

**VIII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ**

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

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Майкоп, 8-9 сентября 2016

УДК 536.2
ББК Н113.6

МАТЕРИАЛЫ VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ»/ Под научной редакцией А.Ф. Бурьянова, Изд-во «Де Нова» М.,2016, стр.

Сборник содержит труды VIII 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 5-9900311-1-4

ГАСНТИ 67.03.05

Тираж 500 экз.

ОРГАНИЗАТОРЫ

Российская Гипсовая Ассоциация

Московский государственный строительный университет

Научно-исследовательский институт строительной физики

ГУП «НИИМосстрой»

При поддержке Правительства Республики Адыгея

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

140050, Московская обл.,

П. Красково, ул. К. Маркса,117

Российская гипсовая ассоциация

Телефоны: (916) 501-36-56, (8442) 49-34-80

rga-service@mail.ru

rosgips@rosgips.ru

www.rosgips.ru

Генеральный спонсор:

KNAUF
Немецкий стандарт

ООО «КНАУФ ГИПС»

Официальные спонсоры:



LAHTI
PRECISION



PARGET
MAKINA

ERİŞİM A.Ş.



GRENZEBACH



CLAUDIUS PETERS

Gyptech

Proven Technology Worldwide



mondi

Спонсоры:

LOTTE
FINE CHEMICAL



 **BANG & BON SOMER**

 **ЕвроХим-І**



**HAYER & BOECKER
RUSSIA**



ООО УРСР «ПАМИБРО»

Генеральный информационный спонсор:

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®**

Информационный спонсор:



Processing **GYPSUM**

Complete Solutions

From
Conception
to Completion

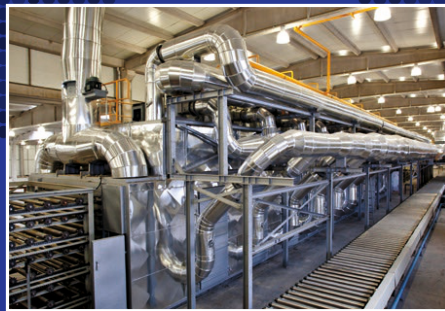
От концепции до сдачи в эксплуатацию



GYPSUM PLASTER PLANTS

Завод по производству гипсовяжущего

DRY MIXING PLANTS
Завод по производству ССС



PLASTERBOARD PLANTS

Завод по производству Гипсокартона



ERISIM A.S.

INDUSTRIAL CONTRACTING
AND INTERNATIONAL TRADE INC.

www.erimas.com

ANKARA

MOSCOW



КАЧЕСТВО & ПРОДУКЦИЯ

Решения компании Grenzebach для Вашего успеха

Стремитесь к успеху – Grenzebach всегда рядом и готов оказать Вам свою помощь:

- Инновационные, ориентированные на заказчика решения для переработки гипса
- Решения «под ключ»
- Высочайшее качество продукта
- Надежность и результативность
- Оборудование высокого технологического уровня
- Обучение операторов
- Коммерческое и административное сопровождение
- Постпродажный сервис

Grenzebach – Ваш надежный партнер в области технологий переработки гипса

Grenzebach BSH GmbH Germany | Phone: +49 6621 81-3000 | info.gbsh@grenzebach.com
Grenzebach Mashtech, LLC | Phone: +7 495 626-5881 | info.gmos@grenzebach.com

www.grenzebach.com



ВЛИЯНИЕ ПОЛИАКРИЛОВЫХ КИСЛОТ НА ПРОЦЕССЫ СХВАТЫВАНИЯ ГИПСОВОГО ТЕСТА

Анисимова С.В., Коршунов А.Е.

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Водорастворимые полимерные кислоты занимают одно из ведущих мест среди многотоннажных промышленно выпускаемых химических продуктов. Научно обосновано широкое применение поли(мет)акриловых кислот и их солей в качестве пленкообразователей, стабилизаторов, загустителей, диспергаторов, абсорбентов, комплексообразователей, флокулянтов и модификаторов в различных технологических процессах. Наличие высокомолекулярной гидрофобной цепочки и полярных анионных групп в составе полиакриловых кислот (ПАК) позволяют подобным продуктам проявлять поверхностно-активные свойства. Такое поведение в отношении минеральных веществ наибольшее значение имеет в таких процессах, как пропитка пористых оснований, укрепление структуры каменных материалов, соединение разобщенных частиц, придание клеящих или пластичных свойств массам и суспензиям. Так, в [1] обсуждается возможность использования полимерных поверхностно-активных веществ на акриловой основе для модификации цементных систем.

В работе [2] установлено, что химический состав пластификатора на основе поликарбоксилатов влияет на термодинамическую устойчивость структуры гипсового камня и на ее физико-механические характеристики.

В настоящей работе представлены исследования, направленные на установление влияния введения ПАК и их солей в качестве добавок на свойства гипсовых суспензий, приготовленных при соблюдении водогипсового отношения $V/G=0,6$. Содержание добавок к гипсовому вяжущему варьировалось и составляло от 0,005% до 0,15%. Модифицирующая полимерная добавка во всех случаях вводилась в виде 1 %-ного водного раствора в воду затворения. В стеклянную емкость (стакан, объемом не менее 100 мл) помещалось расчетное количество воды и раствора добавки, содержимое перемешивалось. Далее в течение 1 минуты в полученный водный раствор вводился строительный гипс марки Г-6 II Б (производства Пешеланского гипсового завода «Декор-1») при перемешивании специальной высокоскоростной мешалкой. Общее время приготовления гипсового теста составляло не более 2 мин.

Известно [3,4], что ротационные вискозиметры позволяют оценить структурно-механические свойства неорганических вяжущих веществ, затворенных водой. Такие системы являются реологически нестационарными или реодинамическими, поэтому их состояние можно оценить только в так называемом индукционном периоде, на начальной

стадии их гидратации, когда их вязкопластические свойства выражены слабо. По окончании этого периода прочность структуры теста из гипсовых вяжущих резко возрастает, так что измерения становятся невозможными. В данной работе фиксировалось реологическое поведение суспензии до момента начала схватывания при измерениях на ротационном вискозиметре Реотест РV (измерительный цилиндр Н, градиенты скорости сдвига 9 с^{-1} и 27 с^{-1}).

Исходное состояние гипсовой суспензии без добавок характеризуется значением динамической вязкости на уровне $3000 \text{ мПа}\cdot\text{с}$. Область отсутствия вязкого течения суспензии (рис. 1) распространяется до 6 минут, а затем фиксируется интенсивный рост вязкости системы в течение короткого времени. При установлении сроков схватывания гипсового теста по методам ГОСТ 23789-79 получены значения: начало схватывания – 8 минут, конец схватывания 12 минут, согласующиеся с реологическими данными.

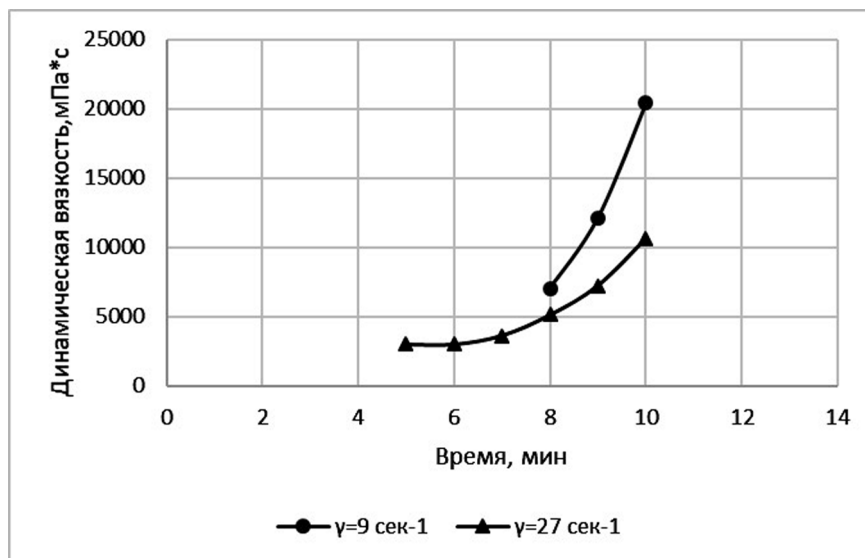


Рисунок 1. Изменение динамической вязкости во времени для гипсовой суспензии ($B/\Gamma=0,6$)

Предполагалось, что полимерные кислоты, будут обеспечивать замедление схватывания гипсового теста аналогично низкомолекулярным соединениям (винная и лимонная кислоты), традиционно используемым для этих целей. Однако установлено, что при введении ПАК в количестве $0,02\%$ (рис. 2) фиксирование реологических параметров возможно сразу после заливки суспензии в измерительную часть прибора, причем некоторое ускорение перехода суспензии в высокопластическое состояние наблюдается уже через 5 минут после ее приготовления, таким образом достигается ускорение схватывания. При увеличении содержания полимера в суспензии до $0,08\%$ (рис. 3) гипсовые суспензии отличаются повышенной текучестью или подвижностью. Регистрация эффективной

вязкости на реовискозиметре осуществляется только в начале процессов схватывания. При этом действие ПАК проявляется в замедлении начала схватывания гипсового теста и увеличения его продолжительности. При увеличении содержания ПАК до 0,15% гипсовая суспензия способна сохранять текучесть уже более 2-х часов, а продолжительность схватывания составляет более 20 минут.

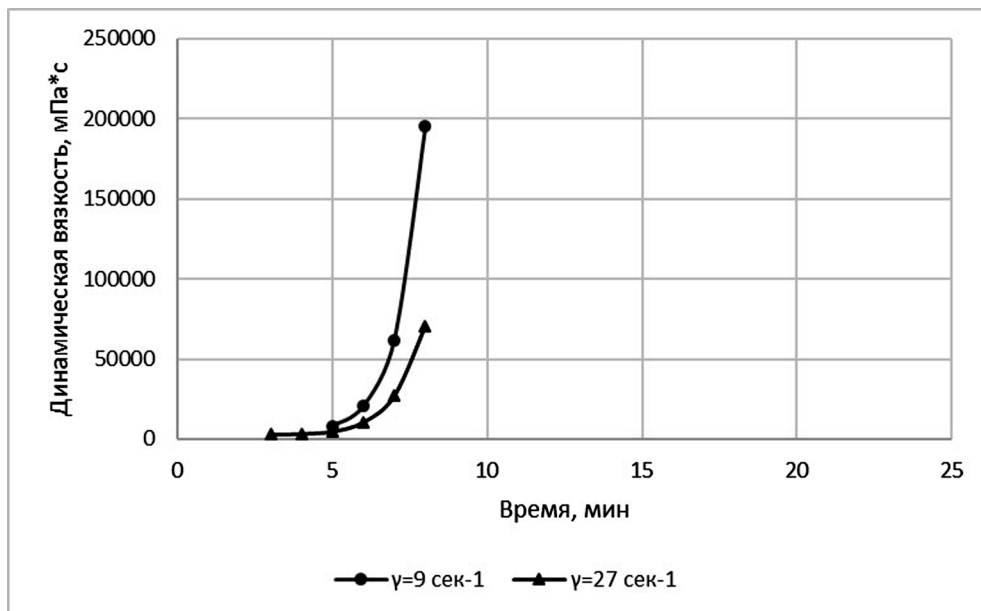


Рисунок 2. Изменение динамической вязкости во времени для гипсовых суспензий ($V/\Gamma=0,6$), содержащих 0,02% ПАК.

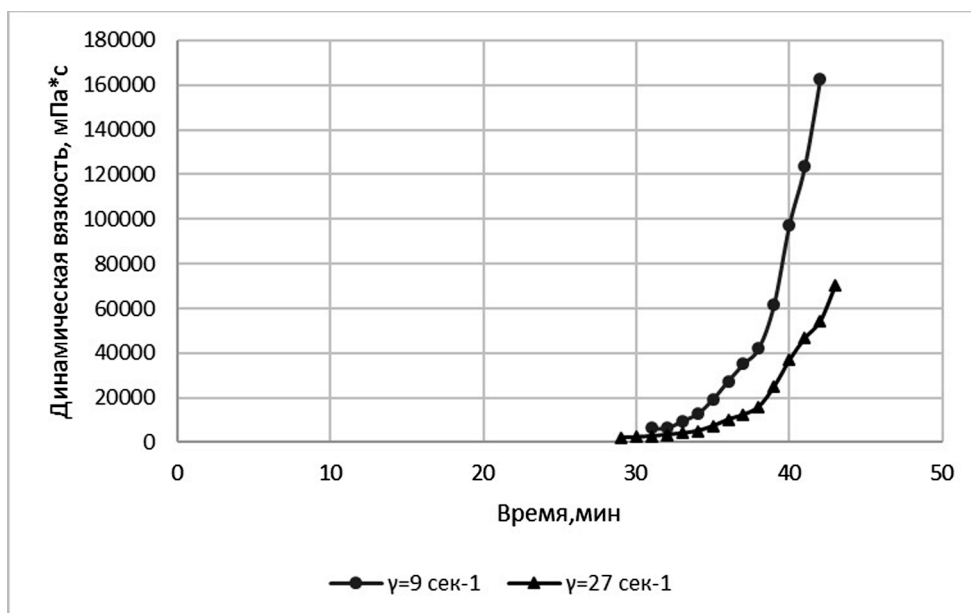


Рисунок 3. Изменение динамической вязкости во времени для гипсовых суспензий ($V/\Gamma=0,6$), содержащих 0,08% ПАК.

При частичной нейтрализации ПАК раствором гидроксида натрия получены растворы Na-солей ПАК, имеющие рН водной фазы 5,8-6,5 (на уровне рН гипсовых суспензий без добавок). При исследовании суспензий, полученных при их содержании 0,04% (рис.4) наблюдается некоторое ускорение процесса схватывания по сравнению с гипсовым тестом без добавок. При этом фиксируется рост значений начальной динамической вязкости с ростом содержания полимера. Дальнейшее увеличение содержания полимера до 0,08% (рис.5) приводит к замедлению процесса схватывания, причем в случае использования ПАК это проявлялось более существенно.

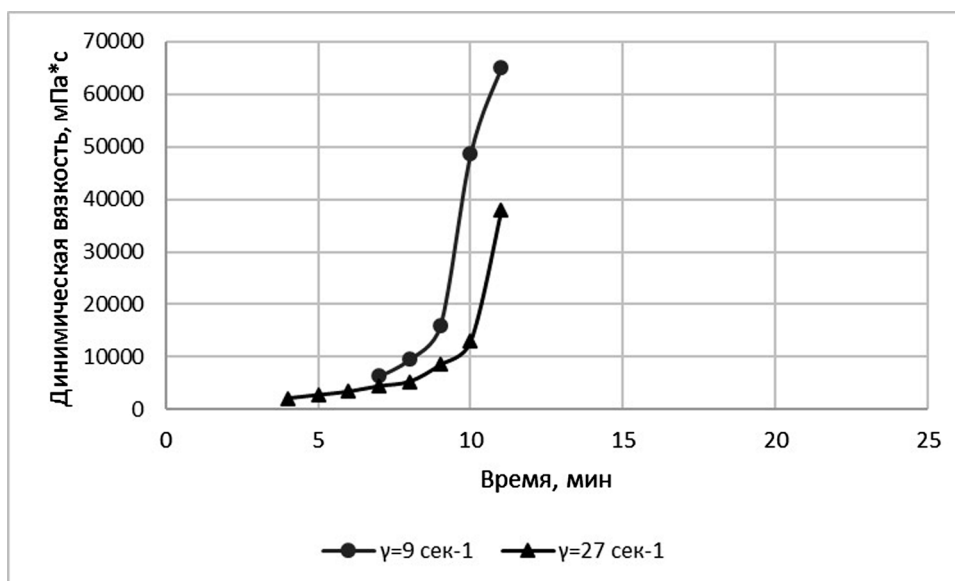


Рисунок 4. Изменение динамической вязкости во времени для гипсовых суспензий ($V/\Gamma=0,6$), содержащих 0,04% Na-соли ПАК.

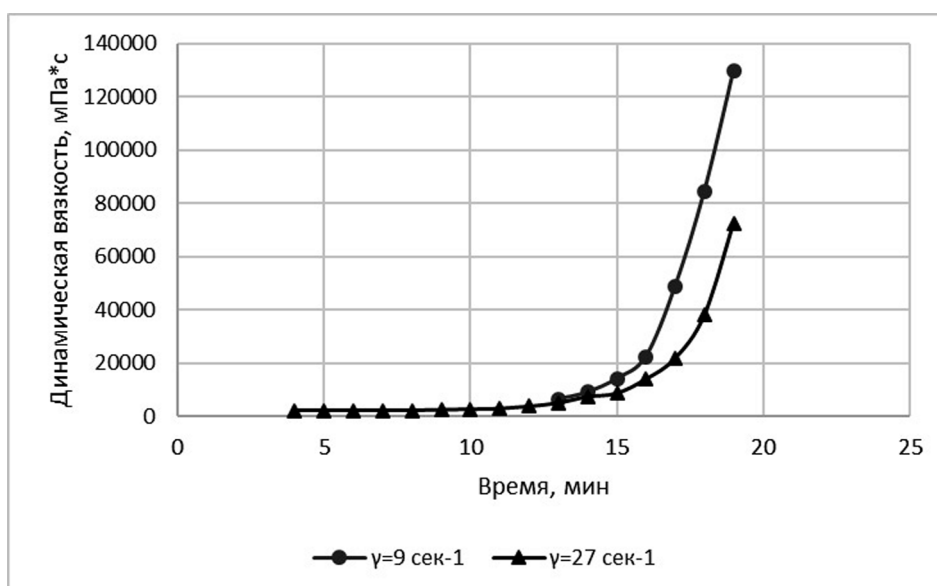


Рисунок 5. Изменение динамической вязкости во времени для гипсовых суспензий ($V/\Gamma=0,6$), содержащих 0,08% Na-соли ПАК.

Полученные данные можно объяснить наличием поверхностных и объемных явлений, что согласуется с известными приемами наномодифицирования строительных материалов [5,6]. Введение полимеров в малых количествах до 0,01% выполняет роль локально распределенной и соединяющей затравки (активные кислородные центры) для кристаллообразования, поэтому и наблюдается ускорение схватывания гипсового теста. При увеличении в реакционной среде гидратации – СООН-групп, начинают происходить явления, аналогичные действию кислот-замедлителей схватывания – разжижение состава и смещение сроков схватывания.

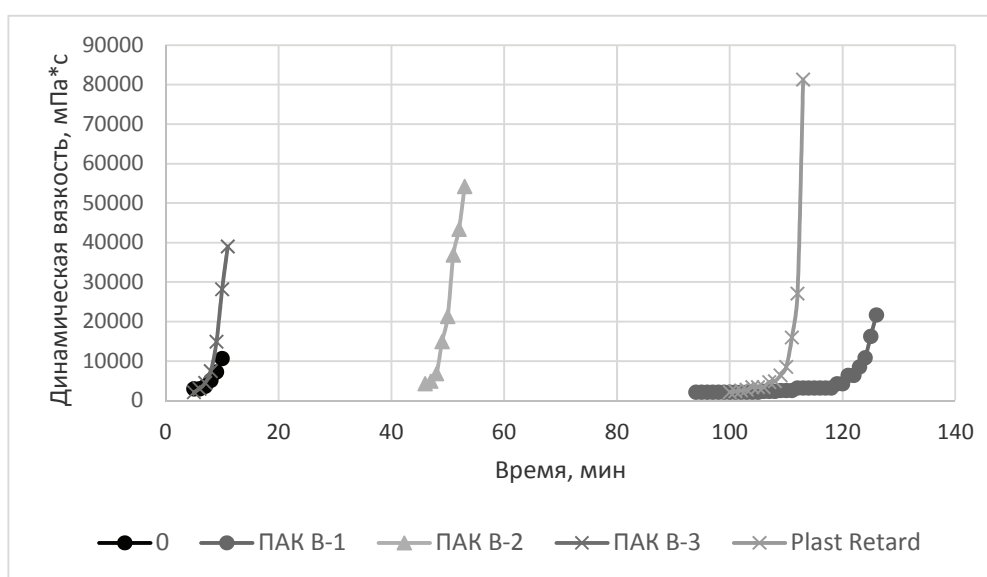


Рисунок 6. Изменение динамической вязкости во времени для гипсовых суспензий (В/Г=0,6) в присутствии 0,04% различных добавок.

Проявление замедляющего действия рассмотрено и описано при сравнении свойств гипсовых суспензий при использовании трех полимеров ПАК различной молекулярной массы при их введении к гипсу 0,04% (рис. 6). Отмечено, что с уменьшением молекулярной массы полимера, приготовленные гипсовые суспензии характеризуются повышенной текучестью, сохраняемой до схватывания. Установлено, что в присутствии низкомолекулярной ПАК В-1 процесс схватывания откладывается на самое длительное время – до 1,5 часов. Такой эффект сопоставим с действием широко используемого в настоящее время пластификатора для гипсовых составов, например, Plast Retard. Однако, продолжительность схватывания гипсового теста в присутствии ПАК более растянута. С ростом молекулярной массы ПАК замедляющее действие на схватывание гипсового теста уменьшается и для высокомолекулярной ПАК В-3 при содержании 0,04% схватывание

гипсового теста по времени практически совпадает с гипсовым тестом без добавок.

Приведенные данные получены впервые и требуют дальнейших обоснований при исследованиях.

Литература

1. Юхневский П.И. О механизме пластификации цементных композиций добавками // Строительная наука и техника, 2010, № 1-2. – С. 64-69.
2. Шленкина С. С. и др. Влияние пластификаторов на твердение гипсового вяжущего // Строительные материалы, 2007, №9. – С. 61-62.
3. Минеральные вяжущие вещества: лабораторный практикум: учебное пособие / Ш.М. Рахимбаев, Н.Н. Оноприенко, Т.В. Аниканова, С.В. Минаков. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 92 с.
4. Строительные материалы и изделия: лабораторный практикум для строительных специальностей вузов / О.А. Чернушкин, А.А. Суслов, Л.Н. Адоньева и др.; под общ.ред. О.А. Чернушкина; Воронеж: Воронежская гос.арх.-строит.акад, 1996. – 150 с.
5. Хозин В.Г., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Общая концентрационная закономерность эффектов наномодифицирования строительных материалов // Строительные материалы, 2015, №2. – С. 25-33.
6. Токарев Ю.В., Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Бурьянов А.Ф., Керене Я. Роль ультрадисперсионных добавок в процессах гидратации // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2009, №5(124) – С. 18-23.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Анисимова С.В., Коршунов А.Е.

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

В настоящее время доля гипсовых материалов, изготавливаемых с использованием древесных заполнителей, незначительна. Известным российским производителем гипсостружечных плит (ГСП) является Пешеланский гипсовый завод «Декор-1», выпускающий продукцию по ТУ 5742-004-05292444-2010 на гипсовом вяжущем собственного производства и специально подготавливаемом древесном сырье. Данных о промышленном использовании отходов древесины в качестве компонентов таких гипсовых изделий, как пазогребневые плиты или гипсовые блоки не найдено. Однако, большое и разнообразное количество древесных отходов (ДО) ставит актуальные задачи в области их вторичной переработки, в том числе в производстве отделочных и конструкционных материалов. Рациональное использование древесного сырья в виде уже измельченных побочных продуктов в качестве основных компонентов строительных материалов приводит к существенному снижению себестоимости последних и затрат на их производство, а, следовательно, и на строительные работы в целом [1,2].

В настоящей работе показана возможность использования в производстве гипсовых материалов заполнителя - мелкоизмельченного побочного продукта, получаемого на линии распиловки ламината. В своем составе ДО содержит смесь основных ингредиентов всех 4-х ламинатных слоев с преобладанием компонентов измельченной древесноволокнистой плиты высокой плотности – опилок и синтетических смол для их связывания. Класс опасности отхода (IV) определяется классом эмиссии формальдегида в выпускаемом отделочном материале - E1 (подразумевается содержание свободного формальдегида не более 10 мг на 100 г плиты, что соответствует количеству, выделяемому натуральной древесиной). Фракционный состав ДО сопоставим с требованиями к гипсу грубого помола. В качестве гипсового вяжущего использовался строительный гипс марки Г-6 П Б.

Для изучения влияния введения ДО на свойства гипсового теста и показатели, важные для выпуска и применения гипсовых изделий, готовились сухие смеси при перемешивании гипса и ДО, взятых в определенных соотношениях. Содержание ДО варьировалось в диапазоне 10-20% к гипсу. Затворение смесей водой и испытания полученных суспензий и затвердевших образцов производили с использованием методов по ГОСТ 23789-79.

