовили из строительного гипса фирмы ООО «КНАУФ-ГИПС» с содержанием ПГ 83% и НА, который получали обжигом предварительно размолотого гипсового камня при 600°С. Удельная поверхность ангидрита составила 450 м²/кг.

Удельная поверхность вяжущих с увеличением доли НА возрастает, при этом НГ гипсового теста практически не изменяется, а сроки схватывания заметно удлиняются.

Прочность смешанных вяжущих с увеличением доли НА снижается, исключение составляет состав, содержащий 15 % НА, его прочность превышает прочность образцов из строительного гипса.

Таблица 2.
Состав и некоторые свойства МГВ

Фазовый состав вяжущего	Суд, м ² /кг	тсхв, мин	
		начало	конец
Строительный	360	8	14
66%ПГ+15%НА	375	14	19
39%ПГ+39%НА	396	19	24
19,2%ПГ+57,6%Н	430	27	33

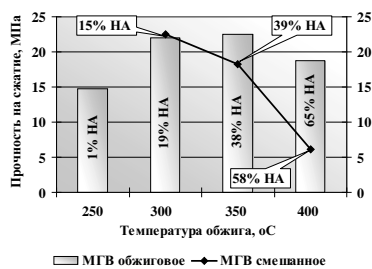


Рисунок 5. Прочность МГВ

полученных обжигом и смешиванием

Следует отметить, что МГВ, полученное смешиванием отдельных компонентов (ПГ и НА), обладает существенно более низкой прочностью, чем вяжущее близкое по составу, но полученное однократным обжигом гипсового камня (рис.5).

Короткие сроки схватывания и высокая прочность МГВ, полученного однократным обжигом гипсового камня в интервале температур 300 – 400°С, обусловлены в первую очередь высокой гидратационной активностью ангидрита, которая определяется перестройкой кристаллической решетки CaSO₄ в процессе обжига. Кроме того, присутствующий в составе такого вяжущего РА или ПГ, образовавшийся в процессе хранения МГВ, выполняют роль активизатора твердения ангидрита, чего не происходит при смешивании ПГ и НА.

Таким образом, многофазовое гипсовое вяжущее, состоящее из РА (ПГ) и НА, целесообразно получать однократным обжигом гипсового камня, причем состав вяжущего в широких пределах можно варьировать температурой обжига.

Литература

1. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1980. 472 с.
2. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. – М.: Изд. АСВ, 2004. 488 с.
3. Бобров Б.С., Киселева Л.В., Жигун И.Г., Романова А.В. Определение фазового состава строительного и высокопрочного гипса // Строительные материалы. 1983. № 7. С. 23 – 24.

ПОВЫШЕНИЕ ГИДРАТАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ АНГИДРИТОВОГО ВЯЖУЩЕГО ИЗ ФОСФОГИПСА

Сычева Л.И., Манкеевич Я.В.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

Гипсовые вяжущие широко применяют как для производства различных изделий, так и сухих строительных смесей. В качестве сырья для получения гипсовых вяжущих используют в основном природный гипсовый камень, кроме того, неисчерпаемым источником для их производства могут служить гипсосодержащие отходы различных отраслей промышленности и, в частности, фосфогипс.

Фосфогипс образуется при получении ортофосфорной кислоты и фосфорных удобрений путем сернокислой обработки природного фосфатного сырья – апатитов и фосфоритов. По содержанию основного компонента ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) фосфогипс в ряде случаев может быть отнесен к сырью 1-го сорта для производства гипсовых вяжущих. В России ежегодно количество образующегося фосфогипса достигает 10-12 млн. т, из этого количества в народном хозяйстве используются доли процента, а основная его масса хранится в отвалах, что приводит к значительному загрязнению почв, водного и воздушного бассейнов в районах накопления отхода.

Зарубежом наиболее реализуемыми технологиями переработки фосфогипса на вяжущее являются производства строительного (β -ПГ) и высокопрочного (α -ПГ) гипса. Недостатком этих методов является образование значительного количества сточных вод, так как фосфогипс подвергают предварительной отмывки от водорастворимых примесей, наличие которых существенно снижает в последующем качество гипсового вяжущего. К таким примесям относятся фториды щелочных металлов и остатки фосфорной, кремнефтористой и плавиковой кислот. В некоторых технологиях применяют нейтрализацию «кислых» примесей, содержащихся в фосфогипсе, что не всегда позволяет достичь желаемых результатов [1].

Ранее в МХТИ им. Д.И. Менделеева была разработана технология получения ангидритового вяжущего из фосфогипса, которая включает в себя обжиг сырьевой смеси, состоящей из фосфогипса, фторсодержащего компонента и извести, и последующий помол образовавшегося ангидритового клинкера [2]. При получении ангидритового вяжущего по данной технологии отсутствует стадия отмывки фосфогипса от примесей фтористых и фосфатных соединений, при этом вяжущее является быстросхватывающимся и не требует применения активаторов твердения.

Высокая гидратационная активность ангидритового вяжущего из фосфогипса обусловлена особенностями кристаллической решетки CaSO_4 . При обжиге фосфогипса ионы P^{5+} с большим радиусом внедряются в

кристаллическую решетку CaSO_4 и замещают в тетраэдре SO_4^{2-} ионы S^{6+} , имеющие меньший радиус, что приводит к возникновению дефектов и, как следствие, высокой гидратационной активности получаемого ангидрита.

Эта технология была опробована на промышленном оборудовании на ряде заводов по производству фосфорных минеральных удобрений, а полученное ангидритовое вяжущее использовано для изготовления оснований и стяжек пола на ряде строящихся объектов [3].

При изучении ангидритового вяжущего, получаемого по указанной выше технологии, мы обратили внимание на тот факт, что не каждый фосfogипс в равной степени обеспечивает получение вяжущего, обладающего быстрым схватыванием и набором прочности. Это происходило только в том случае, если фосfogипс был «чистым», то есть имел в своем составе меньше, чем обычно содержание примесей фосфатов и фторидов. В наших экспериментах это был фосfogипс, взятый из овалов, возможно, это также может относиться к фосfogипсу, образующемуся при двухстадийных процессах производства фосфорной кислоты.

Поэтому целью данной работы стало получение быстротвердеющего и высокопрочного ангидритового вяжущего из фосfogипса, длительное время хранившегося в отвалах.

Для исследования использовали отвальный фосfogипс и шлам станции нейтрализации ОАО «Воскресенские минудобрения» (табл. 1). При хранении в отвале под действием внешней среды в составе фосfogипса уменьшается количество водорастворимых примесей фосфатов и фторидов. Кроме того происходит перекристаллизация полугидрат и дигидрата сульфата кальция в фосfogипсе с образованием кристаллических сростков $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Таблица 1.
Химический состав* фосfogипса и шлама (в пересчете на сухое вещество) в масс. %

Оксиды	CaO	SO ₃ расч	P ₂ O ₅ общ	P ₂ O ₅ водр	F общ	F водр	SiO ₂	MgO
фосfogипс	38,13	54,5	0,78	0,08	0,14	0,08	0,96	-
шлам	47,61	0,35	2,52	-	11,66	-	22,01	1,19

* По данным лаборатории ОАО «Воскресенские минудобрения»

По результатам химического и рентгенофазового анализов содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в фосfogипсе составило 95,9 %. Шлам в своем составе содержит CaF_2 – 23,9%, наряду с ним присутствуют карбонат кальция – 14,26%, небольшие количества фосфата и сульфата кальция и другие минералы. Показатель pH фосfogипса – 5,9, и шлама – 7,7. Средний размер частиц фосfogипса 60 мкм, а шлама – 13 мкм.

Для повышения активности ангидритового вяжущего был применен метод механоактивации фосfogипса и сырьевой смеси на его основе.

Механоактивацию собственно фосфогипса проводили для того, чтобы оценить вклад именно этой составляющей сырьевой смеси в процесс получения высокоактивного ангидритового клинкера.

Материал подвергали механоактивации на лабораторной роторно-пульсационной установке «РПУ-0,7-Л» в жидкой среде с соотношением Т:Ж = 1:5 при частоте вращения ротора 3000 об/мин, в течение 30, 60 и 90 с.

Гранулометрический анализ фосфогипса до и после механоактивации показал, что средний размер частиц практически не изменился. Было отмечено незначительное увеличение размера частиц в интервале от 1 до 30 мкм, возможно, это связано с аморфизацией их поверхности.

Для оценки вяжущих свойств фосфогипса был осуществлен его обжиг при 960°С. Ангидритовый клинкер из немеханоактивированного фосфогипса был мягкий и легко измельчался, клинкер из механоактивированного фосфогипса имел плотную спеченную структуру. Клинкера размалывали до удельной поверхности 400-430 м²/кг.

Ангидритовое вяжущее из механоактивированного и немеханоактивированного фосфогипса имело нормальную густоту 24%, при этом в обоих случаях начало схватывания было – 85, а конец – 160 минут. Образцы ангидритового вяжущего из немеханоактивированного фосфогипса набирали прочность очень медленно, к 7 суткам твердения она не превышала 2 – 3 МПа, однако к 28 суткам твердения образцы достигли прочности при сжатии 40 МПа.

Механоактивация фосфогипса в течение 30 секунд не дала заметных результатов. Но образцы ангидритового вяжущего из фосфогипса механоактивированного 60 секунд к 7 суткам твердения уже имели прочность при сжатии 15 МПа, а к 28 суткам – 50 МПа.

Известно, что положительные эффекты, достигаемые в результате механоактивации, обусловлены выделением большого количества свободной энергии и образованием различного рода дефектов в кристаллической решетке обрабатываемого материала. Это могут быть как линейные дефекты: дислокации, ионные и атомные вакансии, так и дефекты, связанные с изменением углов между связями молекул в кристаллах. Таким образом эффект от механоактивации фосфогипса выразился в повышении его реакционной способности и получении ангидритового вяжущего с более быстрым набором прочности.

Затем было получено ангидритовое вяжущее из сырьевой смеси следующего состава (% по массе): фосфогипс – 84,2, шлам станции нейтрализации – 12,8, оксид кальция – 3. Шлам, в состав которого входит фторид кальция, вводили в сырьевую смесь для интенсификации процесса ее спекания, так как фторид кальция образует с CaSO₄ эвтектический расплав при 951° С. Для нейтрализации возможных кислотных примесей в фосфогипсе и шламе в сырьевую смесь вводили оксид кальция.

Сырьевую смесь также обжигали при температуре 960°C и времени изотермической выдержки 3 часа. Полученный клинкер имел светлую окраску и плотную хорошо спеченную структуру, его предварительно дробили и размалывали в лабораторной мельнице так же до удельной поверхности 400-430 м²/кг.

Ангидритовое вяжущее, на основе отвального фосфогипса, имело длинные сроки схватывания и невысокую прочность. Нормальная густота вяжущего составила 19%, сроки схватывания: начало – 66, конец – 95 минут. На первые сутки твердения вяжущее заметной прочностью не обладало, только на 3 суток твердения прочность образцов при сжатии достигла 7 МПа, а к 28 суткам – 23,4 МПа. Коэффициент водостойкости образцов после 7 суток водонасыщения составил 0,58.

Более низкие показатели строительно-технических свойств ангидритового вяжущего из отвального фосфогипса, вероятно, связаны с тем, что при длительном хранении фосфогипса происходит более глубокая сокристаллизация дигидрата сульфата кальция с дигидрофосфатом. Замещение ионов S⁶⁺ на ионы P⁵⁺ в тетраэдре SO₄²⁻ ангидрита затрудняется и, как следствие, при обжиге образуется ангидрит с невысокой гидратационной активностью.

Ангидритовое вяжущее из механоактивированной сырьевой смеси имело нормальную густоту 19-21%. Сроки схватывания вяжущего сократились: начало – с 66 до 10, конец – с 95 до 30 минут (рис. 1а).

а

Прочность вяжущего также повышалась по мере увеличения времени механообработки сырьевой смеси. Ангидритовое вяжущее, полученное из механоактивированной в течение 90 секунд сырьевой смеси, обладало наибольшей прочностью. Уже на первые сутки твердения прочность образцов составила 15 МПа, на седьмые – 31,6 МПа, в то время как прочность у вяжущего из механоактивированной более короткое время сырьевой смеси только к 3 и 14 суткам твердения достигла таких же значений (рис. 1б).

Определение водостойкости ангидритового вяжущего проводили на образцах, предварительно твердевших 14 суток в воздушно-влажных условиях. Прочность вяжущего из немеханоактивированной сырьевой смеси по мере увеличения времени водонасыщения от 1 до 7 суток снизилась на 55 – 40% соответственно. Для вяжущего из механоактивированной в течение 90 секунд сырьевой смеси это снижение составило только 10 – 20% (табл. 2).

Таблица 2.
Прочность водонасыщенных образцов ангидритового вяжущего

Время м/а сырьевой смеси, с	Время водонасыщения, сут			
	0	1	3	7
	Прочность на сжатие, МПа			
0	22,2	9,9	6,9	13,2
30	30,8	16,1	20,6	21,6
60	31,7	23,8	25,7	23,8
90	33,5	30,8	24,1	26,8



Рисунок 2. Коэффициент водостойкости ангидритового вяжущего.

Время водонасыщения 1, 3, 7 сут

Ангидритовое вяжущее из сырьевой смеси на основе отвального фосфогипса имеет коэффициент водостойкости 0,45 – 0,6. В результате механоактивации сырьевой смеси коэффициент водостойкости вяжущего увеличился до 0,8 (рис. 2).

В заключение следует отметить, что фосфогипс длительное время хранившийся в отвалах и используемый в дальнейшем как сырьевой материал для производства ангидритового вяжущего желателно подвергать механоактивации, чтобы обеспечить высокую гидратационную активность получаемого из него вяжущего. Ангидритовое вяжущее из механоактивированной сырьевой смеси на основе отвального фосфогипса обладает короткими сроками схватывания, высокой прочностью и водостойкостью.

Литература

1. Иваницкий В.В., Классен П.В., Новиков А.А. и др. Фосфогипс и его использование. М.: Химия, 1990. – 224 с.
2. Кузнецова Т.В., Сычева Л.И., Ануфриев М.В. и др. Способ получения ангидритового вяжущего. Патент РФ № 1730072, БИ №16, 1992.
3. Терсин В.А., Сычева Л.И., Давиденко И.Б. и др. Получение ангидритового вяжущего на основе техногенных отходов производств фосфорсодержащих удобрений //Тр. VI Межд. науч.-практич. конфер. «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий» – Пермь. 2012. – с. 161-166.

ВЫСОКОДИСПЕРСНЫЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ ДЛЯ АНГИДРИТОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Сычугов С.В., Плеханова Т.А., Михайлова О.Ю., Гайнетдинова Д.Р.,
Казанцева А.С.
Ижевский государственный технический университет имени
М.Т.Калашникова

Область применения вяжущих на основе нерастворимого ангидрита может быть расширена за счёт создания на их основе композиционных ангидритовых вяжущих (КАВ) [1, 2]. Посредством введения и регулирования химического состава и физических свойств модифицирующих добавок, возможно получение КАВ с повышенными физико-механическими характеристиками [3-6]. Применение модифицирующих добавок техногенного происхождения с высокой удельной поверхностью - является одним из приоритетных направлений управления структурой материала на основе КАВ [7]. Объектами внимания, в частности, выступают гальваническое производство и химические предприятия нефтепереработки, являющиеся опасными источниками загрязнения окружающей среды за счёт образования опасных высокодисперсных твердых отходов в виде гальванических шламов. Находясь в дезинтегрированном виде, порошки исключают необходимость применения операции измельчения [8].

Использование высокодисперсных порошков гальванических шламов в качестве модифицирующих добавок в КАВ позволит повысить их физико-механические свойства и улучшить экологическую обстановку в регионах, где имеется гальваническое производство.

Материалы и методы исследования

В эксперименте был использован ангидрит Ергачёвского месторождения (Пермский край), измельчённый до удельной поверхности $S_{уд} = 380 \text{ м}^2/\text{кг}$. Для ускорения реакции гидратации и твердения ангидритового вяжущего, а также регулирования сроков схватывания применялась сульфатная активация. В качестве активатора использовалась соль бисульфата натрия. В качестве модифицирующих добавок исследовались:

1. Гальванический шлам (ГШ) завода ОАО «Аксион-холдинг» (г. Ижевск), представляющий собой порошкообразный отход от производства гальванических покрытий и обработки поверхностей изделий. Шлам является продуктом нейтрализации кислотных

стоков (H_2SO_4 , H_2SO_3 , HCl , HF , HNO_3) растворами щелочей ($NaOH$, Na_2CO_3);

2. Гальванический шлам металлургического предприятия ГМК «Норильский никель» (г. Норильск) – карфосидерит (КС), представляющий собой отход от производства никелевых порошков, получаемых электролитическим способом из водных растворов солей никеля, с последующей сушкой и термообработкой в восстановительной среде.

Химический состав высушенных порошков был определен с помощью методов рентгенофазового анализа и растровой электронной микроскопии. Рентгенофазовые исследования выполнялись на дифрактометре ДРОН-3 с медным антикатодом. Дифрактограммы расширяли согласно [9, 10].

Микроструктуру частиц порошков исследовали с помощью электронных сканирующих микроскопов JEOL SEM JSTM 330A, Phenom G2 при различных увеличениях.

Физико-технические характеристики исследуемых порошков: удельная поверхность, средний диаметр частиц, определяли при помощи прибора ПСХ-9 и лазерного анализатора HORIBA LA-950 (таблица 1).

Таблица 1

Физико-технические характеристики техногенных порошков

Вид порошка	Плотность ρ , г/см ³ * ¹	pH-водной вытяжки	Удельная поверхность $A_{уд}$, м ² /кг	Средний диаметр частиц, мкм	Потери при прокаливании, %	Влажность естественная, %
КС	3,003	4,38...4,40	500...505	3,900	-	0,86...1,83
ГШ	3,569	11,00...11,04	950...1000	3,240	22...25	-

Потери при прокаливании порошков определяли на пробах массой $50 \pm 0,01$ г с допустимым расхождением двух последовательных измерений 0,02 г. Определение pH-водных вытяжек приготовленных растворов выполняли с помощью прибора pH 150МИ.

Для приготовления растворных смесей использовалась вода, соответствующая ГОСТ 23732–79.

В качестве исследуемых параметров КАВ были приняты подвижность и водопотребность, предел прочности при сжатии и изгибе, средняя плотность и водостойкость, водопоглощение и водоудерживающая способность, а также сроки схватывания растворных смесей. Исследования физико-технических свойств проводили на образцах-балочках с размерами 40x40x160 мм в возрасте 7-и и 28-и суток.

*¹ Плотность порошков определяли по пикнометрическому методу в ацетоне, плотностью 0,7899 г/см³ ($20 \pm 1^\circ C$).

Результаты исследования

Минералогический состав КС (рис. 1, а) показал наличие в его составе кристаллической сернокислой окиси железа $\text{H}_3\text{O}\cdot\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2\cdot(\text{OH})_6$ ($d_a = 4,771; 3,992; 2,460; 1,577 \text{ \AA}$). Анализ минералогического состава ГШ (таблица 2) выявил преимущественное содержание: гётита $\text{FeO}[\text{OH}]$, гематита $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, кальцита CaCO_3 , в качестве примесей в небольшом количестве присутствуют оксиды кремния ($\alpha\text{-SiO}_2$), никеля (NiO), цинка (ZnO) и меди (CuO).

Таблица 2

Химический состав модифицирующих добавок

Вид порошка	Содержание окислов, %												
	SiO_2	CaO	CO_2	ZnO	Cr_2O_3	Fe_2O_3	CuO	NiO	H_2O	Al_2O_3	SO_3	MgO	Проч.
КС	-	-	-	-	-	49,83	-	-	16,86	-	33,31	-	-
ГШ	2,85	23,17	18,19	3,07	-	44,92	2,20	1,84	1,28	2,48	-	-	-

Исследование химического состава и свойств ГШ выявило его слабую модифицирующую способность по отношению к вяжущему компоненту, в связи с чем, был применён обжиг добавки при оптимальных технологических режимах (температура и время выдержки). Обжиг гальванического шлама сопровождался декарбонизацией вторичного кальцита с образованием свободного оксида кальция или ферритов кальция различной основности при взаимодействии с оксидом железа.

Наилучшую модифицирующую способность показал гальванический шлам, обожжённый при температуре $800 \text{ }^\circ\text{C}$ в течении 1 часа, потери при прокаливании составили 22...25 %.

Установленный с помощью рентгенофазового анализа, химический состав ГШ (таблица 2, рис. 1, б), преимущественно выявил наличие кристаллического моноферрита кальция $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ($d_a = 4,589; 3,505; 1,506; 1,412 \text{ \AA}$). В связи с этим, значение рН-водной вытяжки приготовленного раствора с добавкой обожжённого ГШ показало наличие щелочной среды (таблица 1). Она устанавливается за счёт гидратации моноферрита кальция.

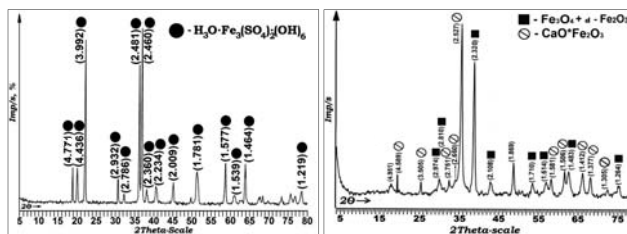


Рисунок 1. Спектры РФА исследуемых добавок: а – рентнограмма КС; б – рентнограмма ГШ, обожжённого при температуре $800 \text{ }^\circ\text{C}$.

Исследование удельной поверхности частиц порошков методами воздухопроницаемости (Блэйна) и лазерной диспергации (таблица 1) позволяют отнести их к классу высокодисперсных добавочных веществ [11]. В тоже время анализ данных микроструктуры позволяет судить о присутствии более мелких частиц с наличием большого количества дефектов на поверхности (рис. 2, а, б).

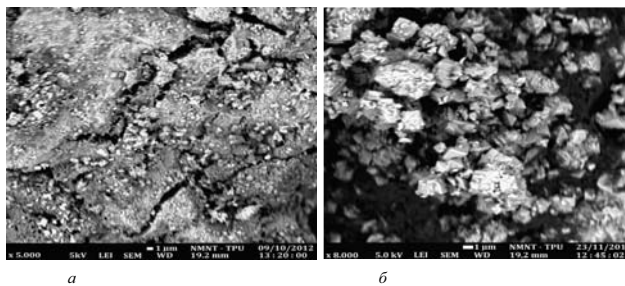


Рисунок 2. Микроструктура частиц исследуемых добавок при различных увеличениях: *а* – ГШ, обожжённый при $T = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\times 5000$); *б* – КС ($\times 8000$)

Известно [12], что форма и рельеф поверхности частиц влияет не только на размерность надмолекулярных образований, но и на механическое сцепление вяжущего с добавочным веществом, поэтому взаимодействие вяжущего и тонкодисперсного модификатора с развитой поверхностью приведёт к увеличению числа контактов и улучшению адгезионных свойств. Кроме того, добавка обожжённого порошка ГШ к системе «ангидритовое вяжущее – сульфатный активатор» может быть эффективной и с точки зрения интенсификации процесса гидратации нерастворимого ангидрита по смешанному механизму (щелочной компонент и добавка сульфата) [13]. Введение порошка КС приводит подкислению среды, что наряду с бисульфатом натрия ускоряет процесс преобразования нерастворимого ангидрита в двухводный гипс [14].

Принимая во внимание результаты микроскопических и физико-химических методов исследования состава и свойств порошков, подтверждена целесообразность использования высокодисперсных добавок КС и обожжённого ГШ в качестве модификаторов для нерастворимого ангидрита.