Введение в состав гипсового теста ДО вызывает увеличение водопотребности системы вследствие высокой гидрофильности древесного составляющего. При сохранении $V/T=0,56$, достаточного для получения теста нормальной густоты при использовании только строительного гипса, невозможно получить подвижные составы в присутствии ДО. Образцы, отформованные из полученных смесей достигнутой подвижности и высушенные до постоянной массы, при повышении содержания ДО в составе характеризуются уменьшением средней плотности и соответственно прочности при сжатии (рис.1).

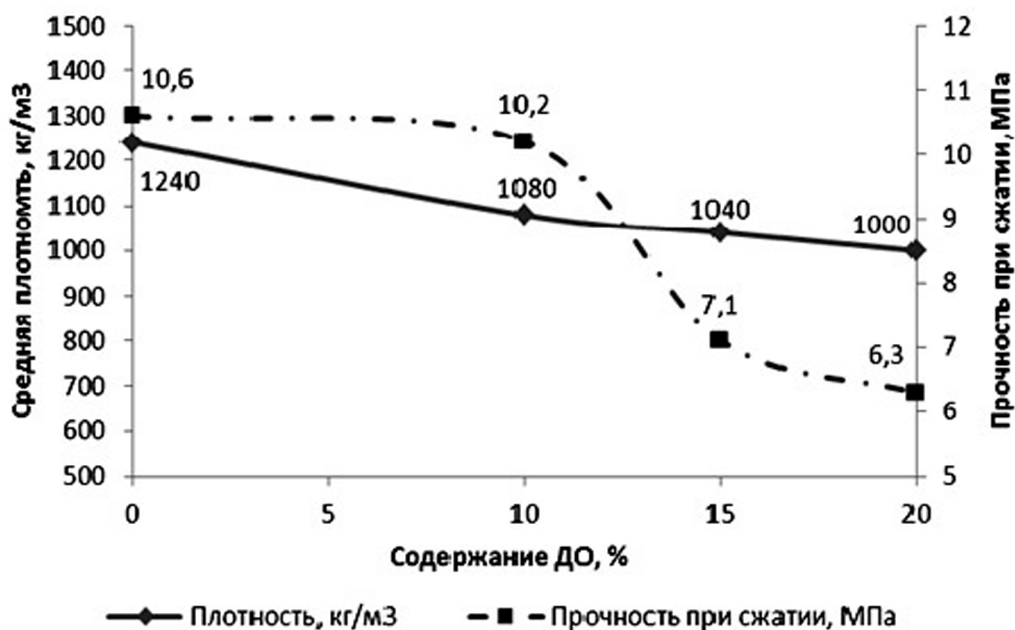


Рисунок 1. Свойства образцов, полученных при $V/T=0,58$.

С целью придания формуемым смесям подвижности, необходимой для литьевых технологий выпуска гипсовых изделий, в их состав вводились гиперпластификаторы ViscoCrete 225P (производитель Sika, Швейцария) и MELFLUX 2651 F (производитель Degussa Constraction Polymers, Германия). Эффективность их действия доказана при составлении сухих смесей и составов строительных растворов. Добавки дозировались в воду затворения с учетом рекомендаций производителей. Установлено, что смеси с введением ДО в количестве 10% имеют стандартную консистенцию (диаметр расплыва теста 180 ± 5 мм) уже при использовании 0,15% пластификаторов, при $V/T=0,58$. Увеличение содержания пластификаторов до 0,3% несущественно уменьшает V/T (до 0,54), без явного увеличения прочностных показателей, но заметно замедляет процессы схватывания - начало и конец схватывания гипса проходят более чем через 1 час после затворения. Применение гиперпластификатора ViscoCrete 225P, позволяет получить более уплотненные отливки (плотность высушенных образцов составила 1150

кг/м³). В присутствии MELFLUX 2651 F наблюдалось воздухововлечение при перемешивании суспензии, что отразилось и на снижении плотности высушенных образцов до 1080 кг/м³. Однако, исследуемые образцы обладают высокой прочностью при сжатии (до 10 МПа), сопоставимой с результатами, полученными при использовании ViscoCrete 225P, и превышающей значения гипсовых изделий подобной плотности. Сохранение высоких прочностных показателей изделий при уменьшении средней плотности – это положительный эффект, обусловленный присутствием волокнистого древесного наполнителя, проявляющего армирующие свойства в гипсовом сердечнике.

При увеличении содержания ДО в композиции до 15% получено гипсовое тесто стандартной консистенции при использовании 0,3% MELFLUX 2651 F, при В/Т=0,6. Затвердевшие образцы характеризуются средней плотностью 1040 кг/м³, что выполняет требования к плитам гипсовым для перегородок высшей категории качества по ГОСТ 6428-83. Показатели прочности при сжатии гарантировано обеспечены - 6 МПа при требовании не ниже 5 МПа, а прочность при изгибе превышает установленные нормы более чем в 1,5 раза - 3,8 МПа при требовании не ниже 2,4 МПа. При дальнейшем увеличении содержания ДО до 20% подвижную суспензию удастся изготовить только при введении 0,3% гиперпластификатора MELFLUX 2651 F при значении В/Т = 0,7. При таких условиях получают изделия низкой плотности (~1000 кг/м³), характеризующиеся пониженной прочностью (до 4,2 МПа). Повышенное введение воды потребует и больших энергетических затрат на ее удаление при сушке. Существенным недостатком, связанным с применением гиперпластификаторов в гипсовых составах, является и замедление реакции схватывания вяжущего, что подтверждено и в настоящих исследованиях. Ускорение твердения было достигнуто при введении в гипс измельченного гипсового камня в количестве 1,5-2% к содержанию сухой смеси. При этом подвижность формируемой суспензии не изменялась.

Характер используемого гипсового вяжущего и присутствие в изделиях древесных составляющих вызывает необходимость контроля свойств, связанных с действием воды. Оценено водопоглощение затвердевших образцов (рис. 2), выполненных с использованием ДО в количестве 15% и подобранными условиями для формования (0,3% MELFLUX 2651 F, 2% гипсового камня, В/Т=0,6).

Установленное водопоглощение, характерно для гипсовых изделий. Так, например, допустимые значения водопоглощения близких по составу гипсостружечных плит (15% опилок, 83% гипса, 2% сорбционной воды), выпускаемых Пешеланским гипсовым заводом «Декор-1» по ТУ 5742-004-05292444-2010, составляют не более 30%. Для стандартных пазогребневых гипсовых плит производства Волма допускается водопоглощение изделий до 30-35% по ТУ 5742-003-05287561-2003.

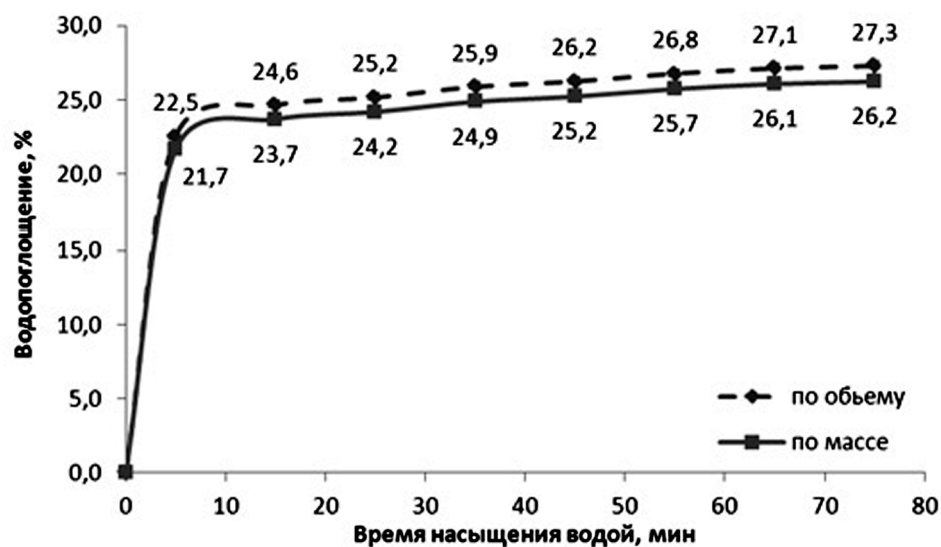


Рисунок 2. Водопоглощение образцов с содержанием 15% ДО – 85% гипс.

Рассчитана сырьевая себестоимость изделий с заменой 15 мас.% гипса на ДО. Затраты на сырье в случае переработки отходов совпадают с затратами без переработки ДО. Таким образом, доказана экономическая и экологическая целесообразность использования древесных отходов при выпуске гипсовых изделий. Таким образом, доступность основного сырья (гипсового вяжущего и многотоннажного ДО), соблюдение простых технологических операций при изготовлении изделий должного качества могут определить прирост возможных производителей, прежде всего, за счет создания малых предприятий [3-4].

1. Бызов В.И., Нехорошков В.М., Романова Р.А. Характеристика прибыльности промышленного использования древесных отходов. // Деревообрабатывающая промышленность, 2005, №1. – С. 11-14.
2. Ильичев В.А., Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н. О развитии производства строительных материалов на основе вторичных продуктов промышленности // Строительные материалы, 2011, № 4. – С. 36-42.
3. Юмашева Е.И. Строительные материалы. Российская гипсовая отрасль вышла на европейский уровень технологии и качества (Информация) // Строительные материалы, 2014, №1. – С. 36.
4. Бурьянов А.Ф. Строительные материалы. Эффективные гипсовые материалы для устройства межкомнатных перегородок // Строительные материалы, 2008, №8. – С. 30-34.

ГЛИНОГИПСОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ

Асаматдинов М.О.^{*1}, Еремин А. В.^{*1}, Тургаев Д. А.^{*2}

^{*1}Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

^{*2}Каракалпакский государственный университет им. Бердаха

В комплектных системах внутренней отделки широко используются строительные смеси на основе гипсового вяжущего: шпаклевки, грунтовки, клеи, штукатурки. Уплотнители и шпаклевки применяют для заделки швов в гипсокартонных листах, финишного шпаклевания, заделки всевозможных дефектов и неровностей во внутренних помещениях, наклейки гипсокартонных листов на стены, оштукатуривания. Многие смеси не являются специализированными и могут использоваться при разных видах строительных работ. В отечественном строительстве применяют интерьерные отделочные смеси компаний КНАУФ, Сен Габен (WEBER) и ряда других фирм [1, 2]. Несомненный интерес представляет применение изделий на основе модифицированного (водостойкого) гипсового вяжущего в отделке интерьеров влажных помещений или при наружной облицовке строительных конструкций [3, 4].

Гипсовое вяжущее является не дешевым, а в некоторых районах и дефицитным, строительным материалом (полуфабрикатом). В связи с этим в ИСА МГСУ проводятся исследования по изучению возможности применения местных вяжущих в целях частичной замены гипса. Одним из возможных вариантов рассматривается применение глиногипса.

Глиногипс — порода осадочного происхождения, содержащая гипс, глинистые фракции, кремнезем, глинозем и др. В зависимости от химического состава, условий термообработки и местных традиций этот материал получил названия: гажа (Закавказье), ганджа (Азербайджан), ганч (гульганч, тез-ганч) или арзык (Средняя Азия), глиногипс или слюдяная глина (Юго-восток России). Месторождения гипсового мергеля либо являются самостоятельными, либо сопутствуют месторождениям гипса. Гипсодержащие породы распространены в Башкирии и Татарстане, в Архангельской, Вологодской, Нижегородской, Ростовской, Калужской областях; месторождения так же находятся на Северном Кавказе, в Средней Азии и Закавказье [5, 6].

Глиногипс довольно широко распространённая порода, она может служить основой для получения местных вяжущих [7]. Особый интерес может представить для регионов, где пользуются привозными гипсами и в частности для Каракалпакии. Разведанные на ее территории большие запасы глиногипса остаются пока без применения из-за низкой концентрации гипса в породе. Не менее интересен этот материал для южных регионов

России, где сосредоточены значительные запасы сырья и целесообразно применение этого материала в качестве местного сырья для производства строительных материалов.

Поэтому представляет интерес поиск путей использования низкосортного глиногипса для получения местных вяжущих. В ранее проведенных исследованиях дегидратацию глиногипса проводили при температурном режиме 130—180—250 °С [7, 8]. Температуру замеряли термометром, погруженным в порошок, что давало во всех случаях возможность фиксировать температуру материала. Разница температур в пространстве печи и самого сырья составила 10 °С. Кинетику твердения, и сроки схватывания изучали по стандартной методике с помощью прибора Вика.

Таблица 1.

Кинетика твердения вяжущего на основе глиногипса Ходжакульского месторождения

Температура обжига, °С	Нормальная густота %	Сроки схватывания, мин		Предел прочности, МПа					
		начало	конец	2 часа		3 суток		7 суток	
				Изг.	Сж.	Изг.	Сж.	Изг.	Сж.
130	0,62	3,27	5,0	—	—	1,2	2,5	1,4	3,4
180	0,57	5,32	7,45	1,0	2,5	1,4	3,3	1,9	4,5
250	0,57	12,36	17,15	1,7	3,8	1,8	3,9	3,7	7,1

С повышением температуры изменятся сроки схватывания, и повышется предел прочности (табл. 1). По мнению ряда исследователей при обжиге 200 °С вся кристаллизационная вода теряется и переходит β – обезвоженный полугидрат. Для получения гажевого вяжущего температура должна быть не более 250 °С в течение 2 ч., а при 300 °С полуводный гипс переходит в ангидрит. Для выяснения условий температурного перехода в обезвоженный полугидрат β – CaSO₄, проведен рентгенофазовый анализ.

Результаты рентгенофазового анализа при нагреве 250 °С (рис.1) показывают, что в исследованных смесях присутствует двуводный гипс, которого не должно было быть, при этом нет ангидрита, который должен был бы образоваться. Предположительно глина локально или по всему объему не дает полноценно дегидратироваться в процессе обжига как бы комкует и обволакивает гипс. Как показано при 250 °С в глиногипсе не образуется обезвоженный полугидрат β – CaSO₄

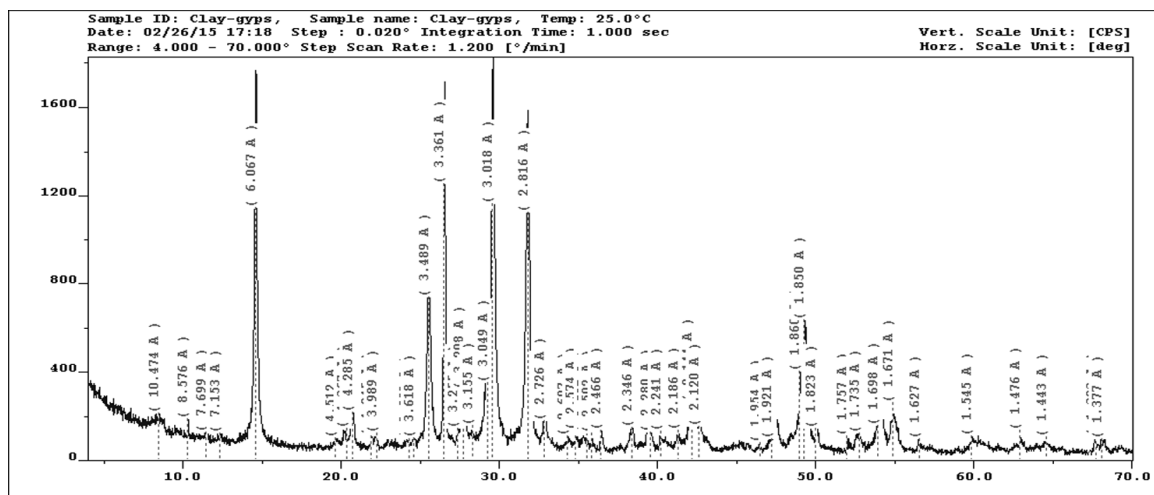


Рисунок 1. Дифрактограмма образца

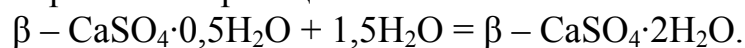
Фазовый состав изученного образца глиногипса (в % масс): двухводный гипс — 1,8; полуводный гипс — 70,3; кварц — 11,1; альбит — 8,6; кальцит — 6,1; каолинит — 2,1.

Таким образом, на основе глиногипса может быть получено низкотемпературное местное вяжущее. По свойствам близко к гипсу, но отличается более короткими сроками схватывания при нормальной густоте. Это является следствием различия в минералогическом составе глиногипса и гипса.

Короткие сроки схватывания на основе полуводного гипса и глиногипса во многом в практических целях затрудняет его использование. Поэтому предприняли много попыток замедлить этот процесс.

Для полуводного гипса обычно в качестве замедлителя схватывания применяли различные поверхностно-активные вещества и электролиты, из которых практический интерес представляет гидроксид кальция. Замедляющее действие гидроксида кальция на схватывание полуводного гипса, изучалось введением добавок $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Гидроксид кальция вводили в количестве 5 и 10 % в сухую исходную смесь и тщательно перемешивали. Присутствие гидроксида кальция в количестве 5 % заметного влияния не оказала, а в количестве 10 % оказало обратное действие — как ускоритель схватывания. Но при добавке лимонной кислоты 0,05 % по массе начало схватывания увеличилась от 12 до 34 мин., а конец от 17 до 45 мин.

Формирование гидратационных структур твердения при взаимодействии с водой лежит на основе твердения всех минеральных вяжущих. Для глиногипса обожжённого при температурах до 300 °С основным структурообразующим элементом служит полуводный гипс β — $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$. Как и для чистого гипса дегидратированного на воздухе до образования этого продукта. Процессы твердения глиногипсового вяжущего определяется условиями протекания реакции



Этот процесс является общей моделью для выяснения природы твердения гипса. Глиногипс при обжиге 500 и 800 °С в течение 2 ч абсолютно не схватывается и не твердеет, что доказывает переход в β – модификации в нерастворимый ангидрит. Особенности минералогического состава глиногипса в частности наличие значительного количества глинистых веществ в сочетании с карбонатом кальция позволяет использовать его для получения вяжущих с гидравлическими свойствами путем обжига при повышенных температурах. С учетом полученных данных и основываясь на рекомендациях, предложенных П.П. Будниковым, дальнейшее исследование было направлено на получение ангидритового вяжущего.

Ангидритовое вяжущее получают при температуре 600—700 °С обжига гипса и последующего помола с различными добавками активизирующими схватывание и твердение. В качестве активизаторов твердения применяют преимущественно гашенную или негашенную известь в количестве 2—5 % массы ангидрита, основной доменный шлак 10—15 % или обожженный при 800—900 °С доломит 3—8 %.

Среди многих способов повышения прочности и водостойкости гипсовых вяжущих путем гидрофобизации или нанесения защитно-поверхностных покрытий, является введения полимерных добавок и веществ уменьшающих растворимость гипса или вступающих с ним химическое взаимодействие [1, 3].

По результатам проведенных испытаний можно заключить, что, на примере глиногипса Каракалпакии, при изменении условий термической обработки получено композиционное глиногипсовое вяжущее, которое можно использовать для работ в помещениях, в том числе с повышенной влажностью.

Использование глиногипса позволяет не только решить проблему насыщения рынка местным недорогим материалом, и способствует созданию благоприятных экологических условий и формированию комфортного климата внутри помещений. Штукатурки на основе глиногипса, так же как и гипсовые отделочные смеси и изделия обладают способностью отдавать гидратационную воду, что снижает опасность развития пожара.

В планах исследования глиногипсовых вяжущих на основе месторождений РФ (в Поволжье и Ростовской обл.) на предмет их использования в качестве вяжущих. Представляет так же интерес получение обжигового вяжущего гидравлического твердения на основе гипсовых мергелей, содержащих помимо двуводного гипса, кремнезёма и глинистых минералов, известняк.

Вяжущие на основе глиногипса (гипсового мергеля), обладающие свойствами гидравлических материалов, могут быть использованы в составе кладочных смесей, а так же штукатурных составов для интерьерных

и наружных работ. Возможно изготовление так же штучных изделий, например, перегородочных блоков или панелей.

Литература

1. Бурьянов А.Ф., Кривенко В.В., Жуков А.Д., Моисеенко К.С., Асаматдинов М.О. Имитации мрамора // Строительные материалы. 2016. № 4. С. 102–104
2. Еремин А.В., Пустовгар А.П., Голотина А.А., Нефедов С.В., Пашкевич С.А., Шейн А.Л. Оптимизация состава и свойств гипсового вяжущего, полученного в варочном котле // Вестник МГСУ. №6. 2016. С. 56–62
3. Коровяков В.Ф. Перспективы применения водостойких гипсовых вяжущих в современном строительстве // Материалы Всероссийского семинара «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий» М.: РААСН, апрель 2002. С.51–56.
4. Еремин А.В., Пустовгар А.П. Современные подходы рентгенофазового анализа гипсовых вяжущих // Строительные материалы, №7, 2012 г., С 62–66.
5. Румянцев Б.М., Жуков А.Д. Принципы создания новых строительных материалов // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 3(23). Код доступа : vestnik.vgasu.ru. Дата обращения: 2016.07.23
6. Жуков А.Д., Коровяков В.С., Асаматдинов М.О., Чкунин А.С., Румянцев Г.Б. Модифицированные вяжущие на основе гипсового мергеля // Научное обозрение. 2016. №7. С. 86–90
7. Жуков А.Д., Асаматдинов М.О., Нурымбетов Б.Ч., Туремуратов Ш.Н. Исследование кинетики гидратационного структурообразования и свойств известково-белитовых вяжущих на основе мергелей // Вестник МГСУ 2016. № 4. С. 62–68
8. Жуков А.Д., Коровяков В.Ф. , Наумова Т.А., Асаматдинов М.О. Штукатурные смеси на основе глиногипса // Научное обозрение. 2015. № 10. С. 98–101

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ФОСФОГИПСА

Булатов¹, Б. Г. Недосеко², И.В.

¹ Башкирский государственный аграрный университет,

² Уфимский государственный нефтяной технический университет

Проблемы производства стеновых изделий для малоэтажного строительства на основе фосфогипса остаются актуальными и по сей день. Серьезным обоснованием такого интереса к вопросам производства являются колоссальные запасы сырья – выход сухого фосфогипсового отхода в результате производства фосфорной кислоты составляет 4-5 т, на 1 т кислоты, а стоимость удаления и хранения фосфогипса составляет около 10 % себестоимости фосфорной кислоты [2]. На территории России в отвалах находится более 200 млн. т фосфогипса, а в Республике Башкортостан в отвалах Мелеузовского ОАО «Минудобрения» скопилось более 10 млн. т фосфогипса [2].

Одним из наиболее эффективных способов утилизации фосфогипсовых отходов является их использование в малоэтажном строительстве [1, 2, 4]. Все большее распространение получают мелкоштучные стеновые изделия, например блоки строительные замковые (ТУ 215302066523–98), которые имеют форму параллелепипеда с базовым размером 400×800×150 мм [3, 7].

Целью проводимых исследований является создание методологической основы для разработки структур современных иерархических систем автоматизированного управления (далее САУ) производством гипсовых стеновых изделий, обеспечивающих решение задач непосредственного управления технологическим процессом и качеством готовой продукции на базе подобных производств строительных материалов [5]. Проведенный анализ и полученные результаты данных исследований позволили оптимизировать программу расчета составов сырьевых смесей на основе фосфогипса «Optimum» [3, 4].

Анализ вариантов технологических процессов показал, что все технологические процессы состоят из достаточно хорошо отработанных операций: дозирование, смешивание, сушка, прессование, транспортировка. Это создает хорошие предпосылки для автоматизации технологического процесса, для построения САУ нижнего иерархического уровня.

Общая структура системы управления производством смеси на основе фосфогипса для стеновых изделий представлена на рисунке (Рисунок 1). Собственно управление технологическими операциями

обеспечивает САУ нижнего иерархического уровня, а координацию работы отдельных агрегатов и задачи управления качеством решает САУ верхнего иерархического уровня. Рассмотрим основные задачи этих САУ первого уровня:

САУ нижнего иерархического уровня. Решаются, в основном, относительно хорошо проработанные задачи:

Задачи логико-программного управления технологическим оборудованием. Обобщенным формализованным описанием системы логико-программного управления является конечный автомат

$$A = \{X, Y, S, f, \varphi\} \quad (1)$$

где $X(X_1, X_2, X_3 \dots)$ – множество входных логических сигналов;

$Y(Y_1, Y_2, Y_3 \dots)$ – множество выходных логических сигналов;

$S(S_1, S_2, S_3 \dots)$ – множество внутренних состояний автомата;

$f: X \times S \rightarrow S$ – функция переходов, определяющая новое состояние объекта в зависимости от его предыдущего состояния и сочетания входных сигналов;

$\varphi: X \times S$ – функция выходов автомата, определяющая новое значение выходных сигналов в зависимости от текущего состояния автомата и сочетания входных сигналов.

Задачи логико-программного управления успешно решаются в разнообразных локальных и распределенных САУ

Автоматическое регулирование. Осуществляется на уровне управления отдельными объектами и механизмами с целью реализации заданного закона изменения во времени управляемого параметра объекта (дозирование, перемещение, угловая скорость, температура, давление и др.). Формализованное описание задачи автоматического регулирования выполняется с использованием методов теории автоматического регулирования. Система управления реализует функции автоматического регулятора:

$x(t) = u_3(t) - y(t)$ – вычисление ошибки,

$U(t) = A \{x(t)\}$ – расчет управляющего воздействия,

где $x(t)$ – отклонение управляемого параметра от задания;

$u_3(t)$ – заданное значение управляемого параметра (может и не зависеть от времени);

$y(t)$ – управляемый параметр;

$U(t)$ – управляющее воздействие;

A – оператор управления (зависит от закона управления).

Одним из наиболее общих законов управления является пропорционально-интегрально-дифференциальное (ПИД) регулирование. Например, при использовании ПИД-регулирования управляющее воздействие имеет вид:

$$u(t) = k_n x(t) + k_u \int_0^t x(t) dt + k_d \frac{dx}{dt} \quad (2)$$

где k_n , k_u , k_d – коэффициенты усиления (настройки) пропорционального, интегрального и дифференциального каналов ПИД-регулятора

Оптимальное управление. При оптимальном управлении реализуется такое значение управления объектом $U(t)$, которое обеспечивает экстремум критериальной функции Q за интервал времени T . Используются методы теории оптимальных САУ.

Экстремальное управление. Обеспечивает автоматическое поддержание экстремума управляемого параметра объекта в условиях отсутствия полной информации о его свойствах. В системах экстремального управления осуществляется автоматический поиск необходимого управления, обеспечивающего экстремальное значение управляемого параметра независимо от изменения свойств объекта управления и условий его функционирования.

Адаптивное управление. Часто параметры объекта управления не остаются неизменными, а зависят от режима его работы, либо меняются во времени. При неизменной настройке системы управления качество переходных процессов в системе будет изменяться при изменении режима объекта. Чтобы стабилизировать качество, необходимо обеспечить самонастройку характеристик управления при изменении режима работы объекта управления.

Сбор данных. Осуществляется сбор данных о текущих значениях показателей качества компонентов смеси, о режимах технологического процесса и о показателях качества готовой продукции. Все данные должны иметь точную привязку ко времени, что позволит использовать их в дальнейшем анализе.

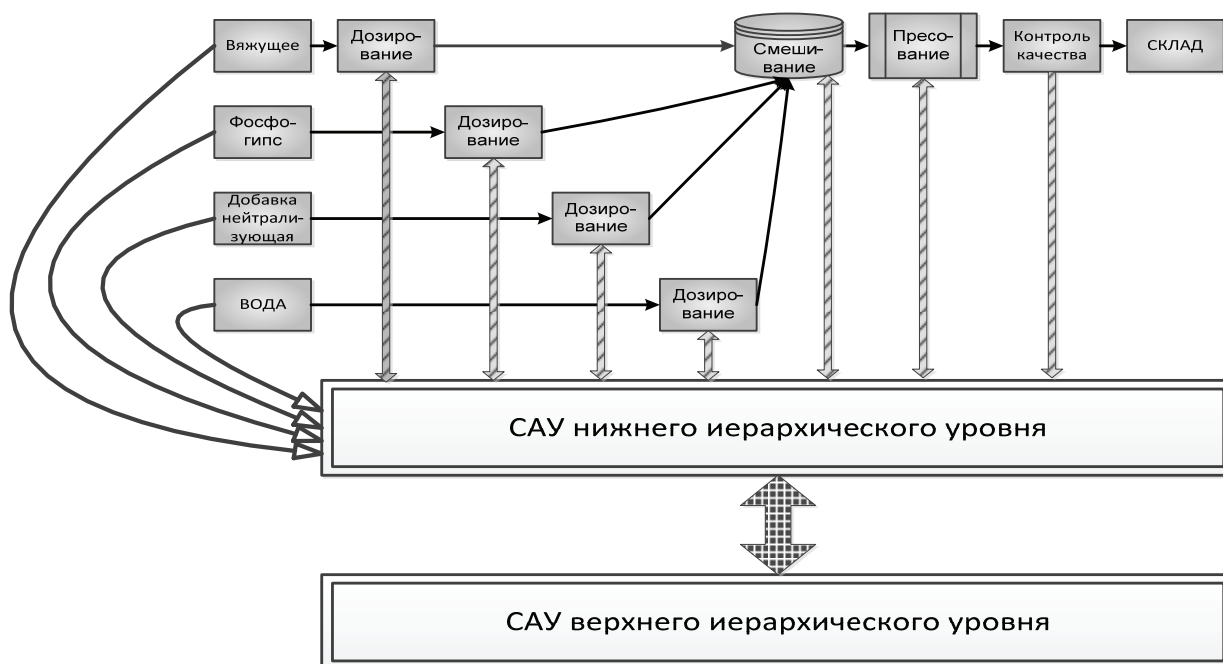


Рисунок 1. Общая структура САУ производством смеси на основе фосфогипса для стеновых изделий

Таким образом, предложенная концепция создания оптимальной структуры системы управления производством стеновых изделий на основе гипсосо-держащих отходов обеспечивает решение различных задач логико-программного управления технологическим оборудованием, что повышает качество получаемых изделий.

Литература

1. Ostroukh A. V., Nedoseko I. V., Surkova N. E. Bulatov B. G. Automated Control System for the Milling Unit of Mineral Powders Plant // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 11, Number 4 (2016) pp 2625-2628.
2. Мирсаев Р. Н., Недосеко И. В., Бабков В. В. [и др.]. Фосфогипсовые отходы химической промышленности в производстве стеновых изделий М.: Химия, 2004. – 176 с.
3. Булатов Б. Г., Недосеко И. В. Разработка структуры системы управления производством стеновых изделий на основе гипсосо-держащих отходов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2014. №2. С. 109-112.
4. Булатов Б. Г., Недосеко И. В. Модели для создания и исследования системы управления производством стеновых изделий на основе фосфогипса // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. №2. С. 370-379.

5. Остроух А. В., Недосеко И. В., Булатов Б. Г. Автоматизированная система управления сушильным комплексом завода по изготовлению минерального порошка // Промышленные АСУ и контролеры. 2015. № 11. С. 3-11.

6. Мирсаев Р.Н., Недосеко И. В., Бабков В. В., Гаитова А. Р., Кузьмин В.В. Гипсошлаковые композиции из отходов промышленности в строительных технологиях // Строительные материалы. 2010. № 7. С. 4-6.

ПРИМЕНЕНИЕ УЛУЧШЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА В ПРОИЗВОДСТВЕ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ МГВ

Булдыжова Е.Н., Бурьянов А.Ф.

НИУ МГСУ

В последнее время одним из перспективных направлений развития строительства является производство и применение сухих строительных смесей (ССС) на основе гипсового вяжущего. Гипсовые ССС для внутренней отделки помещений придают им как архитектурную выразительность, так и создают комфортные условия для жизнедеятельности человека. Высокое качество смесей связано со свойствами и стабильностью фазового состава гипсового вяжущего.

В западноевропейских промышленно развитых странах производят гипсовые и ангидритовые вяжущие вещества различного функционального назначения, поэтому и развито производство гипсовых материалов и изделий широкой номенклатуры [2]. В России в области гипсовой промышленности производится всего лишь два вида вяжущего - это высокопрочный гипс и строительный гипс (90%). Вследствие узкой номенклатуры и невысокого качества гипсовые вяжущие импортируют из зарубежных стран, хотя в нашей стране самые большие месторождения гипсового камня, используют иностранные технологии, оборудование и химические добавки. В какой-то мере причиной выше указанного является недостаточное теоретическое изучение и возможности получения и применения многофазовых гипсовых вяжущих (МГВ) и изделий на их основе. Поэтому развитие научных основ улучшения МГВ с помощью стабилизации фазового состава гипсового вяжущего и с использованием отечественных минеральных и химических добавок является актуальной проблемой.

Целью данной работы стало исследование свойств улучшенного многофазового гипсового вяжущего и получение эффективных сухих строительных смесей на его основе.

Свойства МГВ зависят от многих факторов. Одним из них является процентное соотношение фаз, которое определяет физико-механические свойства и позволяет регулировать их в зависимости от назначения сухих строительных смесей на его основе. Каждая фаза в МГВ индивидуальна, проявляет свои особенности и влияет на свойства вяжущего в целом. Следовательно, его свойства и качество также зависят от свойств и качества фаз, включенных в состав вяжущего.

В составе МГВ присутствует строительный гипс, который включает в себя смесь фаз, а именно полугидрат сульфата кальция, растворимый

ангидрит, слабо растворимый ангидрит, нерастворимый ангидрит, и некоторые из них не стабильны, по отношению к влаге.

Строительный гипс получают нагревом дигидрата сульфата кальция [3]. При этом часть кристаллизационной воды уходит из частиц материала с большим давлением в виде пара, и это приводит к поверхностным дефектам, таким как трещины (рис.1). Это растрескивание приводит к большому увеличению удельной поверхности. А форма и вид поверхности частиц влияет на реактивность вяжущих. При обжиге всегда помимо полугидрата образуется и растворимый ангидрит, который приводит к повышению водопотребности гипсового вяжущего, а, следовательно, к уменьшению прочности. В связи с перечисленными факторами, негативно влияющими на конечный материал, рационально применять стабилизацию строительного гипса [1,4].

В качестве вяжущего для ССС применялось вяжущее, включающее в себя различные фазы гипса. МГВ получали путем смешивания нерастворимого ангидрита и улучшенного строительного гипс. Для активизации твердения использовали известь воздушную комовую. В качестве химических добавок использовали суперпластификатор С-3 и метилцеллюлозу марки МЦ-С. Выбор активизаторов твердения, добавок и их количественное соотношение обусловлен анализом исследований и научно-технической литературы. В таблице 1 представлены физико-механические характеристики основных компонентов МГВ.

Таблица 1.

Физико-механические характеристики основных компонентов МГВ

№ п/п	Фазовый состав вяжущего	НГ, %	Сроки схватывания, мин		Предел прочности при сжатии, МПа
			начало	конец	
Строительный гипс (1. до старения, 2. после старения)					
1.	Дигидрат- $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, полугидрат - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \cdot \text{H}_2\text{O}$, растворимый ангидрит- CaSO_4 (AIII), труднорастворимый ангидрит- $\text{CaSO}_4 \text{ s}$ (AIII s), нерастворимый ангидрит- CaSO_4 (AII)	57	6	10	4,3
2.	Полугидрат- $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \cdot \text{H}_2\text{O}$, нерастворимый ангидрит- CaSO_4 (AII)	53	8	12	5,2
Нерастворимый ангидрит					
1	Нерастворимый ангидрит- CaSO_4 (AII)	32	23	95	22

С помощью химического анализа было определено количество полугидрата, растворимого и труднорастворимого (в течение 3 суток старения при относительной влажности 80 % превращается в дигидрат) ангидритов. Оставшаяся часть (до 100 %) была приписана нерастворимому ангидриту и другим включениям (загрязнениям). Количество дигидрата определялось рентгенографическим способом. Фазовый состав гипсового вяжущего до и после старения представлен в таблице 2.

Таблица 2.

Фазовый состав гипсового вяжущего до и после старения

№ п/п	Фазовый состав, %	Строительный гипс
1	Дигидрат: до старения/после старения	0,1/0,5
2	Полугидрат: до старения/после старения	45,0/83,4
3	Ангидрит (АIII): до старения/после старения	42,3/0,0
4	Ангидрит (АII s): до старения/после старения	3,2/0,4
5	Свободная влага: до старения/после старения	0,0/1,5
6	Потери при прокаливании: до старения/после старения	3,3/7,8

В результате проведенных исследований были получены ССС на основе МГВ с физико-техническими характеристиками, представленными в таблице 3.

Таблица 3.

Физико-технические характеристики сухих строительных смесей

Показатели	Штукатурные сухие строительные смеси	
	без стабилизации строительного гипса	при стабилизации строительного гипса
Время начала схватывания, мин	70	90
Водоудерживающая способность, %	93	97
Прочность сцепления с основанием, МПа	0,71	0,79
Прочность при сжатии, МПа	16,7	19,5

По проделанной работе можно сделать следующие выводы: применение улучшенного строительного гипса в производстве сухих строительных смесей на основе МГВ положительно влияет на их строительные характеристики; позволяет снизить расход функциональных добавок, а, следовательно, получить значительный экономический эффект при производстве ССС.

В качестве перспективы можно предложить исследование получения МГВ не механическим смешиванием фаз, а из природного гипсового камня путем его обжига при определенных режимах, с последующим использованием процесса стабилизации фаз при рациональных условиях.

Литература

1. Некрасова С.А., Гаркави М.С., Е.Н. Булдыжова Сухие строительные смеси на основе стабилизированного гипсового вяжущего // *Строительные материалы*. 2014. № 7. С. 32–33.
2. Алтыкис М.Г. Экспериментально-теоретические основы получения композиционных и многофазовых гипсовых вяжущих веществ для сухих строительных смесей и материалов. Дисс... д-ра техн. наук. Казань. 2003. 435 с.
3. Фишер Х.-Б., Новак С, Острадецкий И. Влагопоглощающая способность полугидратов сульфата кальция // *Инновации и моделирование в строительном материаловедении и образовании*. Тверь. 2014. С. 128–134.
4. Garkavi M., Nekrasova S., Melchaeva O., Garkavi S., Fischer H.-B., Nowak S. Thermodynamic explanation of rational conditions of the «aging» of plaster binder: 18 ibausil. Internationale Baustofftagung. Weimar. 2012. Pp. 1-0741-0748

ГИПСОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА - ЧТО ЖЕ БУДЕТ ДАЛЬШЕ?

Василик П.Г., Бурьянов А.Ф.

ООО «Еврохим-1 Функциональные Добавки»,

Московский государственный строительный университет

В данной статье мы порассуждаем на тему, каким образом строительные материалы, добавки и технологии дня сегодняшнего можно адаптировать и применить в дне завтрашнем.

Психологические фазы развития кризиса хорошо изучены. Одной из них является принятие новой реальности. Изменения, которые происходят на наших глазах, носят фундаментальный характер, а осознание, что фантастика пришла в нашу жизнь, пока носит только поверхностный характер. Это наблюдается при общении с ведущими специалистами строительной отрасли, технологами, предпринимателями. Электромобили и 3D-принтинг уже не являются игрушками, а элементы народного хозяйства.

В этой связи технологии, обеспечивающие быстроту возведения зданий и минимизацию трудозатрат (выраженную в сокращении человеко-часов) - это то, что будет развиваться быстрыми темпами уже в ближайшее десятилетие.

При этом неизбежные климатические изменения с каждым годом ужесточают государственное регулирование выбросов в атмосферу, что в свою очередь может кардинально изменить подходы и в строительстве, и в проектировании зданий. Это приведет к появлению доли малоэтажного домостроения, возведенного по технологии 3D-печати на основе гипсо-цементно-пуццоланового или гипсового вяжущего в зависимости от климатической зоны.

Почему? Расход условного топлива на производство гипса в 3-5 раз меньше, чем у цемента. Дома по каркасным технологиям, обладая низкой инерционностью, менее комфортны для проживания при значительных суточных колебаниях температур, имеющих место на большей части территории РФ. А дома из керамических изделий — это намного больше человеко-часов на возведение.



Рисунок 1. 3D-печать здания

3D-печать - это трехмерная экструзия.

Какие требования предъявляются к растворам по экструзии?

1. Материал после фильеры должен сохранять заданную геометрию, несмотря на внутренние напряжения, гравитацию.
2. Быстрое твердение, быстрый набор конструктивной прочности, чтобы выдерживать последующие слои.

Что же мы уже можем предложить будущему?

Уже сегодня имеется широкий ассортимент эфиров целлюлозы Южнокорейской фирмы Lotte Fine Chemicals (в недавнем прошлом Samsung Fine Chemicals) торговой марки Mecellose для экструзии цементных и керамических изделий.

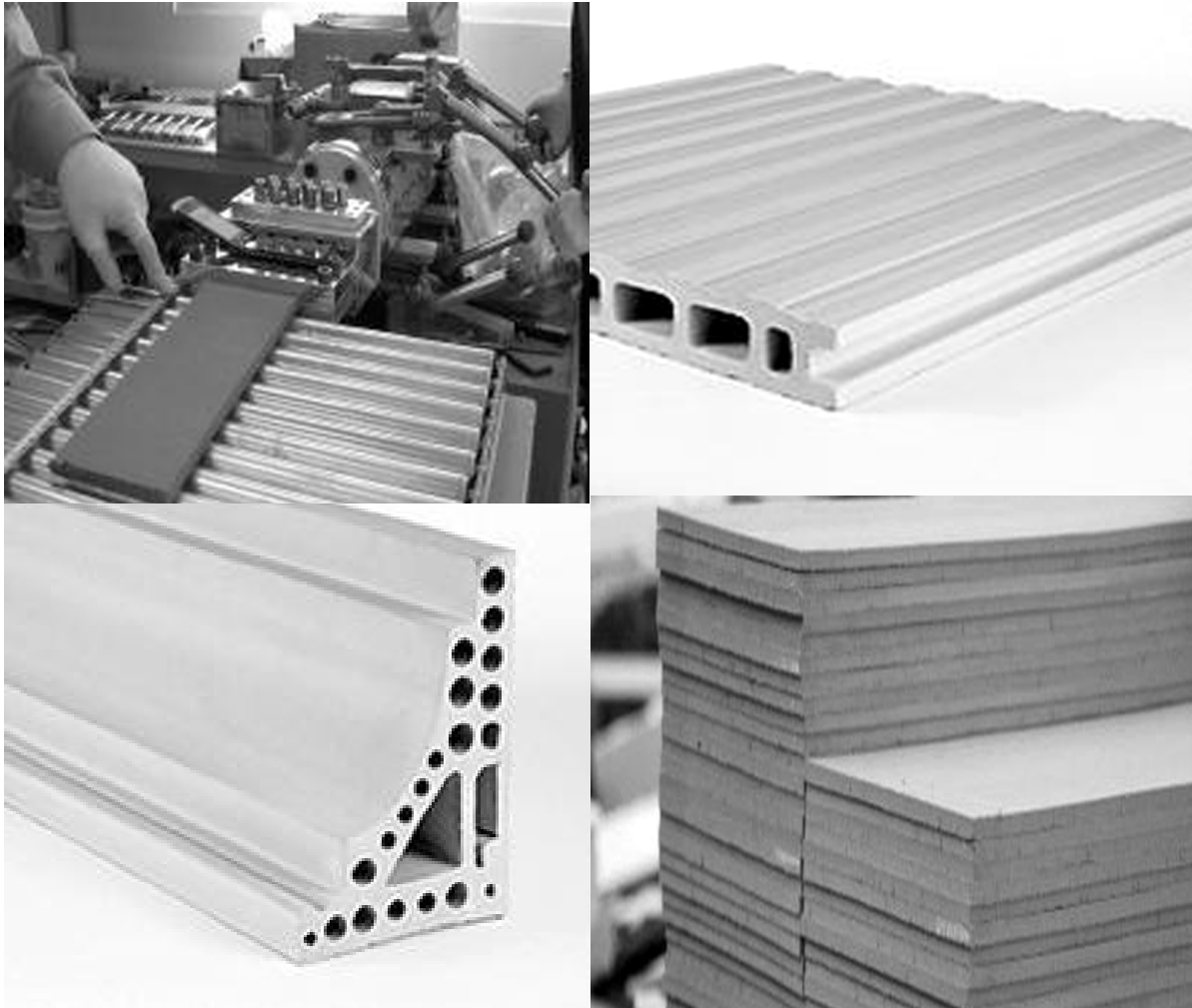


Рисунок 2. Экструзия цементных и керамических изделий

Эфиры целлюлозы в данном случае выступают и как лубрикант - смазка для снижения сдвиговых напряжений при прохождении раствора через фильеру - формирующую головку экструдера, и как фиксатор линейных размеров после выхода раствора - за счет высокой тиксотропности. Эти материалы широко применяются при производстве керамических катализаторов и цементных тонкостенных изделий, но могут также подойти к рассматриваемой технологии 3D печати.

Другим перспективным направлением представляется использование модифицированных бентонитовых глин. Фирма ВУК Chemie производит бентонитовые глины марки Optibent. Это вскрытые глины с высокой скоростью набора консистенции. За счет пластинчатой структуры они также выступают как смазка и как ассоциативный загуститель. Существуют Optibent с различным уровнем дополнительной химической модификацией, как с повышенной тиксотропностью (Optibet 987, 1056 для цементных плиточных клеев классов С0ТЕ), так и, например, гидрофобные (Optibent NT10 используется в полимерных и цементных шпатлевках).

В исследуемой технологии данные добавки, в зависимости от модификации, не только позволят снизить себестоимость смеси, но и получить дополнительные свойства.

И конечно большим подспорьем в исследуемом составе будет дьютановая камедь фирмы СР Kelko - Kelco-Crete. Это также ассоциативный загуститель с очень низкой дозировкой и высоким откликом на снятие сдвига. Келко-крет широко применяется в производстве самовыравнивающихся полов. При расходе 0,03-0,05% по воде он полностью позволяет стабилизировать высокоподвижные системы. При этом дьютан очень мало влияет на гидратацию, что позволяет более точно подбирать рецептуру и получать более высокую раннюю прочность.

Также стоит обратить внимание, что растворы и Optibent, и Kelco-Crete не меняют своей вязкости в зависимости от температуры.



Рисунок 3. Полы

Итак, раствор мы выдавили, что же со схватыванием и твердением?

Чтобы высокоактивные гипсовые шламы не схватывались в смесителях при производстве гипсокартона и пазогребневых плит применяют полипептидные замедлители - Plast Retard PE, L, Hуcon R7200. Эти продукты, в отличие от кислот, замедляют именно начало схватывания, не увеличивая раздвижку между началом и концом. Это важно и для производства гипсокартона, так как сердечник должен схватиться до захода листа в сушило, и для пустотелых, и пазогребневых плит - при этом возрастает оборачиваемость форм. В этих технологиях замедлителя очень мало, только для того, чтобы сократить количество остановок линий на чистку смесителей и для времени формирования изделия. Так как процесс формирования единой матрицы здесь гетерогенный и гетерофазный, то можно активизировать систему как за счет зародышеобразователей - субстрата для начала роста кристаллов, так и за счет привычных солей - поставщиков дополнительных ионов. В качестве зародышеобразователей для гипса выступает стабилизированный тонкомолотый двухводный первичный или вторичный гипс, а для цемента - искусственно синтезированный (немецкой фирмой BASF) гидросиликат кальция Hуcon S 3200 F, S 6100 F.

Данные продукты позволяют сместить начало схватывания. Двухводный гипс в комбинации с винной кислотой позволяет увеличить временной интервал между началом и концом схватывания в гипсовых штукатурках. Hуcon S 3200 F и S 6100 F были созданы для замены системы глиноземистый цемент + карбонат лития в быстрых цементных составах. Используя набор из замедлителя, зародышеобразователя и ускорителя, технологи на высокоскоростных линиях (50 м/мин и выше!) по производству гипсокартона достигают поразительной точности в регулировке кинетики гидратации.

А что у нас с прочностью?

В 2009 году при исследовании различных типов Melflux - поликарбоксилатных пластификаторов немецкой фирмы BASF Construction Solution, в рецептурах с альфа-гипсом Самарского гипсового комбината, были получены удивительные результаты. При концентрациях, намного превышающих рекомендуемые, при медленном твердении были получены прочности от 60 до 85 МПа. При этом образцы получились практически с нулевыми показателями по водопоглощению и с коэффициентом размягчения близким 1.

Кроме того, если при применении поликарбоксилатов в производстве самовыравнивающихся полов (высокоподвижных составов) на основе комплексного вяжущего, производители ССС, как правило, редко изучают вопрос влияния на гидратацию и на дефектность кристаллов, то при экструзии или 3D-принтинге необходимо использовать только продукты,

которые сами по себе не несут отрицательного влияния в процесс формирования матрицы, такие как Melfux 5581 F или новый Melflux 5691, которые позволяют и на Г-3 получать полы с высокой подвижностью (140-150 мм из кольца 30x50 мм) и прочностью M150.

Об этом смело можно говорить ввиду того, что полы на гипсоцементно-пуццолановом вяжущем популярны пока только в России, и до недавнего времени только у нас знали эти рецептуры. Поликарбоксилаты, созданные специально для производства гипсокартона оказались очень чувствительны к глине с высоким катионным зарядом, извечным спутником месторождений гипса, да и ввиду падения стоимости газа на данный момент поставляются только в США.