Таблица 3

Физико-технические и технологические свойства ангидритовых композиций

№ сос.	С, %	Физико-технические свойства					Технологические свойства					
		Прочность, МПа (сжатие / изгиб)		K _p	Wt, %	ρ, г/см ³	В/А, %	D, мм	Сроки схват., ч : мин		В, %	рН
		7 суток	28 суток						начало	конец		
K1	-	2,87/0,48	6,30/0,61	-	18,20	1,810	26,0	170	4 : 12	6 : 50	82,6	5,55
КС												
1	0,5	7,73/0,80	16,50/1,79	-	11,54	1,802	25,0	152	1 : 25	2 : 50	97,4	6,98
2	1	10,72/1,25	23,40/2,22	-	5,05	1,864	24,0	150	1 : 55	4 : 05	96,6	6,38
3	2	8,20/1,12	19,50/1,71	-	11,43	1,860	24,4	165	4 : 00	6 : 05	97,3	6,18
4	5	8,83/1,74	12,70/1,41	-	7,64	1,684	26,0	175	1 : 50	3 : 24	77,0	5,14
ГШ												
9	0,3	4,07/0,48	12,38/1,40	0,67	8,33	1,875	21,0	161	3 : 15	4 : 48	89,8	6,87
10	0,5	5,80/0,65	10,71/1,23	0,56	7,09	1,974	23,0	167	4 : 33	6 : 45	94,4	7,66
11	2	5,87/0,49	4,63/0,38	0,77	4,67	1,876	23,0	163	3 : 54	5 : 54	92,5	7,87
12	5	4,34/0,30	5,65/0,41	0,67	7,39	1,858	26,0	161	3 : 05	5 : 11	90,8	8,92

Для приготовления суспензий сульфатный активатор $\text{NaHSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ (0,75 % по массе ангидрита) предварительно смешивали с водой затворения, после чего добавляли суперпластификатор С-3 в количестве 0,3...0,5 % от массы вяжущего совместно с модифицирующими добавками.

Модифицирующие добавки вводились в приготовленные суспензии в количестве: обожжённый ГШ – 0,3...5,0 %, КС – 0,5... 5,0 % от массы вяжущего. Для получения растворных смесей молотый природный ангидрит затворяли суспензией, а после достижения массы однородности их укладывали в формы и уплотняли.

Водо-твёрдое отношение принималось 0,21...0,31, исходя из необходимых технологических характеристик характеристик растворных смесей (связности, подвижности). Испытания образцов проводили согласно [15]. Были получены показатели пределов прочности на сжатие и изгиб в возрасте 7 и 28 суток, представленные в таблице 3. Были установлены следующие оптимальные концентрации добавок: КС – 1 %, ГШ – 0,3...0,5 %.

Обсуждение полученных результатов

Введение оптимального количества добавок в ангидритовое вяжущее, приводит к повышению прочности материала на основе КАВ, после – наблюдается резкое падение. Объясняется это образованием структурированных оболочек вокруг вводимых дисперсных добавок, обеспечивающих ангидритовой матрице повышение плотности структуры и, следовательно, прочности (табл. 3).

При добавлении КС происходит не только повышение прочности, но и сокращаются сроки схватывания ангидритового вяжущего. При добавке КС происходит уплотнение поверхности затвердевшего ангидритового вяжущего и уменьшается возможность образования выцветов при использовании бисульфата натрия.

Ангидритовые композиции, модифицированные ГШ, обладают повышенными прочностными характеристиками и водостойкостью по сравнению с контрольным составом благодаря гидратации ферритов кальция. Установлено, что прочность камня растёт с течением времени.

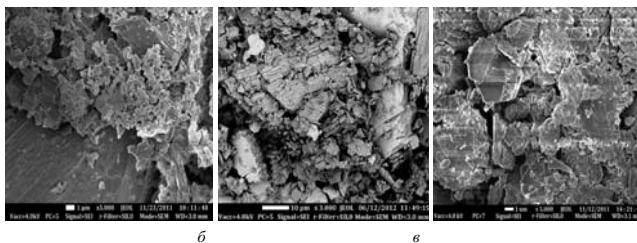


Рисунок 3. Микроструктура КАВ при различных увеличениях: а – без добавок (x 5000); б – с добавлением ГШ, обожжённого при $T = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ (x 5000); в – с добавлением КС (x 3000).

Анализ физико-технических свойств показал, что введение добавок позволяет изменить морфологию гидратных фаз в сторону образования более мелкодисперсных кристаллогидратов с достижением повышенных характеристик материала. При отсутствии ультрадисперсных добавок образуется неупорядоченная и рыхлая структура, состоящая из крупных кристаллов гипса с контактами срастания в отдельных точках (рис. 3, а), что приводит к появлению крупных пор в структуре образца и снижает прочность композиций.

Введение добавок КС и обожжённого ГШ способствует формированию более плотной упаковки кристаллов, которое обеспечивает увеличение площади контактов между кристаллами и приводит к повышению плотности гипсовой матрицы. Также обнаружены аморфные новообразования, которые увеличивают площадь контактов, как между кристаллами, так и за счёт заполнения пустот между ними, что приводит к повышению физико-механических свойств (рис. 3, б, в).

Выводы

Анализ физико-технических свойств КАВ, модифицированных добавками КС и обожжённым ГШ свидетельствует о повышении прочности и понижении водопоглощения образцов в возрасте 28 суток при оптимальном содержании добавок, при этом улучшаются технологические свойства: сокращаются сроки схватывания, сохраняется требуемая подвижность и связность, а также повышается водоудерживающая

способность растворяемых смесей. Установлено положительное влияние добавки суперпластификатора С-3 в композициях, позволяющее снижать водо-твёрдое отношение с сохранением требуемых технологических и достиганием повышенных физико-механических свойств. Средняя плотность изделий составляет 1680...1980 кг/м³ и зависит от вида и содержания добавки.

Установлено, что добавка ГШ, обожжённого при температуре 800 °С, увеличивает прочность образцов на 49...51 % по сравнению с контрольным образцом, повышается водоудерживающая способность смесей на 6,2...11,7 %. Водостойкость композиций, оцениваемая по $K_p = 0,56...0,67$, позволяет отнести их к водостойким вяжущим.

Применение добавки КС повышает прочность более чем в 2,5 раза, а водоудерживающую способность на 16,9...18,0 %. Ангидритовые вяжущие, модифицированные КС относятся к неводостойким вяжущим ($K_p < 0,45$).

Таким образом, бетоны на композиционных ангидритовых вяжущих можно отнести к классу облегчённых бетонов. В зависимости от предъявляемых требований КАВ могут использоваться в качестве напольных составов (М100...М200) с последующей отделкой паркетом, линолеумом, мозаичным покрытием.

Литература

1. Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р. Штукатурные гипсовые сухие смеси повышенной водостойкости с применением комплекса местных модифицирующих добавок. Материалы XV академических чтений РААСН. Том 1. Казань, 2010. С. 165–168.
2. Халиуллин М.И., Алтыкис М.Г., Рахимов Р.З. Композиционное ангидритовое вяжущее повышенной водостойкости // Строительные материалы. 2000. № 12. /Наука. С.34–35.
3. Tokarev Y., Yakovlev G. Use of Technogenic Alumo-chrome Catalyst in Anhydrite Compositions / Pollack Periodica. International Journal for Engineering and Information Sciences. 2009. Vol. 4. №. 3. P. 79–85.
4. Коровяков В.Ф. Теоретические аспекты и практические результаты создания гидравлических композиционных гипсовых вяжущих повышенной долговечности. Сб. «Проблемы и пути создания композиционных материалов из отходов промышленности». Новокузнецк. СибГИУ 1999. С. 51–58.
5. Алтыкис М.Г. Экспериментально-технические основы получения композиционных и многофазовых гипсовых вяжущих веществ для сухих строительных смесей и материалов: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук: 05.23.05 Казанская Государственная Архитектурно-строительная Академия – Казань, 2003. – 48с.

6. Токарев Ю.В., Яковлев Г.И. Влияние алюмооксидных дисперсных наполнителей на свойства и структуру ангидритового вяжущего // Известия Казанского архитектурно-строительного университета. 2010. № 1. С. 357–363
7. Andrés A, Ibáñez R, Ortiz I, Irabien J.A. Experimental study of the waste binder anhydrite in the solidification / stabilization process of heavy metal sludges. *Journal of Hazardous Materials*, Volume 57, Issues 1–3, January 1998, P. 155-168
8. Герасимова Л.Г. Утилизация техногенных отходов с получением пигментных наполнителей // ALITinform. Международное аналитическое обозрение Цемент. Бетон. Сухие смеси, № 2(19), 2011. С. 106–112.
9. Hahn Th. *International tables for crystallography*. Vol. A. Space-group symmetry. – 5th rev. ed. – Springer, 2005. – 911 p.
10. Powder Diffraction File, Inorganic, JCPDS International Centre for Diffraction Data, U.S.A., 1977. – 1084 p.
11. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р. К классификации наполнителей искусственных строительных композиционных материалов // Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии: Материалы XV Академических чтений РААСН – Международной научно-технической конференции / Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Том. 1. – Казань, 2010. — С. 48–51.
12. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. – М.: АСВ, 1998. – 701с.
13. Фишер Х.-Б. Влияние активаторов твердения на свойства природного ангидрита / Х.-Б. Фишер, Б.Б. Второв // II Международное совещание по химии и технологии цемента, 4-8 декабря 2000 г., РХТУ им. Менделеева. – М.: Том. 2. – С. 53–61.
14. Клименко В.Г. Теоретические основы проектирования состава активаторов твердения ангидрита // VI Междунар. науч.-практ. конф. «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий» (Пермь, 5-7 сент. 2012). – Пермь, 2012. С – 41–47.
15. ГОСТ 31376-2008 Смеси сухие строительные на гипсовом вяжущем. Методы испытаний. (<http://gostexpert.ru/>). Дата обращения 12.12.2012

S. V. Sychugov, Senior-Lector, the department of “Geotechnology and Building Materials”, Kalashnikov Izhevsk State Technical University.

T. A. Plechanova, Associate Professor, Doctor of technical sciences, the department of “Geotechnology and Building Materials”, Kalashnikov Izhevsk State Technical University.

D. R. Gajnetdinova, Student, the department of “Geotechnology and Building Materials”, Kalashnikov Izhevsk State Technical University.

A. S. Kazantseva, Student, the department of “Geotechnology and Building Materials”, Kalashnikov Izhevsk State Technical University.

УЛУЧШЕНИЕ ВОДОСТОЙКОСТИ СУХИХ СМЕСЕЙ НА ГИПСОВОЙ ОСНОВЕ

Сядук Г. В., Назаров Д. В.
ООО «Вакер Хеми Рус»

В докладе приводится общая информация о кремнийорганических гидрофобизаторах, объясняется механизм их действия, показываются примеры различных повреждений минеральных поверхностей и предлагаются методы их защиты с помощью силиконовых добавок.

Основной причиной повреждений минеральных поверхностей является воздействие воды и атмосферной влаги, соответственно, обеспечение максимальной водостойкости в разы увеличивает срок службы материала, при этом долговечность также зависит от возможности водяных паров выходить наружу, не разрушая покрытие. Многие существующие гидрофобизаторы обеспечивают хорошую водостойкость, однако полностью закупоривают поры, не позволяя материалу «дышать».

Силиконовая смола – это фактически кварц, в котором один или несколько атомов кислорода заменены на органические группы, что дает возможность широко варьировать свойства получаемых продуктов. В силиконовой смоле один атом кислорода замещен органической группой R-, как правило, метильной, которая придает смоле гидрофобизирующие свойства. В результате реакции конденсации исходных продуктов образуется сетчатая структура силиконовой смолы с органическими метильными радикалами, которые играют роль своеобразных «зонтиков». Полярные молекулы воды не могут проникнуть через сеть неполярных углеводородных групп, при этом благодаря своей химической природе, схожей с природой кварца, силиконовая смола не перекрывает поры, а обволакивает их, позволяя водяным парам свободно выходить наружу. Таким образом, паропроницаемость обработанного материала практически не изменяется.

В докладе рассказывается о существующих технологиях гидрофобизации сухих строительных смесей, их преимуществах и недостатках, а также впервые презентуется новый инновационный порошковый гидрофобизатор на кремнийорганической основе, недавно разработанный специально для гипсовых смесей и запатентованный в Германии компанией WACKER. Данный продукт обладает рядом уникальных свойств, облегчающих его использование в гипсовых смесях и позволяющих добиться существенного снижения водопоглощения материала при минимальных дозировках гидрофобизатора.

Также рассказывается о методах тестирования водопоглощения в Европе, и приводятся некоторые статистические данные о результатах тестирования гипсовых материалов содержащих различные типы силиконовых гидрофобизаторов.

ЗАО "КМЗ конвейерного оборудования"

Тихонова А.В.

Курганский машиностроительный завод конвейерного оборудования – современный российский производитель полного спектра конвейерного и сопутствующего оборудования.

На данный момент на предприятии представлена вся технологическая цепочка производства оборудования – от проектирования до сборки готового продукта.

В структуре завода работают собственное конструкторское и технологическое бюро. Это позволяет разрабатывать и воплощать в жизнь индивидуальные и нестандартные решения для любого заказчика.

Динамичное развитие и расширение географии поставок обусловлено, прежде всего, внедрением в процесс производства передовых технологий, как следствие, повышением надежности оборудования.

Основная номенклатура ЗАО «КМЗКО» включает в себя:

1. Ленточные конвейеры (стационарные и передвижные)

Один из самых востребованных видов транспортирующего оборудования.

2. Проект НОВОСТАК – линейка ленточных штабелирующих конвейеров (стакеров).

3. Ковшовые элеваторы (цепные и ленточные)

Предназначены для вертикального траспортирования на высоту до 60 метров материалов с температурой до 200 градусов С для ленточных и до 400 градусов С для цепных элеваторов.

4. Скребоквые конвейеры

Скребоквые конвейеры Курганского машиностроительного завода конвейерного оборудования это: современная конструкция, новейшая система привода, компактность, повышенная устойчивость к разрушающим факторам, угол транспортировки до 60 градусов.

5. Винтовые конвейеры

Разнообразие номенклатуры винтовых конвейеров позволяет решать задачи множества технологических процессов. ЗАО «КМЗКО» выпускает шнековые транспортеры в желобе и трубе, многовальные конвейеры, разгрузчики вагонов Хоппер и др.

Предложение актуальных эффективных технических решений, выпуском которых ранее занимались только иностранные производители, позволяет заводу работать с крупными развивающимися предприятиями и завоевывать новые рынки сбыта.

Курганский завод конвейерного оборудования был в числе первых российских предприятий, которые освоили и запустили в жизнь такой вид

транспортирующего оборудования, как крутонаклонные ленточные конвейеры.

На данный момент крутонаклонные конвейеры уже используются и нашли широкое применение для транспортирования насыпных и штучных грузов; для преодоления больших перепадов и загрузки продуктов; для совершенствования транспортно технологических схем; в качестве стационарных и передвижных транспортно- перегрузочных; для установки в наклонных галереях.

FLEXOCON – это конвейеры для вертикальной транспортировки или транспортировки под большим углом наклона различных материалов.

Рабочим элементом конвейера является высокотехнологичная лента, уникальность которой состоит в основе с высокой поперечной жесткостью, гофрированных стенках и профилях ковшей, обеспечивающих подъем материала. Лента способна менять направление из горизонтального в наклонное или вертикальное по всей длине трассы от точки загрузки до разгрузки без сгибов и провесов. Такая возможность позволяет избежать применения нескольких конвейеров, уменьшить количество приводов и снизить повреждение (дробление, пыление) материала. Кроме того, отличительной особенностью крутонаклонных конвейеров FLEXOCON является малозумная работа.

Благодаря большому выбору типоразмеров поперечных профилей и гофробортов:

- Материал надежно распределяется по поверхности рабочего элемента
- Исключается просыпь при любых углах подъема
- Заданная производительность обеспечивается максимально точно

FLEXOCON:

- **Это эффективная альтернатива ковшовым элеваторам**

По сравнению с механическим креплением ковшей к ленте элеватора, данный тип ленты значительно облегчает процесс загрузки и разгрузки.

- **Максимальная экономия пространства**

Возможность вертикального движения ленты позволяет существенно сэкономить производственные площади, занимаемые конвейерным оборудованием с гладкой и шевронной лентами. Крутонаклонный конвейер занимает на 25-50 % меньше площади в сравнении с типовыми конвейерами.

- **Долгий срок службы и минимальные затраты на обслуживание**

Рабочие поверхности ленты и ее элементов выполнены из стойкого к истиранию материала. Затраты на приобретение конвейера меньше в

сравнении с базовыми конвейерами, благодаря снижению энерго- и материалоемкости, уменьшению габаритов.

- **Широкий спектр транспортируемых материалов**

Данный тип ленты позволяет перемещать материалы от пылевидных до крупнокусковых. Кроме того, существует возможность транспортировки на одном и том же конвейере разных грузов.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ АНГИДРИТОВОГО ВЯЖУЩЕГО, МОДИФИЦИРОВАННОГО МАГНЕЗИТОМ И УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Токарев Ю.В., Головин Д.В., Яковлев Г.И., Бурьянов А.Ф.
ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет
имени М.Т. Калашникова», Московский государственный строительный
университет

В настоящее время гипсовые и ангидритовые вяжущие не находят должного применения в строительстве, что вызвано недостаточной водостойкостью и долговечностью. Можно выделить два основных направления улучшения физико-механических свойств данных материалов: рецептурно-технологические (повышение степени помола, подбор гранулометрического состава, механоактивация и т.д.) и использование добавок. Очевидно, что для расширения области применения гипсовых материалов необходимо совершенствовать, как технологию, так изучать и влияние добавок. На сегодняшний день накоплен большой материал в изучении добавок различного действия на свойства (активаторы, «центры кристаллизации», ПАВ и др.), но в то же время недостаточно изучено влияние ультра- и нанодисперсных добавок на процессы гидрато- и структурообразования. Для создания материалов различного назначения с заданными свойствами важно и необходимо уметь управлять процессами формирования структуры при помощи добавок. Недостаточно изученными при использовании дисперсных добавок являются следующие вопросы: при каких условиях формируются наиболее прочные кристаллы, какие факторы влияют на прочность контактов и их количество, а также какие типы добавок необходимо применять для получения прочных и долговечных материалов.

Цель работы – изучить влияние ультрадисперсной добавки и углеродных наноструктур, как совместно, так и в отдельности на свойства и структуру ангидритового вяжущего, проверить гипотезу о важности и необходимости исследования комплекса ультра- и нанодисперсных добавок.

Материалы и методы

В качестве вяжущего использовался природный ангидрит Ергачевского месторождения (Кунгурский район, Пермский край). Для изготовления образцов ангидритовый камень предварительно дробился в щековой дробилке ШД-6, затем измельчался в порошок в лабораторной дисковой мельнице ИД-200 до удельной поверхности $3000 \text{ см}^2/\text{г}$. Анализ данных интегральной и дифференциальной кривых распределения частиц молотого природного ангидрита показал, что более 30 % от массы порошка

представлено частицами средней крупности (с размерами от 10...50 мкм). Основную массу составляют частицы – 50...200 мкм.

Известно, что для повышения растворимости ангидритового вяжущего необходимо использовать добавки, повышающие растворимость, а для увеличения степени гидратации – добавки, являющиеся центрами кристаллизации. Для «привнесения» в сульфатную систему избыточной энергии необходимо использование углеродных наноструктур, т.е. важно применять добавки различного назначения.

В нашем исследовании в качестве активатора использовался сульфатный компонент, «центров кристаллизации» - каустический магнезит (ПМК-87) с массовой долей MgO – 87%, углеродных наноструктур – многослойные углеродные нанотрубки «Masterbatch CW2-45» (МУНТ) французской корпорации «Аркема».

Результаты исследования

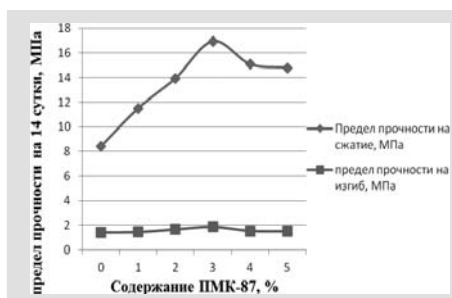


Рисунок 1. Зависимость прочности ангидритового вяжущего от содержания ПМК-87

Введение в состав ангидритовой композиции каустического магнезита в диапазоне от 0 до 3 % приводит к монотонному увеличению предела прочности композиции до 100 % (рис. 1). При дальнейшем увеличении добавки (более 3%) происходит постепенное снижение механических показателей. Данные результаты объясняются тем, что частицы ПМК-87 играют роль «центров кристаллизации», по поверхности которых формируются кристаллы двуводного гипса. Кроме того, при малых концентрациях добавки (до 3 %) происходит структурирование ангидритовой матрицы с формированием большего количества более плотных и прочных контактов между кристаллами [1]. Дальнейшее снижение прочности обусловлено нарастающей нехваткой вяжущего для покрытия всей поверхности введенной добавки.

Анализ результатов механических испытаний образцов с МУНТ в интервале от 0 до 0,005% показал, что увеличение предела прочности на сжатие составляет 35 %, а предела прочности на изгиб - 70 % при

оптимуме – 0,001% (рис.2а). Известно, что при использовании углеродных нанотрубок, обладающих повышенной физико-химической активностью, появляется избыточная поверхностная энергия, в результате чего в системе существенно изменяются процессы структурообразования [2]. Меньший прирост прочности объясняется сложностью равномерного распределения небольшого количества нанотрубок (0,001%) по сравнению с магнезитом (3%).

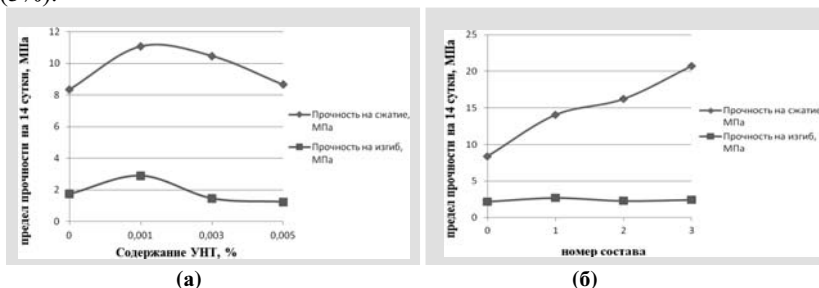


Рисунок 2. Зависимость прочности ангидритового вяжущего через 14 суток: (а) – от содержания МУНТ; (б) – от содержания МУНТ(0,001 %) и ПМК-87

При использовании комплексной добавки, состоящей из ПМК-87 и дисперсии МУНТ, достигается прирост прочности на сжатие ангидритового вяжущего до 150 % при оптимальном содержании магнезита 3 % и 0,001 % МУНТ (рис.2б). Таким образом, при совместном использовании каустического магнезита и углеродных нанотрубок достигаются лучшие результаты, чем при раздельном использовании добавок, вероятно, за счет большего проявления синергетического эффекта.

Для обоснования сделанных выводов и объяснения результатов проводилось исследование структуры методами РФА, ИК-анализа и РЭМ.

Рентгенофазовый анализ (РФА)

Сравнение рентгенограмм образцов без добавок и с ПМК-87 показал значительное снижение линий ангидрита на спектре образца с добавкой, что свидетельствует о более полном протекании процесса гидратации ангидритового вяжущего при использовании магнезита.

ИК-спектральный анализ

Для кристаллогидратов, содержащих связанные молекулы, характерно присутствие на спектре интенсивных полос валентных колебаний H_2O в области частот $3400-3550\text{ см}^{-1}$ (интенсивный дублет), а в интервале частот $1600-1700\text{ см}^{-1}$ – присутствуют полосы деформационных колебаний (тоже дублет). Кроме того, для сульфатных композиций на спектрах наблюдается интенсивный дублет в области частот $600-700\text{ см}^{-1}$ и

более широкая и интенсивная полоса в интервале 1100-1200 см^{-1} характерные для групп SO.

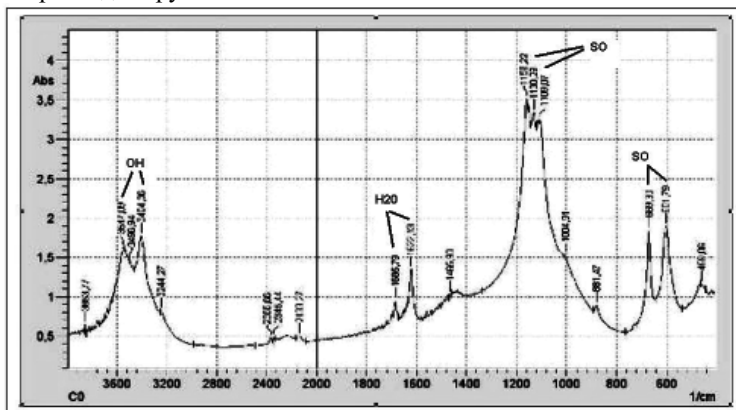


Рисунок 3. ИК-спектр образца без добавок

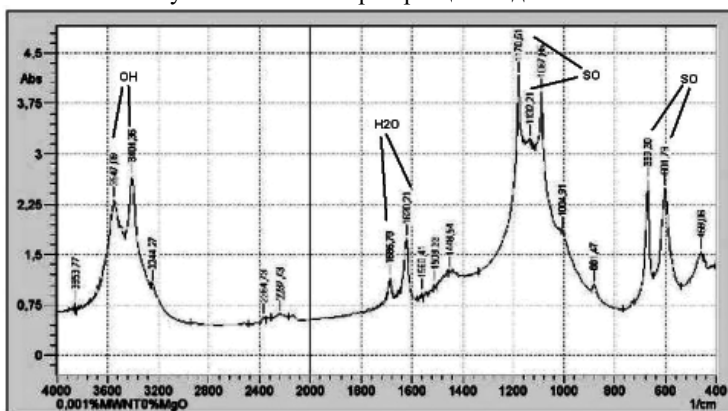


Рисунок 4. ИК-спектр образца с добавлением МУНТ

Анализ спектров образцов с добавками в сравнении с бездобавочным позволил выявить следующие отличия: так, например, сравнивая спектры контрольного и образцов с добавками, можно отметить, что происходит существенный сдвиг частот в области 1100-1200 характерных для SO (дублет или триплет), особенно при использовании нанотрубок (например, 1159,22; 1130,29; 1109,07 – для контрольного; 1155,36 и 1112,93 – для образца с магнезитом; 1178,51; 1132,21; 1087,85 – для образца с МУНТ), что свидетельствует об изменениях в структуре молекулы CaSO_4 . На спектре образца с нанотрубками в интервале частот 1600-1700 соответствующим деформационным колебаниям H_2O происходит сдвиг в

область коротковолновых колебаний (1622,13 и 1620,21 для контрольного и с нанотрубками соответственно). Это говорит о том, что изменяется величина угла между связями. Также, можно отметить увеличение интенсивности полос валентных колебаний H_2O (дублеты в интервале 3400-3550) на спектрах образцов с добавками, особенно с нанотрубками. Таким образом, на спектре образца с нанотрубками отмечаются более глубокие изменения в структуре: значительно изменяется структура жидкой фазы и сульфата кальция.

Микроструктурный анализ

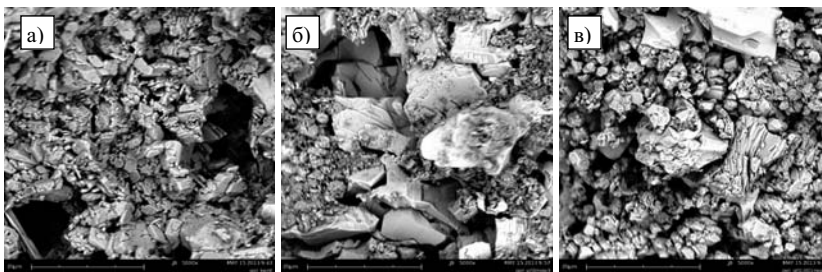


Рисунок 5. Микроструктура ангидритовой матрицы: (а) – без добавок; (б) – с каустическим магнезитом – 3%; (в) – с 0,001% МУНТ ($\times 5000$)

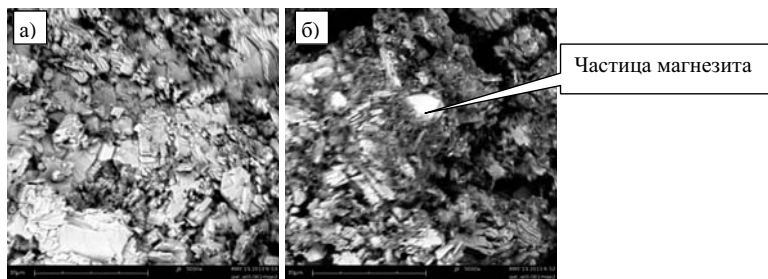


Рисунок 6. Микроструктура ангидритовой матрицы с введением комплексной добавки (каустический магнезит+МУНТ): (а) – плотная структура с повышенной площадью межфазной поверхности; (б) – частица магнезита, по поверхности которой формируются кристаллы двуводного гипса ($\times 5000$)

Микроструктурный анализ бездобавочного образца показал (рис. 5а), что в образце формируется рыхлая структура со значительной пористостью, которая предопределяет низкие механические характеристики. При введении ПМК-87 формируется более плотная структура (рис. 5б) за счет того, что частицы магнезита как «центры

кристаллизации» способствуют большему преобразованию ангидрита в гипс, а также за счет структурирования ангидритовой матрицы, что подтверждается результатами ИК-анализа. При добавлении МУНТ формируется иная структура, которая отличается упорядоченностью с плотной упаковкой кристаллов (рис. 5в). Следует отметить, что в структуре ангидритового вяжущего остается много непрогидратированного ангидрита (рис. 5б, в).

При использовании комплексной добавки формируется гораздо более плотная структура с меньшей пористостью (рис. 6а). На рисунке 6б можно увидеть частицу магнезита с размерами около 10 микрон, обволакиваемая кристаллами волокнистой структуры, в результате чего увеличивается площадь межфазной поверхности, снижается пористость и повышаются прочностные характеристики.

Заключение

Таким образом, по результатам исследования можно сделать следующие основные выводы:

1. Частицы дисперсного магнезита выступают как «центры кристаллизации», по поверхности которых формируются кристаллогидраты двуводного гипса, а также способствуют структурированию ангидритовой матрицы, что обеспечивает повышение прочности до 100% при оптимальном содержании добавки 3%.
2. По результатам ИК-анализа МУНТ оказывают гораздо более сильное воздействие на изменение структуры кристаллов двуводного гипса по сравнению с каустическим магнезитом. Меньший прирост механических показателей (прочность на сжатие до 30%) связан со сложностью распределения небольшого количества наноструктур в объеме ангидритовой матрицы. Таким образом, для достижения более высоких результатов необходимо решить проблему равномерного распределения наночастиц.
3. При совместном использовании добавок формируется более плотная и прочная структура, что обеспечивает повышение прочностных характеристик до 150% по сравнению с контрольным составом при оптимальных концентрациях МУНТ – 0,001% и магнезита – 3%. Вероятно, значительное повышение прочности объясняется не только действием добавок как «центров кристаллизации» и структурированием матрицы, но и тем, что ультра- и наночастицы способствуют заполнению пор различной величины и формированию высокоплотной структуры.

Литература

1. Токарев Ю.В., Яковлев Г.И., Бурьянов А.Ф. Ангидритовые композиции, модифицированные ультрадисперсной добавкой на основе MgO // Строительные материалы. 2012. №7. С. 17–20.

2. Яковлев Г.И., Полянских (Маева) И.С., Токарев Ю.В., Гордина А.Ф. Оценка влияния ультрадисперсной пыли и углеродных наносистем на структуру и свойства гипсовых вяжущих // Интеллектуальные системы в производстве. 2013. № 1 (21). С. 185-188.

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ГИПСОВОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Тянина А.А.

Тверской государственной технической университет

Одним из главных условий выхода поставщика на рынок с конкурентоспособной продукцией является ее качество. Проблема качества актуальна для всех стран независимо от зрелости рыночной экономики. Сегодня поставщику недостаточно строго следовать требованиям стандарта - необходимо подкреплять выпуск товара сертификатом безопасности или качества. В обеспечении высокого качества строительной продукции огромную роль играет стандартизация и сертификация. За последние годы в нашей стране изменился характер работ по стандартизации и подтверждению соответствия, в том числе и в сфере строительства[1].

Современные рыночные отношения, в которых развивается экономика России, безусловно, требуют тотального повышения качества производимой продукции, выполняемых работ, предоставляемых услуг, и это одна из приоритетных задач, которую поставило Правительство РФ перед всеми российскими организациями независимо от сферы и масштабов их деятельности. Увеличение на российском рынке числа иностранных компаний, в том числе в гипсовой отрасли, неизбежно ведет к более жесткой конкуренции, повышению различного рода требований, предъявляемых к компаниям. Путем развития и оптимизации системы управления (менеджмента) бизнесом в соответствии с требованиями международных стандартов производятся важнейшие инвестиции в завтрашний день организации, которые оценит в первую очередь потребитель. Сертификация системы управления организации на соответствие требованиям международных стандартов визитная карточка успешной организации[2].

Более чем в 90 странах мира принят международный стандарт ISO 9001, который призван, с одной стороны, повысить эффективность деятельности компаний, с другой – упростить для них доступ на внутренние и глобальные рынки. В России с 2009 года действовала система сертификации ISO 9001-2008, а с января 2013 года в силу вступил другой стандарт, ГОСТ ISO 9001-2011 «Системы менеджмента качества. Требования». Стандарт ориентирован, в первую очередь, на потребителя. Для удовлетворения его потребностей производственные процессы компании-обладательницы сертификата соответствия, должны постоянно улучшаться. Одна из основных задач стандарта - создать благоприятные условия для всех участников торговых отношений. Его содержание полностью повторяет содержание предшествующего, но он дает

дополнительные возможности. Данный межгосударственный стандарт и наличие сертификата соответствия является для компании основным документом, официально подтверждающим потребителям и партнерам, что происходящие в вашей организации процессы соответствуют международному уровню [2,3].

Сертифицированная система способствует оптимизации деятельности компании, повышению шансов при участии в тендерах, муниципальных заказах и конкурсах, улучшению эффективности производства, повышению конкурентоспособности продукции, выполняемых работ или оказываемых услуг и, как следствие, увеличению объемов сбыта продукции, дает возможность участвовать в совместных работах и проектах с иностранными организациями, позволяет привлечь дополнительных инвесторов в ваш бизнес как российских, так и иностранных [2,3].

В мире строительные организации сертифицируются по ISO 9001 «Системы менеджмента качества. Требования» достаточно активно. И в нашей стране количество строительных предприятий, которые принимают решение о необходимости внедрения и сертификации системы менеджмента качества (СМК) по ГОСТ ISO 9001-2011 (ISO 9001:2008) велико и растет быстрыми темпами. Этому способствует хотя бы тот факт, что исполнители некоторых видов работ в строительстве подлежат сегодня обязательному членству в саморегулируемой организации (СРО). Речь идет об инженерных изысканиях, архитектурно-строительном проектировании, строительстве, реконструкции, капремонте объектов капитального строительства. СРО же – имеют право по закону выставлять наличие сертификата ISO 9001 в качестве условия членства для потенциальных участников своей работы [4].

Всем известно, что система менеджмента качества, созданная в соответствии с требованиями стандартов ИСО 9001 — это документированная система управления. При этом, если система поставлена грамотно, существенно снижается риск операционных ошибок, повышается прозрачность процессов, создается основа для сбора статистики по процессам, возникает так называемая прослеживаемость.

Специалисты по ISO 9001 рекомендуют строительным организациям при внедрении ISO 9001 обращать особое внимание на документы по обеспечению качества, от которых зависит качество проектирования, качество процесса производства и соответствие качества конечной продукции проекту, стандартам и требованиям [4]. В частности, к документам по обеспечению качества (пятый или базовый уровень) относятся внутренние нормативные и технические документы, такие как инструкции по эксплуатации, методические инструкции и методические рекомендации.

В строительстве проблема качества строительной продукции и затрат на ее обеспечение имеет особую значимость для клиентов и для самих строительных компаний, в том числе и гипсовой. Качество гипсовых изделий и материалов складывается на двух уровнях: в процессе проектирования и изготовления материалов и изделий и выполнения строительно-монтажных работ. Управление этими процессами предполагает использование современных технологий строительства, четкой организации производственных процессов, принципов проектного бюджетирования и оценку рисков [5].

В силу специфики строительной продукции в сфере возведения зданий и сооружений главное внимание необходимо уделять вопросам безопасности, обеспечению надежности и долговечности продукции строительной отрасли на базовом уровне. Так, грамотно разработанная методика эксплуатационных испытаний на надежность или программа обеспечения надежности изделий необходимы для получения качественных результатов на выходе.

Методика эксплуатационных испытаний, как правило, основана на критериях и требованиях, указанных в технических регламентах на разрабатываемое изделие, ГОСТах, а также в другой технической документации.

Целью создания методики является выявление фактических данных по надежности и эффективности оборудования или изделия, определение его эксплуатационных свойств, соответствие их функциональному назначению: установление различных нормативов, выявление достоинств и недостатков с целью разработки рекомендаций по совершенствованию [6].

Программа является основополагающим документом для текущего планирования работ служб и подразделений предприятия-изготовителя гипсовой продукции по обеспечению надежности. Планирование заключается в составлении квартальных планов работы предприятия, конкретизирующих задачи его структурных подразделений по обеспечению надежности поставляемых изделий. По ключевым вопросам программы на этапах текущего планирования, при необходимости, разрабатываются технические задания и методические указания для структурных подразделений предприятия по выполняемым ими работам.

Безусловно, проблему обеспечения качества и контроля затрат на качество строительного продукта необходимо рассматривать в комплексе, а благодаря программам есть возможность проследить затраты, которые вызваны требованием достижения и поддержания оптимального уровня качества на предприятии. Кроме того как методика, так и программа обеспечения долговечности гипсовых изделий - верный шаг на пути разработки, внедрения и проведения сертификации СМК и, что немало важно, доступный даже для малых производств [5].

Литература

1. Романенко, Е.Ю. Качество строительной продукции - залог эксплуатационной надежности зданий и сооружений / Е.Ю. Романенко, Л.И. Викторова, Л.В. Сокиренко, Е.В. Богатырева // Наукоедение. 2012. № 4. с. 198.
2. Суть сертификации ГОСТ ISO 9001 – 2011 (ISO9001:2008), сертификация ISO 9000? сертификация ISO9001 // Управление качеством. 2013. №10. С.32
3. Система добровольной сертификации «Единый стандарт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://1cert.ru/novosti/gost-iso-9001-2011-smenit-gost-r-iso-9001-2008-s-01-01-2013/> | 2014 © Единый Стандарт
4. Применение сертификата ISO 9001 в сфере строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://1cert.ru/stati/primenenie-sertifikata-iso-9001-v-sfere-stroitelstva/#YA WP RP> | 2014 © Единый Стандарт
5. Салахова Э.К. Организация управленческого учета и контроля затрат на качество в строительном производстве / Салахова Э.К., Салихов С – А. С –М. // Вестник АГТУ. 2008. №4. С.1190-0125.
6. Строганов, А. Оценка долговечности бис по результатам ускоренных испытаний / А.Строганов // Технологии в электронной промышленности. 2007. №15. С.90-96.

КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ (PUS) НА СУСПЕНЗИИ СУЛЬФАТОВ КАЛЬЦИЯ

Фишер Х.-Б., Рихерт Х., Новак С., Бурьянов, А.Ф.

Bauhaus-Universität Weimar, Московский государственный строительный университет

Вязущие на основе сульфата кальция должны обладать различными характеристиками в соответствии с технологическими и экономическими требованиями. В частности, для регулирования процессов переработки и упрочнения вязущих от нескольких минут до нескольких часов, необходимо использовать добавки. Для выполнения этих требований необходимо использование добавок, регулирующих процесса схватывания / 1 /.

Полученные при обезвоживании фазы вязущих на основе сульфата кальция при контакте с водой стремительно превращаются в термодинамически стабильную фазу дигидрата сульфата кальция.

В двух словах, процесс гидратации вязущих на основе сульфата кальция можно описать следующим образом: при затворении вязущего с водой сразу же начинается поверхностное, а затем полное растворение частиц. Из-за относительно высокой растворимости фаз сульфата кальция с вязущими свойствами образуется пересыщенный относительно дигидрата сульфата кальция раствор, из которого затем выкристаллизуется гипс.

Скорость растворения в значительной степени зависит от реакционной способности вязущего. В основном реакционная способность это результат условий обезвоживания (фазовый состав и дефекты кристаллической решетки), условий помола (тонкость) и условий хранения (старение). Но также на процесс растворения влияют условия формирования а также тип и количество примесей в исходных материалах для производства вязущего, а также интенсивность перемешивания и температура.

Влияние температуры на растворимость различных фаз сульфата кальция описывается по-разному. На рисунке 1 показаны различия растворимости между альфа- и бета-формами полугидрата сульфата кальция.

С помощью измерения проводимости суспензий могут быть сделаны выводы об изменении в процессе гидратации вязущих на основе сульфата кальция, так как между концентрацией ионов и проводимостью существует практически линейная зависимость / 3 /.

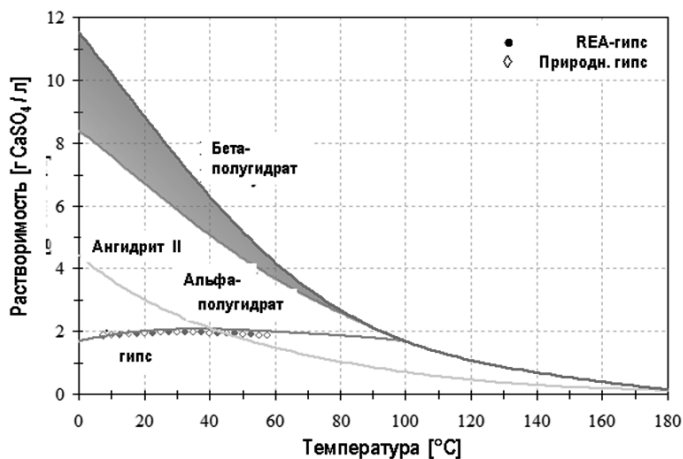


Рисунок 1. Растворимость фаз сульфата кальция из /2/

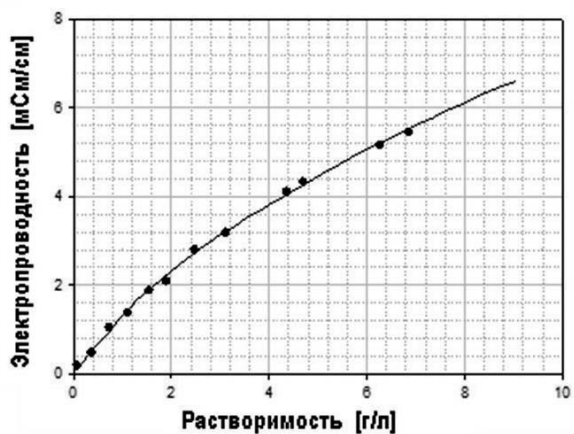


Рисунок 2. Взаимосвязь между растворимостью и электропроводностью растворов, содержащих сульфаты кальция /из 3/

В многочисленных других публикациях / 4-7 / кондуктометрические исследования предоставили ценную информацию о процессе гидратации вяжущих на основе сульфата кальция.

Исследования Rößler /8/ показывают воздействие ультразвука высокой мощности (PUS) на процесс зародышеобразования цементных систем обуславливают более раннее схватывание и упрочнение

цементных паст и растворов.

Целью данного исследования является нахождение эффекта дополнительного подвода энергии ультразвуку высокой мощности (PUS) на гидратацию вяжущих на основе сульфата кальция.

Кондуктометрические исследования

В каждом случае 5 г вяжущего добавляли в 100 г деионизированной воды. Суспензия подвергалась гомогенизации при 400 об / мин. Затем воздействовал PUS на суспензию, а изменения фиксировались с помощью датчика электропроводности (при перемешивании в 400 об / мин).

Для получения экспериментальных данных использовался зонда измерения электропроводности типа 641 FYA-LF с встроенным датчиком температуры, а также регистратор данных (тип ALMEMO 2690,8 - фирма Ahlborn).

Воздействие ультразвуку высокой мощности (PUS)

Ультразвук высокой мощности (PUS) работает на частотах между 20 кГц и 100 кГц. Интенсивность звука выражается в Вт/м². Это энергия, передаваемая через определённую поверхность за единицу времени.

С вводом механической энергии ультразвуку (колебания сонотрода) в жидкости возникают кавитационные пузырьки, которые после достижения критического размера лопаются, выделяя при этом тепло. Эффект кавитации, таким образом, в основном зависит от внесённого количества энергии.

Для исследования использовали ультразвуковой процессор UIP 1000HD (с генератором) фирмы Hielscher (постоянная частота 20 кГц). Сонотрод BS2d34 площадью 9 см² в сочетании с усилителем B2-2.2 создаёт амплитуду в 53 мкм / 9 /. Количество энергии, поступающей во время обработки ультразвуком за 10 сек составляет около 50 Вт сек / мл.

Результаты исследования

В исследованных суспензиях применение PUS вызывает сильное изменение электропроводности. Кроме того, PUS обуславливает значительное увеличение температуры суспензии. Рисунок 3 показывает это очень четко.

На рисунке 4 показано влияние PUS на ход электропроводности гипсовых суспензий строительного гипса. Характерно, значительно ранее падение проводимости при воздействии PUS. Более того, не обнаруживается никакого периода покоя, т.е. нет изменений электропроводности во времени. Детальное изображение (рис. 5) показывает, что электропроводность сразу после воздействия PUS достигает максимального значения. Концентрация насыщения в суспензии достигается гораздо быстрее по сравнению с пробой без воздействия PUS. PUS-кривая отличается еще одной особенностью. При достижении

максимального значения электропроводности сразу же начинается её падение. Причина этого явления состоит в том, что из-за образования зародышей и кристаллов, и последующего их роста большее количество ионов удаляются из суспензии по отношению к тому количеству ионов, которое образуется из-за растворения вяжущего в тот же период. Таким образом, внесённая энергия PUS вызывает ускорение процесса зародышеобразования.