Можем ли мы гарантировать обещанные свойства смеси во времени?

К сожалению, ввиду того, что вяжущие во времени меняют свой фазовый состав, да и появляющиеся кристаллогидраты привносят изменения, а сроки схватывания и твердения при данной технологии очень важны, то возможно замедлители и ускорители будут подаваться к смеси отдельно.

Можем ли регулировать открытую пористость, соотношение крупных и мелких пор, влиять на водостойкость?

Уже сегодня комбинируя анионногенные (Esapon 1214, ASKO 93) и неионногенные (Esapon 1850, Тесрог MTZ, Genapol PF 80) ПАВ можно регулировать и кратность пены, и размер пор, а с помощью комбинации газообразователей и пеногасителей (Vinapor 9010 F) контролировать и открытую пористость. Водостойкость повышается и за счет введения силан-силоксановых гидрофобизаторов (сегодня на рынке есть и сухие продукты – Silres Powder S), и за счет повышения плотности системы и уменьшения водопоглощения (кальматация пор и т.д.)

А что с ползучестью, наблюдаемой при увлажнении гипсовых изделий?

Эта проблема решается с помощью системы - полимерное волокно длиной 0,5-3,25 мм (FPAC 236/040, Panacea 3,25 мм) + редиспергируемый порошок Vinnapas немецкой фирмы Wacker-Chemie. При этом можно использовать как жесткий полимер Vinnapas 5005N, который широко применяется в плиточных клеях и шпатлевках и позволяет получить хорошую адгезию и когезию после теплового хранения, так и жесткие гидрофобные порошки Vinnapas 8034H и 8031 H. Несмотря на более чем 20-летнюю историю, Vinnapas 8034 H продолжает быть лидером среди гидрофобных жестких порошков с максимальной гидрофобностью.

Заключение.

Таким образом, мы можем создать высокоплотную и высокопрочную ограждающую поверхность и пенобетон с регулируемыми показателями,

меня только некоторые химические добавки, не меняя или незначительно меняя минеральные компоненты уже в смесителе перед головкой экструдера непосредственно при формировании ограждающей конструкции.

Уже сегодня мы можем предложить технологические решения и создавать материалы с заданной структурой. Мы приглашаем всех творческих людей присоединиться к очень интересной задаче - создавать будущее!

GLUCOSET – АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЗАМЕДЛИТЕЛИ СХВАТЫВАНИЯ ДЛЯ ГИПСОВЫХ ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ

Вольфганг Хансл
Юнгбунцлауер Австрия АГ

1. Введение

Общеизвестно, что винная кислота является очень эффективным замедлителем схватывания гипсовых штукатурных растворов¹. Однако, лишь L-винная кислота демонстрирует высокие показатели, необходимые для повышения пластичности штукатурки. По причине высокой стоимости и чрезвычайных колебаний цен, связанных с винной кислотой, в гипсовой промышленности отмечается высокий интерес к альтернативным, экономичным и в то же время надежным решениям в области замедлителей схватывания.

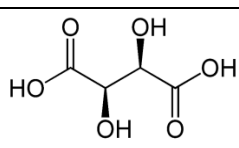
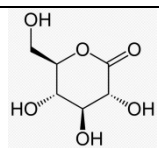
Целью настоящего исследования было найти альтернативу существующим замедлителям (на основе природной винной кислоты), которая обеспечивала бы существенный экономический эффект.

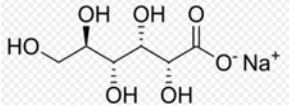
2. Программа испытаний

2.1. Сырьевые материалы

В испытаниях были использованы следующие замедлители схватывания: винная кислота, глюконо-дельта-лактон и глюконат натрия.

Таблица 1. Добавки, использованные в качестве замедлителя схватывания²

ДОБАВКА	СТРУКТУРНАЯ ФОРМУЛА	СОСТАВ
(L)-Винная кислота (ВК), тонкоизмельченная (< 63 мкм)		$C_4H_6O_6$ 150,08 г/моль ⁻¹ $pK_{a1} = 2,98$; $pK_{a2} = 4,34$
GLUCOSET G60 гранулирование: тонкоизмельченная (< 63 мкм)		$C_6H_{10}O_6$ 178,14 г/моль ⁻¹

GLUCOSET S300 гранулирование: порошок (< 300 мкм)		$C_6H_{11}NaO_7$ $218,14 \text{ г/моль}^{-1}$
---	---	--

В качестве основной формулы гипсовой штукатурной смеси была взята продаваемая на рынке штукатурная смесь, из которой был удален компонент замедлителя (Таблица 2).

Таблица 2. Основная формула гипсовой штукатурной смеси

#	<i>КОМПОНЕНТ</i>	<i>КОНЦЕНТРАЦИЯ (В %% ПО ВЕСУ)</i>
1	Полуводный гипс	30–40
2	Многофазный гипс	30–40
3	Гидроксид кальция	1–5
4	Известняковый щебень 0–1 мм	10–20
5	Перлит 0–1 мм (легковесный)	2–5
6	Воздухововлекающая добавка	0,02–0,05
7	Замедлитель схватывания	Переменный параметр (0,10–0,20%)
8	Эфир крахмала	0,01–0,05
9	Метилцеллюлоза	0,2–0,5
	Всего	100%

2.2. Методика испытаний

2.2.1. Методы

А. Ультразвуковой метод³

Скорость распространения ультразвуковых волн (продольных) измерялась при помощи ультразвукового дефектоскопа IP-8 компании UltraTest GmbH, Германия.

Подготовка проб:

300 г гипсовой штукатурной смеси + 186 г деионизированной воды; в/т = 0,62. Перемешивание в течение 60 секунд, помещение штукатурки в испытательную ячейку, уплотнение 20 с при амплитуде 1,00.

В. Метод Vicat-Dettki⁴

Метод с использованием прибора Вика в соответствии с EN13279-2 был применен для определения начала и конца (метод внутренних испытаний) схватывания проб гипсовой штукатурки. Погружение с интервалом каждые 30 мин с момента подготовки пробы.

Подготовка проб:

300 г гипсовой штукатурной смеси + 186 г деионизированной воды; в/т = 0,62.

Гипсовая штукатурная смесь смешивалась с водой и перемешивалась в течении 60 секунд при помощи устройства для замеса вручную (Уровень 2). Полученная смесь помещалась в чашу и спрессовывалась осторожным трамбованием.

С. Испытания на пригодность⁵

90 кг штукатурного раствора было загружено в смеситель в соответствии с DIN EN 1015-2. К штукатурному раствору был добавлен замедлитель, после чего смесь перемешивалась в течении 10 мин.

Перемешивание гипсовой штукатурной смеси с водой и нанесение полученного раствора на стену для испытаний производилось с использованием штукатурной машины. Испытания проводились на поверхности из пустотелого кирпича (поглощающая поверхность) (прибл. 4 м²).

Испытания на пригодность гипсового штукатурного раствора проводились на пяти этапах:

1. Нанесение
2. Выравнивание
3. Заглаживание
4. Увлажнение
5. Финишная шпаклевка.

Было зарегистрировано время до нанесения гипсовой штукатурки на стену. Качество технологического этапа оценивалось по шкале от одного до пяти: 1 = отличное, 2 = хорошее, 3 = удовлетворительное, 4 = адекватное, 5 = с серьезными недостатками.

2.2.2. Режим испытаний

а) Для того, чтобы определить «стандартную» концентрацию замедлителя на основе винной кислоты, были использованы различные концентрации винной кислоты в основной формуле гипсового штукатурного раствора.

Профили замедления различных штукатурных растворов были испытаны при помощи ультразвукового метода. Полученная концентрация винной кислоты 0,1% использовалась как эталон для всех дальнейших испытаний, за исключением экспериментов, описанных в п. с).

б) GLUCOSET S300 или GLUCOSET G60 добавлялись в различных концентрациях к основной формуле гипсовой штукатурной смеси для осуществления контроля профиля замедления ультразвуковым методом. Цель заключалась в получении для замедлителя на основе глюконата такого же профиля замедления как для эталонного. Были определены индивидуальные характеристики замедлителя на основе глюконата по сравнению с винной кислотой.

с) Сравнение GLUCOSET S300 и GLUCOSET G60 с винной кислотой производилось посредством испытаний на пригодность на стене.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Лабораторные результаты для GLUCOSET S300

GLUCOSET S300 добавлялся в различных концентрациях к основной формуле гипсовой штукатурной смеси: 0,16%, 0,17%, 0,20%.

На первом этапе мы использовали ультразвуковой метод для испытания эффективности замедления обоих продуктов по сравнению с эталоном.

Оказалось, что согласно графикам скорости, GLUCOSET S300 был способен соответствовать профилю замедления винной кислоты при нормированной концентрации 0,16% (см. рис. 1).

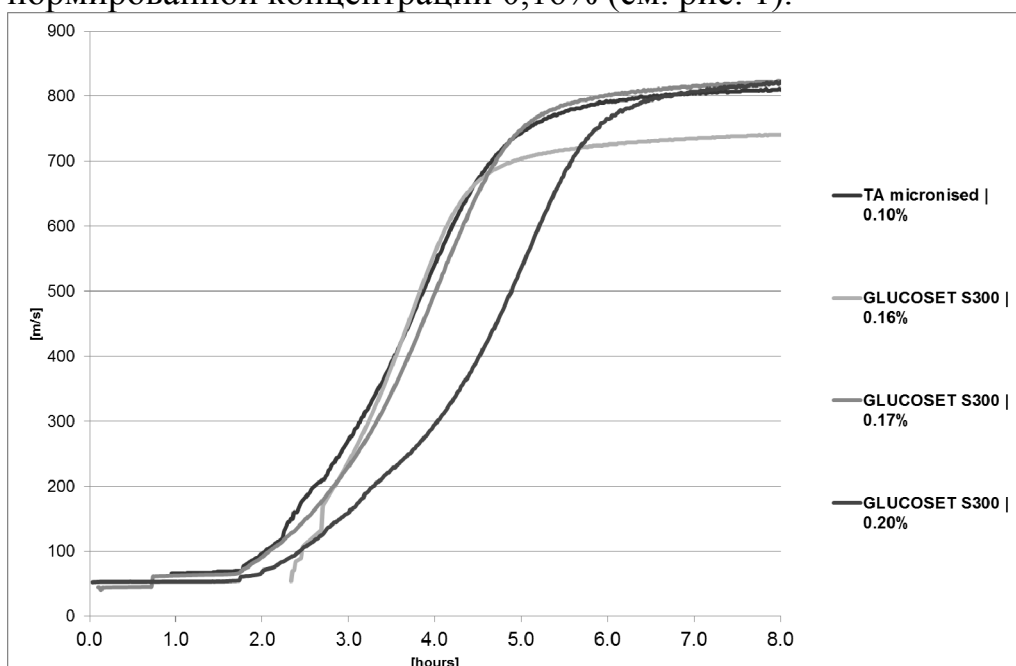


Рисунок 1. Измерения ультразвуковым методом GLUCOSET S60 по сравнению с винной кислотой @ 0.10%

Затем мы использовали метод Vicat для подтверждения результатов ультразвуковых измерений (рис. 2). Мы сравнили GLUCOSET S300 (0,16%, 0,17%) с эталоном.

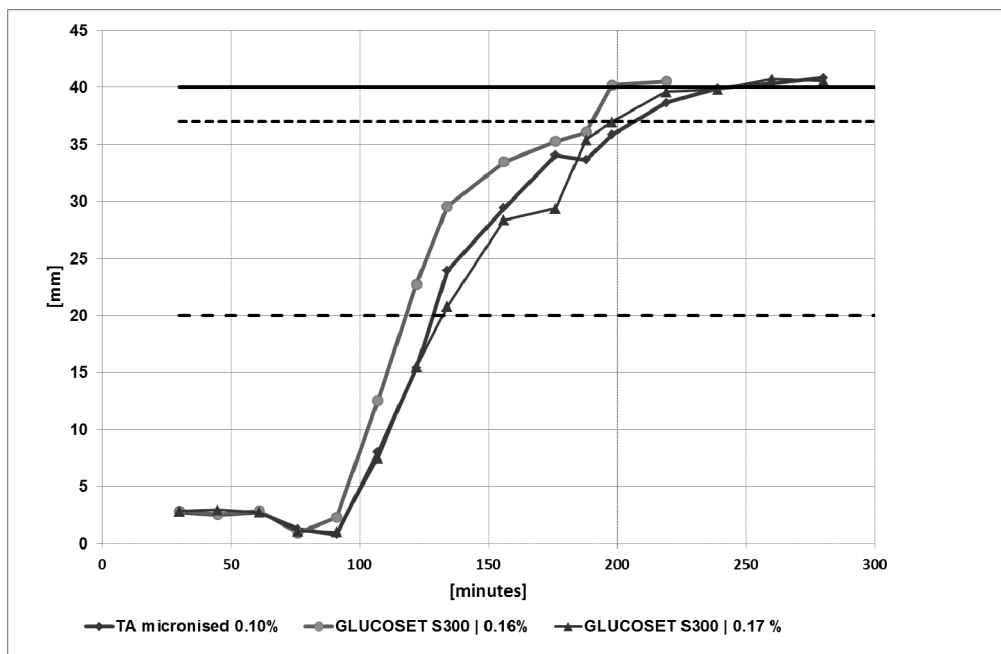


Рисунок 2. Анализ испытаний, проведенных методом Vicat Dettki, по GLUCOSET S60 / S300 @ 0,16/0,17% по сравнению с ВК @ 0,10%

Полученные графики Vicat Dettki продемонстрировали, что GLUCOSET S300 при концентрации 0,16% показал близкие эталону характеристики. Можно сделать вывод, что эффективность GLUCOSET S300 составляет приблизительно 63% по сравнению с винной кислотой.

3.2. Лабораторные результаты испытаний GLUCOSET G60

Для экспериментальной установки по GLUCOSET S60/300, к основной формуле гипсовой штукатурной смеси был добавлен GLUCOSET G60 в различных концентрациях (0,12%, 0,13%, 0,14%).

На первом этапе мы наблюдали за профилями замедления при помощи ультразвукового метода. Максимальное соответствие эталону было зафиксировано для GLUCOSET G60 при концентрации 0,14% (рис. 3).

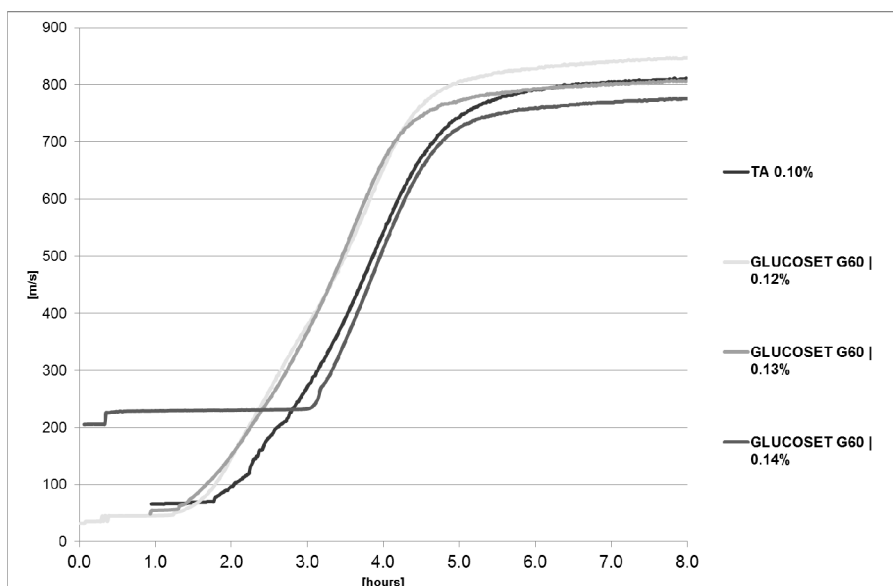


Рисунок 3. Измерения ультразвуковым методом GLUCOSET G60 по сравнению с винной кислотой @ 0,10%

Затем, при использовании метода Vicat мы подтвердили эффективную концентрацию 0,14% для GLUCOSET G60 (рис. 4) Для обеих проб были получены очень похожие графики Vicat.

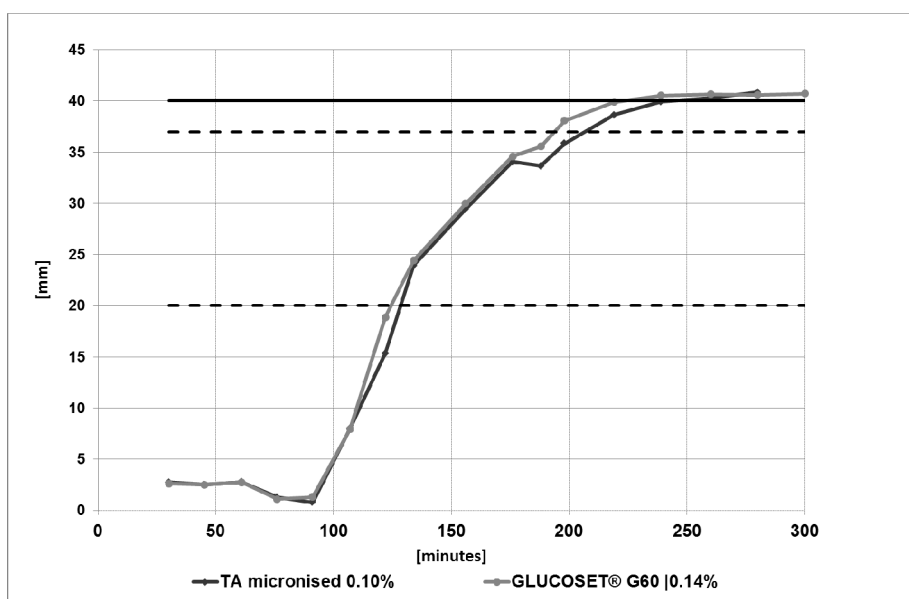


Рисунок 4. Анализ испытаний, проведенных методом Vicat Dettki, по GLUCOSET G60 @ 0,14% по сравнению с ВК @ 0,10%

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что замедлитель схватывания на основе глюконо-дельта-лактона GLUCOSET 60 обладает эффективностью на уровне 71%, т.е., или необходимо передозирование на уровне 1,4.

3.3. Результаты испытаний на пригодность GLUCOSET S300 / G60:

Испытания на пригодность проводились с GLUCOSET S300 и GLUCOSET G60. С целью максимального соответствия реальному технологическому процессу эталонная концентрация была скорректирована до 0,13%:

- a) Эталон: тонкоизмельченная винная кислота 0,13%
- b) GLUCOSET S300 0,21%
- c) GLUCOSET G60 0,18%

Испытания на пригодность проводились в тот же день и с той же основной формулой гипсовой штукатурной смеси (Таблица 2). Технологический процесс в испытаниях также соответствовал пятиэтапной методологии (см. Раздел «Методология» 2.2 С).

По каждой испытываемой формуле субъективная оценка каждого технологического этапа документировалась соответствующим специалистом. Во-вторых, было зафиксировано время начала каждого технологического этапа. Особенное значение для оценки имеют последние три этапа, поскольку именно там должны играть роль незначительные отличия конкретных замедлителей.

Результаты оценки качества были кратко приведены на рис. 5. И GLUCOSET G60, и GLUCOSET S300 показали такие же результаты как и образцовый замедлитель на этапах заглаживания и увлажнения. Только на последнем технологическом этапе показатели образцового замедлителя были незначительно выше (1/2 пунктов).

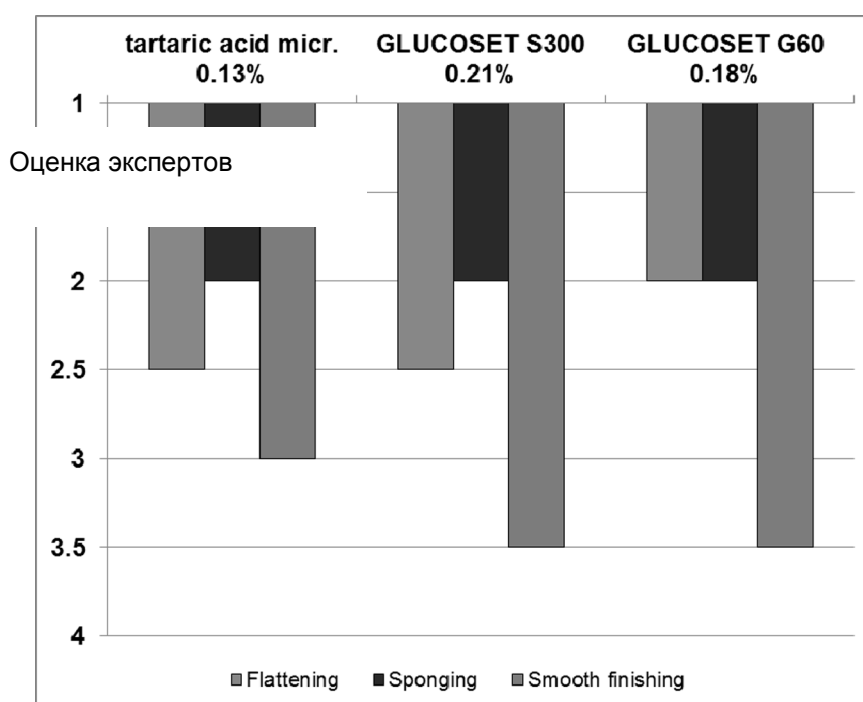


Рисунок 5. Оценка этапов нанесения на стену гипсового штукатурного раствора с добавлением GLUCOSET S300 и GLUCOSET G60 по сравнению с винной кислотой 0,13% 1 = отлично и 5 = серьезные недостатки.

Продолжительность трех последних технологических этапов для каждой формулы приведена на рис. 6. Этап заглаживания в отношении замедлителя GLUCOSET был завершён ранее, а этап увлажнения был начат позднее. Это дает преимущество штукатурщику, поскольку обеспечивает ему большую гибкость на последнем этапе технологического процесса. В общем и целом, общая продолжительность технологического процесса на всех пяти этапах была сравнимой для всех испытанных проб.

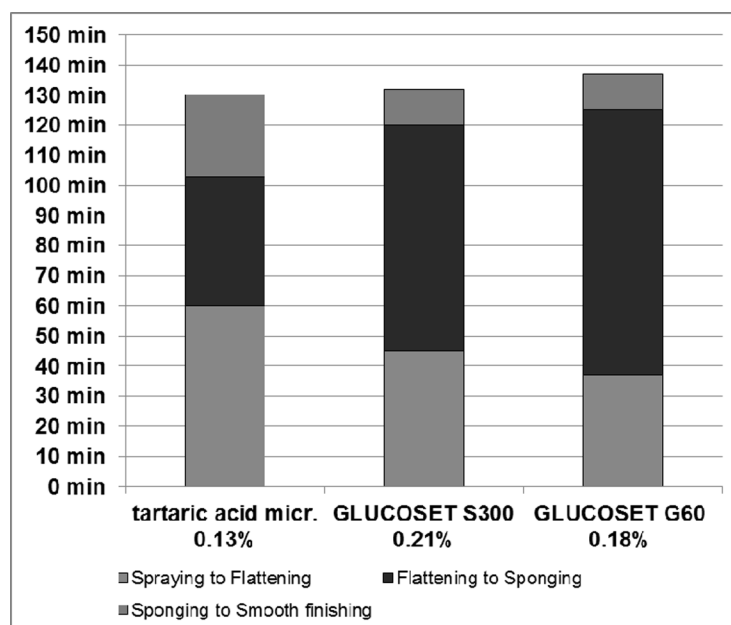


Рисунок 6: Продолжительность ключевых технологических этапов нанесения гипсовой штукатурки на стену.

4. Выводы

GLUCOSET S300 и GLUCOSET G 60 были испытаны на предмет их замедляющих свойств в стандартной гипсовой штукатурной смеси. Стандартные лабораторные испытания – ультразвуковой метод и метод Vicat-Dettki – подтвердили, что замедлители GLUCOSET могут полностью заменить винную кислоту, если они применяются в более высоких дозировках: GLUCOSET G60 плюс 40% и GLUCOSET 300 плюс 60%.

В испытаниях на пригодность на стене, гипсовые штукатурные смеси, содержащие GLUCOSET S300 и GLUCOSET G60, показали сравнимую общую продолжительность технологического процесса по сравнению с образцом (винная кислота). Продукты для штукатурки стен с добавлением GLUCOSET S300 или GLUCOSET G60 получили похожую субъективную

оценку по ключевым этапам технологического процесса за исключением последнего этапа финишной шпаклевки, где винная кислота показала несколько более высокие результаты.