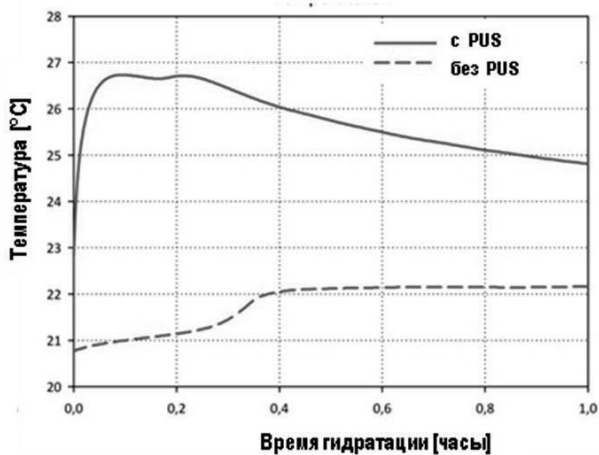


Рисунок 3. Влияние воздействия ультразвука высокой мощности (PUS) на температуру суспензии из строительного гипса

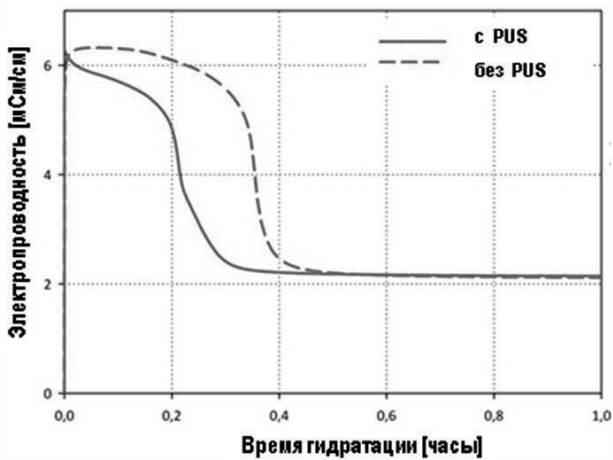


Рисунок 4. Влияние воздействия ультразвука высокой мощности (PUS) на электропроводность суспензии из строительного гипса

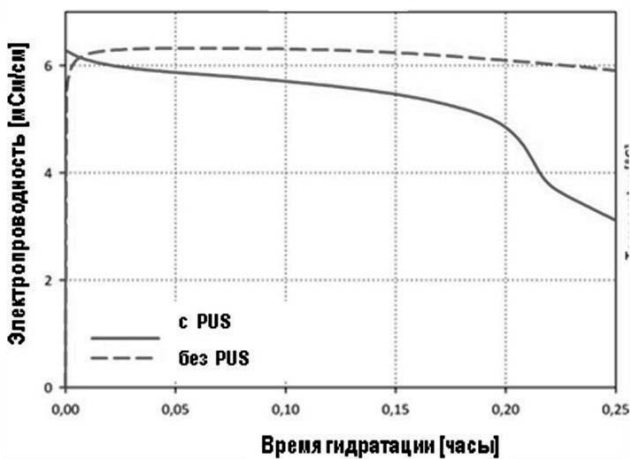


Рисунок 5. Влияние воздействия ультразвука высокой мощности (PUS) на электропроводность суспензии из строительного гипса (детальное изображение)

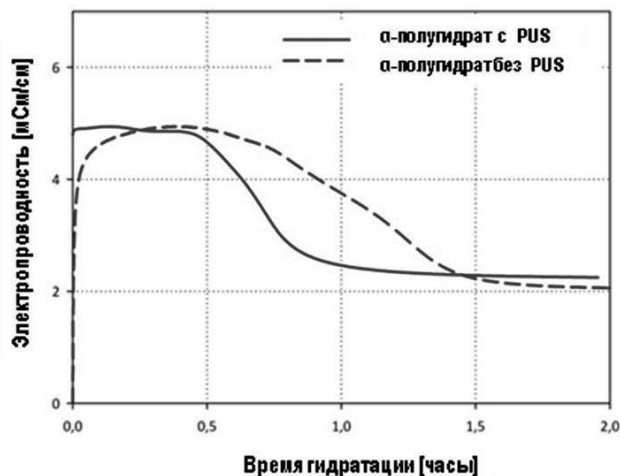


Рисунок 6. Влияние воздействия ультразвука высокой мощности (PUS) на электропроводность суспензии из альфаполугидрата (размер частиц > 40 мкм)

Альфаполугидрат по сравнению со строительным гипсом (бета-форма полугидрата сульфата кальция) имеет более низкую реакционную поверхность (удельная внутренняя и внешняя поверхность частиц) по отношению к воде и низкую растворимость (см. рис. 1). Значение электропроводности по отношению к строительному гипсу так же ниже (рис. 6). На выявленное уменьшение максимального значения электропроводности, также влияет прогрессирующее «старение» вяжущего.

Для альфаполугидрата характерно:

- Максимальное значение электропроводности после воздействия PUS;
- раннее образование зародышей и их последующий рост с образованием кристаллов.

Влияние изменения температур суспензии изображены на рис 7. В этих случаях, PUS приводит к повышению температуры почти на 5 К. Различия между рисунком 3, обусловлены разным содержанием ангидрита А III и отличающегося теплообмена с окружающей средой.

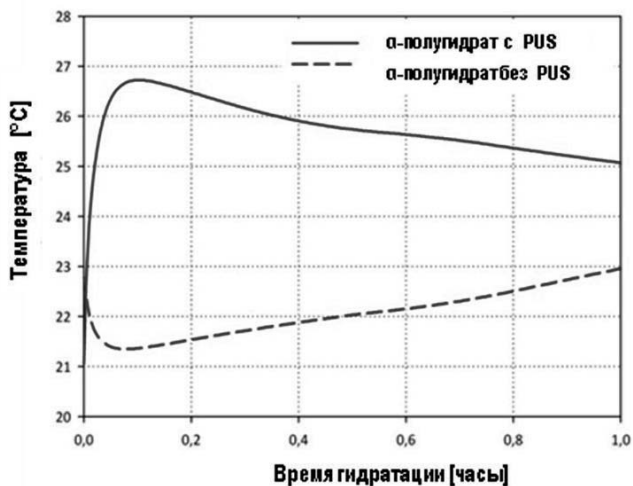


Рисунок 7. Влияние воздействия ультразвука высокой мощности (PUS) на температуру суспензии из альфаполугидрата (размер частиц > 40 мкм)

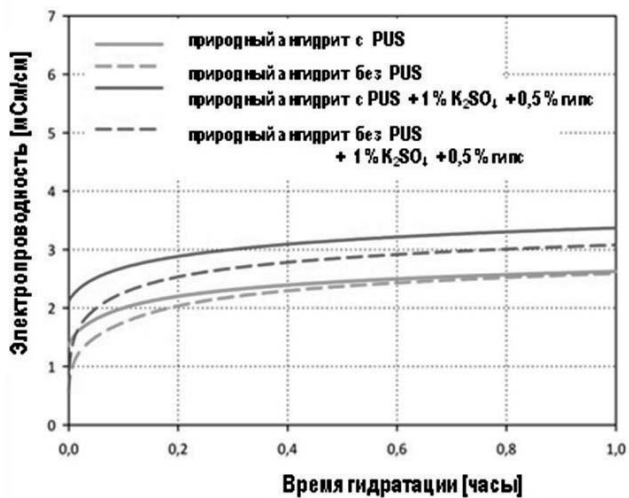


Рисунок 8. Влияние воздействия ультразвука высокой мощности (PUS) на электропроводность суспензии из природного ангидрита

На рисунке 8 показано, что также относительно инертный нерастворимый ангидрит (А II) при воздействии PUS за счет более

интенсивных процессов растворения быстрее превращается в гипс.

Как и ожидалось, дальнейшие исследования / 9 / показали, что увеличение энергии (100 Вт с / мл) приводит к более интенсивному зародышеобразованию и, следовательно, к ускорению процесса гидратации.

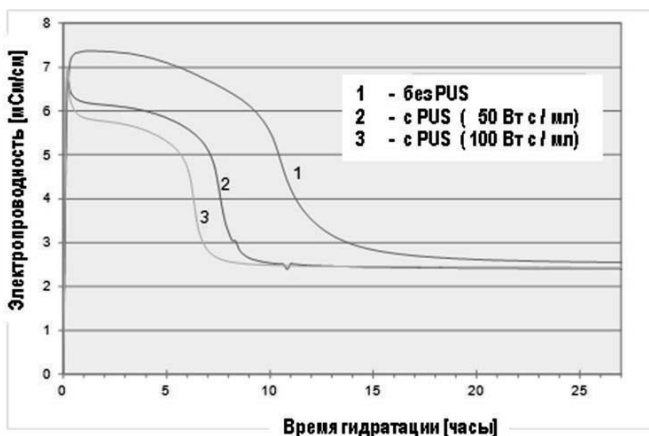


Рисунок 9. Кондуктометрическое описание процесса гидратации суспензии из строительного гипса в зависимости от интенсивности ультразвука высокой мощности (PUS)

Резюме

Применение энергии с помощью ультразвука высокой мощности (PUS) приводит к значительному ускорению скорости растворения вяжущего. Последующее быстрое (по сравнению с необработанными пробами) уменьшение электропроводности в суспензии можно объяснить следующим образом: Ввод энергии приводит к более быстрому образованию устойчивых кластеров / зародышей в большом количестве. Эти зародыши способствуют быстрому уменьшению сульфатных ионов и ионов кальция в растворе, благодаря их росту. При этом удаляется большее количество ионов из суспензии по отношению к тому количеству ионов, которое образуется из-за растворения вяжущего в тот же период. Таким образом, внесённая энергия PUS вызывает ускорение процесса зародышеобразования.

Литература

1. Abbindebeschleunigung von Stuckgips durch Calciumsulfatdihydrat) In: ZKG - INTERNATIONAL. – 62 (2009) 3. – S. 54 – 62
2. Müller, M. Die Abbindebeschleunigung von Stuckgips durch

- Calciumsulfatdihydrat Dissertation. – Bauhaus-Universität Weimar, 2007. – 128 S.
3. Fischer, H.-B. Zum Einfluss chemischer Zusätze auf die Hydratation von Branntgips - Konduktometrische Untersuchungen Dissertation. – Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar, 1992. – 130 S.
 4. Fischer, H.-B. Ursachen des Leitfähigkeitsabfalls während der Hydratation von Gipsmischungen, ZKG - INTERNATIONAL. - 47 (1994) 5. - S. 288 – 292
 5. М. Мюллер, Х.-Б. Фишер: Кондуктометрическое описание процессов взаимодействия сульфатов кальция с водой (Konduktometrische Beschreibung der Prozesse beim Kontakt von Calciumsulfaten mit Wasser) Kraskovo, 2005. – In: Гипс, его исследование и применение. – S. 63 – 70
 6. Хартманн, М.; Лёмер, К.; Новак, С.; Фишер, Х.-Б.; Макарова, И.; Яковлев, Г. Кондуктометрические исследования высокообожжённых вяжущих на основе сульфата кальция (Konduktometrische Untersuchungen von hochgebrannt-ten Calciumsulfatbindemitteln) In: Проблемы и достижения строительного комплекса. – Izhewsk 2008. – S. 192 – 195
 7. Fischer, H.-B.; Nowak, S.; Müller, M.; Hartmann, M.; Pflug, Chr. Calciumsulfatbindemittel und ihr Reaktionsvermögen Weimar, 2009. – 17. ibausil, Tagungsband 1. – S. 0393 – 0406
 8. Rößler, C. Einfluss von Power-Ultraschall auf das Fließ- und Erstarrungsverhalten von Zementsuspensionen Weimar, 2009. – 17. ibausil, Tagungsband 1. – S. 0259 – 0264
 9. Klemm, N. Hydratationsverzögerung infolge PCE-Fließmittelverwendung bei gealterten Calciumsulfatbindemitteln und Kompensation durch Power-Ultraschall M.Sc.-Arbeit. – Bauhaus-Universität Weimar, 2014. – 124 S.
 10. Müller, M.; Fischer, H.-B.; Hummel, H.-U.; Scheller, L. Acceleration of the setting of hemihydrate plaster with calcium sulfate dihydrate

УПРОЧНЕНИЕ ЧАСТИЦ ГИПСА (ДИГИДРАТА СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ) ПУТЁМ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Фишер Х.-Б., Рихерт Х., Новак С.,
Бурьянов А.Ф., Лесовик В.С., Строкова В.В
Bauhaus-Universität Weimar, Московский государственный строительный университет, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

Из литературы известно, что во влажных образцах гипсового камня происходит явление перекристаллизации. Этот процесс непрерывного роста крупных кристаллов, связанного с растворением мелких кристаллов в полидисперсной суспензии называют «созреванием» кристаллов.

Мельчайшие частицы, такие как образовавшие зародыши, отличаются большой склонностью к растворению за счет поверхностного натяжения. Это связано с сильной кривизной их поверхности, которая отвечает при постоянном поверхностном натяжении за более высокое внутреннее давление частиц. Мелкие частицы, таким образом, имеют более высокую равновесную растворимость (Meuer и др.).

В особо реакционно-способных местах кристаллов (дефекты в кристаллической решётке, углы и края кристаллов) процесс растворения протекает более интенсивно, что также обуславливает образование слабо пересыщенного раствора по отношению к дигидрату сульфата кальция. Из него ионы $[Ca^{2+}]$ и $[SO_4^{2-}]$ присоединяются к более крупным гипсовым кристаллам. Происходит процесс укрупнения.

В связи с этим возникает вопрос, возможно ли упрочнение плотно упакованных частиц гипса (дигидрата сульфата кальция) во влажной среде?

Были получены образцы (диаметр: 40 мм, высота: 40 мм) из тонкомолотого природного гипса при помощи прессования. Изготовление и хранение при следующих условиях:

- | | | |
|--|---------|---------|
| • Массовое отношение влаги (воды) к гипсу | 4,0 ... | 7,0 % |
| • Добавка пластификатора (по гипсу) | 0,0 ... | 0,1 % |
| • Давление прессования | 50 ... | 100 МПа |
| • Время выдержки образцов (перекристаллизации) | 1 ... | 7 d |
| • Температура хранения образцов | 5 ... | 20 °С |

На рисунках 1 и 2 изображено влияние размера частиц и температуры на растворимость дигидрата сульфата кальция.

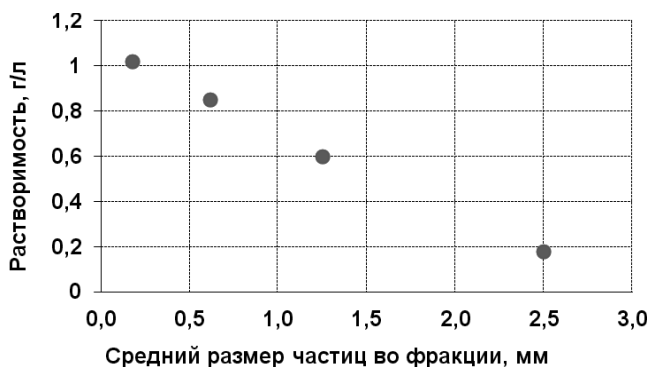


Рисунок 1. Зависимость растворимости гипса от размеров частиц (БЕЛОВ, БУРЯНОВ, ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ, 2007 г.)

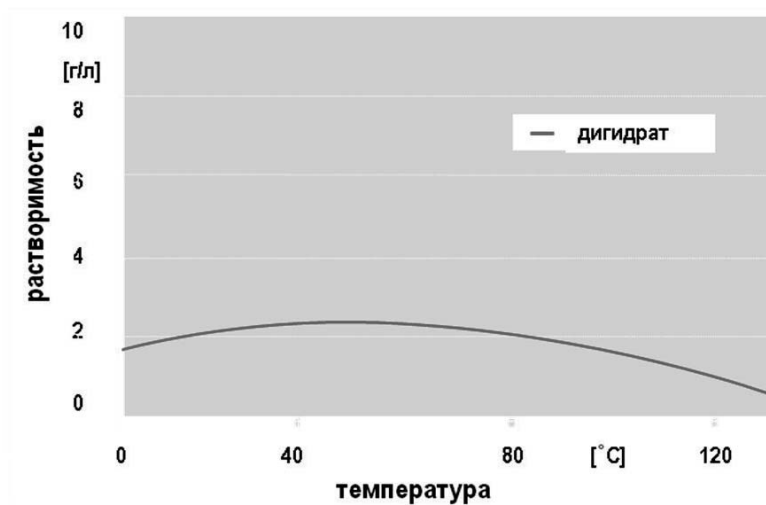


Рисунок 2. Зависимость растворимости дигидрата сульфата кальция (гипса) от температуры

Влияние различных факторов на прочность при сжатии гипсовых образцов указано в следующей таблице.

Таблица 1

Влияние различных факторов на прочность при сжатии гипсовых образцов

	Отношение вода : гипс	Содержание пластификатора	Давление прессования	Время хранения	Температура хранения	Прочность при сжатии
	[%]	[%]	[МПа]	[суток]	[°С]	[МПа]
	7,00	0,00	50	1	5	11,3
	7,00	0,10	50	7	5	10,5
	7,00	0,10	50	1	20	10,0
	4,00	0,10	50	7	20	12,7
	4,00	0,00	100	1	5	21,2
	4,00	0,00	50	7	5	13,0
	7,00	0,00	100	1	20	15,2
	7,00	0,00	50	7	20	11,6
	7,00	0,10	100	7	20	13,5
0	4,00	0,00	50	1	20	12,2
1	7,00	0,10	100	1	5	14,1
2	4,00	0,10	100	7	5	19,4
3	4,00	0,00	100	7	20	21,5
4	4,00	0,10	50	1	5	11,1
5	4,00	0,10	100	1	20	18,2
6	7,00	0,00	100	7	5	16,9
	A	B	C	D	E	

На рисунке 3 наглядно представлена зависимость прочности от отдельных факторов. Самое большое влияние из пяти выбранных факторов имеет давление прессования. Причём, чем больше давление, тем больше и прочность. Так же на прочность, но в меньшей степени, влияют водогипсовое отношение и количество пластификатора в воде. Для этих 2-

х факторов характерно, что прочность увеличивается с их уменьшением. Время и температура в этих условиях существенно не влияет на процесс упрочнения гипсовых частиц. Взаимное влияние существует между водо-гипсовым отношением и давлением прессования.

Рисунок 4 даёт возможность предсказать упрочнение гипсовых частиц в зависимости от давления прессования и водо-гипсового отношения. В рассмотренных интервалах возможно повышение прочности почти в два раза: от 12 МПа до 20 МПа.

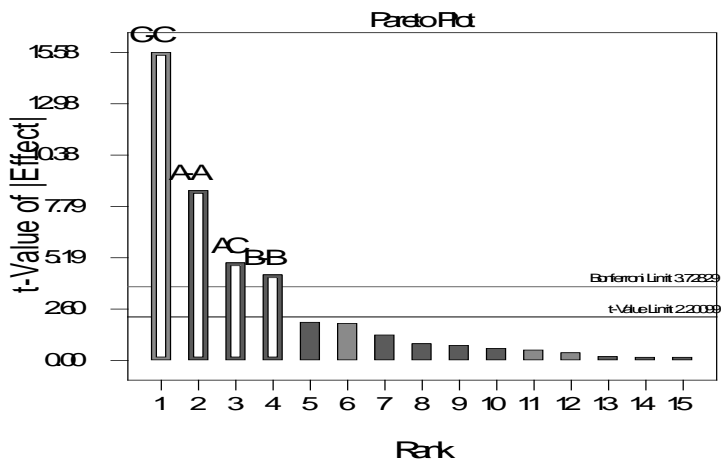


Рисунок 3. Диаграмма Pareto для определения существенных факторов

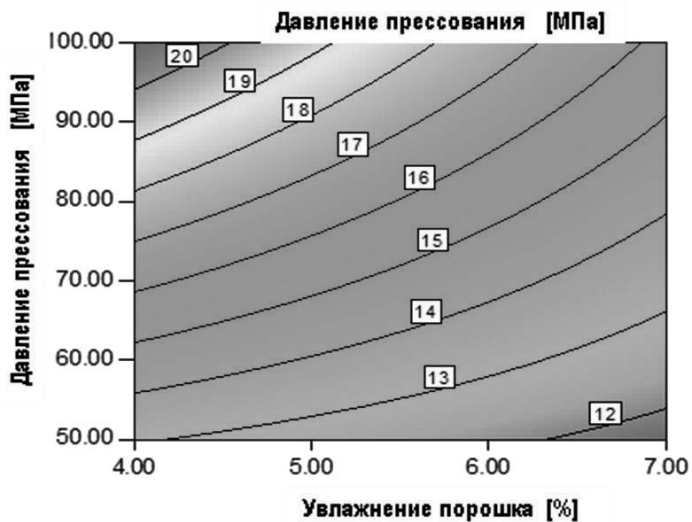
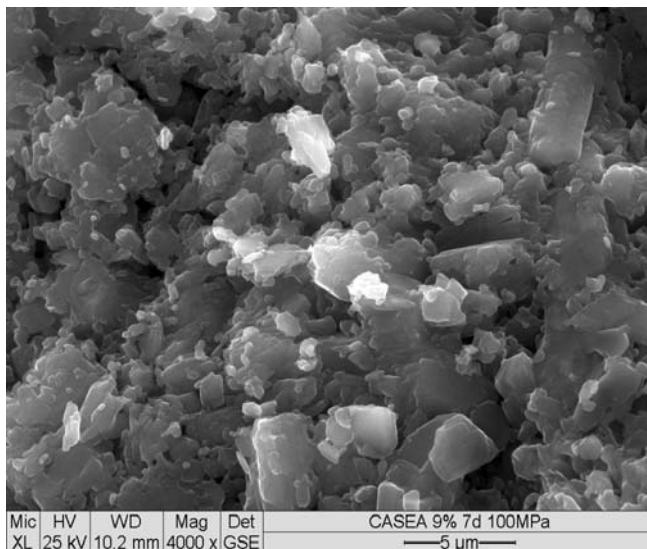


Рисунок 4. Прочность на сжатие образцов из отпрессованных гипсовых частиц в зависимости от влажности материала и давления прессования. (Условия испытания: температура хранения образцов: 20 °С, время хранения: 7 суток, без применения пластификатора)

Последующие электронномикроскопические снимки показывают «слияние» отдельных гипсовых частиц, способствующих упрочнению образцов.



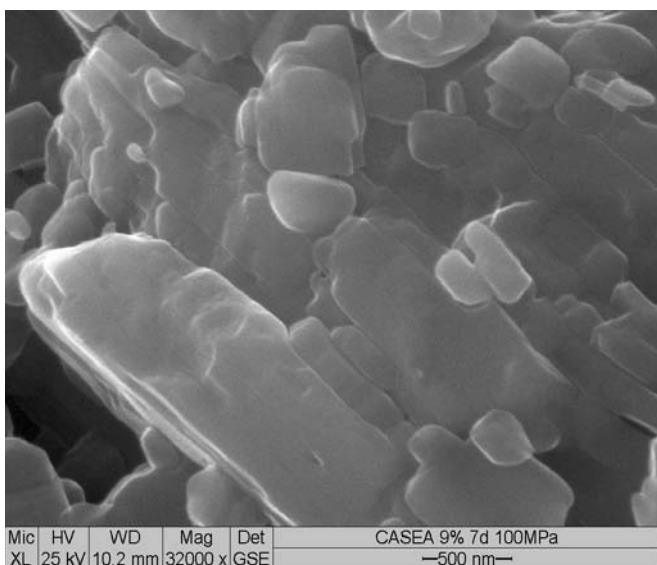
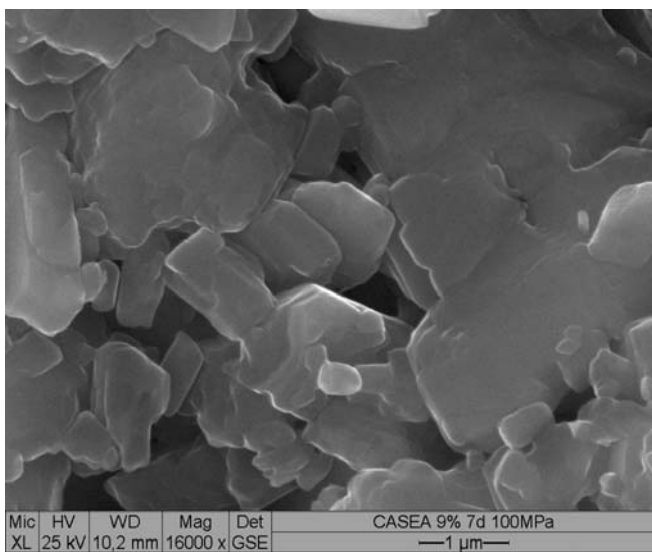


Рисунок 5 а, б, в. Срастание гипсовых частиц отпрессованных образцов (условия: тонкомолотый природный гипс, давление прессования 100 МПа, водогипсовое отношение – 0,09, хранение в закрытых ёмкостях – 7 суток)

Резюме

Итак, методом прессования увлажнённых гипсовых частиц можно получить довольно прочные структуры. Причём прочность тем выше, чем выше давление прессования и чем ниже влажность порошка (в рассмотренном интервале). Лучшие результаты были достигнуты при давлении в 100 МПа и влажности гипсового порошка в 9 %. Другие изученные факторы незначительно влияют на упрочнение.

У ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ РЕШЕНИЙ ЕСТЬ ИМЯ – «ГРЕНЦЕБАХ»

Фурманов А.Б.

Наша компания осуществляет свою деятельность по всему миру, постоянно растет и по сей день является семейным предприятием. Мы занимаемся проектированием, разработкой и автоматизацией технологических линий и предлагаем оборудование, разрабатываемое в соответствии с индивидуальными требованиями наших заказчиков на основании самых современных технологий с целью выполнения высокотехнологичных производственных и автоматизационных задач. Более 1600 сотрудников «Гренцебах», занятых в наших представительствах в Европе, Америке и Азии, разрабатывают высокотехнологические решения для комплексных производственных нужд наших заказчиков.

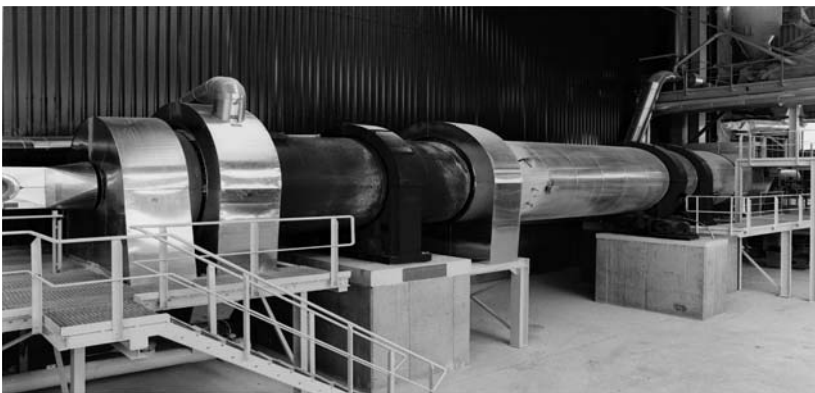
«Гренцебах» является ведущим мировым поставщиком оборудования и систем для промышленности строительных материалов. Будь то гипс, древесина, минеральная вата или термическая обработка, клиенты «Гренцебах» во всех уголках земного шара эффективно используют профессиональные навыки и более чем 90-ний опыт специалистов, работающих в г. Бад Херсфельд (Германия).

Высокая надежность, низкие производственные расходы, оптимальная энергоэффективность – системы «Гренцебах» для производства гипса соответствуют самым высоким стандартам качества. «Гренцебах» разрабатывает, изготавливает и поставляет технологические линии для производства гипсокартонных листов, гипсовых конструкционных и пазогребневых плит и потолочных плит с возможностью сдачи «под ключ».



Системы кальцинирования и сушки гипса

«Гренцебах» проектирует и строит производственные линии для обработки и переработки природного и синтетического гипса в гипсовое вяжущее. Помимо переработки природного гипса, все большее значение приобретает во всем мире переработка синтетического гипса. Новые концепции кальцинирования синтетического гипса, разработанные и реализованные компанией «Гренцебах», стали стандартом в мировой гипсовой промышленности. Процесс кальцинирования является важным фактором для контроля характеристик продукции, так как он непосредственно влияет на кристаллическую структуру и фазовый состав гипса.



Линии по производству гипсокартонных листов

Что бы Вам не потребовалось: отдельная часть оборудования, комплектная производственная линия или завод «под ключ», в нашем лице

Вам обеспечено профессиональное консультирование, превосходные технологии, надежное оборудование и поддержка при запуске. Все наши системы проверены многолетним опытом в гипсовой промышленности. Производственные технологии постоянно совершенствуются за счет новых практических решений, часто разрабатываемых в процессе сотрудничества с нашими заказчиками и отражающих промышленные стандарты технологий двигателей и управления. Технологические линии могут отличаться в зависимости от используемого гипса, необходимой производительности, различных продуктов и индивидуальных предпочтений.



Линии по производству пазогребневых плит

Пазогребневые плиты являются строительными элементами, которые производятся из сульфата кальция и воды и могут содержать включения волокон, наполнители, заполнители и другие добавки. Они оснащены гребнем и пазом и используются при внутренней отделке зданий в качестве перегородок. Пазогребневые плиты обычно имеют размеры 500 x 666 мм, и толщину от 50 до 120 мм. Возможно производство полнотелых и пустотелых плит. Пазогребневые плиты просты в использовании, огнеупорны, устойчивы к плесени и паразитам и помогают регулировать влажность помещения. «Гренцебах» предоставляет комплектные линии для производства пазогребневых плит с различными мощностями в соответствии с пожеланиями заказчика и потребностями рынка.



ЛИТОЙ БЕТОН НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Хасимова А.С., Морозова Н.Н., Хозин В.Г.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Композиционные гипсовые вяжущие (КГВ) [1] представляют собой однородную смесь гипсового вяжущего с органоминеральным модификатором, в который входят портландцемент, дисперсные активные кремнеземистые минеральные и химические добавки в определенном соотношении, подвергнутые механической активации в смесительно-помольном аппарате. Эти вяжущие характеризуются высокой водостойкостью и низкой водопотребностью по сравнению с чисто гипсовыми. На основе этих вяжущих изготавливают различные изделия для жилищного, гражданского и промышленного строительства. Наибольшее их применение в жилищном строительстве в виде готовых изделий или отделочные материалы.

Производство изделий на основе гипсовых вяжущих характеризуется не только быстрым схватыванием и твердением, но и высокой водопотребностью, что увеличивает общий цикл получения готовой продукции за счет сушки. Применение высокоподвижных бетонных смесей снижает трудоемкость производства как при их приготовлении, так и при формовании изделий. Получение таких смесей может быть достигнуто за счет увеличения В/Т, что в последствии снижает прочность материала, а так же за счет эффективных пластификаторов, но которые повышают себестоимость.

На данном этапе совершенствование смесей на основе гипсового вяжущего осуществлялось за счет использования ультраэффективных модификаторов, позволяющих снизить их водопотребность до уровня на цементных вяжущих. Это достигалось путем использования комплексной химической добавки состоящей из поликарбоксилатного суперпластификатора и линосульфанатного пластификатора [1, 2]. Тестированием установлено снижение В/Т с 0,66 (для контрольного) до 0,21 при равной подвижности теста и значительным увеличением прочности до 88 МПа против 15 МПа - у контрольного [3]. Столь высокие прочностные характеристики материалов на основе гипсовых вяжущих в строительном производстве не всегда являются обязательным требованием.

В связи с этим была поставлена задача расширения области использования разработанного материала путем разбавления вяжущего заполнителями получая изделия с меньшей себестоимостью.

Легкие и тяжелые бетоны на основе водостойких гипсовых вяжущих, описываются авторами [1,4,5] с подвижностью смеси не более П4. Тогда

как высокоподвижные смеси, по нашему мнению, могут иметь большую востребованность. А бетоны на гипсосодержащих вяжущих представляют особый интерес еще и в силу своей высокотехнологичности. Однако, получение литых бетонов связано с преодолением двух противоречивых факторов – получением высокой текучести бетонной смеси, согласно ГОСТ 7473-2010 с распылом конуса не менее 35 см (осадка конуса более 20 см ГОСТ 25192-2012 приложение А) и исключением расслаиваемости.

Высокая текучесть бетонной смеси требует создания не только седиментационно-устойчивой структуры смеси, но и особой ее топологии [6, 7, 8]. Поэтому, получение оптимальных показателей качества литого бетона на основе композиционного гипсового вяжущего может быть достигнуто за счет применения математических моделей, учитывающих и описывающих реологию их смесей и оптимальное распределение заполнителей в структуре материала. Для решения поставленной задачи был спланирован двухфакторный эксперимент.

В качестве независимых переменных в планируемом эксперименте приняты: расход композиционного гипсового вяжущего (КГВ), количество песка фракции 5-2,5 мм в общей смеси мелкого заполнителя.

Основным компонентом КГВ является строительный гипса марки Г-6 Аракчинского завода РТ. Другой компонент КГВ – это бинарная активная минеральная добавка, состоящая из цеолитсодержащего мергеля и микрокремнезема [9], функциональность которой проявляется во времени. В качестве гидравлического компонента использован портландцемент ЦЕМ1 42,5Н Мордовского завода. В нашем случае, КГВ представляет собой сухую однородную смесь с 50% гипсового вяжущего и остальное портландцемент (Ц) с активными минеральными высокодисперсными добавками (АМД) при соотношении Ц:АМД = 0,32. Водоредуцирующим компонентом литого бетона принята комплексная добавка состоящая из поликарбонатного суперпластификатора Melflux 2651 F в виде сухого порошка желтого цвета и комплексона ПАФ-13, представляющего собой водный раствор полиаминометиленфосфонатов коричневого цвета с рН средой 4-6. Количество химических модификаторов во всех экспериментах принимали от массы вяжущего в количестве 0,5%- суперпластификатора и 0,3%- комплексона. В качестве заполнителя использован двухфракционный строительный песок. Все исследованные составы мелкозернистого бетона на КГВ имели распалубочную прочность 50-90 минут. Начало схватывания смеси наступало не ранее 20 минут.

Основными варьируемыми факторами в планируемом эксперименте являлись: X_1 – количество композиционного гипсового вяжущего (КГВ) и X_2 – количество песка фракции 5-2,5 мм (таблица 1). Нижняя граница содержания КГВ в бетоне ограничена 500 кг в силу необходимости исключения водоотделения смеси ниже области гравитационной

растекаемости, при этом смесь текла подобно самоуплотняющемуся бетону. План- матрица эксперимента приведена в таблице 2.

Таблица 1

Уровни варьирования независимых переменных

Факторы	Наименование фактора	Уровни варьирования		
		-1	0	+1
X ₁	Расход КГВ кг/м ³	500	600	700
X ₂	Доля песка фр. 5-2,5, %	25	50	75

Таблица 2

Матрица планирования независимых переменных и их натуральные значения

№ опыта	Матрица планирования		Натуральные значения переменных	
	X ₁	X ₂	расход вяжущего, кг	расход песка фр.5-2,5, %
1	-1	-1	500	25
2	-1	0	500	50
3	-1	+1	500	75
4	0	+1	600	75
5	+1	+1	700	75
6	+1	0	700	50
7	+1	-1	700	25
8	0	-1	600	25
9	0	0	600	50

Значимость рассчитанных коэффициентов уравнений регрессионных моделей оценивалась при помощи критических величин по критерию Стьюдента, а адекватность полученных моделей проверялась по критерию Фишера. Далее по полученным регрессионным уравнениям на ПК были построены диаграммы с изолиниями равных значений.

Откликами планируемого эксперимента назначали В/Т отношение смеси и ее растекаемость, как одного из главного показателя литого бетона. Важной эксплуатационной характеристикой бетона является прочность при сжатии, которую проверяли на образцах размером 7х7х7 см через 7 суток нормального твердения предварительно высушенных в течение 12 часов при температуре 60 °С, а так же оценивали их плотность.

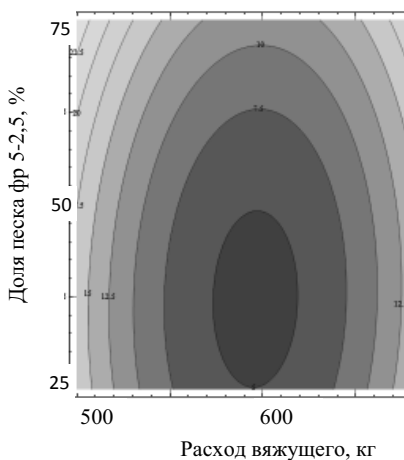


Рисунок 1. Изменение растекаемости смеси в области варьируемых факторов

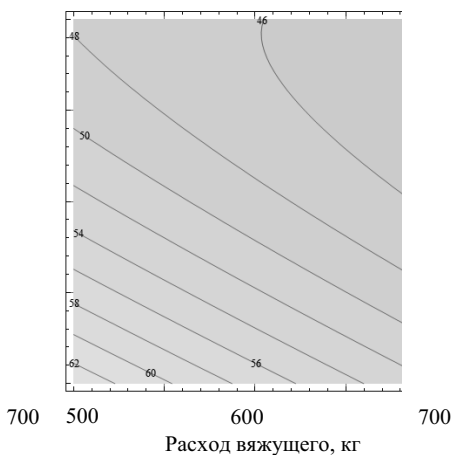


Рисунок 2. Изменение В/Т в области варьируемых факторов

Характер изменения растекаемости смеси (рис.1) показывает, что увеличения можно достигнуть при большем введении мелкой фракции песка, при этом В/Т отношение смеси снижается (рис.2).

Высокая водопотребность смеси наблюдается не только с ростом доли мелкой фракции песка, но с увеличением вяжущего, хотя это влияние гораздо меньше, чем от вида песка. По графику рисунка 3 видно, что рост прочности бетона достигается с увеличением доли крупной фракции песка в общем количестве мелкого заполнителя. Характер изменения изолиний плотности бетона на рис.4 показывает, что увеличение плотности за счет более плотной упаковки заполнителя, которая достигается оптимальным соотношением крупной и мелкой фракцией песка. Следует заметить, что при равной подвижности мелкозернистой смеси и одинаковом составе песка наблюдается незначительное отличие в В/Т отношении, но значительное - в прочности.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно заключить, что для получение литого бетона (близкого по растекаемости к самоуплотняющемуся) на композиционном гипсовом вяжущем при высокой его плотности возможно при содержании крупной фракции песка 50-57%.

Литература

1. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф., Баранов И.М., Бурьянов А.Ф. и др. Гипс в малоэтажном строительстве. / Под общей ред. А.В. Ферронской.- М.: Издательство АСВ, 2008.- 240 с.
2. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Высокопрочное гипсоцементноцеолитовое вяжущее. // Строительные материалы, 2010, №2 – С.53-55.
3. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Сабиров И.Р. Влияние вида химических добавок на технологические свойства композиционного гипсового вяжущего. // Межд. сб. научных трудов «Экология и новые технологии в строительном материаловедении»–Новосибирск, 2010. – С.12-15.
4. Сагдатуллин Д.Г. Высокопрочное гипсоцементнопуццолановое вяжущее/ Автореф. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук.: Казань: Издательство КГАСУ, 2010.- 21с.
5. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В.Ферронской.- М.: Издательство АСВ, 2004, 488 с.
6. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Экопорбетон на основе высокопрочного композиционного ГЦПВ. // Матер. V межд. научно-практической конф. «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий» – Казань, 2010. – С.90-93.
7. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Издательство АСВ, 2007. - 528с.
8. Калашников В.И. Через рациональную реологию – в будущее бетонов 1. Тонкодисперсные реологические матрицы и порошковые бетоны нового поколения // Технологии бетонов, №5, 2007. С.8-10.
9. Патент РФ № 2426702. Композиционное гипсовое вяжущее.

ТЯЖЕЛЫЙ БЕТОН НА КОМПОЗИЦИОННОМ ГИПСОВОМ ВЯЖУЩЕМ

Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю., Дребезгов Д.А.
Белгородский государственный технологический университет им.
В.Г.Шухова

Развитие промышленности строительных материалов РФ на период до 2020 года направлено на расширение их номенклатуры, повышение эксплуатационной стойкости и развитие эффективных технологий производства, с преимущественным использованием местного сырья. Строительные материалы на основе композиционных гипсовых вяжущих (КГВ) характеризуются быстрым набором прочности, относительно низкими тепло- и звукопроводностью, отсутствием усадочных деформаций, огнестойкостью и др. Их использование инвестиционно привлекательно и позволит расширить номенклатуру строительных материалов для создания комфортного быстровозводимого жилья с учетом устойчивости системы «человек – материал – среда обитания» [1-2].

В практике строительства ведущих стран мира темпы выпуска стеновых материалов на основе гипсобетонов стремительно растут. Особенно это касается водостойких композиционных гипсовых вяжущих. Плотность КГВ в зависимости от их вида находится в пределах 2,4-2,7 г/см³. Поэтому, при одинаковых весовых расходах с портландцементом, КГВ дают увеличенный объем теста в бетонной смеси. Обычно для получения равнопрочных бетонов абсолютный объем пасты в единице объема бетона на КГВ примерно на 6-12 % больше, чем на портландцементе [3]. Кроме этого, КГВ обладают повышенной водопотребностью (по сравнению с портландцементом), отражающейся на водосодержании бетонных смесей, которое можно регулировать применением специальных комплексов химических добавок.

Одним из основных условий создания долговечных и водостойких КГВ является правильно подобранное и скорректированное соотношение между гидравлическим вяжущим и активной минеральной добавкой, при котором постепенно исчезают условия образования этtringита и высокоосновных гидроалюминатов кальция.

В качестве активной минеральной добавки в составе КГВ применяли кремнеземсодержащее техногенное сырье - бетонный лом (таблица 1). Его вяжущая часть состоит из гидросиликатов кальция группы C_2SH_2 по номенклатуре Богда, гидроксида кальция и остатков негидратированных клинкерных минералов, в основном белита [4]. Этот материал обладает заметными вторичными вяжущими свойствами и в соответствии с законом сродства структур [5] при этом синтезируется

композит с ростом предела прочности на сжатие на 15-20% выше по сравнению с использованием природных кремнеземсодержащих компонентов.

Таблица 1

Химический состав минеральной добавки

Материал	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe _{о6}	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O+ K ₂ O	TiO ₂	ClO ₂	MnO ₂	Всего
Бетонный лом	52,4	4,9	3,7	34,7	1,2	0,5	0,51+ 1,5	0,9	0,27	0,087	99,96

Для активации процессов гидратации КГВ осуществляли помол минеральной добавки до удельной поверхности 500 м²/кг, с последующим перемешиванием с портландцементом и гипсовым вяжущим, совмещенным с кратковременным помолом. Необходимое количество минеральной добавки в составе КГВ подбиралось по концентрации оксида кальция (по ТУ 21-31-62-89) в твердеющей системе до регламентированных пределов.

Разработан состав КГВ при соотношении минеральная добавка/портландцемент = 1:1 со значениями предела прочности на сжатие гипсоцементного камня в 28 суточном возрасте до 28 МПа (таблица 2).

Таблица 2

Состав и свойства КГВ

№	Состав КГВ, % по массе			В/Вяж	Rсж, МПа		
	Гипс	Цемент	Бетонный лом				
					2 часа	7 суток	28 суток
1	60	20	20	0,45	4,42	18,61	28,1
2	100	-	-	0,45	5,6	-	18,0

На основе разработанных водостойких КГВ для мелкоштучных стеновых материалов были получены мелкозернистые бетоны (МЗБ) классов В5-В20 в соотношениях по массе 1:1, 1:2, 1:3 (КГВ:заполнитель) с использованием в качестве мелкого заполнителя кварцевого песка с Мк≤0,9. Установлено, что для исследуемых составов консистенция растворной смеси находится в прямой зависимости от величины В/Вяж отношения (рисунок 1).

Характер зависимостей прочности МЗБ от величины В/Вяж отношения подобен характеру этих зависимостей на портландцементе. При длительном твердении (90 суток) прочность МЗБ и коэффициент размягчения повышаются.

На основе КГВ с минеральной добавкой бетонного лома получены стеновые материалы из тяжелого бетона классов В7,5-В20 на крупном заполнителе из известнякового щебня

Расчет состава бетона выполняли расчетно-экспериментальным методом. Учитывая требования к бетонной смеси и бетону, а также

характеристики исходных компонентов, выбирали ориентировочный расход КГВ, для требуемой жесткости и подвижности - расход воды [2].

Количество заполнителей рассчитывали, исходя из заданной средней плотности бетона и его структуры; из бетонной смеси изготавливали образцы-кубы размеров 10x10x10 см для определения средней плотности бетона и требуемой прочности (таблица 4).

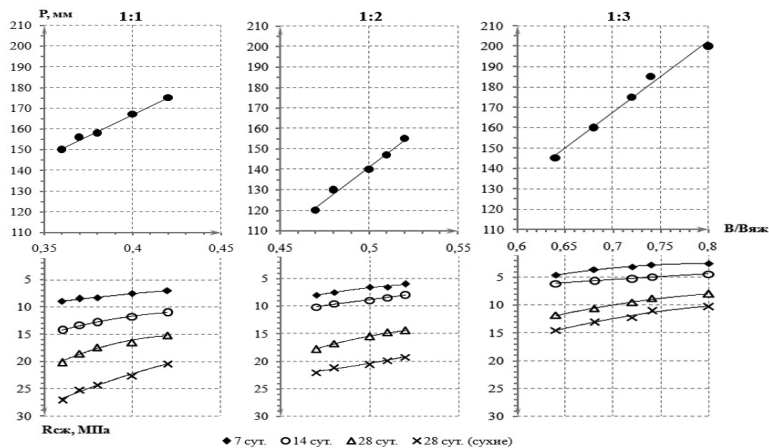


Рисунок 1. Зависимость подвижности и прочности при сжатии МЗБ с кварцевым песком на КГВ с минеральной добавкой бетонного лома от В/Вяж отношения

Таблица 4

Составы и свойства тяжелого бетона на КГВ с известняковым щебнем

Класс бетона	Ж	$\rho_{\text{б-на}}$ кг/м ³	Фактический расход материалов на 1 м ³ , кг					$\rho_{\text{ср}}$ кг/м ³ (28 сут)	$R_{\text{сж}}$, МПа (28 сут)
			КГВ	Щебень	Песок	Вода	Добавка		
V7,5	35	2310	340	1200	590	180	-	2230	10,5
V10	35	2285	340	1200	590	155	0,3	2240	19,0
V10	35	2305	400	1200	350	175	-	2220	15,2
V15	35	2285	400	1200	350	155	0,3	2240	23,6
V15	35	2315	500	1100	350	185	-	2215	20,5
V20	35	2295	500	1100	350	165	0,3	2210	32,0

Примечание: комплексная химическая добавка Uniplast P211 + Uniplast SP95; Ж=35 сек

Из-за повышенного водосодержания бетонных смесей и из-за меньшей, по сравнению с портландцементом, активностью КГВ, приводящей к увеличению его расхода, зависимость прочности бетонов от В/Вяж отношения имеет линейный характер. Прочность тяжелого бетона

на КГВ изменяется от 10,5 до 29 МПа в интервале Вяж/В отношений от 1,8 до 3,03 (рисунок 2).

Относительные величины Вяж/В отношений рассматривали совместно с конкретными расходами КГВ и воды, обеспечивающими требуемую подвижность бетонной смеси и слитную структуру бетона. Прочность тяжелого бетона возрастает пропорционально расходу КГВ (примерно до 500 кг/м³), при этом для сохранения требуемой подвижности увеличивается расход воды. Подобранная на основе расчетов [6,7] высокоплотная упаковка заполнителя, обеспечивающая образование жесткого каркаса в тяжелом бетоне, позволила оптимизировать микроструктуру гипсоцементного камня и повысить прочность на 24% (таблица 5).

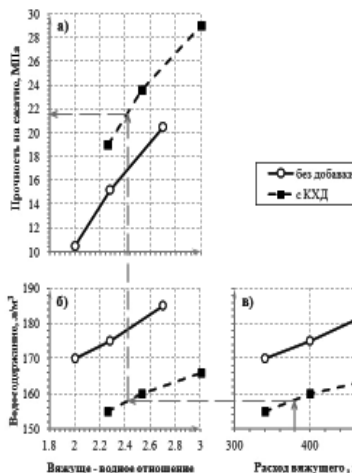


Рисунок 2. Прочность бетонов на сжатие и водосодержание бетонных смесей в зависимости от Вяж/В и расхода КГВ

Таблица 5
Свойства бетона с высокоплотной упаковкой заполнителя

Заполнитель	$\rho_{б-на}$ кг/м ³	$\sigma_{уп}$	$R_{сж}$, МПа	
			7 сут	28 сут
Естественного состава	2285	0,68	11,0	23,6
Расчетного состава	2340	0,83	13,63	29,4

Установлена необходимость использования коэффициента разделения зерен заполнителя гипсоцементным вяжущим $\beta_n = (\sigma_{n-1}/\eta_n)^{m-n}$, позволяющего регулировать расход крупных фракций и снижать при этом расход мелких, обеспечивая достаточную подвижность бетонной смеси.

Физико-механические свойства бетонов во многом зависят от структуры и свойств контактной зоны между гипсоцементным камнем и поверхностью заполнителя. В результате проведенных исследований с помощью методов РФА и электронной микроскопии установлено: в контактной зоне между частицами затвердевшего КГВ и поверхностью

известнякового заполнителя установлена микро- кристаллизационная структура (рисунок 3).

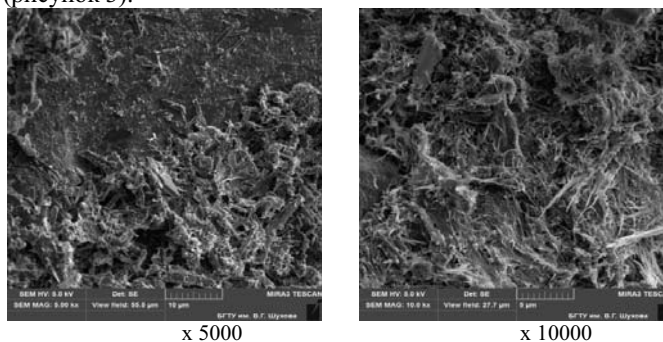


Рисунок 3. Микрофотографии контактной зоны
«гипсоцементный камень – заполнитель»

Частицы новообразований объединены в сетчатую структуру с упрочненными связями между отрицательно заряженными продуктами гидратации вяжущего в результате нарастания низкоосновных гидросиликатов кальция на кристаллы гипса, что повышает сцепление с положительно заряженной поверхностью известнякового заполнителя. На поверхности зерна заполнителя виден тонкий слой продуктов гидратации КГВ, что свидетельствует о достаточно плотном и хорошем сцеплении с затвердевшей матрицей.

Полученные результаты подтверждаются РФА контактной зоны. Основным цементирующим веществом в контактной зоне является двуводный сульфат кальция ($d=7,6...Å$) и продукты гидратации портландцемента, представленные низкоосновными гидросиликатами кальция, которые анализировали по гало, находящемуся под пиками основных клинкерных минералов алита и белита ($d=2,78; 2,76...Å$). В интервале углов 8-22 градуса зафиксированы пики, относящиеся к продуктам гидратации клинкерных минералов. На рентгенограмме отмечено наличие кальцита $CaCO_3$ ($d=3,03...Å$), кварца ($d=3,34...Å$).

Таким образом, установлен характер влияния состава, структуры и условий эксплуатации композитов на их свойства, заключающиеся в оптимизации размеров и морфологии частиц вяжущего, создании высокоплотной упаковки заполнителя, что приводит к оптимизации микроструктуры гипсоцементного камня и контактной зоны с заполнителем и, как следствие, в соответствии с законом сродства структур, повышает предел прочности при сжатии на 20-30%. С учетом проведенных исследований можно сделать вывод о перспективности КГВ для получения стеновых материалов для малоэтажного строительства

Литература

1. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород: -М.: Изд. АСВ, –2006. –526 с.
2. Lesowik W.S., Tschernyschewa N.W. Zusammengesetzte Gipsbindemittel unter Anwendung vom technogenen Rohstoff: 1.WEIMARER GIPSTAGUNG, Weimar Gypsum Conference. 30–31 Marz 2011.–S.407–416/
3. Ферронская А.В. Долговечность конструкций из бетона и железобетона /А.В. Ферронская .– М.:2006.–336 с.
4. Лесовик, В.С. Строительные композиты на основе отсевов дробления бетонного лома и горных пород / Лесовик В.С., Муртазаев С-А.Ю., Сайдумов М.С.// Грозный: ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий», 2012 – 192 с.
5. Лесовик, В.С. Закон сродства структур в материаловедении/ В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова // Фундаментальные исследования. – 2014. – №3–2. – С.267–271.
6. Чернышева, Н.В. Расчет и подбор высокоплотного зернового состава заполнителя и бетона на гипсовом композиционном / Н.В. Чернышева, А.Н. Хархардин, Эльян Исса жамал Исса. М.Ю. Дребезгова // Вестник БГТУ им. В. Г.Шухова. –2014.– №2.– С.43–48.
7. Хархардин, А.Н. Тяжелый бетон с плотным структурным каркасом заполнителя / А.Н. Хархардин, А.И. Топчиев // Известия Вузов. Строительство. – 2001. – №4. – С.51-59.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КГВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК

Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю., Дребезгов Д.А.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

Влияние добавок ПАВ на свойства бетонной смеси, процесс твердения КГВ и конечную прочность изделий зависит от ряда факторов: изменения водопотребности, пептизирующего, адсорбционного и воздухововлекающего действия добавок.

Известно, что тонкий помол вяжущих приводит к увеличению их водопотребности. Для уменьшения водопотребности КГВ применялись поверхностно-активные вещества – пластификатор Uniplast P211 и суперпластификатор Uniplast SP95. Добавки вводились совместно с водой затворения (таблица 1).

Расход пластифицирующей добавки в пересчете на сухое вещество и на раствор известной концентрации определяли по формулам:

$$d = D/100 \cdot \text{Вяз}, \quad (1)$$

$$d_p = d/n \cdot \rho_p, \quad (2)$$

Количество воды затворения гипсоцементной смеси (В) с учетом воды, содержащейся в растворе добавки известной концентрации (n) вычисляли по формуле:

$$В_d = В - d_p \cdot \rho_p \cdot (1 - n/100), \quad (3)$$

где D, d , d_p – расходы добавки, соответственно в % от массы вяжущего, в кг/м^3 гипсоцементной смеси в пересчете на сухое вещество и на раствор рабочей консистенции;

n – концентрация рабочего раствора добавки, %;

ρ_p – плотность рабочего раствора добавки.

Таблица 1

Влияние химической добавки UniplastP211 на свойства КГВ

№ п/п	Д P211	Д SP95	В/Вяз	Расплы в, мм	Сроки схватывания, мин		R _{сж} , МПа			Кразм.
					начало	конец	2 часа	7 суток	28 суток	
1	-----	-	0,45	120	8-00	9-30	4,42	14,7	23,1	0,55
2	0,1	-	0,34	120	38	40	9,5	24,0	29,0	0,72
3	0,3	-	0,23	120	65	75	14,5	29,0	41,0	0,80
4	0,1	0,1	0,30	120	45	58	12,8	26,3	30,4	0,74
5	0,2	0,2	0,25	115	54	70	14,9	28,7	33,2	0,78
6	0,3	0,3	0,20	110	70	85	18,2	37,5	45,6	0,83

Эффективность применения органического водопонижающего реагента Uniplast P211 (0,1-0,3%) подтверждается снижением в 2 раза В/Вяз отношения (с 0,45 до 0,23), способствующего увеличению в 3 раза прочности затвердевшего КГВ через 2 часа (с 4,42 до 14,5 МПа) и в 2 раза через 7 и 28 суток (с 14,7 до 29 МПа и с 23,1 до 41 МПа, соответственно), повышением водостойкости в 1,5 раза, а также замедлением начала схватывания (от 8 до 65 мин.).

Разработанные комплексные химические добавки (Uniplast P211 + Uniplast SP95) позволяют в более широких пределах регулировать начало схватывания (от 45 до 70 мин) и увеличить скорость твердения КГВ: через 2 часа – в 4 раза (до 18 МПа), через 7 суток – в 2,5 раза (до 37,5 МПа), через 28 суток – в 2 раза (до 45,6 МПа).

Анализ микроструктуры образцов гипсоцементного камня с комплексной химической добавкой (КХД), полученных на растровом электронном микроскопе, показал (рисунок 1), что на ранней стадии гидратации (через 2 часа) в исследуемых композициях создаются благоприятные условия для роста кристаллов. Происходит формирование новообразований более плотной, мелкозернистой структуры с повышенным числом контактов между четко выраженными кристаллами, что способствует увеличению прочности материала. На снимках можно увидеть неоднородную по размерам и форме структуру гипсоцементных композиций. Формируются как очень мелкие кристаллы (менее 0,1 мкм), так и крупные кристаллы с размером более 5 мкм.

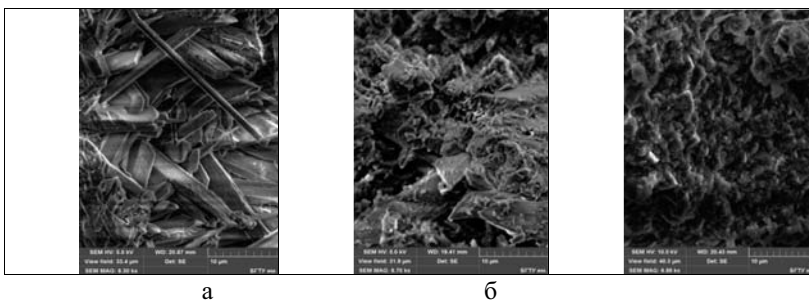


Рисунок 1. Микроструктура затвердевшего КГВ с комплексной химической добавкой (Uniplast P211 + Uniplast SP95)
 а) через 2 час; б) через 7 сут; в) через 28 сут

Образование мелких кристаллов, видимо, связано с тем, что при введении пластификатора на поверхности частиц КГВ образуются тончайшие пленки химического модификатора, которые оказывают замедляющее действие на рост кристаллов. Но, в то же время, образуются и крупные кристаллы, размером 3-6 мкм, которые способствуют росту

напряжений в структуре материала, увеличению пористости и ослаблению структуры гипсоцементного камня. Пластифицирующие добавки совместно с ультрадисперсными минеральными добавками, оказывают значительное влияние на формирование более плотной мелкокристаллической структуры, способствующей увеличению физико-механических показателей композиций.

Разработанная комплексная химическая добавка, состоящая из органического водопонижающего реагента Uniplast P211 и суперпластификатора Uniplast SP95, совместно с ультрадисперсными минеральными добавками, оказывает значительное влияние на формирование более плотной мелкокристаллической структуры, способствующей увеличению физико-механических показателей композиций: снижению водопотребности (в 2 раза), увеличению прочности затвердевшего КГВ через 2 часа (в 3 раза), через 7 и 28 суток (в 2,4 раза), повышению водостойкости в 1,5 раза, долговечности, а также замедлению начала схватывания (в 8 раз).

Литература

1. Ферронская А.В. Долговечность конструкций из бетона и железобетона /А.В. Ферронская .– М.:2006.–336 с.
2. Белов В.В. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция / В.В. Белов, А.Ф. Бурьянов, Г.И. Яковлев, В.Б. Петропавловская, Х.-Б. Фишер, И.С. Маева, Т.Б. Новиченкова . – М.: Де Нова, 2012. – 196 с.

КОМПОЗИЦИОННОЕ ГИПСОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ С МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ БЕТОННОГО ЛОМА

Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

В практике строительства ведущих стран мира темпы выпуска стеновых материалов на основе гипсобетонов стремительно растут. Особенно это касается композиционных гипсовых вяжущих (КГВ) повышенной водостойкости. Большой интерес как объект исследований представляет использование тонкомолотого бетонного лома в качестве минеральной добавки в составе КГВ (таблица 1). Его вяжущая часть состоит из гидросиликатов кальция группы C_2SH_2 по номенклатуре Ботга, гидроксида кальция и остатков не прогидратированных клинкерных минералов, в основном белита [1].

Таблица 1

Химический состав минеральной добавки

Материал	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe _{о6}	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O+ K ₂ O	TiO ₂	ClO ₂	MnO ₂	Всего
Бетонный лом	52,4	4,9	3,7	34,7	1,2	0,5	0,51+1,5	0,19	0,27	0,087	99,96

Этот материал обладает заметными вторичными вяжущими свойствами и в соответствии с законом сродства структур [2] при его использовании синтезируется композит с ростом предела прочности на сжатие на 15-20% выше по сравнению с природными кремнеземсодержащими компонентами.

Для активации процессов гидратации КГВ осуществляли помол бетонного лома до удельной поверхности 500 м²/кг, с последующим перемешиванием с портландцементом и гипсовым вяжущим, совмещенным с кратковременным помолом (3 мин).

Одним из основных условий создания долговечных и водостойких КГВ является правильно подобранное и скорректированное соотношение между гидравлическим вяжущим и активной минеральной добавкой, при котором нарушаются условия стабильного существования высокоосновных гидроалюминатов кальция (C_3AH_{13} , C_3AH_6) и создаются предпосылки к переходу их в более устойчивые низкоосновные гидроалюминаты ($C/A=1...2$). Необходимое количество минеральной добавки в составе КГВ подбиралось по концентрации оксида кальция (по ТУ 21-31-62-89) в твердеющей системе до регламентированных пределов. Разработан состав КГВ при соотношении минеральная добавка:

портландцемент -1:1, со значениями предела прочности на сжатие гипсоцементного камня в 28 суточном возрасте до 28 МПа (таблица 2).

Таблица 2

Состав и свойства КГВ

	Состав КГВ, % по массе			В/Вяж	Рсж, МПа		
	Гипс	Цемент	Бетонный лом		2 часа	7 суток	28 суток
	60	20	20	0,45	4,42	18,61	28,1
	100	-	-	0,45	5,6	-	18,0

Исследование микроструктуры гипсоцементного камня с минеральной добавкой бетонного лома проводили на растровом электронном микроскопе Tescan MIRA 3(рисунок 1).

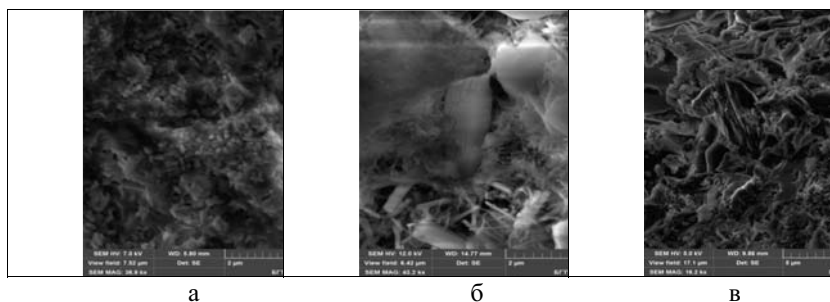


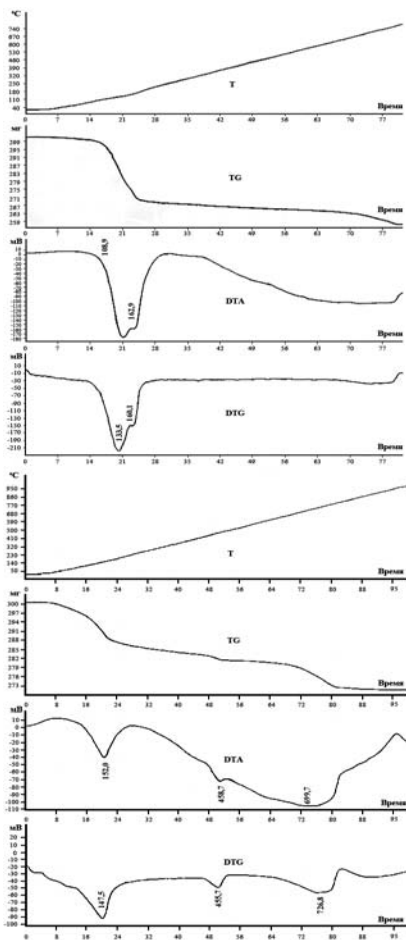
Рисунок 1.

Микроструктура затвердевшего КГВ с бетонным ломом через:
а) 2 час; б) 7 сут; в) 28 сут

На ранней стадии гидратации (через 2 часа) образуются новообразования, которые, судя по данным микроанализа и характерной морфологии, можно отнести к С-S-H-гелю, в основном, имеющему переменный состав и аморфную природу. К 28 суткам оболочка гидросиликатов становится достаточно плотной, частицы объединяются в непрерывную мелкокристаллическую структуру ($\leq 0,1$ мкм) предположительно гидросиликатов, гидроалюмосиликатов, гидроалюмоферритов кальция и двухводного сульфата кальция, как результат твердения портландцемента и полуводного гипса

Методами ДТА и РФА изучали фазовый состав гипсоцементной матрицы. На термограммах (рисунок 2) гидратированного КГВ в интервале температур 140-150 °С двухводный гипс дегидратирует до полуводного гипса. Эндотермический эффект с максимумом при температуре 440-460 °С связан с дегидроксилизацией портландита. Слабый эндоэффект при температуре 675-750 °С в основном связан с декарбонизацией слабо

закристаллизованных метастабильных форм карбоната кальция (CaCO_3), которые образовались за счет частичной карбонизации гидроксида кальция.



а

б

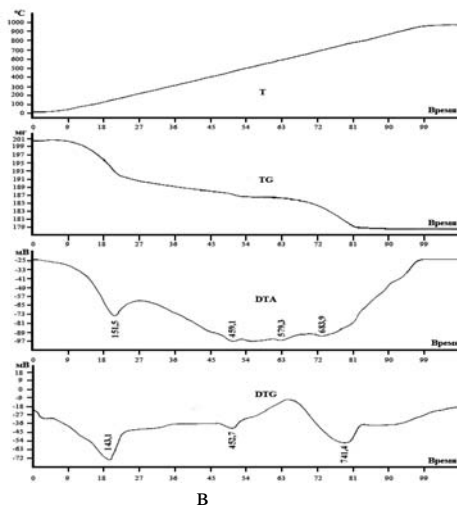


Рисунок 2. ДТА затвердевшего КГВ с бетонным ломом:
а) 2 час; б) 7 сут; в) 28 сут.

При температуре 780-800 °С - экзотермические эффекты разложения CSH(B). Экзотермический эффект в области температур от 350-390 °С очевидно получается от наложения нескольких эффектов, поэтому его можно отнести за счет процессов кристаллизации гелевидных соединений. В этом же интервале температур происходит удаление воды из $C_3A \cdot nH_2O$.

Результаты РФА показали (рисунок 3): в составах КГВ с минеральной добавкой бетонного лома достаточно активная гидратация основных клинкерных минералов алита и белита, о чем свидетельствует характеристика их межплоскостных расстояний 2,78 и 2,76 Å.

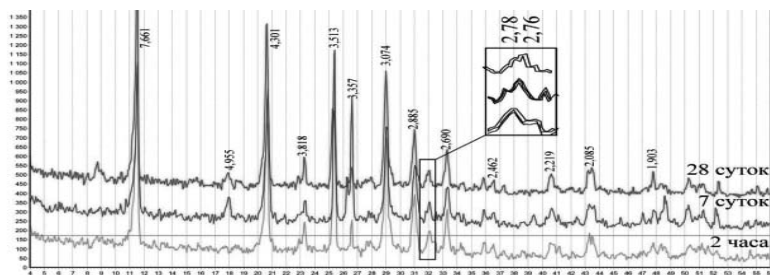


Рисунок 3. РФА затвердевшего КГВ с бетонным ломом

Сравнительный анализ основных межплоскостных расстояний клинкерных минералов и продуктов их гидратации позволил установить

закономерности их поведения и влияния на структурные особенности образцов и основные физико-механические характеристики. Минеральная добавка бетонного лома и гетерогенный состав КГВ оказывают направленное воздействие на формирование плотной, мелкозернистой структуры композита за счет увеличения содержания низкоосновных гидросиликатов кальция, уменьшения количества $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а также устранения условий роста этtringита, что ведет к повышению прочности, водостойкости и долговечности затвердевшей матрицы.

Литература

1. Лесовик, В.С. Строительные композиты на основе отсеков дробления бетонного лома и горных пород / Лесовик В.С., Муртазаев С-А.Ю, Сайдумов М.С.// Грозный: ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий», 2012 – 192 с.
2. Лесовик, В.С. Закон сродства структур в материаловедении/ В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова // Фундаментальные исследования. – 2014. – №3–2. – С.267–271.

НАУЧНО-ИНЖЕНЕРНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Шамис Е.Е., Присяжнюк М.И., Иванов В.Д.
Технический университет Молдовы, Кишинёв, Молдова; Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина; EPMIS, Россия

Формовочные смеси используются для разнообразных целей во многих отраслях современной экономики. При этом термином формовочные смеси обозначаются тщательно перемешанные с водой или с иной жидкостью мелкие и крупные компоненты, которые могут образовать новые соединения или оставаться инертными, а при включении в состав смеси вяжущих веществ они преобразуются в затвердевший искусственный конгломерат, принимающий форму опалубки изделия, в которую её укладывают.

Одной из крупнейших отраслей экономики, где такие смеси применяются для производства бетонов, является строительство. Причём бетоны, как материальная субстанция, занимают в нашей цивилизации второе место после воды по объёму потребления.

Среди разнообразия формовочных смесей выделяем те, которые включают вяжущие вещества, мелкие заполнители, апробированные долговременными испытаниями и практикой. Этой группе смесей присвоен термин - **формикс**.

Смеси формикс являются предметом данного исследования. Их положительные, а также отрицательные, но преодолимые свойства, изучаемые в настоящей работе, должны определить область рационального использования данных смесей.

Следовательно, бетонопроизводящие предприятия и их инфраструктура становятся предметом пристального внимания в вопросах исследования их экологической, жизнеобеспечивающей и экономической эффективности. Кроме того, формовочные смеси специальных составов могут быть применены в изготовлении элементов, защищающих человека от вредных излучений компьютеров, мобильных телефонов и др., для стимуляции роста растений, сохранности и резкого улучшения качества сельскохозяйственной продукции и для иных целей.

Практикуемое в настоящее время механическое смешивание компонентов формовочных смесей без их активации приводит к значительному

перерасходу связующих веществ и нерациональному использованию других компонентов. Были предложены термины: для активированных формовочных смесей - **акформикс**, а для устройства, в котором они изготавливаются, - **блендер**. Термин конструирование формовочных смесей включает не только состав компонентов, но их взаиморазмещение, воздействие друг на друга в период их жизненного цикла и т.д.

Необходимость поиска эффективных инновационных предложений для решения задач по совершенствованию конструкций и способов изготовления формовочных смесей определила актуальность настоящей научной разработки. Необходимо отметить, что решение такой крупной проблемы имеет не узкое, а широкое, многоотраслевое значение.

В состав исследований входят теоретические и основанные на них инженерные разделы, что в итоге формирует объём разработок с общей целью создания научно обоснованного комплекса способов конструирования и изготовления формовочных смесей типа формикс при использовании не применявшихся прежде физических методов их обработки с активацией компонентов. Для создания такого комплекса наиболее приемлемым методологическим инструментом представляется системный анализ проблемных ситуаций.