Несмотря на то, что продукты с содержанием GLUCOSET действуют менее эффективно, они предлагают существенные экономические преимущества по сравнению с (L)-винной кислотой – до 35%.

Справочные материалы

- [1] Nyvlt, J.; Ulrich, J. *Admixtures in Crystallization*, Weinheim, VCH, 1995. Fischer, H.-B.; Werner, M.; *Hydratationsverhalten von Gipsmischungen*, Stuck-Putz-Trockenbau, 9 (1994), 16–22
- [2] Винная кислота была приобретена в тонкоизмельченном виде с антислеживающим агентом у компаний Randi SpA (Италия; природный источник) и Changmao Biochemical Engineering Co., Ltd (Народная Республика Китай, синтетическая). Глюконо-дельта-лактон и глюконат натрия были приобретены у компании Jungbunzlauer S.A. (Франция), и затем подвергнуты тонкому измельчению (макс. 1% > 63 мкм)
- [3] Метод внутренних испытаний Университета Баухаус в Ваймере
- [4] EN 13279-2 Gypsum binders and gypsum plasters, Part 2: Test methods
- [5] Hecker, A.; Baumann, R; Dow Chemical Company, “Controlling the setting profile of Gypsum plaster”, TECHLINE for the Construction Industry

О компании Jungbunzlauer

Компания Jungbunzlauer является одним из ведущих мировых производителей биоразлагаемых продуктов природного происхождения. Мы даем возможность нашим заказчикам производить более здоровые, более безопасные, более вкусные и более устойчивые продукты. Благодаря постоянным инвестициям, современным технологическим процессам и всесторонней системе управления качества мы можем обеспечить выдающееся качество своей продукции. Наш девиз – From nature to ingredients® [От природы к ингредиентам] - обязывает нас защищать людей и окружающую среду.

GLUCOSET – это новый ассортимент замедлителей схватывания, созданных специально для гипсовой отрасли в рамках группы компании

Jungbunzlauer, занимающейся разработкой и производством продукции на основе глюконатов.

Глюконаты компании Jungbunzlauer – это многофункциональные ингредиенты для продуктов питания, средств для ухода за лицом и телом, фармацевтических и технических приложений. Возникающие естественным образом во фруктах, вине, меде и производимые посредством ферментации возобновляемых углеводов в ЕС, они являются устойчивыми, полностью биоразлагаемыми и безопасными продуктами.

Авторы

Д-р Дирк Ленц (Dirk Lenz) – Управляющий по группе товаров «Глюконаты» компании Jungbunzlauer в Базеле, Швейцария.

dirk.lenz@jungbunzlauer.com

Д-р Вальтер Кнопп (Walter Knoerr) – Руководитель отдела технологии применения в компании Jungbunzlauer Ladenburg GmbH, Германия.

Walter.knoerr@jungbunzlauer.com

Штефан Келбиг (Stefan Koelbig) – Управляющий проектами отдела технологии применения в компании Jungbunzlauer Ladenburg GmbH, Germany.

Stefan.koelbig@jungbunzlauer.com

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ КЕРАМЗИТОВОЙ ПЫЛИ НА ПЛОТНОСТЬ УПАКОВКИ ЗЕРЕН КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОИЗВЕСТКОВОКЕРАМЗИТОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Гайфуллин А.Р., Халиуллин М.И., Рахимов Р.З.,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Расширение производства и применения композиционных гипсовых вяжущих и материалов на их основе являются одним из актуальных направлений повышения технической и экономической эффективности стройиндустрии. В настоящее время известен значительный объем разработок композиционных гипсовых вяжущих с химическими и минеральными добавками природного и техногенного происхождения [1-5].

Прочность и водостойкость искусственного камня на основе композиционных минеральных вяжущих веществ в значительной мере зависит плотности упаковки зерен компонентов вяжущего. В настоящей работе приведены результаты исследований влияния удельной поверхности и гранулометрического состава добавки керамзитовой пыли на плотность упаковки зерен разработанного авторами настоящей работы композиционного гипсоизвестковокерамзитового вяжущего (КГИКВ) [5].

При выполнении исследований были использованы следующие материалы:

- строительный гипс Г-6БП по ГОСТ 125 производства ООО «Аракчинский гипс»;
- керамзитовая пыль (КП) цеха керамзитового гравия Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром» с циклонов пылеочистки;
- строительная известь второго сорта по ГОСТ 9179 производства ООО «Казанский завод силикатных стеновых материалов».

Керамзитовую пыль предварительно размалывали в планетарной мельнице МПЛ-1 до достижения удельных поверхностей 250, 500 и 800 м²/кг. Удельную поверхность определяли по методу Козеини-Кармана по воздухопроницаемости при атмосферном давлении на приборе ПСХ-9.

Композиционное гипсовое вяжущее получали смешением 20 % молотой керамзитовой пыли, 5 % извести и 75 % строительного гипса.

Фракционный состав вяжущего определялся методом лазерной диспергации на приборе «LA-950» фирмы «Horiba Instruments Inc».

Плотность упаковки зерен вяжущего определялась расчетом по методике, представленной в работе [6].

В таблице 1 приведены результаты исследований фракционного состава КГИКВ с добавками керамзитовой пыли различной дисперсности.

Таблица 1

Фракционный состав КГИКВ

Удельная поверхность керамзитовой пыли, м ² /кг	Средний размер частиц, мкм	Выход фракций (мкм),%							
		1-3	3-5	5-10	10-30	30-50	50-100	100-150	≥ 200
250	163,89	1,71	4,1	10,48	16,40	3,83	8,545	9,129	45,79
500	61,19	0,596	3,491	16,38	31,8	8,58	16,99	10,43	11,71
800	47,73	3,03	6,824	17,50	30,60	9,54	16,98	8,658	6,846

Реальные порошки имеют полидисперсионный состав, часто с нормальным распределением по размерам частиц. Их упаковка выше, чем у монодисперсного порошка, но ниже, чем у смеси с двумя монофракциями.

Методика расчёта степени упаковки полидисперсных порошков по известному распределению частиц порошка постоянно совершенствуется. Если использовать принцип дополненности фракций, то придётся отсеять промежуточные фракции и подгонять содержание дополнительных до оптимальных значений, то есть, распределить порошки по фракциям.

При допущении некоторой ошибки в оценке степени упаковки порошков со сплошным полидисперсным фракционным составом можно рассчитать по следующей методике [4].

Основанием для расчёта степени упаковки натуральных порошков являются данные по его ситовому анализу. Введём параметрическую функцию $f(\alpha, \beta)$, которая принимает значения степени упаковки двух фракций в соответствии с представленной на рисунке диаграммой в зависимости от параметров смеси – отношений диаметров (D) и концентраций фракций (C).

$$\alpha = D_1 / D_2 \quad (1)$$

$$\beta = C_1 / C_2 \quad (2)$$

$$\delta_n = f(\alpha, \beta) = f(D_1/D_2, C_1/C_2) \quad (3)$$

В общем виде формулу для степени упаковки полидисперсного порошка можно выразить через параметрическую функцию.

$$\delta_{1-n} = f_1(\alpha_1, \beta_1) + f_2(\alpha_{12}, \beta_{12}) + f_3(\alpha_{123}, \beta_{123}) + f_4(\alpha_{1234}, \beta_{1234}) + f_5(\alpha_{12345}, \beta_{12345}) - i * 0,635 = \sum_{i=1}^n f_i(\alpha_{12\dots i}, \beta_{12\dots i}) - 0,635 * (i - 1) \quad (4)$$

Из представленной на рис.1 диаграммы видно, что условия дополнителности возникают для фракций при следующих значениях параметров:

$$\begin{cases} \alpha_{opt} = 6,7 \\ \beta_{opt} = 7/3, (C_1 = 70\%, C_2 = 30\%) \\ \delta_{opt} = 0,85 \end{cases} \quad (5)$$

Упаковка двух и более произвольных фракций с произвольным отношением пропорций будет всегда выше, чем у каждой из них по отдельности. Чем ближе параметры смеси к указанным в уравнениях (4) и (5), тем выше степень упаковки.

$$D_2 \leq 0,15 D_1 \quad (6)$$

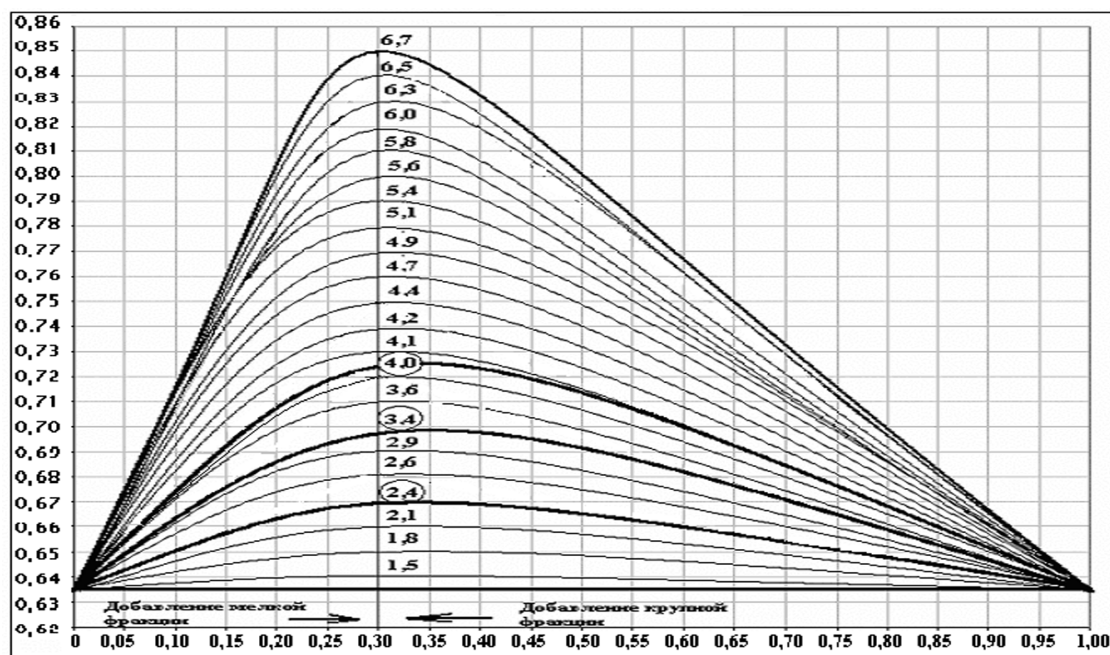


Рисунок 1. Упаковка двух фракций (в %) в зависимости от содержания мелкой фракции в смеси (в %), а также от отношения диаметра крупной фракции к мелкой.

Из диаграммы видно, что максимальное заполнение пустот для двух фракций будет описываться условием, описанным в уравнениях (4) и (5). Для полидисперсных порошков коэффициент упаковки сферических частиц должен приближаться к 1, при этом пустотность будет стремиться к 0.

Пользуясь описанной выше методикой, в настоящей работе произведен расчет плотности упаковок КГИКВ с керамзитовой пылью различной тонкости помола, результаты которого приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчета плотности упаковок зерен КГИКВ с керамзитовой пылью различной дисперсности

Удельная поверхность керамзитовой пыли, м ² /кг	$C_i/(C_i+C_{i+1})$	β	D_i/D_{i+1}	α	δ -2х фракций	δ состава
250	C(0,011-1/1-3)	0	D(0,011-1/1-3)	3,96	0,635	0,787
	C(1-3/3-5)	0,295	D(1-3/3-5)	2	0,653	
	C(3-5/5-10)	0,281	D(3-5/5-10)	1,87	0,651	
	C(5-10/10-30)	0,390	D(5-10/10-30)	2,66	0,68	
	C(10-30/30-50)	0,810	D(10-30/30-50)	2	0,64	
	C(30-50/50-100)	0,310	D(30-50/50-100)	1,87	0,653	
	C(50-100/100-150)	0,483	D(50-100/100-150)	1,66	0,64	
C(100-150/150-890)	0,166	D(100-150/150-890)	4,16	0,68		
500	C(0,011-1/1-3)	0	D(0,011-1/1-3)	3,96	0,635	0,797
	C(1-3/3-5)	0,145	D(1-3/3-5)	2	0,653	
	C(3-5/5-10)	0,176	D(3-5/5-10)	1,87	0,652	
	C(5-10/10-30)	0,340	D(5-10/10-30)	2,66	0,688	
	C(10-30/30-50)	0,787	D(10-30/30-50)	2	0,648	
	C(30-50/50-100)	0,335	D(30-50/50-100)	1,87	0,66	
	C(50-100/100-150)	0,619	D(50-100/100-150)	1,66	0,645	
C(100-150/150-394)	0,471	D(100-150/150-394)	2,17	0,661		
800	C(0,011-1/1-3)	0	D(0,011-1/1-3)	3,96	0,635	0,768
	C(1-3/3-5)	0,307	D(1-3/3-5)	2	0,658	
	C(3-5/5-10)	0,280	D(3-5/5-10)	1,87	0,652	
	C(5-10/10-30)	0,363	D(5-10/10-30)	2,66	0,683	
	C(10-30/30-50)	0,762	D(10-30/30-50)	2	0,645	
	C(30-50/50-100)	0,359	D(30-50/50-100)	1,87	0,652	
	C(50-100/100-150)	0,662	D(50-100/100-150)	1,66	0,641	
C(100-150/150-300)	0,558	D(100-150/150-262)	1,8	0,647		

Данные расчетов таблицы 2 плотности упаковок, подтверждаются результатами исследований, показывающих, что наибольшая плотность и прочностные показатели искусственного камня на основе КГИКВ достигаются при ведении добавки керамзитовой пыли с удельной поверхностью 500 м²/кг [5].

Литература

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В.Ферронской. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 488 с.

2. Гордина А.Ф., Полянских И.С., Токарев Ю.В., Бурьянов А.Ф., Сеньков С.А. Водостойкие гипсовые материалы, модифицированные цементом, микрокремнеземом и наноструктурами // Строительные материалы, 2014, № 6. – С. 35-37.
3. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Исследование влияния активных минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего // Строительные материалы, 2015, № 5. – С. 20-23.
4. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г., Власов В.В. Состояние и тенденции развития промышленности гипсовых строительных материалов // Строительные материалы, 2010, № 2. – С. 53-55.
5. Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р. Состав и структура камня композиционного гипсового вяжущего с добавками извести и молотой керамзитовой пыли // Вестник МГСУ, 2013, № 12. – С. 109-117.
6. Локтев И.И. Модель упаковки полидисперсных материалов: Метод. указание. – Новосибирск: Новосибирский завод химконцентратов. – 13 с.

ЗАКЛАДОЧНЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ

Гальцева Н.А., Бурьянов А.Ф.

НИУ МГСУ

В России исследование и освоение промышленного производства ангидритового вяжущего (ангидритового цемента) впервые проводились в начале 20-х годов под руководством академика П.П. Будникова.

В настоящее время доля ангидритового и многофазовых гипсовых вяжущих, производимых в основном в странах Западной и Восточной Европы, Ближнего Востока составляет до трети от общего объема производства вяжущих на основе сульфата кальция.

Преимуществами ангидритового вяжущего, по сравнению с другими видами гипсовых вяжущих, являются: относительно высокая прочность, замедленные сроки схватывания, отсутствие объемного расширения при твердении [1]. Согласно отечественной и зарубежной строительной практике сферой применения ангидритового вяжущего является изготовление штукатурных и кладочных растворов, стяжек под полы, растворов для заполнения горных выработок, декоративно-облицовочных плит, архитектурных деталей, мелкоштучных стеновых камней. [2] Кроме того, получаемый в процессе обжига гипсового сырья ангидрит II в количестве 40-70% входит в состав многофазовых гипсовых вяжущих (штукатурного гипса), содержащих также 30-60% β – или α - полугидрата сульфата кальция, являющихся основой сухих смесей для производства штукатурных растворов.

Согласно представлениям большинства современных исследователей процесс твердения ангидритового вяжущего протекает, в основном, в результате гидратации при растворении ангидрита II в воде и последующей кристаллизации образующегося гипса.

Ускорение гидратации и твердения ангидрита II до технически приемлемых сроков достигается введением добавок активаторов-твердения. По классификации Я. Арденса вещества, активизирующие процесс твердения ангидрита II подразделяются на три группы:

- 1) Кислоты и кислые соли, поставляющие в водные растворы ионы H^+ ;
- 2) Сульфаты щелочных и тяжелых металлов, создающие в водных растворах нейтральную или слабокислую реакцию;
- 3) Соединения, отличающиеся щелочным характером и поставляющие в водные растворы ионы OH^- [1]

В промышленной практике в качестве активаторов твердения ангидритового вяжущего используются вещества, имеющие общий ион с $CaSO_4$: растворимые сульфаты некоторых металлов ($NaSO_4$, $NaHSO_4$,

K₂SO₄, Al₂(SO₄)₃ и др.) в количестве до 3% по массе, вещества, отличающиеся щелочным характером (известь, портландцемент, основные гранулированные шлаки и др.) в количестве до 7% по массе [3]. Активизаторы твердения вводятся в состав вяжущего при помоле, а растворимые сульфаты с водой затворения [4].

При подборе химических добавок активаторы твердения ангидритового вяжущего (растворимые) вводились в виде раствора совместно с водой затворения. Из опубликованных работ известно, что сульфатные активизаторы повышают прочность, а щелочные придают затвердевшему раствору постоянство объёма. [3] При подборе оптимального состава вяжущего исходили из смешанного способа активации твердения ангидрита из природного камня.

В дальнейшем, отобранные на первом этапе испытаний, наиболее перспективные добавки-ускорители вводились при помоле.

Свойства ангидритовых вяжущих определялись по ТУ 21-0284757-1-90 «Вяжущие гипсовые и ангидритовые» с измененными условиями хранения и сроками определения прочности. Условия хранения образцов балочек размером 4x4x16 см: 7-мь суток над водой и 21 сутки при нормальных температурно-влажностных условиях. Прочность образцов определяли через 7 и 28 суток твердения.

Исследовалось влияние на процессы твердения синтетического ангидритового вяжущего следующих активаторов: цемент М400Д0, известь негашеная (СаО=70%), КОН, K₂S₂O₇, FeSO₄, AlK(SO₄)₂ x 12H₂O, Хромокалиевые квасцы и комбинации данных добавок.

Согласно результатов исследования, из числа проверенных активаторов твердения ангидритового вяжущего лучшие результаты по срокам схватывания получены при использовании 2,5% AlK(SO₄)₂ x 12H₂O, а также комплексных добавок, состоящих из 3-5% портландцемента + 1-1,5% K₂SO₄ + 0,2-0,5% FeSO₄ (первый вариант) и 5% извести-кипелки + 1,5 %K₂SO₄ + 0,2-0,5% (второй вариант).

Стабильные показатели по основным технологическим свойствам свежеприготовленных и затвердевших растворов получены при использовании в составе ангидритового вяжущего добавок портландцемента и сульфатных активизаторов твердения K₂SO₄ и FeSO₄ [5].

При использовании в составе ангидритового вяжущего комплексной добавки, состоящей из 5% портландцемента ПЦ400-500ДО, 1% сульфата калия и 0,5% сульфата железа, прочность раствора при сжатии в возрасте 28 суток составила в пределах 25-30МПа. Такие прочностные показатели были получены только в случае совместного помола ангидритового камня и химических добавок.

Одним из наиболее перспективных направлений, по нашему мнению, является применение синтетического ангидрита для производства сухих

строительных смесей, что дополнительно позволит решить значимую экологическую проблему, так как пирометаллургическая переработка медь-, цинк-, никель-, и свинецсодержащего сырья сопряжена с выделением большого количества сернистого ангидрита. Например, по данным Нафталь М.Н., в 2009 г. количество выбрасываемого SO₂ предприятиями Заполярного филиала (ЗФ) ОАО «ГМК «Норильский никель» составило 2 млн. т. Одним из распространенных методов утилизации SO₂ на заводах цветной металлургии является их переработка в серную кислоту контактным методом. В свою очередь концентрированная H₂SO₄ с учетом логистики не всегда может быть переработана в традиционные целевые продукты (минеральные удобрения и др.) с достижением положительной экономической эффективности. [6]

Возможный профицит серной кислоты на предприятиях цветной металлургии повышает актуальность новых (альтернативных) направлений утилизации серной кислоты, например, путем обработки ее кальцийсодержащими нейтрализующими реагентами (известняк, мел, известь, известковое молоко) с получением различных модификаций сульфата кальция, которые, в конечном счете, используются в качестве гипсовых вяжущих [7]. В частности, по данному направлению ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» выполнены в лабораторных условиях работы по получению из серной кислоты техногенного ангидрита сульфата кальция с последующим использованием его для приготовления закладочных смесей для закладки отработанного пространства рудников.

Для проведения исследований использовался синтетический ангидрид, предоставленный ОАО «НИУИФ». Свойства предоставленных проб синтетического ангидрита приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристики исходного сырья

№ п/п	Характеристика	Ед. изм.	Проба №1	Проба №2
1.	Удельная поверхность CaSO ₄	см ² /г	1600	1560
2.	Содержание основного вещества	%	95	97
3.	Содержание H ₂ O общей	%	1,2	0,94
4.	Содержание остаточной серной кислоты	%	0,03	0,005
5.	Ситовый состав ангидрита	-	100 % < 60 мкм	100 % < 60 мкм
6.	H ₂ O _{общ} /H ₂ O _{крист}	%	0,7 / 0,7	1,2 / 1,2

По результатам испытаний установлено, что исходное сырье, полученное от ОАО «НИУИФ», является практически инертным. Для получения из данного сырья ангидритового вяжущего необходима его механическая активация и модификация.

На основании проведенных лабораторных исследований установлено, что получение ангидритового вяжущего из предоставленного сырья, возможно при его дополнительном совместном помоле с портландцементом в количестве 5 % и сульфата калия в количестве 2 % от массы сырья до удельной поверхности 4500 см²/г.

Полученное ангидритовое вяжущее по своим основным характеристикам, за исключением предела прочности при изгибе, соответствует требованиям ТУ 21-0284757-1-90 «Вяжущие гипсовые и ангидритовые», предъявляемым к ангидритовому медленносхватывающемуся вяжущему марки 100.

Выбор методов испытания закладочных смесей, изготовленных из модифицированного ангидритового вяжущего и строительного песка основывался на методических рекомендациях по контролю качества закладочных смесей и действующих нормативных документах по испытаниям строительных материалов.

На основании проведенных опытов был выбран оптимальный состав закладочных смесей. В качестве заполнителя использовали только мелкий заполнитель – песок строительный. В качестве модифицированного вяжущего был принят состава с добавками портландцемента ПЦ 500 Д0 – 2,5 % и K₂SO₄ – 1 %.

На начальном этапе исследования варьировали отношение вяжущего и заполнителя – от 0,29 до 1, при этом количество воды определялось экспериментально исходя из требований по удобоукладываемости закладочных смесей. В результате проведенных исследований определено, что при соотношении вяжущее:заполнитель от 1:2 (0,5) и выше прочность при сжатии закладочных смесей увеличивается от 8,7 до 20,7 МПа, коэффициент водостойкости равен 0,51...0,6, при этом технологические свойства закладочных смесей соответствуют требуемым параметрам.

В результате проведенных исследований определены два состава, в наибольшей степени соответствующие требованиям, предъявляемым к закладочным смесям. Составы закладочных смесей и их свойства приведены в таблице 2. Данные составы отвечают всем требованиям, предъявляемым к закладочным смесям по технологическим и физико-механическим свойствам.

Таблица 2.

Оптимальные составы и свойства закладочных смесей

№	Содержание компонентов в	Ед.изм.	Закладочная	Закладочная
---	--------------------------	---------	-------------	-------------

п/п	смеси		смесь №1	смесь №2
1	Цемент	кг/м ³	22	0
2	Модифицированное вяжущее*	кг/м ³	840	740
3	Песок	кг/м ³	840	1110
4	Вода	кг/м ³	370	350
Свойства закладочных смесей				
1	Плотность	кг/м ³	2040	2150
2	Погружение конуса	См	14	14
3	Растекаемость (по расплыву смеси из вискозиметра Сутгарда)	См	12	12
4	Водоотделение	%	0,1	0,3...0,8
5	Прочность в возрасте 1 суток	МПа	6,0...11,1	3,0...5,3
6	Прочность в возрасте 7 суток	МПа	15,1...24,1	10,0...10,7
7	Прочность в возрасте 7 суток в водонасыщенном состоянии	МПа	8,3...14,5	5,2...6,4
8	Коэффициент размягчения	-	0,55...0,6	0,52...0,6

* - в качестве вяжущего использовали домолотый до удельной поверхности 3500...4500 см²/г синтетический сульфат кальция с добавками портландцемента ПЦ500Д0 и сульфата калия в количестве 2,5 и 1,0 % по массе,

Полученные результаты исследований показали возможность и перспективность применения модифицированного синтетического сульфата кальция в составах закладочных смесей. Применение различных местных заполнителей (крупного и мелкого) при разработке составов закладочных смесей различных марок на основе модифицированного синтетического сульфата кальция позволит достигнуть результатов полученных в данном исследовании, и в отдельных случаях возможно получить более высокие результаты.