Однако застарелые коренные проблемы современных методов изготовления формовочных смесей остаются. К ним относятся: использование крупных заполнителей, что усложняет и удорожает производство, но самое главное: антиэкологично, так как при этом уничтожаются крепкие горные породы и т.д. Кроме того, при современных методах смешения вяжущего не гидратируется весь цемент. Необходимо также отметить, что далеко не все добавки проверены на безопасность жизнеобеспечения со временем. Изделия, выпускаемые на основе гипсовых вяжущих, по сравнению с другими стеновыми изделиями, отличаются гигиеничностью, сравнительно небольшой средней плотностью, высокой тепло- и звукоизолирующей способностью, огнестойкостью, архитектурной выразительностью, высокими технико-экономическими показателями и небольшими топливно-энергетическими затратами.

На основе авторских исследований по предложенной модели с одновременным анализом информации по теме [1, 3, 7 и др.] установлено, что при использовании существующих методов конструирования и изготовления формовочных смесей, как сказано выше, значительная часть вяжущего вещества не гидратируется, то есть вода не проникает внутрь слипающихся частиц материала. Этому препятствуют «реакционные каёмки» из гид-

ратированного вяжущего, образующиеся на частицах и упрочняющиеся со временем. Отсюда следует крупный перерасход вяжущего и воды, необходимых для получения конечного продукта с заданными техническими показателями. При этом излишнюю воду потом необходимо удалить, что влечёт за собой неэффективный расход времени и энергии.

Исходя из изложенного в качестве ведущих физических методов активации формовочных смесей нами приняты: регулируемая по мощности (управляемая) гидродинамическая кавитация в потоке смешиваемых отдельно от остальных компонентов воды и вяжущего вещества; структурирование воды (жидкости) обработкой неионизирующими излучениями [2,13].

Гидродинамическая кавитация возникает, как известно, при сужении поперечного сечения потока и не влечёт за собой затрат энергии, как при других методах создания очагов кавитации в потоке (ультразвуковом, акустическом и пр.). При этом слипающиеся при гидратации частицы вяжущего становятся зародышами (ядрами) кавитационных микропузырьков, в которых при схлопывании развивается давление 1000...4000 атм и резко повышается температура. Известные методики расчёта кавитации использованы нами. В результате удаётся раздробить частицы до атомарного уровня, увеличив тем самым степень гидратации вяжущего, следовательно, уменьшать его расход, необходимый для получения акформикса с заданными техническими показателями. По нашему опыту, расход вяжущего уменьшается на 27...30%.

Используемая в изготовлении смеси вода предварительно структурируется, то есть два атома водорода и атом кислорода располагаются под углом 104,7° по отношению к друг к другу. В нашем исследовании это достигается воздействием на воду неионизирующим излучением через гибкий концентратор на основе хлопчатобумажной ткани, обработанный по специальной методике акформиксом соответствующего состава.

Гибкие концентраторы неионизирующих излучений могут быть сконструированы с разной степенью интенсивности воздействия на жидкость. Ввиду отсутствия методологии по установлению степени интенсивности неионизирующих излучений авторами предлагается следующий подход.

Единица измерения E(einstein)предлагается как интенсивность неионизирующего излучения, необходимая для структуризации единицы объёма дистиллированной воды за единицу времени, то есть:

$$E=V/t, \text{ где}$$

V - объём дистиллированной воды (в м³);

t - время, необходимое для её структуризации (в сек.).

Нами был проведен ряд экспериментов с целью выявления того, каким образом активированная вода влияет на затворенное гипсовое вяжущее. Задача эксперимента — определение свойств гипсового вяжущего и параметров образцов-балок из гипсового теста при использовании структурированной активированной воды.

Испытания гипсовых вяжущих проводились по ДСТУ Б В.2.7-82-99 «Будівельні матеріали. Вяжучі гіпсові», испытания проходили в лаборатории Одесской государственной академии строительства и архитектуры.

Были проведены испытания по определению сроков схватывания гипсового теста, по определению предела прочности на сжатие и на растяжение при изгибе.

Для полноценного анализа поведения образцов-балок из гипсового вяжущего Г-5 с размерами 160x40x40 мм, затворенных структурированной и обычной водами, были отобраны образцы-балки с разными водо-гипсовыми соотношениями 0,67 и 0,89.

Таблица 1.

Результаты испытаний образцов-балок, затворенных на обычной и структурированной воде

Вид испытания			Тип воды		Величина расхождения, МПа
			обычная	активированная	
Предел прочности, МПа	через 2 часа	<i>изгиб</i>	1,42	1,75	0,33
		<i>сжатие</i>	2,12	1,92	-0,20
	до постоянной массы (43 часа)	<i>изгиб</i>	2,48	2,74	0,26
		<i>сжатие</i>	4,54	7,14	2,60
Сроки схватывания	<i>начало</i> - мин:сек		9:10	9:25	-
	<i>Конец</i> -мин:сек		18:27	19:32	-

Результаты испытаний показали, что при большом водо-гипсовом отношении (0,89) прочность образцов, затворенных на структурированной и на обычной водах, практически одинаковы. Это объясняется тем, что высокое водо-гипсовое соотношение не дало возможности проявиться активным свойствам воды, подвергшейся соответствующему воздействию.

Однако прочность образцов, затворенных структурированной водой, при водогипсовом отношении, соответствующем нормам по производству пазогребневых плит (0,67) [5], значительно больше прочности образцов, затворенных на обычной воде:

- прочность на сжатие на структурированной воде больше на 64%;
- прочность на изгиб на структурированной воде больше на 10,6%.

Как видно из табл. 1, структурирование воды отражается на сроках схватывания гипсового теста. При водогипсовом отношении 0,67 и при использовании для затворения активированной воды сроки схватывания являются меньшими по сравнению со сроками при затворении на обычной воде.

Таким образом, проанализировав параметры гипсовых образцов, затворенных на структурированной воде и на обычной воде, можно сделать вывод, что структурированная вода положительно влияет на процессы схватывания гипсового раствора и на прочность гипсового материала.

На основании проведенных исследований был выбран подходящий гибкий концентратор активатор вмонтирован в технологическую линию производства пазогребневых плит в двух местах: после отсечного клапана и после нагнетательного насоса, перед непосредственным сбросом воды в формующую ванну.

С использованием в производстве пазогребневых плит магнитного активатора был произведен сравнительный анализ затворения гипсового вяжущего на обычной и на структурированной воде. В качестве армирующих элементов изделий полагаем возможным использовать базальтоволоконные элементы (стержни, оболочки и др.), что было апробировано в практике. Они намного нелегче, не корродируют, конкурентоспособны с металлической арматурой [10]. Как показало исследование, использование активации в технологическом процессе изготовления пазогребневых плит улучшает все основные параметры (водогипсовое отношение, сроки схватывания гипсового теста, пределы прочности на сжатие и на изгиб, относительную влажность изделий). И все это, таким образом, привело к улучшению двух основных стоимостных показателей: снижение расхода гипсового вяжущего и снижение расхода газа на производство пазогребневых плит. Таким образом, применение структурированной воды в технологии производства пазогребневых плит ведет к сокращению прямых затрат на производство.

В наших исследованиях заданную пластичность смеси удалось обеспечить при меньшем на 4...7% расходе предварительно структурированной воды. При этом, как и при образовании гидродинамической кавитации в потоке смешиваемых компонентов, не требуется дополнительный расход энергии.

Опыты с различными образцами полуводного гипса, золой уноса и шлаком показали, что обработка воды приводит к росту прочности образ-

цов со временем. Результаты исследования под электронным микроскопом показали, что в структурированной воде образуются мелкокристаллические структуры. При этом число мелких кристаллов значительно больше, чем в обычной воде, что обуславливает высокопрочностные характеристики материала.

Представляемые научные исследования стали основой для создания конкретных инженерных разработок, патентно защищены, а также прошли практическую апробацию. Ниже приводятся краткие сведения по таким разработкам.

1. Способы конструирования и изготовления тяжёлых и лёгких бетонов на портландцементе и других минеральных вяжущих.

Они основаны на новых принципах смешивания компонентов формовочных смесей с использованием физических методов: регулируемой гидродинамической кавитации, создаваемой в потоке и неионизирующих излучений для компонентов конструкций формовочной смеси. Исключаются щебень и сокращаются до минимума или удаляются различные химические добавки.

Испытаны в опытно-промышленном производстве изделия из быстротвердеющего гипсоцементно-пуццоланового вяжущего в Москве в 1997-98 годах (рис 1,2,3) и портландцементных бетонов в Кишинёве в 2010 году. В первом варианте прочность на сжатие самого вяжущего превышена на 72% (испытания выполнены в Московском государственном строительном университете). Во втором - получен результат 50,7 МПа (507 кг/см^2) на керамзитовом песке и цементе марки 400 (испытания выполнены в лаборатории Tetracon, США). При этом прочность цемента ниже, чем у бетона, а вес (1469 кг/м^3) на более 700...800 кг/м^3 меньше, чем у обычного бетона.

Успешно испытаны также бетоны на воде с повышенным содержанием минеральных солей, в том числе морской. Способ имеет патентную защиту.

Предлагаемые формовочные бетонные смеси - акформикс можно применять при строительстве всех видов зданий и сооружений, где используются обычные бетоны. Особый интерес представляет возможность использования их в сочетании с базальтопластиковой арматурой, в частности для возведения защиты от затопления.

2. Способы конструирования и изготовления устройств для защиты от вредных излучений: мобильных телефонов, компьютеров, микроволновых печей, телевизоров с использованием акформикса специального состава. Апробировано рядом профильных организаций, в том числе экспертной Всемирной организации здравоохранения.

3. Использование структурированной с помощью неионизирующих излучений воды для оптимизации роста растений. Апробировано, в частности, на малине в США, огурцах и др. в России.

4. Использование защитно-стимулирующих устройств с акформингом для сохранности и резкого улучшения качества сельскохозяйственной продукции, в частности, виноконьячных образцов (испытано в Молдове и Франции).

5. Завершаются успешные исследования и испытания устройств для резкого снижения вредных выбросов при одновременной до 25% экономии горючего (жидкого топлива, газа и др.) на транспортных и стационарных средствах их использования.

Научно-инженерные разработки безупречны с самых жёстких позиций экологических и жизнеобеспечивающих требований.

Технико-экономический эффект предполагается: по производству бетонов в размере до 30% экономии цемента, исключении дорогостоящего щебня, уменьшении или исключении химических добавок, энерго- и гидросбережении; по защитам - в здравоохранении, за счёт реализации продукции; по 3 и 4 пунктам в увеличении объёмов, качества и снижении себестоимости продукции; по 5 пункту за счёт снижения расхода горючего.

Выполненные научно-инженерные исследования определили следующие факторы новизны данной разработки:

- научно обоснованные методики системного анализа проблемных ситуаций, применительно к изучаемым и подобным темам;
- создание логически обоснованной, плоскостной графической модели системы, доступно приемлемой для исследования;
- выявление и исследование системной совместимости как фундаментального свойства (существенной особенности) систем и др. в области системного анализа;
- определение научно обоснованных физических методов конструирования и изготовления формовочных смесей нового поколения - акформикса с использованием инновационных машин - блендеров;
- комплекс прикладных исследований и промышленного эксперимента, в том числе в производственных условиях.

Литература

1. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона / И.Н. Ахвердов. - М: Стройиздат, 1981.-464 с.
2. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. Учеб. для вузов / А.В. Волженский. - М.: Стройиздат, 1986. - 464 с.
3. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия: Справочник/ Под ред. М., 2004.
4. Гончаров Н.Н. Пути повышения долговечности материалов и конструкций: обзор / Н.Н. Гончаров. - Кишинёв: НИЭИ, 2002. - 56 с.
5. Оптнер С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем / С. Оптнер; пер. с англ. - М.: Советское радио, 1969. - 216 с.

6. Портер М.Е. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов / Майкл Е. Портер; пер. с англ. - М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. - 454 с.
7. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. Учеб. пособие // И.А. Рыбьев. - М.: Высшая школа. 2004, - 701 с.
8. Степанова В.Ф. Неметаллическая композиция арматуры для армирования бетонных конструкций / В.Ф. Степанова // ЖБИ и конструкции. - 2012. - №2. - С.50-53.
9. Холдаева (Присяжнюк) М.И. Технологическая совместимость контактных материалов (общие представления и структура системы исследования), ОШ №974/3034 / М.И.Холдаева (Присяжнюк),-AGEPI RM, 21.04.2011.
10. Шамис Е.Е. Новые эффективные материалы и технологии для строительной отрасли Молдовы: обзор / Е.Е. Шамис, А.А. Избында и др. - Кишинёв: НИЭИ, 2004 - 32 с.
11. Шамис Е.Е. Системный анализ проблемных ситуаций (структура системы выбора и исследования физических методов активации компонентов формовочных смесей), ОШ №2624/2814. /Е.Е. Шамис, В.Д. Иванов, М.И. Холдаева (Присяжнюк). - AGEPIRM, 02.12.2010.
12. Шамис Е.Е. Строительство XXI - инновационные идеи совершенствования индустриальных методов / Е.Е. Шамис. - Кишинёв: „Tehnica-Info”, 2010. - 262 с.
13. Шипов Г.И. Теория физического вакуума / Г.И. Шипов - М.: НТ-Центр, 1993.-362 с.
14. Zwicky F. Morphology of Propulsive power. Monographs on Morphological Reserch, №1, Society for Morphological Reserch, Calif, 1962, 382 p.
15. Шамис Е.Е. Системный анализ проблемных ситуаций (структура системы выбора исследования физических методов активации компонентов формовочных смесей), ОШ №2624/2814. /Е.Е. Шамис, В.Д. Иванов, М.И. Холдаева. - AGEPIRM, 02.12.2010.
16. Шамис Е.Е. Системный анализ проблемных ситуаций (выявление и анализ противоречий в системе и их превентивное устранение), ОШ 3482/1745. /Е.Е. Шамис, А.А.Юрков. -AGEPIRM, 07.11.2007.



Рисунок 1. Формующий узел технологической линии по производству стеновых материалов из активированной строительной смеси (Москва, 90-е годы)



Рисунок 2. Формы перегородочных плит (Москва, 90-е годы)



Рисунок 3. Технологический модуль УТМ-2 (Кишинёв, 2010 год)
1 - ворошители сухих компонентов смеси в расходных бункерах; 2 - бункера для заполнителей; 3 - бункер для вяжущего. 4 - смеси гель водовяжущей смеси и заполнителей; 5 - двухкамерный смеситель-активатор вяжущего и воды.

ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Шигапов Р.И., Бабков В.В.

ООО «Уфимская гипсовая компания», Уфимский государственный нефтяной технический университет

Развитие строительного комплекса Российской Федерации предусматривает опережающий рост строительства жилых домов малой и средней этажности. Для эффективного решения данной задачи необходимо увеличение производства низкоэнергоемких и экономичных стеновых материалов, изделий и конструкций на основе местного сырья и отходов промышленности.

Гипсовые материалы и изделия по сравнению с керамическими, газосиликатными, бетонными изделиями выгодно отличаются широкой распространенностью сырьевой базы, простотой и дешевой технологическим процессом получения, экологической чистотой, хорошими теплофизическими показателями. В последние годы отечественная гипсовая промышленность получила существенное развитие, в частности, многократно возросло производство гипсовых сухих строительных смесей, гипсокартонных листов, пазогребневых плит для перегородок. Вместе с тем, изготовление стеновых гипсовых изделий продолжает осуществляться в относительно небольших объемах [1].

Между тем, имеется положительный опыт применения гипсовых мелкоштучных стеновых изделий в Республике Башкортостан, Самарской, Свердловской областях, Республике Казахстан, где с 40-х годов XX века до настоящего времени успешно эксплуатируются целые поселки малоэтажных жилых домов с несущими стенами из гипсовых или гипсошлаковых блоков [2-5].

В последние годы в НИИСФ РААСН, МГСУ, УГНТУ, КГАСУ и ООО «Вефт» и ООО «Уфимская гипсовая компания» разрабатываются технологии строительства малоэтажных зданий с использованием монолитного пеногипса и гипсокерамзитовых блоков (ГКБ) [6,7,9].

В 2010 году ООО «Уфимская гипсовая компания» запустила линию по производству ГКБ мощностью 60 тыс. блоков в месяц. Блоки производятся по литьевой технологии, размерами 200x200x400 мм, на основе собственного сырья. Для получения блоков используют гипс марки Г-5 и керамзитовый гравий фракции 5-10, средней плотностью 400 кг/м³. Марочная прочность на сжатие блоков составляет В2,5-В3,5, при средней плотности 750-850 кг/м³, теплопроводность $\Delta\lambda=0,21-0,23$ Вт/(м °С).

Монтаж блоков производится на гипсовый клей, толщина шва составляет 3-5 мм.

За 2010-2014 год построено из ГКБ более сотни домов в Республике Башкортостан, из них основной объем приходится, более 70 домов, на поселки Ново-иглино и Алкинские пруды.

Перспективным направлением решения задачи снижения удельного расхода гипсового вяжущего для возведения стеновых ограждающих конструкций является использование при их изготовлении монолитного пеногипса. По сравнению с пенобетоном на основе портландцемента пеногипс обладает рядом несомненных преимуществ, связанных с быстрым схватыванием и набором прочности, отсутствием усадки при твердении, сопровождающейся растрескиванием материала.

Получение пеногипсовой смеси осуществляли на эжекторно-турбулентной установке ЭТС-0,5 производства ООО фирма «Вефт» [8]. Установка осуществляет получение пеногипсовой смеси смешением гипсового вяжущего с введенными функциональными добавками, водой и пенообразователем, и подачу пеногипсовой смеси в опалубку стен. Смешивание компонентов происходит под давлением 0,2-2,5 МПа. Производительность установки 3-3,5 м³/час, с подачей пеногипса по шлангам до 40 метров по горизонтали и до 15 метров по вертикали.

Согласно результатам исследований теплотехнических показателей пеногипса марок по плотности D400-D500, которые были выполнены совместно с НИИСФ РААСН, теплопроводность пеногипса в сухом состоянии при T=25 °C составила $\lambda_{25}=0,10-0,12$ Вт/(м °C). Среднее значение теплопроводности пеногипса при влажности 2 % по массе составило $\lambda_w=0,12-0,14$ Вт/(м °C). Приращение теплопроводности на 1 % влажности от массы, составило $\Delta\lambda=0,01$ Вт/(м °C).

Нормативное значение термическое сопротивление наружных стен жилых зданий в климатических условиях Республики Башкортостан, согласно СНиП 23-02-2003 должно составлять не менее 3,46 м²·°C/Вт. Согласно теплотехническим расчетам толщина теплоизоляционного пеногипса марок по плотности D400-D500, должна быть не менее 35 см, что соответствует термическому сопротивлению 3,5 м²·°C/Вт.

Таким образом, с учетом полученных теплотехнических и физико-механических показателей к применению в качестве теплоизоляционного монолитного слоя в несъемной опалубке каркасных наружных стен малоэтажных жилых зданий был рекомендован пеногипс марок по плотности D400-D500, обладающий классами по прочности на сжатие B0,5-B0,75 (прочностью при сжатии в диапазоне 0,5-1,2 МПа, прочностью при изгибе – 0,39-0,85 МПа).

Технология возведения наружных стен малоэтажных каркасных жилых домов с применением монолитного пеногипса в несъемной опалубке в качестве теплоизоляционного материала включает следующие процессы.

Рассматриваемые наружные стены включают деревянный каркас, состоящий из унифицированного бруса 50x100x3000 мм, связанного перемычками и обшитого с двух сторон фибролитовыми плитами толщиной 2,5 см. Общая толщина стены составляет 40 см. Сборка каркаса одноэтажного дома общей площадью 119,4 м² силами бригады, состоящей из 4 человек, занимает 8-10 рабочих дней.

В собранный каркас, обшитый фибролитовыми плитами, механизированным способом осуществляют заливку теплоизоляционного пеногипса (рис. 1). Продолжительность монолитных работ для одноэтажного дома общей площадью 119,4 м² составляет 2 рабочих дня при объеме заливаемого пеногипса – 45 м³. При суммарной толщине пеногипсового слоя 35 см, распорного воздействия на опалубку не наблюдалось.



Рисунок 1. Заливка монолитного пеногипса в конструкцию каркасной наружной стены

Физико-механические и эксплуатационные свойства пеногипса в значительной степени зависят от его влажности. В связи с этим проведены исследования кинетики удаления избыточной влаги при естественной сушке пеногипса в несъемной опалубке наружных каркасных стен жилых домов (табл. 1, рис. 2). В качестве объектов исследования выбраны три варианта наружных стен одноэтажных домов, отличающихся конструктивными особенностями стен и условиями эксплуатации домов.

Таблица 1

Варианты объектов исследования кинетики удаления избыточной влаги при естественной сушке пеногипса в несъемной опалубке наружных каркасных стен жилых домов

№ варианта	Конструктивные отличия стен	Условия эксплуатации дома
1	монолитный пеногипс с установкой по центру стены с шагом 600 мм по всей высоте стены дренажной вставки квадратного сечения размером 100x200 мм из фибролита низкой плотности ($\rho_0=250-300 \text{ кг/м}^3$)	не отапливается

2	монолитный пеногипс без дренажной вставки	отопливается
3	монолитный пеногипс без дренажной вставки	не отапливается

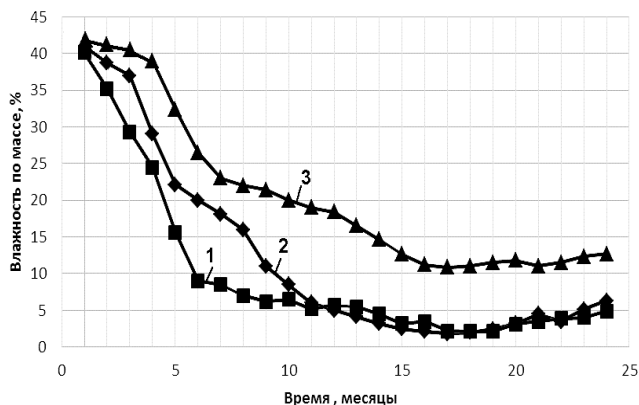


Рисунок 2. Кинетика естественной сушки теплоизоляционного слоя из пеногипса в несъемной опалубке наружных каркасных стен жилых домов при различных конструктивных особенностях стен и условиях эксплуатации домов:

1 – вариант № 1; 2 – вариант № 2; 3 – вариант № 3

Установлено (рис. 2), что высыхание теплоизоляционного слоя из пеногипса до нормальной влажности 10-12 % происходит за 5-6 месяцев при использовании дренажной вставки. Для лучшего высыхания необходимо производить заливку пеногипса весной или в начале лета. Для предотвращения дополнительного увлажнения в период высыхания стен дома должны стоять под крышей или под навесом. В зимний период целесообразно использовать искусственное осушение инфракрасными излучателями или тепловыми пушками.

В таблице 3 представлены показатели влажности материалов стен после заливки пеногипса и после установления равновесного влагосодержания.

Таблица 2

Варианты объектов исследования кинетики удаления избыточной влаги и естественной сушки пеногипса в несъемной опалубке наружных каркасных стен жилых домов

Наименование материалов	Влажность, %
	после заливки пеногипса

Элементы деревянного каркаса	37,6
Фибролитовая плита (несъемная опалубка)	29,1
Пеногипс	43,4

Установлено, что для заливочного пеногипса равновесная влажность наружных стен составляет не более 3-5%.

За период с 2011 по 2014 годы в поселке Ново-Иглино (Республика Башкортостан) построены 7 одноэтажных жилых дома общей площадью 107 м² и 8 двухквартирных жилых дома общей площадью 120 м² с применением монолитного пеногипса в несъемной опалубке в качестве теплоизоляционного слоя каркасных наружных стен (рис. 3)



Рисунок 3. Строительство двухквартирных домов из пеногипса и гипсокерамзитовых блоков.

Литература

1. Бабков В.В., Латыпов В.М., Ломакина Л.Н., Шигапов Р.И. Модифицированные гипсовые вяжущие повышенной водостойкости и гипсокерамзитобетонные стеновые блоки для малоэтажного жилищного строительства на их основе // Строительные материалы. 2012. №7 С.4-7.
2. Рахимов Р.З., Халиуллин М.И. Состояние и тенденции развития промышленности гипсовых строительных материалов // Строительные материалы. 2010. №12. С. 44-46.

3. Шигапов Р.И., Бабков В.В., Юрпик В.А. Материалы из модифицированных гипсовых вяжущих для наружных стен малоэтажных жилых домов // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». М.: Изд-во «Де Нова». 2012, с. 208-212.
4. Ферронская А.В., Корвяков В.Ф., Баранов И.М., Бурьянов А.Ф., Лосев Ю.Г., Поплавский В.В., Шишин А.В., Гипс в малоэтажном строительстве. – М.: Изд-во АСВ, 2008. –240 с.
5. Мирсаев Р.Н., Бабков В.В., Недосека И.В., Печенкина Т.В. Опыт производства и эксплуатации гипсовых стеновых изделий // Строительные материалы. 2008. №3. С. 78-80.
6. Шигапов Р.И., Бабков В.В., Халиуллин М.И. Использование пеногипса в малоэтажном строительстве // Известия КГАСУ.–2014. №3
7. Пустовгар А.П., А.В. Гагулаев. Теплофизические характеристики ограждающих конструкции из модифицированного гипсопобетона // Строительные материалы. 2008. №7. С34-35.
8. Патент РФ 2373049. Поризационный смеситель для приготовления ячеистых смесей / Ефимов П.А.; Заявл. 04.05.2008. Оpubл. 20.11.2009. Бюл. №32.
9. Бессонов И.В. Характеристики влагопереноса пеногипса // Строительные материалы. 2012. №7. С. 34-37.

ПРИДАНИЕ ГИДРОФОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ НА ОСНОВЕ ГИПСА НОВЫЙ ВОООТТАЛКИВАЮЩИЙ РЕАГЕНТ ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ГИПСА

Шильдбах Д., Сядук Г., Назаров Д.
Компания WACKER

Плохая водостойкость является главным недостатком строительных материалов, в которых в качестве вяжущего используется гипс. В частности, для сухих гипсовых смесей до настоящего времени существовали лишь ограниченные возможности долгосрочного снижения водопоглощения. Однако теперь появился новый высокоэффективный водоотталкивающий реагент, предназначенный для применения с сухими смесями. Эта порошкообразная добавка сделала возможным применение сухих строительных смесей и во влажных интерьерах.

Строители ценят материалы на основе гипса за их доступные цены и экологичность, удобство в обработке и их физические и биологические свойства. Эти материалы – в особенности штукатурки с гипсом в качестве вяжущего – создают в помещениях приятный микроклимат, поскольку регулируют влажность, а при прикосновении всегда кажутся приятно теплыми и сухими.

Однако затвердевший гипс характеризуется двумя недостатками, которые ограничивают его потенциальное применение: он обладает относительно низкой твердостью и невысокой – но заметной – растворимостью в воде (растворимость кальция сульфата дигидрата составляет примерно 2,6 г/л при 20°C). При насыщении водой строительные материалы на основе гипса утрачивают прочность на сжатие, а относительно долгое или повторяющееся воздействие воды необратимо повреждает их структуру. Чувствительность к воздействию воды является основной проблемой гипсовых систем, при этом низкая твердость намокших материалов делает их в целом непригодными для наружных применений в большинстве климатических условий.

Чувствительность к воде ограничивает также применимость строительных материалов на основе гипса и внутри помещений. Строительные материалы на основе гипса можно использовать во влажных помещениях только в том случае, если придать им водоотталкивающие свойства, т. е. гидрофобность. Придать гидрофобность сухим строительным смесям на основе гипса сложно, поскольку доступные до сих пор порошковые водоотталкивающие реагенты только частично соответствуют требованиям производителей.

Мюнхенский филиал группы WACKER разработал совершенно новый порошковый водоотталкивающий реагент, предназначенный для строительных материалов на основе гипса. Инновационный продукт, доступный на рынке под названием SILRES® BS Powder S, был представлен на Всемирной конференции по гипсу в октябре 2012 г. в Стамбуле (Турция) и на конференции по гипсу в

Веймаре (Германия) в 2014г. Эта добавка была разработана для сухих смесей и позволяет производить гипсовые штукатурки для стен, шпаклевки, материалы для кроющего слоя, шпаклевки для пола и клеи для использования в интерьерах зданий.

Традиционные водоотталкивающие материалы

Добавки для придания гипсу водоотталкивающих свойств существуют уже довольно давно. Органосилоконовые добавки на основе Н-силоксанов (полиметил-Н-силоксаны) или на основе щелочных алкилсиликонатов оказались весьма эффективными в случае гипсовых строительных панелей, гипсовых штукатурок, плит или блоков.

При производстве гипсовых панелей для стен SILRES® BS 94 на основе Н-силоксана используется в качестве интегрального водного репеллента. Его добавляют в смеситель вместе с остальными сырьевыми компонентами в жидком виде. Для массивных гипсовых блоков предпочтительным водным репеллентом является водная Н-силоксановая эмульсия SILRES® BS 46. Эта эмульсия способствует снижению напряжения сдвига в смесителе при производстве гипсовых блоков, поэтому она является рекомендуемым продуктом для таких применений. SILRES® BS 94 и BS 46 обычно добавляют в количестве 0,2 – 0,3 масс.% в расчете на твердое вещество. Для армированных гипсовых панелей повышенной прочности применяется последующая обработка готовых панелей реагентом SILRES® BS 16 на водной основе (метилсиликонат калия, Рис. 3). Такая обработка поверхности может проводиться совместно с полимерными дисперсиями, доступными на рынке под маркой VINNAPAS®.

Добавки первой группы наносятся в виде масел или водных эмульсий, последние наносятся в виде водных растворов. Таким образом, все эти материалы представляют собой жидкости, а потому не пригодны в качестве добавок к сухим строительным смесям.

Для получения сыпучих твердых добавок на основе имеющихся жидких реагентов, производители силиконов и готовых смесей прибегли к своеобразной хитрости: они берут активный реагент, представляющий собой жидкость, и либо инкапсулируют его в твердый материал, либо абсорбируют на твердый носитель, который затем вводят в сухую смесь (Рис. 1, слева). На практике производители силиконов не используют активный реагент (алкилкремниевую кислоту) как таковой; вместо этого применяется жидкий предшественник активного реагента, такой как алкилкремниевый эфир, полиалкилкремниевый эфир или их смеси (известные также под названием алкилалкоксисиланов и алкилалкоксисилоксанов). Это обусловлено высокой реакционной способностью конечного активного реагента, исключающей возможность его непосредственного применения.

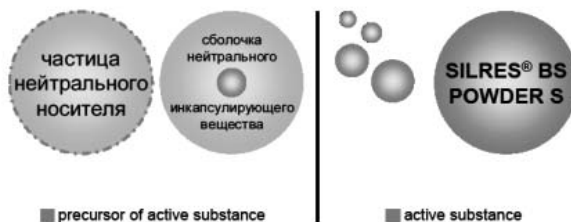


Рисунок 1. Традиционные порошкообразные водные репелленты для гипсовых материалов (слева и в середине) доступны на базе носителей или в инкапсулированном виде. В то же время SILRES® BS Powder S (справа) представляет собой совершенно новый порошкообразный водный репеллент, состоящий исключительно из активного реагента. (Фото: Wacker Chemie AG)

До настоящего времени это исключало также инкапсулирование жидких органосилоновых водных репеллентов для применения в промышленных масштабах, ввиду невозможности осаждения таких веществ на носителях. Н-силоксаны, к примеру, реагируют с кислотными соединениями с выделением водорода; это, соответственно, делает рискованным нанесение Н-силоксанов методом набрызга дисперсий. Силиконаты препятствуют стабильному инкапсулированию по причине омыления инкапсулирующего материала (обычно поливинилацетат), в результате чего силиконаты могут вступать в реакцию с поверхностью материала-носителя и иммобилизоваться. Единственным возможным вариантом для получения сыпучего твердого водного репеллента для гипсовых составов является использование жидких предшественников в соответствующей форме.

При смешивании с водой сухих строительных смесей на основе гипса, включающих вышеупомянутые носители или инкапсулированный активный реагент, жидкий компонент в результате гидролиза превращается в активное вещество (алкил- или полиалкилкремниевую кислоту) (Рис. 2). Однако применение этих традиционных твердых водных репеллентов связано с целым рядом недостатков:

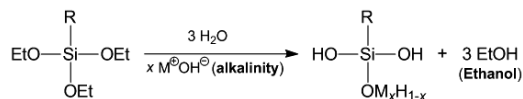


Рисунок 2. В традиционных порошкообразных водных репеллентах для гипсовых смесей активный реагент – алкилкремниевая кислота – образуется *in situ* в результате щелочного гидролиза алкоксисилана. М обозначает щелочной или щелочноземельный металл. Показанная в правой части иллюстрации структура мономера алкилкремниевой кислоты (и/или алкилсиликоната, при повышенном рН) является только примером. Могут образовываться и другие структуры. (Фото: Wacker Chemie AG)

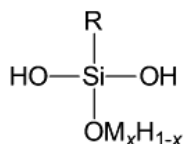


Рисунок 3. Структура метилсиликоната калия в SILRES[®] BS Powder S; М обозначает калий. Содержание силиконата калия можно изменять для оптимизации взаимодействия добавки с кристаллами гипса за счет изменения параметра x. (Фото: Wacker Chemie AG)

Прежде всего, твердая добавка содержит очень мало активного вещества, поскольку носитель и/или инкапсулированный материал могут содержать не более 30% действующего реагента. Нагрузка этих материалов более высоким количеством жидкости приводит к образованию клейкой добавки, которая утрачивает сыпучесть. Носитель и/или инкапсулированный материал сами по себе не оказывают никакого эффекта, и, по крайней мере, 70% добавки не вносят значительного вклада в придание водоотталкивающих свойств материалу. Это, в свою очередь, означает необходимость использования больших количеств добавок; именно поэтому традиционные водоотталкивающие добавки столь неэффективны.

Во-вторых, смешивание сухой гипсовой смеси с водой приводит к гидролизу, в результате которого смесь приобретает сильнощелочные свойства. Величина рН смеси слишком низкая, поэтому гипс отвердевает быстрее, чем может произойти гидролиз действующего вещества, способствующий превращению в полноценный реагент, а это делает добавку практически неэффективной. Однако даже при достаточно высоких значениях рН для протекания химической реакции требуется некоторое время. Иными словами, водоотталкивающие свойства гипсовой штукатурки не могут проявиться немедленно.

В третьих, традиционные твердые водные репелленты выделяют летучие органические соединения (ЛОС), поскольку алкоксигруппы соединений-предшественников диссоциируют в процессе щелочного гидролиза в виде спиртов. В настоящее время строители стремятся избежать выделения ЛОС, в особенности внутри помещений, по причинам, связанным с защитой здоровья человека.

В четвертых, традиционные водные репелленты создают проблемы при замешивании. В сухих гипсовых смесях жидкие добавки могут мигрировать с носителя и/или из инкапсулированного материала в окружающую массу смеси, где содержится сульфат кальция полугидрат или ангидрид. Это может произойти даже в процессе хранения, причем вяжущее и наполнители приобретают свойство гидрофобности еще до добавления воды к смеси. В результате смесь приобретает неблагоприятные свойства плохого смачивания, требует длительного времени для смешивания с водой и сильно «пылит», поскольку смачивающая вода не в состоянии смочить гидрофобные мелкодисперсные частицы, присутствующие в смеси. Этого также следует избегать, и не в последнюю очередь по причинам, связанным со здоровьем человека.

Производители строительных материалов на основе гипса искали водный репеллент, который подходил бы для использования в сухих смесях, был бы достаточно эффективным, не создавал бы проблем при смешении с водой и не выделял ЛОС в процессе применения (Таблица 1). Что касается водоотталкивающих свойств, то многие производители строительных материалов на основе гипса указывали, что в идеале добавка должна снижать поглощение воды до уровня ниже 5 процентов по массе (после хранения под водой в течение двух часов, в соответствии с EN 520). Производители указывали, что снижение абсорбции ниже этого уровня позволило бы им изготавливать универсальные сухие смеси для любых применений в интерьерах.

Таблица 1

Требования, предъявляемые производителями гипсовых строительных материалов к водным репеллентам, применяемым у сухих строительных смесях

Водопоглощение (в соответствии с EN 520)	< 5 %
Используемое количество	< 0,5 %
Характеристики смешивания (при смешивании сухой строительной смеси с водой)	Отлично
Образование пыли (при смешивании сухой строительной смеси с водой)	Нет
Выделение ЛОС	Нет

Новое решение

SILRES® BS Powder S позволяет обойти все вышеуказанные проблемы, возникающие при работе с водными репеллентами, предназначенными для гипсовых смесей. Этот новый водный репеллент представляет собой активный

реагент в чистом виде (Рис. 1, справа) и, что еще важнее, не содержит носителя или инкапсулирующего материала, что намного повышает его эффективность.

Разработка этого продукта является значительным шагом вперед: активный реагент представляет собой метилсиликонат калия (Рис. 3) – бесцветный сыпучий порошок без запаха, получаемый в результате особого экологически безвредного и экономичного процесса. Переменная x в структурной формуле указывает, что состав, а, следовательно, и его свойства, можно изменять.

Метилсиликонат калия использовали для защиты кладки с 1950-х годов; с его помощью глиняным поверхностям или изготовленным заводским способом строительным гипсовым элементам придавали водоотталкивающие свойства. Однако до сегодняшнего дня щелочные алкилсиликонаты, как уже упоминалось выше, производили и использовали только в виде водных растворов.

В настоящее время WACKER разработала способ широкомасштабного производства щелочных алкилсиликонатов в виде сыпучих твердых порошков. Мюнхенская группа компаний разработала различные процессы сушки, позволяющие получать порошки, обладающие различными свойствами. Пропорцию силиконата калия также изменяли с целью оптимизации стабильности, реакционной способности и pH строительных материалов на основе гипса.

Поскольку метилсиликонаты калия уже содержат кремниевые группы, необходимые для взаимодействия с гипсом, то необходимость предварительной химической реакции для создания этих групп отпадает. Сам силиконат уже находится в реакционной форме, а это означает, что, в отличие от традиционных водных репеллентов, новый продукт исключает необходимость повышения pH состава с целью его щелочной активации. Продукт также не выделяет ЛОС. Активный компонент обладает прекрасной растворимостью в воде, что обеспечивает превосходное смешивание. При смешивании в водной среде сухие гипсовые смеси, модифицированные добавлением этого продукта, смешиваются очень быстро и не образуют пыли.

При смешивании сульфата кальция полугидрата с водой водорастворимый метилсиликонат калия очень быстро переходит в раствор. При затвердевании штукатурки силиконат избирательно взаимодействует с растущими кристаллами гипса, а его гидрофильные кремниевые группы прикрепляются к поверхности гипсовых кристаллов. В то же время гидрофобные метильные группы обращены в сторону от поверхности образующихся кристаллов сульфата кальция дигидрата.

Вследствие такой ориентации силиконат утрачивает свои исходные гидрофильные свойства и образует оболочку, предотвращающую проникновение воды в кристаллы гипса в затвердевшем материале. Таким образом метилсиликонат калия придает материалу гидрофобность, о чем свидетельствует тенденция воды выступать в виде капель на трещинах в штукатурке, где используется эта добавка. Иными словами такой механизм действия использует равновесие между гидрофильными свойствами активного реагента до его

закрепления на поверхности и гидрофобными свойствами активного реагента, абсорбированного на поверхности кристаллов гипса.

Взаимодействие силиконата и гипса является преимущественно электростатическим по природе (это взаимодействие ионов, т. е. заряженных частиц, либо друг с другом, либо с полярными группами -ОН). По мере затвердевания гипса на поверхности растущих кристаллов гипса образуется мономолекулярный слой активного реагента, что придает гидрофобность поверхностям капилляров в структуре строительного материала без замыкания этих капилляров. Это означает, что высокая проницаемость гипсовых строительных материалов для паров воды остается ненарушенной.

SILRES[®] BS Powder S (запатентован в 2012г.) пригоден в качестве добавки для исключительно широкого ассортимента сухих гипсовых смесей и может использоваться при любых значениях pH, важных для практического применения. Поскольку эта добавка состоит из активного реагента как такового, а не его предшественника, свойства добавки имеют немедленный эффект после затвердевания штукатурки, а не после периода времени, необходимого для завершения предварительной реакции.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Абакумов С.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПОМОЩИ ОБОРУДОВАНИЯ VEUMERGROUP	10
Адамцевич А.О., Пустовгар А.П., Еремин А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГИПСОВ В ПРИСУТСТВИИ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК МЕТОДОМ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ КАЛОРИМЕТРИИ	16
Анисимова С.В., Коршунов А.Е., Павликова С.М. ГИДРОФОБИЗАЦИЯ ГИПСОВЫХ РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРНЫМИ ВОДНЫМИ ДИСПЕРСИЯМИ	22
Брайцев Д. ОБОРУДОВАНИЕ КОМПАНИИ AUMUND	29
Булатов Б.Г., Недосеко И.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ГИПСОВЫХ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ	36
Булдыжова Е.Н., Гальцева Н.А. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННОГО ФОСФОГИПСА	39
Василик П.Г., Калашников Р.В., Бурьянов А.Ф., Фишер Х.Б. АНАЛИЗ ПОЯВЛЕНИЯ ТРЕЩИН В МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО	42
Ветегрове Х. ИННОВАЦИОННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ГИПСА НА GIPS AD (БОЛГАРИЯ)	48
Гаркави М.С., Артамонов А.В., Колодежная Е.В., Бурьянов А.Ф. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ТЕХНИКИ В ГИПСОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	62
Гаркави М.С., Шленкина С.С. К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ	69
Гриневич А.В., Киселёв А.А., Петропавловский И.А., Кузнецов Е.М., Бурьянов А.Ф., Ряшко А.И. ПОЛУЧЕНИЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО ИЗ ФОСФОПОЛУГИДРАТА – ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ДИГИДРАТНО-ПОЛУГИДРАТНЫМ СПОСОБОМ	73
Губская А.Г., Дубровина Г.Г. СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГИПСОВЫМ СУХИМ СТРОИТЕЛЬНЫМ СМЕСЯМ И МЕТОДАМ ИХ ИСПЫТАНИЙ	76

Долгорев В.А. КОНВЕРСИЯ НИЗКОМАРОЧНОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО В ВЫСОКОПРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – ГЛАВНЕЙШЕЕ ИННОВАЦИОННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	82
Долгорев В.А. ТЕПЛОЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕГКИХ ПЕРЕГОРОДОЧНЫХ ПАЗОГРЕБНЕВЫХ ПЛИТ	89
Доманская И.К., Ногина Т.А., Васильев В.Г., Владимирова Е.В. ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРНОГО Al_2O_3 ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ	94
Дрыжаков Д. Knauf PFT. ТЕХНИКА МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ	99
Дубровина Г. Г., Губская А. Г. РЫНОК СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	106
Камаев Д.К., Морозова Н.Н., Майсурадзе Н.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВЫХ ОТХОДОВ	112
Козлов Н.В., Панченко А.И., Бурьянов А.Ф. МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ СТЕНОВЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	115
Коровяков В.Ф., Чумаков Л.Д. БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЙ ТЯЖЕЛЫЙ БЕТОН ДЛЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	122
Парикова Е.В. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ-ОТДЕЛОЧНИКОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА	127
Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б. УЛУЧШЕНИЕ ФОРМОВОЧНЫХ СВОЙСТВ ГИПСОВЫХ СИСТЕМ КОНТАКТНО-КОНДЕНСАЦИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ	132
Петропавловский К.С. ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕНОГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ	138
Пономарев Д. КОНВЕЙЕРНЫЕ СИСТЕМЫ RUD KETTEN ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ	143
Рахимов Р.З., Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р. СОСТАВ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ИСКУССТВЕННОГО КАМНЯ, ПОЛУЧЕННОГО В ПРОЦЕССЕ ТВЕРДЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННО- ГО ГИПСОИЗВЕСТКОВОКЕРАМЗИТОШЛАКОВОГО ВЯЖУЩЕГО	149
Сеньков С.А. ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬ- НЫХ СМЕСЕЙ С ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМ МОДИФИКАТОРОМ	155

Строммашина GipsTech СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ	161
Сучков В.П., Коршунов А.Е., Мольков А.А. МИНИМИЗАЦИЯ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО	166
Сычева Л. И., Амелина Д. В., Федорова В.О. СОСТАВ И СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОФАЗОВЫХ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ	170
Сычева Л.И., Манкеевич Я.В. ПОВЫШЕНИЕ ГИДРАТАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ АНГИДРИТОВОГО ВЯЖУЩЕГО ИЗ ФОСФОГИПСА	176
Сычугов С.В., Плеханова Т.А., Михайлова О.Ю., Гайнетдинова Д.Р., Казанцева А.С. ВЫСОКОДИСПЕРСНЫЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИЕ МОДИФИЦИРУ- ЮЩИЕ ДОБАВКИ ДЛЯ АНГИДРИТОВОГО ВЯЖУЩЕГО	181
Сядук Г. В., Назаров Д. В. УЛУЧШЕНИЕ ВОДОСТОЙКОСТИ СУХИХ СМЕСЕЙ НА ГИПСОВОЙ ОСНОВЕ	190
Тихонова А.В. ЗАО «КМЗ КОНВЕЙЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»	191
Токарев Ю.В., Головин Д.В., Яковлев Г.И., Бурьянов А.Ф. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ АНГИДРИТОВОГО ВЯЖУЩЕГО, МОДИФИЦИРОВАННОГО МАГНЕЗИТОМ И УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ	194
Тянина А.А. ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ГИПСОВОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ	201
Фишер Х.-Б., Рихерт Х., Новак С., Бурьянов, А.Ф. КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ (PUS) НА СУСПЕНЗИИ СУЛЬФАТОВ КАЛЬЦИЯ	205
Фишер Х.-Б., Рихерт Х., Новак С., Бурьянов А.Ф., Лесовик В.С., Строкова В.В. УПРОЧНЕНИЕ ЧАСТИЦ ГИПСА (ДИГИДРАТА СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ) ПУТЁМ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ	214
Фурманов А.Б. У ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ РЕШЕНИЙ ЕСТЬ ИМЯ – «ГРЕНЦЕБАХ»	221
Хасимова А.С., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. ЛИТОЙ БЕТОН НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО	225

Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю., Дребезгов Д.А. ТЯЖЕЛЫЙ БЕТОН НА КОМПОЗИЦИОННОМ ГИПСОВОМ ВЯЖУЩЕМ	230
Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю., Дребезгов Д.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КГВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК	236
Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю. КОМПОЗИЦИОННОЕ ГИПСОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ С МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ БЕТОННОГО ЛОМА	239
Шамис Е.Е., Присяжнюк М.И., Иванов В.Д. ФОРМОВОЧНЫЕ СМЕСИ, АКТИВИЗИРУЕМЫЕ ФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	244
Шигапов Р.И., Бабков В.В. ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО	254
Шильдбах Д., Сядук Г., Назаров Д. ПРИДАНИЕ ГИДРОФОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ НА ОСНОВЕ ГИПСА НОВЫЙ ВООТТАЛКИВАЮЩИЙ РЕАГЕНТ ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ГИПСА	260