Литература

1. Козлов Н.В., Панченко А.И., Бурьянов А.Ф., Соловьев В.Г. Микроструктура гипсового вяжущего повышенной водостойкости, Строительные материалы, 2014, №5, с.72-75
2. Булдыжова Е.Н., Гальцева Н.А., Бурьянов А.Ф., Петропавловская В.Б. Техничко-экономические и экологические аспекты производства и применения гипсовых материалов и изделий Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2013. Т. 2. № 71. С. 197-200.
3. Бурьянов А.Ф., Булдыжова Е.Н., Гальцева Н.А. Модификация структуры ангидритовых и гипсовых вяжущих веществ. Строительство – формирование среды жизнедеятельности Сборник докладов Шестнадцатой Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. 2013. С. 468-470.
4. Гриневич А.В., Киселев А.А., Бурьянов А.Ф., Кузнецов Е.М., Мошкова В.Г. Способ получения сульфата кальция. Патент РФ № 2445267. Оpubл. 20.03.2012. Бюл. № 8.
5. Белов В.В., Бурьянов А.Ф., Яковлев Г.И. и др., Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция, монография, Под общей редакцией А.Ф.Бурьянова, Изд-во «Де Нова», М., 2012, 196 с.
6. Фишер Х.-Б., Второв Б.П Международное совещание по химии и технологии цемента. Обзорные доклады. Том 2. - г.Москва, РХТУ им. Менделеева, 4-8 декабря 2000, с.53-61
7. Гриневич А.В., Киселев А.А., Кузнецов Е. М., Бурьянов А.Ф., Получение синтетического ангидрита сульфата кальция из концентрированной серной кислоты и молотого известняка, Строительные материалы, 2013, №11, с. 16-19

Gypsum Technik

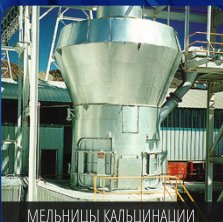
Оборудование для гипсовой промышленности

В наших
проектах
учтены все
нюансы



CLAUDIUS PETERS

Claudius Peters Horizontal Impact Calciner. © Claudius Peters.



Мы знаем как это сделать

claudiuspeters.com

- Кальцинация ■ Охлаждение ■ Отгрузка ■ Дозирование ■ Сухое смешивание ■ Сушка ■ Помол ■ Упаковка
- Пневматическая транспортировка ■ Подача угольной пыли ■ Силосные системы ■ Складские системы
- Операции с глинозёмом ■ Проекты под ключ

ШТАБ-КВАРТИРА: CLAUDIUS PETERS PROJECTS GmbH
Schanzenstraße 40, DE-21614 Buxtehude, Germany. Tel: +49 (0) 4161 706 0

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО В РФ И СНГ
117105, Москва, Варшавское шоссе, 37А, Тел.: +7(495) 781 62 16, E-mail: walter.telle@claudiuspeters.ru

A Langley Holdings Company



HYBRID^{PRO}

Преимущества полиэтилена и бумаги – в одном мешке



IN TOUCH EVERY DAY
www.mondigroup.com



УВЕЛИЧЕННЫЙ
СРОК ХРАНЕНИЯ



МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ГИПСОВОГО КАМНЯ ПРИРОДНЫМИ НАНОДОБАВКАМИ

Гаркави М.С., Латкина А.Ю.

Магнитогорский государственный технический университет

Положительной особенностью материалов и изделий из гипсовых вяжущих является их разнообразная номенклатура, что позволяет широко использовать их как в новом строительстве, так и при реконструкции и модернизации старых зданий и сооружений. Одним из наиболее перспективных и эффективных способов улучшения качества гипсовых материалов является применение ультра- и нанодисперсных добавок.

Ультрадисперсные добавки с нанометровыми размерами могут быть введены в состав композиции в виде нанотрубок, в основе технологического использования которых лежит их высокая удельная поверхность. В качестве таких наномодификаторов структуры различных композиционных материалов широко используются гидросиликаты магния, как естественного, так и искусственного происхождения [1].

Среди природных гидросиликатов магния особого внимания заслуживают широко распространенный хризотил, являющийся, в отличие от амфибола, экологически безопасным. Он представляет собой анизотропную систему плотно упакованных параллельных трубчатых волокон наноразмерного масштаба. Для структуры хризотила характерны два вида пор – цилиндрические капилляры внутри волокон и капилляры между волокнами радиусом 13...20 нм. Предпосылкой для использования хризотила в качестве модификатора гипсовых вяжущих является то, что его кристаллическая решетка относится к моноклинной системе, т.е. обладает кристаллохимическим подобием с образующимся при твердении гипсового вяжущего двуводным гипсом [2].

В данной работе рассматривается влияние добавки природного коротковолокнистого хризотила Баженовского месторождения (Россия) на твердение и физико-механические свойства гипсового вяжущего β – модификации Челябинского гипсового завода. Из указанного вяжущего готовилось тесто с В/Г = 0,48, в которое вводился вышеуказанный наномодификатор. Ранее проведенными исследованиями установлено, что рациональная дозировка хризотила в гипсовые дисперсии составляет 0,2% по массе [3].

Выполненные калориметрические и электрофизические исследования показали, что характер твердения исследуемой системы практически не изменяется (рис. 1 и рис. 2).

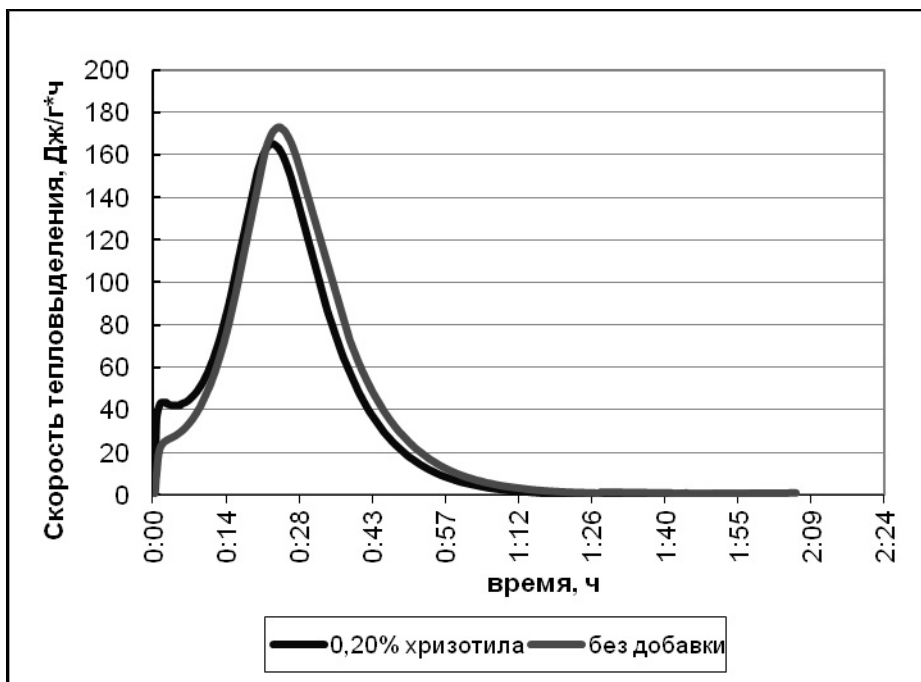


Рисунок 1. Кинетика гидратации гипсового вяжущего

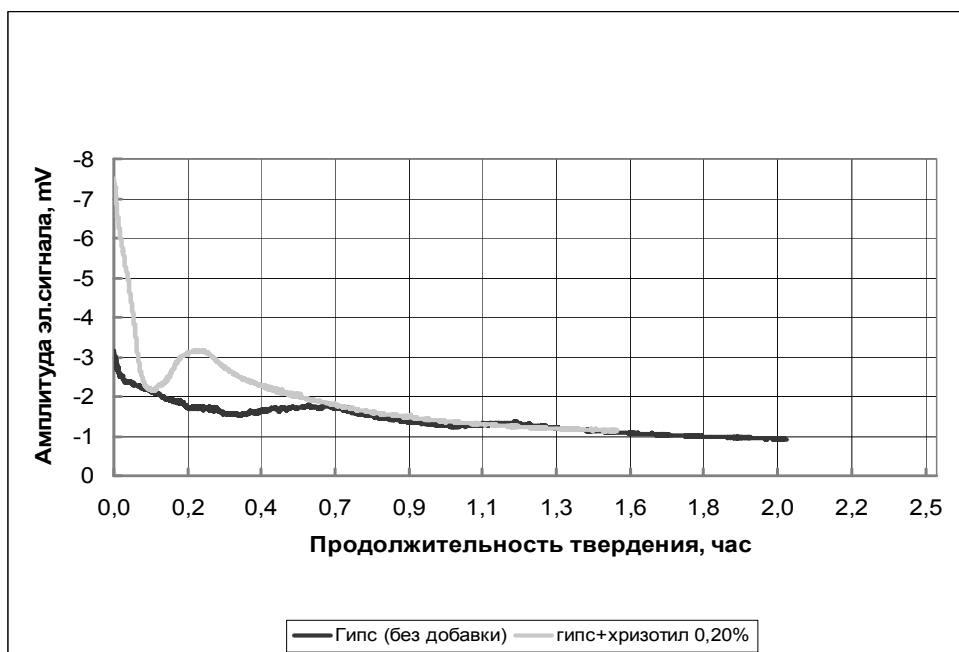


Рисунок 2. Кинетика изменения электрического сигнала при твердении гипсового вяжущего

Следует отметить, что амплитуда электрического сигнала в системах с добавкой хризотила значительно выше, что связано с увеличением числа носителей заряда, что обусловлено большим количеством поверхностных активных центров на поверхности хризотила. На различных этапах гидратации гипсового вяжущего в системе происходит изменение рН жидкой фазы, и в конечном итоге образуется слабокислая, близкая к

нейтральной среде. В таких условиях на частицах хризотила образуется максимальное количество активных центров, а также имеет место поверхностная коррозия его частиц.

В таких условиях на поверхности хризотилевых волокон формируются однородные микросетчатые структуры из кристаллов двуводного гипса [4], что сопровождается ростом плотности и прочности гипсового камня (рис. 3).

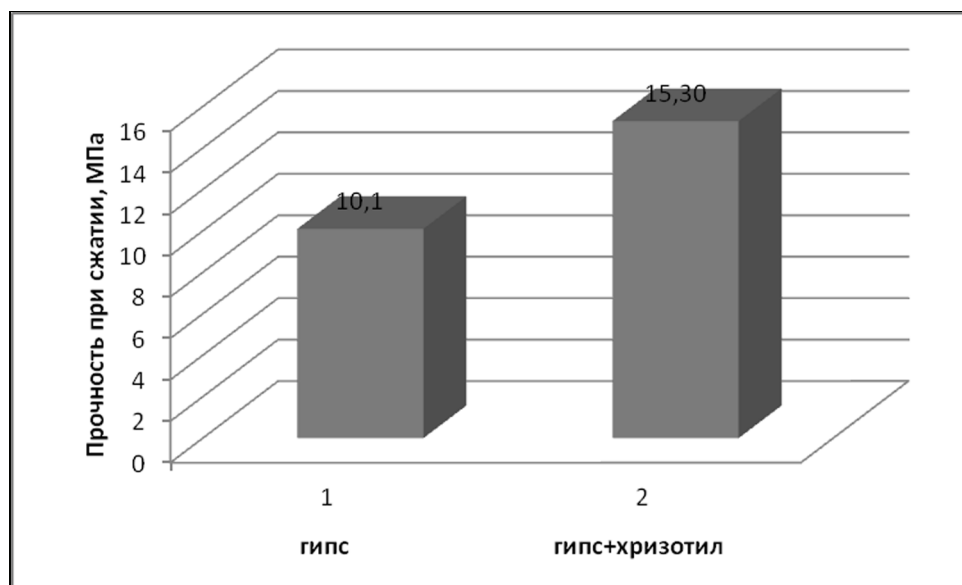


Рисунок 3. Влияние добавки хризотила на прочность гипсового камня

Прирост прочности гипсового камня связан с увеличением плотности нарастания кристаллов новообразованного дигидрата на минеральной подложке из коротковолокнистого хризотила, которая, как отмечено выше имеет кристаллохимическое подобие с образующимся продуктом гидратации. При этом армирующим действием хризотила можно пренебречь в связи с малой длиной используемого волокна порядка 4...6 мм и диаметром 26,2 нм. Повышение прочности связано, с одной стороны, со структурированием межфазных граничных слоев, образующихся на контакте вяжущей дисперсии и наполнителя. Согласно [5], при определенном содержании наполнителя осуществляется фазовый переход вяжущей дисперсии из объемного в пленочное состояние и образуются граничные слои с ориентированной структурой вяжущего. Структура искусственного камня становится однородной и плотной, что сопровождается ростом его прочности. С другой стороны, повышение прочности может быть связано с увеличением числа зародышей двуводного гипса, которые образуются на активных поверхностных центрах хризотила [3].

Следует отметить, что при использовании гидросиликатов магния, которые представляют собой природные наносистемы (тубулярного строения) происходит не просто структурирование межфазных граничных слоев, а имеет место изменение их структуры на наноуровне. Это приводит к направленной кристаллизации двухводного гипса и образованию упорядоченной структуры вяжущей дисперсии. Аналогичный эффект имеет место при введении в гипсовое вяжущее углеродных нанотрубок [5].

Таким образом, введение хризотила в качестве наномодификатора в гипсовую дисперсию, улучшает физико-механические характеристики, а также хризотил приводит к уменьшению кристаллов двухводного гипса, улучшению поровой структуры гипсового камня (возрастает показатель микропористости).

Литература

1. Голубева О.Ю., Гусаров В.В. Слоистые силикаты со структурой монтмориллонита. Получение и перспективы применения для полимерных нанокомпозитов // Физика и химия стекла. – 2007. – т. 33, № 3. – С. 334-340.
2. Алтыкис, М.Г. К вопросу о механизме структурных преобразований многофазовых и композиций гипсовых вяжущих веществ в процессе твердения / М.Г. Алтыкис, И.В. Морева, Р.З. Рахимов, В.П. Морозов, Э.А. Королев// Известия Вузов. Строительство. – 2001. - №6. – С.32-37.
3. Гаркави М.С. Панфёрова А.Ю. (Латкина А.Ю.), Некрасова С.А., Михайлова К.А. Формирование структуры наномодифицированного гипсополимерного материала// Сухие строительные смеси. – 2013. - № 2. – С.38-40.
4. Долотова Р.Г., Верещагин В.И., Смирнская В.Н. Формирование пористой структуры газобетона с использованием полевошпатово-кварцевого песка и волокон асбеста // Вестник Тувинского государственного университета. – 2011. - № 3. – С.13-17.
5. Крутиков В.А., Дидик А.А., Яковлев Г.И., Кодолов В.И., Бондарь А.Ю. Композиционный материал с наноармированием // Альтернативная энергетика и экология. – 2005. - №4(24). – С.36-41.

ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Гаркави М.С.¹, Артамонов А.В.¹, Колодежная Е.В.¹, Нефедьев А.П.², Немых Г.А.², Худовекова Е.А.², Бурьянов А.Ф.³, Фишер Х.-Б.⁴

¹ ЗАО «Урал-Омега», Россия, г. Магнитогорск

² ООО «Евросинтез», Россия, г. Магнитогорск

³ Московский государственный строительный университет, Россия, г. Москва

⁴ Веймарский строительный университет, Германия, г. Веймар

Композиционные материалы, в том числе и гипсовые, являются основой современного строительства. Одним из важнейших компонентов гипсовых композитов являются минеральные наполнители, которые не только повышают их физико-технические и эксплуатационные показатели, но и изменяют характер формирования структуры искусственного камня.

Эффективность использования наполнителей в составе композиционных гипсовых материалов зависит от состояния их поверхности – наличия активных центров и структурных дефектов. Концентрация этих дефектов и энергетическое состояние определяются технологией измельчения минерального компонента. Одним из основных параметров, влияющих на эффективность помола, является способ воздействия на материал. По существу измельчение – это образование новых поверхностей [1]. В результате тонкого измельчения не только увеличивается дисперсность и реакционная способность минеральных наполнителей, но и улучшаются условия их равномерного распределения в структуре композиционного материала.

Повышение реакционной способности наполнителя связано с осуществлением процесса механоактивации, т.е. с изменением кристаллической структуры поверхностных слоев частиц вследствие их предельного пластического деформирования [2].

К сожалению, существует заблуждение, что измельчение материала сопровождается его механической активацией. Главной задачей измельчения является получение максимальной поверхности порошка при минимальных затратах энергии. В этом случае повышение реакционной способности связано лишь с уменьшением размера частиц (при этом может быть и увеличение концентрации поверхностных дефектов). Сущность механоактивации заключается в накоплении энергии в твердом теле в виде дефектов (точечных и линейных), что приводит к снижению энергии активации и улучшению стерических условий для последующего физико-химического превращения [3].

Наиболее эффективным способом передачи энергии при механоактивации является ударное воздействие, т.к. именно оно позволяет концентрировать механическую энергию в определенных участках обрабаты-

мого тела. При этом ударные воздействия вызывают существенные структурные изменения в твердых телах. Этим условиям отвечает центробежно-ударная мельница (рисунок 1), в которой достигается высокая энергонапряженность процесса измельчения (более 10 кВт/кг) [4].

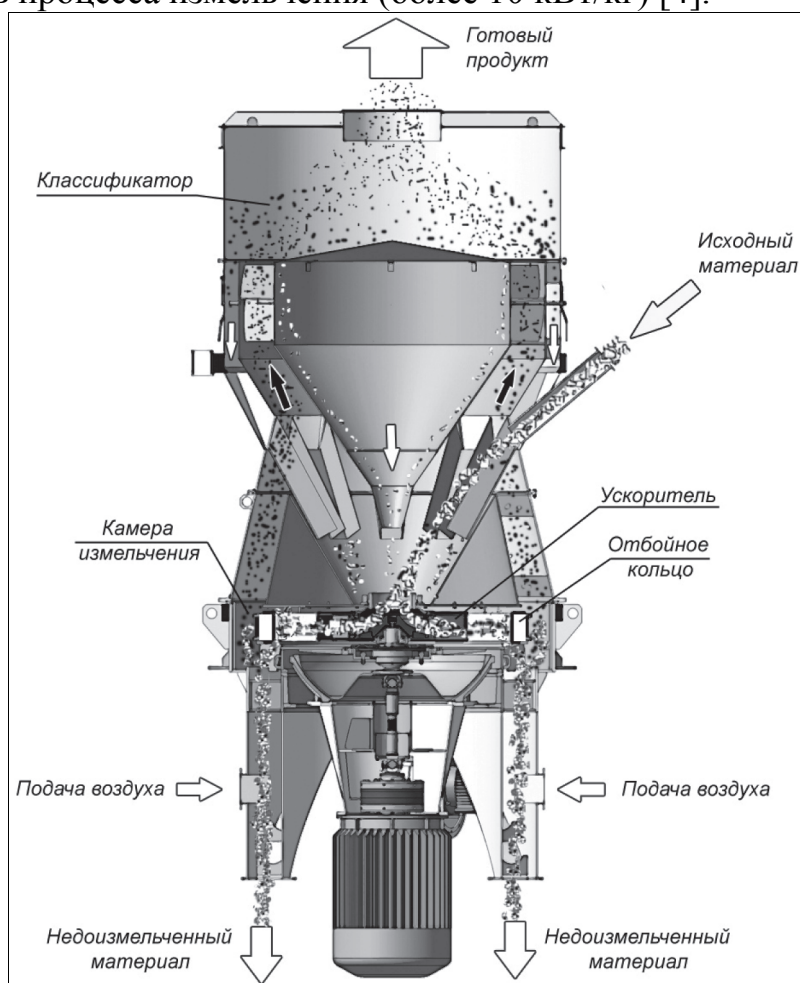


Рисунок 1. Схема центробежно-ударной мельницы

В настоящее время при получении гипсовых композиционных материалов решение ряда технологических и технико-экономических задач достигается применением так называемых органоминеральных модификаторов (функциональных наполнителей) [2]. Получение таких минеральных наполнителей связано с использованием физико-химических приемов изменения состояния их поверхности.

Целенаправленное формирование поверхности минеральных наполнителей заданного химического состава и строения с принципиально новыми характеристиками достигается за счет химического модифицирования и создания поверхностных наноструктур. Образование наноструктур на поверхности твердых тел позволяет не только стабилизировать их состояние за счет, например, образования прочных химических связей с матрицей, но и придать необходимые функциональные свойства конечной системе.

Особенностью центробежно-ударной мельницы является возможность совмещения в ней операций помола и механохимической активации получаемого органоминерального наполнителя в результате ввода в мельницу жидкого химического модификатора. При использовании жидких модификаторов в высокоскоростном потоке воздуха в камере помола (скорость движения порядка 100 м/с) его раствор превращается в аэрозоль.

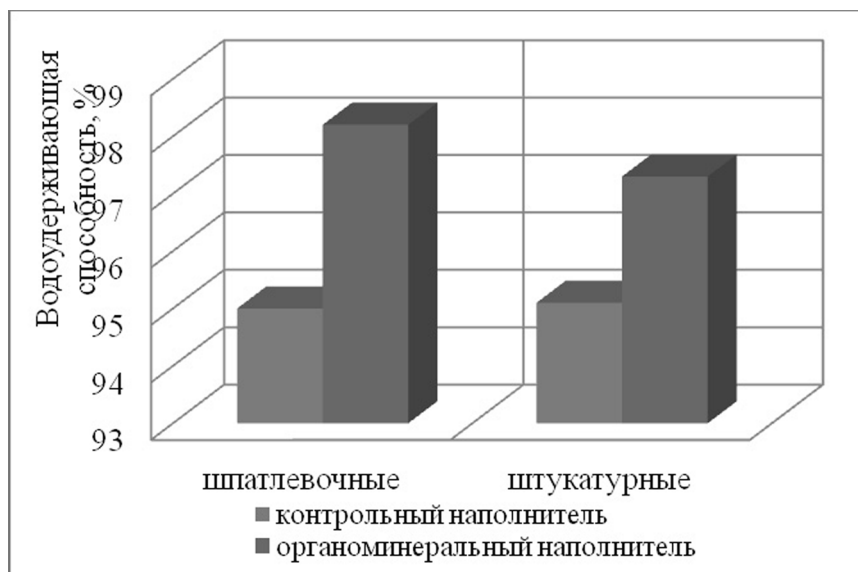
В процессе измельчения «доза» механической энергии, передаваемой материалу, достигает 10^2 кДж/г, что переводит его в неравновесное состояние [5]. За счет равномерного распределения модификатора на поверхности каждой частицы и высокой степени сопряжения компонентов достигается закрепление добавки на минеральном наполнителе, которое реализуется по механизму молекулярного наслаивания. Этот метод обеспечивает формирование на поверхности твердых частиц указанных выше наноструктур с точностью до одного мономолекулярного слоя [6].

Исходя из изложенных принципов поверхностной модификации, разработана энергосберегающая технология изготовления в центробежно-ударной мельнице химически модифицированных минеральных наполнителей различного назначения. Для химического модифицирования поверхности наполнителей специально синтезирован широкий ассортимент жидких модификаторов. Эти модификаторы позволяют получать органоминеральные наполнители из горных пород и техногенных продуктов различного минерального и химического состава.

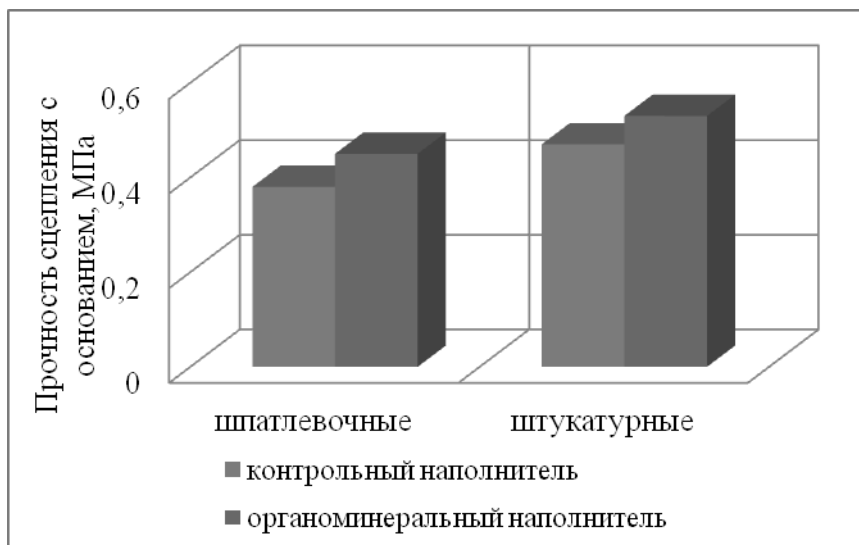
Рациональными областями применения органоминеральных наполнителей являются: сухие строительные смеси; минеральные компоненты композиционных гипсовых вяжущих и др.

На рисунке 2 приведены основные физико-технические характеристики сухих строительных смесей на основе гипсовых вяжущих с использованием карбонатных органоминеральных наполнителей.

а)



б)



в)

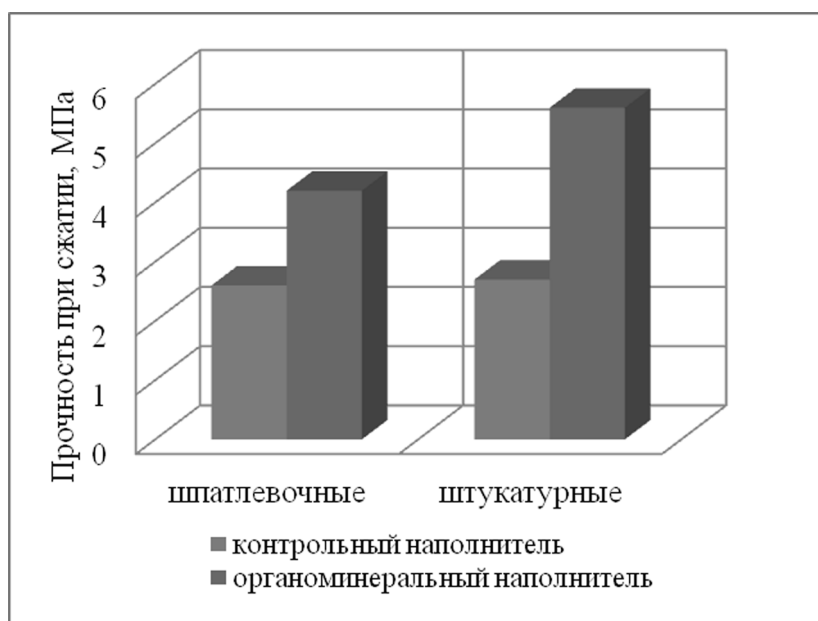


Рисунок 2. Свойства гипсовых сухих строительных смесей

Из приведенных данных следует, что использование разработанных органоминеральных наполнителей существенно изменяет технологические и физико-механические свойства исследуемых смесей. Химически модифицированные органоминеральные наполнители для сухих строительных смесей позволяют уменьшить расход импортных функциональных добавок или полностью исключить их из состава смесей.

Таким образом, применение для получения органоминеральных наполнителей центробежно-ударных мельниц в сочетании с жидкими химическими модификаторами позволяет создавать поверхностные наноструктуры с заданными характеристиками и, тем самым, управлять свойствами как самих наполнителей, так и гипсовых материалов с их использованием.

Литература

1. Траутвайн А.И., Ядыкина В.В. Исследование влияния режимов измельчения на реакционную способность минеральный порошков // Вестник ХНАДУ. 2013. Вып. 61-62. С. 248-254.
2. Иващенко Ю.Г., Евстигнеев С.А., Страхов А.В. Роль наполнителей и модификаторов в формировании структуры и свойств композитов на основе гипсового вяжущего // Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов: Материалы VI Международной научно-технической конференции. – Волгоград: ВолГАСУ, 2011. – С.159-162.
3. Аввакумов Е.Г., Гусев А.А. Механические методы активации в переработке природного и техногенного сырья. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. – 155 с.
4. 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.
5. Бутягин П.Ю., Стрелецкий А.Н. Кинетика и энергетический баланс в механохимических превращениях // Физика твердого тела. 2005ю том 47. №5. С.830-836.
6. Малыгин А.А. Нанотехнология молекулярного наслаивания // Российские нанотехнологии. 2007. том 2, № 3-4. С. 87-100.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПЕРЕРАБОТКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ФОСФОГИПСА

Долгорев А.В., Долгорев В.А., Канцель А.В.

1. КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ФОСФОГИПСА.

Фосфогипс, получаемый по традиционной схеме переработки апатитового или фосфоритового концентратов содержит, в зависимости от вида производств, переменное количество примесей благодаря неоднородности поставляемых фосфатных концентратов и градиентному дрейфу условий серноокислотной переработки. Наиболее значимые для строительства отходы промышленности, объемы которых в суммарном исчислении превосходят величину 17,0 миллиардов тонн: отходы химического комплекса (химический гипс - 90 млн.т.), фосфогипс - 390 млн.т. Являясь техногенным сульфатом кальция этот отход по общему и частному содержанию примесных элементов превосходит природный гипс, накапливаясь со скоростью 150 млн. тонн в год [1,2].

Проблема много тоннажного и экологически вредного для здоровья человека данного техногенного отхода практически до сих пор не решена в полном объеме, в оптимальном комплексном варианте.

Многолетние исследования по промышленному применению фосфогипса для получения строительных вяжущих и изделий с применением различных схем обжига во вращающихся сушильных барабанах, а также разных вариантов автоклавной жидкофазной обработки показали, что главным препятствием к получению эффективных материалов является наличие примесей в этом отходе, в особенности редкоземельных элементов [3-5]. Технические подходы к переработке гипс содержащих отходов по аналогии с переработкой природного гипсового сырья значительно устарели и оказались несостоятельными.

В отличие от технологических схем промышленного производства гипсовых вяжущих здесь необходимы комплексные современные технологии, предусматривающие дополнительный химико-технологический передел, для стабилизации состава и физико-химических свойств гипс содержащих отходов.

Резервом повышения конкурентоспособности фосфогипса может стать разработка более универсальной технологии его переработки, предусматривающей получение гипса, пригодного для получения гипсовых строительных материалов, увеличение содержания РЗЭ в получаемом концентрате и повышение извлечения лантаноидов средней (самария, европия, гадолиния, тербия, диспрозия) и иттриевой (иттрия, гольмия, эрбия, иттербия) групп [6].

В современной промышленности получения редкоземельных металлов (РЗМ) более 60% затрат падает на добычу руды и ее обогащение, поэтому выгодно использовать техногенное сырье, где редкоземельные металлы извлекаются попутно. Таким сырьем является фосфогипс, который получается при сернокислотной переработке апатитового концентрата для получения минеральных удобрений. По полугидратной технологии ежегодно перерабатывается свыше 3 млн. т. апатитового концентрата, содержащего около 30000 т лантаноидов, до 85% которых попадает в отвалы с фосфогипсом.

Разработанный и внедренный на опытной технологической линии способ комплексной переработки отвального фосфогипса (табл. 1) характеризуется тем [6], что при химическом селективном выщелачивании измельченного фосфогипса концентрация серной кислоты в пульпе составляет 5-15 мас.%, при соотношении твердой и жидкой фаз в пульпе Т:Ж=1:(2-3), а также тем, что циркуляцию пульпы в зоне наложения ультразвуковых колебаний и магнитного поля осуществляют с линейной скоростью не менее 1 м/сек.; а щавелевую кислоту в виде водного раствора вводят в продуктивный раствор при температуре 70-80°C при постоянном перемешивании, отделение продукционного раствора выщелачивания редкоземельных элементов и отделение полученных оксалатов РЗМ проводят после отстаивания обрабатываемого раствора (рис.1).

Таблица 1

Химический состав перерабатываемого фосфогипса

Фосфогипс из апатитового концентрата	Содержание компонентов % по массе								
	CaOSO ₃ H ₂ O	P ₂ O ₅	РЗЭ	F	R ₂ O	CaSO ₄ n H ₂ O			
Хибинского	31,7	45,2	20	>1,28	>0,9	0,22	0,18	95,5	

Режим электрохимической активации выбран из условия образования в сернокислом растворе выщелачивания метастабильных состояний и снижения остаточного содержания щавелевой кислоты, не превышающего порога образования оксалатов РЗМ, и тем, а электрохимическую активацию проводят в электролизере с объемным пористым проточным электродом. Пульпу готовят на основе сернокислых растворов, прошедших предварительную электрохимическую активацию, выщелачивание РЗМ проводят в режиме циркуляции пульпы при комбинированном воздействии ультразвуковых колебаний в режиме кавитации и омагничивания. Пульпу выщелачивания разделяют на продуктивный раствор РЗМ и отмытый фосфогипсовый осадок - кек, который нейтрализуют, обжигают на вяжущие и изготовление пазогребневых водостойких плит.

Комплексная переработка фосфогипса

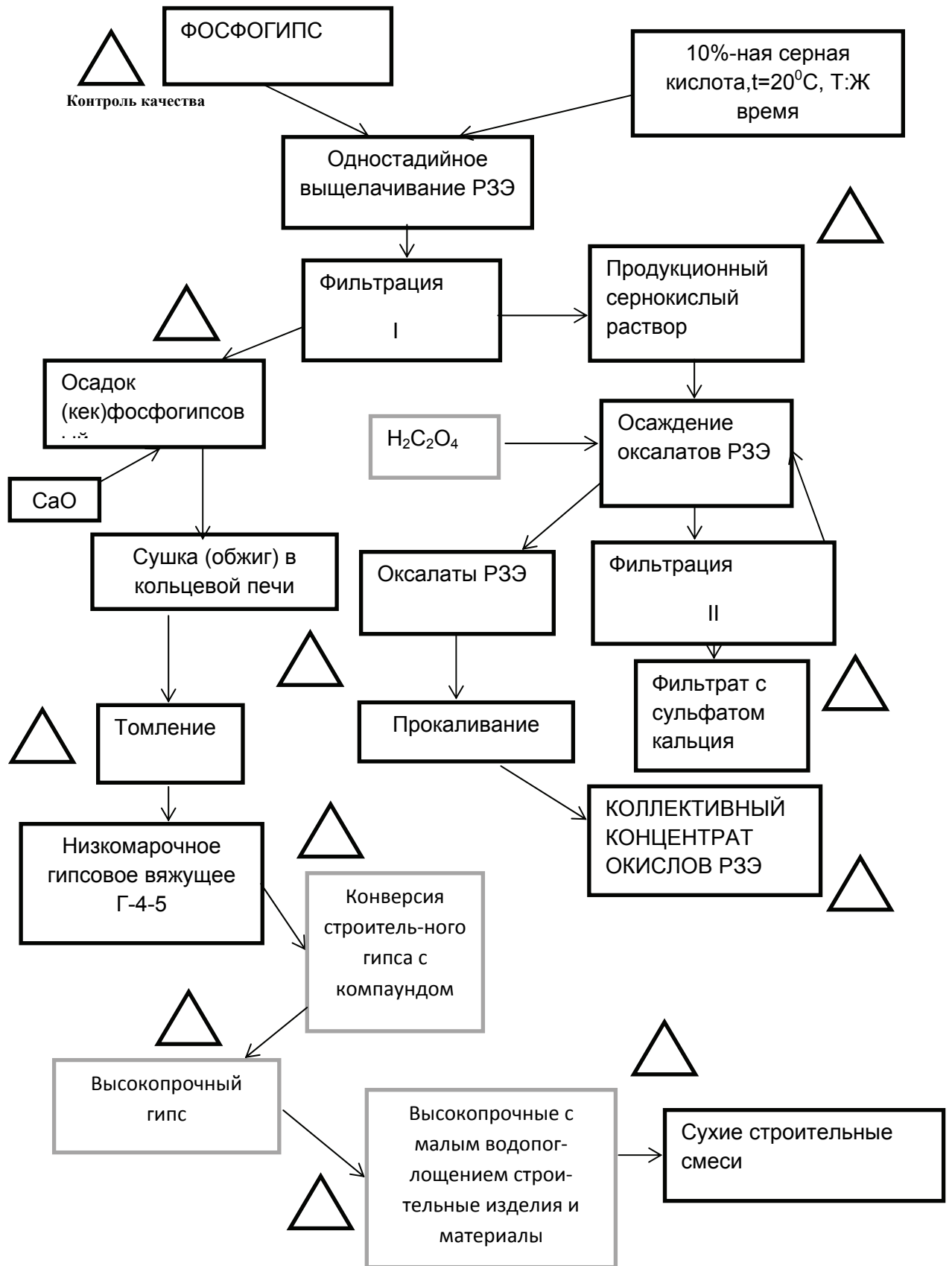


Рис. 1. Схема комплексной технологии переработки фосфогипсана концентраты, РЗЭ, гипсовые материалы

К реализации может быть предложена любая технология комплексной переработки фосфогипса, которая позволяет получить из него следующие продукты:

- окислы и соли редкоземельных элементов;
 - строительное гипсовое вяжущее;
 - высокопрочное гипсовое вяжущее.
- и промышленной переработкой.

Таблица 2

Результаты исследования концентрата РЗЭ, полученного серноокислотным выщелачиванием из отвального фосфогипса

Определяемый элемент	Массовая доля, %	Определяемый РЗЭ	Массовая доля, %	Оксид определяемого РЗЭ	Массовая доля, %
F	0,020	La	15,5	La ₂ O ₃	18,1
Na	0,001	Ce	39,5	CeO ₂	48,6
Mg	0,003	Pr	4,15	Pr ₆ O _n	5,02
Al	0,01	Nd	17,3	Nd ₂ O ₃	20,2
Si	0,03	Sm	2,33	Sm ₂ O ₃	2,70
P	0,03	Eu	0,49	Eu ₂ O ₃	0,57
S	0,04	Gd	1,29	Gd ₂ O ₃	1,49
Cl	0,002	Y	1,20	Y ₂ O ₃	1,52
K	0,005	Dy	0,55	Dy ₂ O ₃	0,63
Ca	0,01	Ho	0,030	Ho ₂ O ₃	0,035
Ti	0,01	Er	0,070	Er ₂ O ₃	0,080
Cr	0,009	Tm	0,0090	Tm ₂ O ₃	0,010
Mn	0,003	Yb	0,180	Yb ₂ O ₃	0,205
Fe	0,03	Lu	0,0020	Lu ₂ O ₃	0,0023
Ni	0,0025	Tb	0,090	Tb ₄ O ₇	0,106
Sr	0,01	Средний результат из двух параллельных определений. Относительное стандартное отклонение 2 % отн. для церия, неодима, лантана. 5-20 % отн. для остальных элементов			
Ba	0,005				
Hf	0,001				
Pb	0,0025				
Th	0,013				
Zr	0,005				

Организовано производство коллективного концентрата с общим содержанием РЗЭ 76-84% (табл.3).

Таблица 3

Общее содержание РЗЭ, %	La ₂ O ₃ %	Ce ₂ O ₃ %	Nd ₂ O ₃ %	Pr ₂ O ₃ %	Sm ₂ O ₃ %	Иные оксиды, %
82,3	18,2	39,6	17,6	4,3	2,3	0,2

Сравнительные результаты физико-технических показателей переработки отвального фосфогипса после извлечения редкоземельных элементов простым и комплексным способом после обжига образцов в гипсоварочном котле (n=6).

Таблица 4

Физико-технические показатели	Предварительная отмывка фосфогипса водой	Сульфатный кек после извлечения РЗЭ разб. H ₂ SO ₄ нейтрализации	Конверсионный способ обожжённого сульфатного кека после извлечения из его суммы РЗЭ	
S _{уд.} , см ² /г после помола в вибромельнице	3800	3950	4100	
В/Г при затворении образцов	0,9	0,75	0,32	
Сроки схватывания гипсового теста, мин начало конец	360 480	18 26	10 14	
Прочность при сжатии сухих образцов, МПа	0,76	3,8	19,6	
Прочность на изгиб сухих образцов, МПа	0,31	4,8	10,6	
Водопоглощение, %	28,6	26,0	5,6	
Коэффициент размягчения, K _p	0,32	0,51	0,76	

Организовано производство перегородочных пазогребневых плит, влагостойких для помещений с повышенной влажностью, характеристика которых представлена в табл. 5.

Таблица 5

Габариты (мм)	600x300x80
Вес (кг)	26
Прочность при сжатии (МПа)	12-15
Прочность при изгибе (МПа)	8,5-11
Водопоглощение (%)	5-6

Средняя плотность (кг/м ³)	1550-1600
Звукоизоляция (дБ)	≤43
Коэффициент теплопроводности	0,51

Таким образом,

1. Отвальный фосфогипс целесообразно перерабатывать на эффективные гипсовые вяжущие после отделения из него редкоземельных элементов.
2. Дегидратацию получаемого кека после отделения РЗЭ необходимо проводить в варочных котлах (но не в обжиговых барабанах).
3. Главным направлением использования получаемого гипсового вяжущего (варочный, котловой) является производство сухих строительных смесей: штукатурки внутренние и фасадные, шпаклевки, смеси для стяжек и самонивелирующихся водоустойчивых полов, сухих смесей для звуко-теплоизолирующих конструкций и монолитного строительства малоэтажного жилья.
4. Прямое получение камневидного строительного материала из отвального фосфогипса возможно после предварительного помола и последующего использования дезинтеграционной установки (конструкции Неделеяевых) с добавками в активируемую массу щавелевой кислоты и жидкого концентрата поликарбоната (при обязательном соблюдении технологических параметров переработки).
5. Целесообразно применять переработку свежего фосфолугидрата фосфогипса на строительные гипсовые изделия по технологии «Эсма».
6. Рационально получаемый коллективный концентрат РЗЭ очищать экстракцией с применением роданидов и ДАМ от примесей с последующей переработкой на индивидуальные оксиды РЗЭ.

2. ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОГ.

Для полной утилизации фосфогипса наиболее эффективным является использование его в строительстве дорог.

Известна успешная мировая практика в США, Канада, Франции, Англии, Испании и других европейских странах широкого применения в строительстве дорожных сооружений техногенных грунтов или бетонов, содержащих фосфолугидрат сульфата кальция.

Фосфогипсовый бетон при перевозках тексотропен (приобретает текучесть) и как строительный материал обладает некоторыми свойствами природной супеси (по числу пластичности, плотности и др.), однако отличается от нее способностью при определенной обработке твердеть и превращаться даже в обводненной среде в прочный монолитный бетон

Фосфогипс способен быстро твердеть на открытом воздухе при уплотнении и утрамбовке, позволяет быстро открывать движение по новой дороге, сокращая сроки запуска дороги в эксплуатацию. Укладка основания на любой грунт. Получается прочная монолитная каменная плита, которая продолжает увеличивать твердость многие годы. Не размывается водой. Поверхность цельная и не требует тепловых швов. Прочность фосфобетона, не ниже 300 марки. Расчетный срок службы плиты не менее 50 лет. Быстрая и дешевая ремонтпригодностью. Позволяет утилизировать отход химического производства и сохранить пахотные земли.

Разработан алгоритм строительства дорог с применением фосфогипса, включает следующие этапы:

1. Доставку фосфогипса на место строительства дороги.
2. Выгрузку фосфогипса на место будущей дороги, укрытое дорожной сеткой.
3. Распределение фосфополугидрата вдоль оси дороги автогрейдером или планировочным ковшом экскаватора. (Обязателен учет коэффициента запаса на уплотнение).
4. Уплотнение основания дороги тяжелыми катками или ручным вибратором в 10-15 проходов.
5. Добавление и втапливание щебня на $\frac{1}{2}$ его высоты щебня фракции 10-20 мм для улучшения сцепления основания с асфальтом
6. Открывать движение техники для доставки и укладки асфальта через трое суток, после достижения основанием необходимой прочности.
7. Проверка параметров качества покрытия через каждые сто метров дороги. (Контролю подвергаются ровность поверхности основания, его ширина и толщина, величина поперечного уклона, высотные отметки оси основания и качество уплотнения, а также влажность укладываемого материала).

Характеристика фосфогипса, используемого для строительства оснований автодорог (табл.6,7).

Таблица 6

Материал	Химический состав, %								
	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	F	CaO	R ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	Fe ₂ O ₃	ППП
Фосфополугидрат	1,49-	0,66-	0,1-	36,07-	2,57-	0,92-	50,72-	0,21-	6,60-
сульфата кальция	1,76	1,01	1	35,54	3,98	1,53	51,56	0,32	8,98
Фосфодигидрат	0,57-	0,18-	0,1-	37,33-	1,16-	0,78-	52,84-	0,20-	6,03-
сульфата кальция	0,68	1,11	0,5	38,25	2,41	2,76	52,89	0,23	18,36

Таблица

Состав смеси, содержание компонентов, %		Параметры и режимы вибросиловой нагрузки		К-во воздействий	Физико-механические свойства, МПа	
		величина нагрузки, МПа	время приложения нагрузки, с		прочность на сжатие, МПа	коэффициент стойкости после 25 цикл. замораживания-оттаивания
1	2	3	4	5	6	7
50	50				4,7	0,67
50	50				5,3	0,67
30	70	1,0	0,2	6	6,9	0,83
40	60	1,0	0,2		7,0	0,84
50	50	1,0	0,2		7,1	0,84
30	70	5,0	0,2	8	7,1	0,84
40	60				7,2	0,84

При строительстве оснований из фосфогипса на основании исследований, выполненных МАДИ, Союздорнии, его Казахским, Среднеазиатским и Ленинградским филиалами, Госдорнии Миндорстроя УССР, ВНИИСТРОМом, НИУИФ, КНИИОКГ Минздрава УССР, а, также результатов экспериментального строительства, проведенного организациями Миндорстроя УССР во II-III дорожно-климатических зонах Минавтодором КазССР, УзССР и ТССР в IV-V дорожно - климатических зонах разработаны и утверждены методических рекомендации.

Установлено на практике, что фосфогипс является наиболее технико-экономическим материалом для дорожного строительства.

Литература

1. Долгорев А.В. Вторичные сырьевые ресурсы в производстве строительных материалов. Справочное пособие. М., Стройиздат. -1990.- 456 с.
2. Гордашевский П.Ф., Долгорев А.В. Производство гипсовых вяжущих из гипс содержащих отходов. М. Стройиздат. – 1987. - 105 с.
3. Гордашевский П.Ф. Исследование и разработка технологии гипсовых вяжущих на основе фосфогипса: дисс...д-ра техн. наук. М. МХТИ. - 1977.
4. Уфимцев В.М. Разработка технологий на основе техногенных отходов сульфата кальция. Отчет заключительный. Екатеринбург. - 2008. - С 1-12.
5. Тишков С. М., Муриков М. А., Панковец А. И., Маточкин В. А., Николаева Г. Б., Галиев Р. С., Галиева Ж. Н., Беляев В. В. Патент Белоруссии № 12245 30.08.2009.
6. Рябинский А. М., Копылков А. М., Канцель А. В., Канцель М. А.,

Мазуркевич П. А., Салов А. А., Нетреба. Н. Способ извлечения редкоземельных металлов из фосфогипса. Патент РФ № 2526907. - 27.08.2014.

7. Долгорев А.В. Применение фосфогипса в строительстве дорог. //Вестник Академии строительства и ЖКХ. № 2. - 2006. С. 71-74.

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В.А. Долгорев

Модифицирование гипсовых вяжущих поверхностно-активными веществами, содержащими функционально-комплексообразующие группировки в структуре, называемые абсорбционно-активными олигомерами, связано с сорбцией этих веществ на поверхности частиц.

Новый подход к конверсии низкомарочных и строительных гипсов в высокопрочные открывает значительные возможности в промышленности гипсовых материалов, сухих смесей и конструкционных изделий.

На практике широко применяются различные по строению ПАВ. Механизм адсорбции поверхностно-активных веществ на частицах вяжущего рассмотрен В.К. Семенченко в работе [1], который показал, что образование абсорбционных слоев на поверхности вяжущих частиц является важнейшей стадией модификации, препятствующей интенсивному и последующему росту кристаллов, уменьшению числа зародышей. Даже при весьма малых концентрациях активных олигомеров в водной суспензии изменяется значительно поверхностное натяжения на частицах, смачиваемость, характер кристаллизации и возникновение новообразований.

Основными целями модифицирования гипса является: снижение вязкости с улучшением технологических свойств получаемых материалов; изменение структуры формирующего гипсобетона и возможность регулирования скорости формирования камневидного изделия [2].

П.А. Ребиндером доказано, что в основе поведения коллоидов сульфатных суспензий лежит термодинамическая неустойчивость микрогетерогенных дисперсных систем вследствие избыточной сводной энергии развитых межфазных поверхностей раздела [3,4]. В согласно теории устойчивости частиц при дисперсионном воздействии в присутствии функциональных ПАВ обсуждаются представления о существовании близко- и дальнедействующих сил молекулярного притяжения и сил ионно-электростатического отталкивания взаимодействующих частиц и молекул, которая изложена в работе Б.В. Дерягина [5]. В этом же направлении выполнены основательные исследования А.Ф. Полаком [6], который показал, что при дальнем коагуляционном контакте, соответствующем устойчивой равновесной прослойке, толщиной $1 \cdot 10^{-10}$ м сила связи частиц соответствует величине $(10^{-7} \dots 10^{-6}) \cdot 10^{-5}$ Н. Эта величина определяет нижнюю границу сцепления между частицами в дисперсных структурах. В ближнем коагуляционном контакте- монослое, величина силы связи возрастает до 10^{-10} Н. Энергия взаимодействия может быть точно оценена на основании гипотезы Е.М. Лифшица о том, что взаимодействие реагирующих компонентов: частиц вяжущего и поверхностно-активных веществ, участвующих в абсорбционном

процессе, осуществляется посредством создаваемых ими флуктуационных электромагнитных полей.

Поэтому первым, весьма вероятным актом при перегреве гипса, является агрегирование зародышей и образование кластерных систем, имеющих сложную геометрическую форму и аморфную структуру, наполненную диспергированным воздухом, остаточной влагой, занимающим координационные места вместо удаленного пара. Сила связи частиц в кластерных образованиях невелика и не превышает 10^{-6} Н [7].

Полученные при обжиге частицы полугидрата сульфата кальция макро-, микро-, и -нано размеров, имея огромную удельную поверхность, обладают большим избытком нескомпенсированной поверхностной энергии и метастабильны. Происходит самопроизвольное снижение поверхностной энергии путем укрупнения частиц и, следовательно, уменьшения удельной поверхности и избыточной поверхностной энергии. Прочность коагуляционных контактов – примерно 10^{-10} ... 10^{-11} Н на один контакт, что слабее кристаллизационных контактов на несколько порядков. Это определяет неустойчивость дисперсий [8].

Микрорентгенографическое исследование, показало, что порошок полугидрата сульфата кальция представлен в основном мелкозернистым материалом обломочного характера с преобладанием частиц от 2 до 100 мкм, причем последние не представляют единого кристаллического тела и являются конгломератами переизмельченного аморфного материала (рис.1).

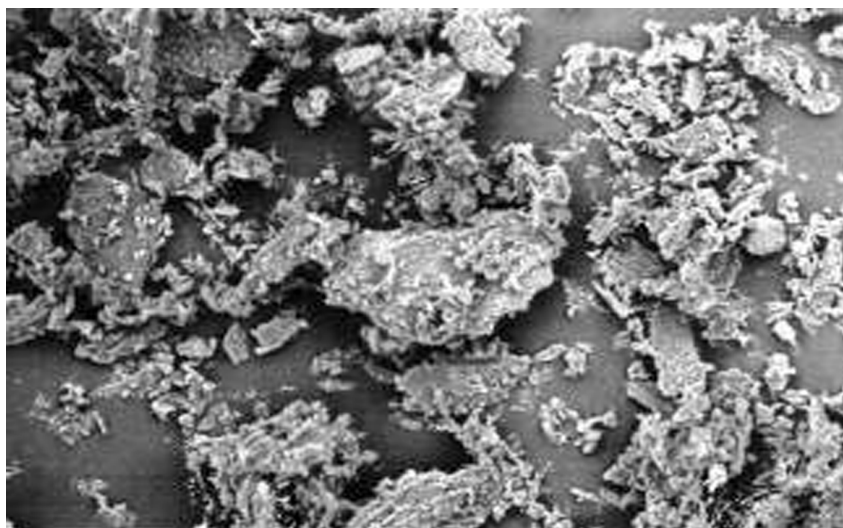


Рис. 1. Микрофотографии бета-полугидрата ($V=500\times$). Бета - полугидрат получается путем термического обезвоживания дигидрата при 120 – 180 °С.

В процессе дегидратации гипсовый исходный материал подвергается термическому интенсивному воздействию взрывного характера, в результате которого происходит удаление перегретой воды в парообразном состоянии, при одновременном переизмельчении кристаллических образований, сопровождаемое огромным количеством микрокапилляров и пор (рис.1 и 2).

Получающаяся губкообразная, очень пористая масса с развитой удельной поверхностью, имеющих значительный энергетический потенциал для последующего образования крупных агрегатов и кластеров и при сохранении высокой пористости и аморфности [9]:

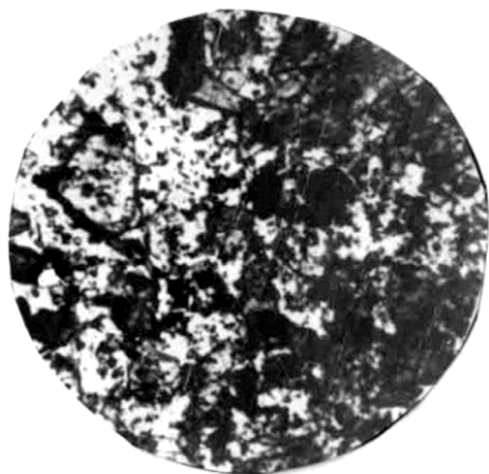
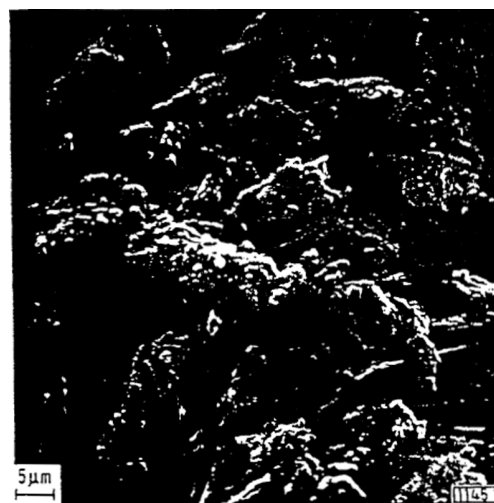


Рис. 2.

Снимок β -полуhydrата с обжигового гипсового вяжущего, полученного, в сушильном барабане (метод «висячей капли»); удельная поверхность $3900 \text{ см}^2/\text{г}$ (увеличение $\times 490$)



Снимок β -полуhydrата растрового электронного микроскопа Технического университета, г. Ааахен Германия

Понимая природу низкомарочного гипса, как несовершенную, можно было ожидать значительного улучшения ее при определенном воздействии на материал. По этому поводу еще в 1951 году киевский ученый В.Н. Манжурнет писал: «...при обжиге гипса в печах различных систем происходит быстрое испарение воды из материала, что способствует разрыхлению новообразований, которые и получают в виде аморфных масс, пронизанных тончайшими капиллярами, по которым происходит удаление воды; ...получающиеся после помола порошки вяжущего с высокоразвитой удельной поверхностью требуют большого количества воды для получения пластичного теста, ... благодаря чему изделия из такого гипса обладают невысокой прочностью»[10]. Поэтому первым, весьма вероятным актом при перегреве гипса, является агрегирование зародышей и образованием кластерных, аморфных структур, наполненных микро диспергированным воздухом, занимающим координационные места вместо удаленного водяного пара.

Бета-полуhydrат сульфата кальция (основная модификация по содержанию в строительном гипсе) не что иное, как разрыхленная кристаллическая решетка альфа-полуhydrата, образующаяся в результате взрывообразного

удаления влаги в виде водяных паров и образования нанотонельных полых пространств и структур макропереходнопористым типам (по Дубинину М.М.) в кристаллических и блочных образованиях.

В соответствие с этим, бета-полугидрат не что иное, как разрыхленная кристаллическая решетка альфа-полугидрата в результате взрывообразного удаления влаги в виде водяных паров и образования микро, - нанотонельных полых пространств в кристаллических и блочных образованиях [11].

Микро -нанотонельные полые пространства, заполненные большим количеством воздуха и сорбционной пленочной воды в кристаллические и блочные образования могут быть разрушены диспергированием [12].

Термин «конверсия» - (от латинского «conversion» превращение). Данный термин может быть распространен и на физико-химические процессы гидратации полугидрата сульфата кальция, его модификации и взаимные переходы одного кристаллического состояния фаз в другие.

В основе конверсионного способа превращения полугидрата сульфата кальция лежат представления о том, что получаемое гипсовое вяжущее, в основном состоящее из полугидрата сульфата кальция, находится в значительной мере в полуразрушенном, аморфном состоянии под действием термоудара и взрывного выхода парообразной воды из него с образованием электронасыщенной поверхности, объединением частиц в неустойчивые коагломераты, которые предрасположены к легкому разрушению диспергированием в водной среде и последующей перекристаллизации [13].

Обычно ввиду сложности процесса пользуются графической зависимостью размеров частиц от времени проведения процесса. Во-первых, процесс разрушения имеет несколько периодов; переход от начального одномодального распределения к конечному одномодальному происходит через промежуточное бимодальное, для которого характерен широкий интервал размеров измельчаемого материала. Во-вторых, существует предельное минимальное значение размера частиц, получаемое в диспергирующих устройствах данной конструкции с заданной удельной мощностью, развиваемой в объеме диспергируемого материала.

Согласно теории о поверхностях в суспензиях кристаллических веществ [13], работа диспергирования затрачивается на преодоление сил молекулярного притяжения при образовании новой поверхности пропорциональной площади вновь образующейся поверхности. Процесс разрушения определяется физико-механическими свойствами измельчаемого материала (твердостью, упругостью), размерами частиц, их формой и рядом других факторов.

Критическая скорость удара, при которой происходит разрушение, может быть получена из решения контактной задачи Герца. Интенсификация процесса может быть достигнута как увеличением скорости движения частиц, так и повышением хрупкости перерабатываемого материала за счет снижения его температуры.

Процесс диспергирования таких агломератов наиболее интенсивен при содержании твердого наполнителя 30-70%.

Проведенный Мак-Келви анализ движения частиц показал, что только при напряжении сдвига выше некоторого предельного, характерного для данной системы, может происходить диспергирование частиц (рис.3).

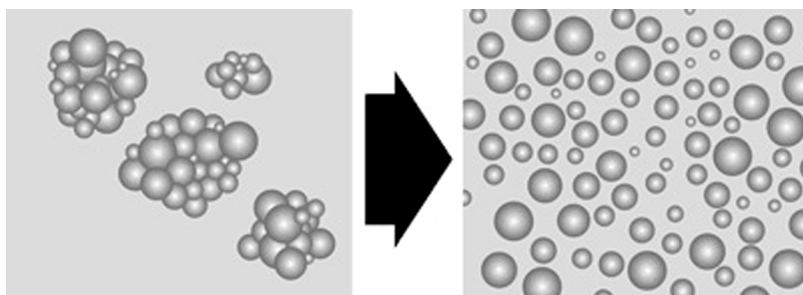


Рис. 3. Диспергирование в растворе частиц вязущего

Анализ и разработка теоретических представлений о реологии суспензий изложены П.Рейнером, с позиций физико-химической механики такой анализ выполнен Н.Б.Урьевым [8]. Согласно принятым представлениям реологию консистентных сред рассматривают как результат контактного взаимодействия составляющих их частиц, самопроизвольного, обусловленного физико-химическими факторами воздействием внешних сил, образования и разрушения конгломератных структур различного типа. В этом же ключе (как влияние на контактные взаимодействия) рассматривают и роль адсорбированной на частицах дисперсионной среды и растворенных в ней ПАВ, технологическая эффективность которых достаточно хорошо изучена Г.С. Ходаковым [4]. Частицы (или агрегаты частиц) движутся в потоке дисперсионной среды со скоростью, средней для обтекающих их потоков соответственно расположению относительно внешних сдвиговых поверхностей.

При этом способе диспергирования жидкость получает энергию вследствие трения о быстровращающийся рабочий элемент. Приобретая вращательное движение, жидкость под действием центробежных сил срывается в виде пленок и струй с рабочего элемента и дробится на капли.

Введение ПАВ - диспергаторов, эмульгаторов, понизителей твёрдости - снижает энергозатраты при диспергировании и повышает дисперсностьизмельчённой фазы, то есть величину удельной межфазной поверхности [14].

Добавление в гипсовые смеси поликарбоксилатов позволяет достигать высокой прочности гипсовых изделий и подвижности исходных суспензий, при снижении количеств воды на начальной стадии структурообразования гипсового камня [15]. Одним из реальных путей достижения поставленной, казалось бы, противоречивой цели является применение пластификаторов нового поколения - поликарбоксилатов, созданных в Японии в 80-х годах и затем получивших свое интенсивное развитие в США и Германии, Италии.

Сказанное легко иллюстрируется конверсией низкомарочного гипсового вяжущего в высокопрочный гипс на примере продукции гипсового завода (рис.4).

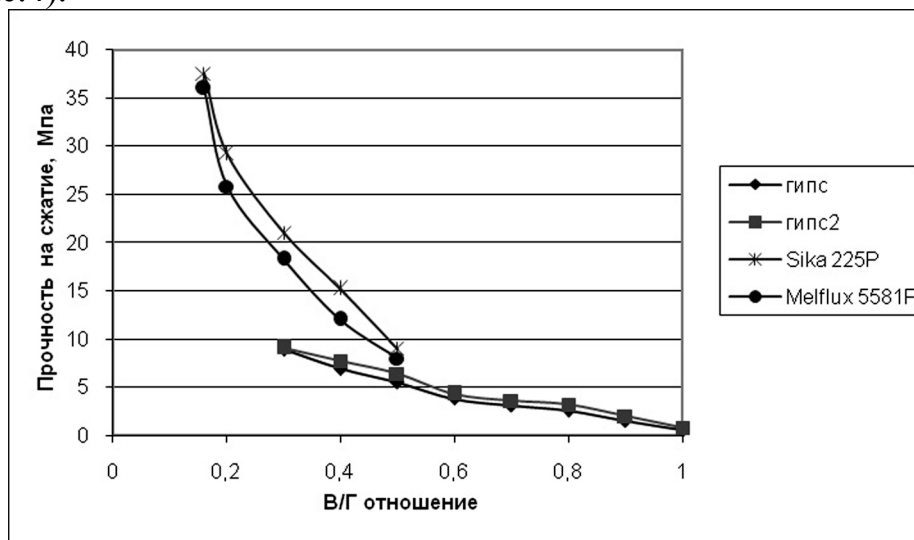


Рис. 4. Влияние водогипсового отношения на предел прочности гипсовых отливок: 1-гипсовое вяжущее Пешеланского завода; 2-гипсовое вяжущее Хабезского гипсового завода; 3- гипсовый материал в присутствии поликарбоксилатов «Sika 225P»; и 4- «Melflux 5581F»

Уже сейчас во всем мире с применением поликарбоксилатов промышленно изготавливаются материалы максимального класса по прочности на сжатие - C90/105 (марка 1000), характеризующиеся литой консистенцией.

Модификаторами называются вещества, которые будучи введены в весьма малых количествах оказывают существенное влияние на процессы кристаллизации в растворах. Поверхностно-активные молекулы органических модификаторов адсорбируются на гранях, зародившихся или сопутствующих кристаллов и понижают скорость их роста. Адсорбция не равномерна на всех гранях, на одних она более интенсивна, чем на других. Задержка в развитии кристаллов влечет изменение их формы. В случаях, когда скорость роста кристаллов замедляется, увеличивается промежуток времени от первого появления зародышей до окончания затвердевания вяжущей массы [16].

Величину поверхностной энергии можно изменять путем адсорбции поверхностно-активных веществ. При образовании зародышей дигидрата сульфата кальция, согласно закону Гиббса:

$$\sum \sigma_i S_i = \psi \quad \min, \quad \rightarrow$$

где ψ – термодинамический потенциал. Принимая во внимание, математические выкладки Гиббса-Кюрири-Вульфа, пролучаем общее выражение математической основы теории действия модификаторов:

$\Sigma \int \Gamma/c \text{ см}^2$, где c -концентрация модификатора (пластификатора), Γ - мера адсорбции в г/моль на 1 см^2 .

Прибавление к раствору поверхностно-активных веществ отражается на гидратации и вызывает неодинаковое изменение интенсивности адсорбции разных граней кристалла сульфата кальция.

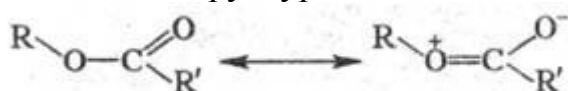
Модификаторы способствуют получению мелкозернистых новообразований, повышая прочностные характеристики получаемого материала.

Опыт показывает, что линейные олигомеры имеют большую пластифицирующую способность. С ростом числа мономерных звеньев увеличивается пластифицирующая способность, но лишь до определенных пределов.

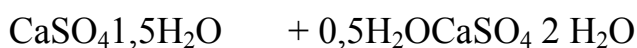
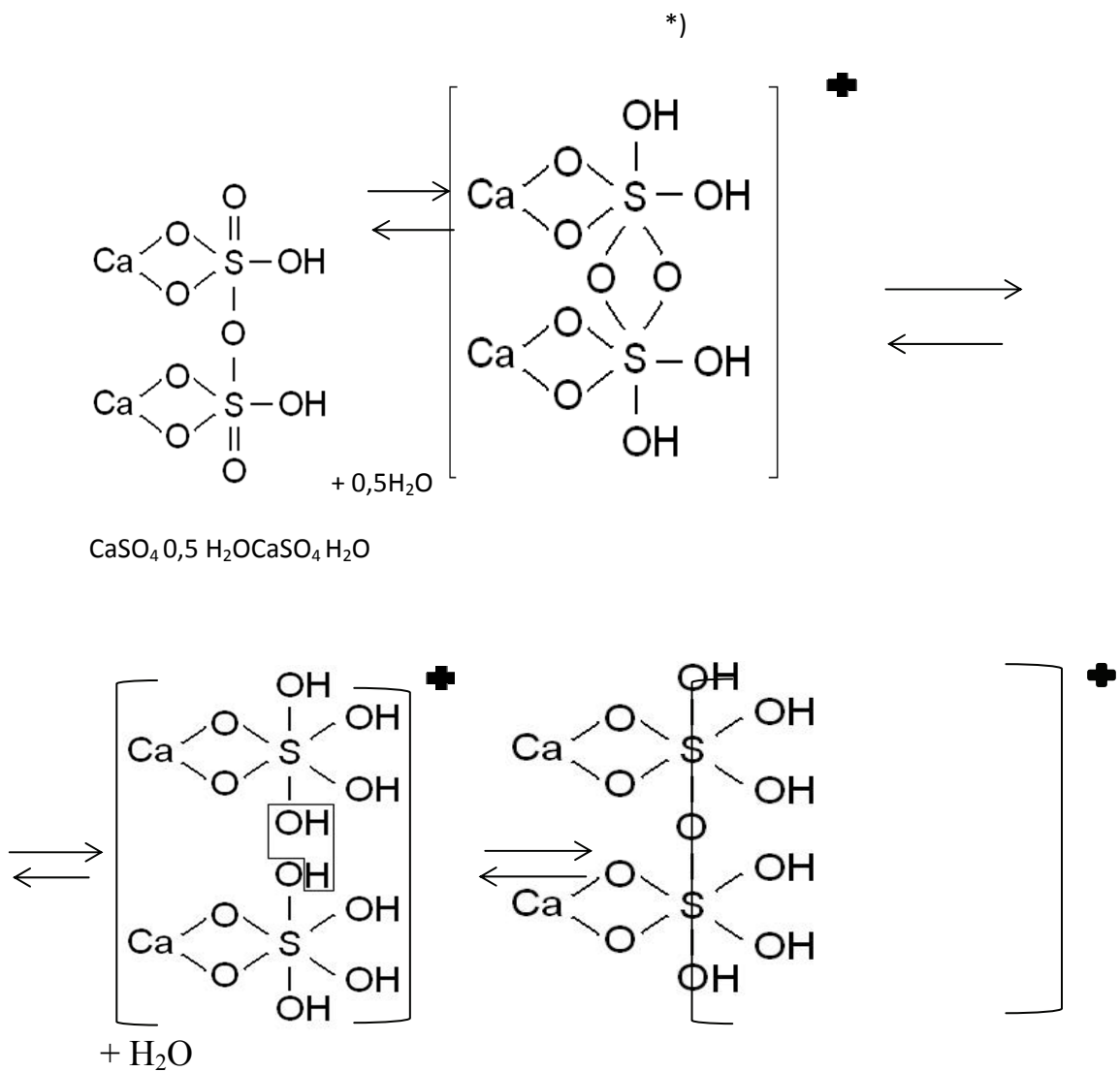


Рис. 5. Поликарбоксилат натрия размеры около 100 Ангстрем (10 мкм). Гипсовые частицы $1-6,3 \cdot 10^{-3}$ мм, или 1-6 мкм, 1000-6000 Ангстрем

Молекулу эфираполикарбоксилата условно может быть представить двумя резонансными структурами:



Нами изучены поликарбоксилаты фирм Chemicalcompany «BASF»: порошкообразные «Melflux 1641F»; «Melflux 2651F»; «Melflux 2641F»; «Melflux 4930F»; «Melflux 5581F»; а также поликарбоксилат выпускаемый компанией «Sika» пластификатор «SikaViscoCrete 225P», представляющие наибольший интерес для гипсовых систем, на которых может быть основано производство различных строительных гипсовых материалов в России. Эфирная группировка планарна или близка к планарной: простая связь $\text{C}-\text{O}$ (структура I) имеет конформацию с цисоидным расположением карбонильной двойной связи и связи $\text{COO}-\text{R}$. Длина связи $\text{C}=\text{O}$ в разл. $0,119-0,122$ нм, связи $\text{C}-\text{O}$ $0,131-0,136$ нм, углы OCO $122-126^\circ$, $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ $113-118^\circ$ [15]:



*) - метастабильная структура.

Рис. 7. Молекулярные структуры сульфата кальция при гидратации

Согласно приведенной схеме структур сульфатов кальция гидратация сульфата кальция в растворе происходит по стадиям [8]:

1-я стадия: флуктуация отрицательного заряда (смещение электронной плотности на атоме серы) и ориентация диполей воды.

2-стадия: присоединение диполя воды и протонирование по кислороду атома серы.

3-стадия: гидратация с выделением энергии.

4-стадия: сокристаллизация, объединение в кластеры и более крупные образования дигидрата сульфата кальция.

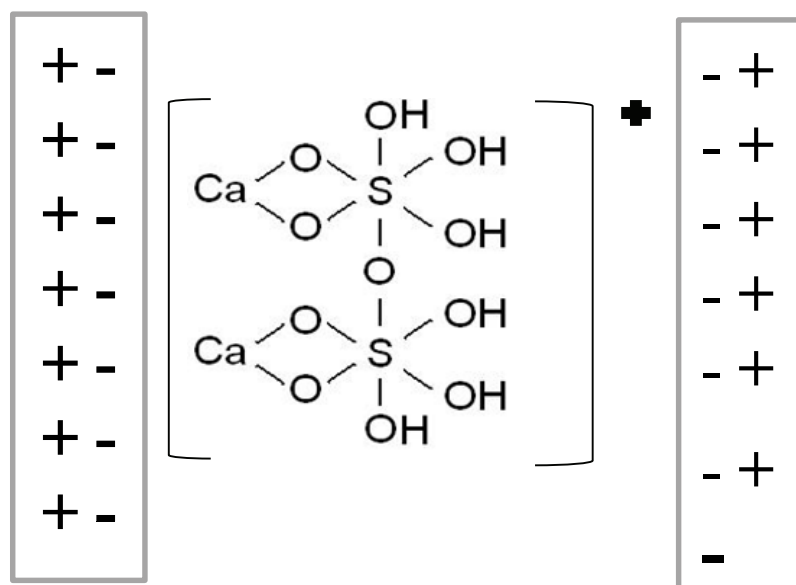


Рис.8.Взаимодействие дигидрата сульфата кальция с анионом поликарбоксилата по абсорбционному и ионно-молекулярному механизму (модифицирование гипса)

Вполне возможен механизм хемосорбционного совершенствования кристаллов сульфата кальция с зарастанием микро- и нано - пор твердых новообразований и частичного перехода разрыхленной структуры β -модификации в более плотную структуру сульфата кальция.

Представления об устойчивости дисперсных систем образующимися при взаимодействии поликарбоксилатов и сульфатов кальция могут быть понятны с учетом теоретических обоснований Б.В. Дерягина [17], который ввел для понимания процессов понятие расклинивающего давления, представляющаяся как алгебраическая сумма молекулярной составляющей, действующей на коротких расстояниях: Ван-дер-ваальсовы силы притяжения, электростатической силы, связанные с перекрытием двойных электрических слоев, структурной составляющей, возникающей при утончении прослоек между частицами, что сопровождается перекрытием граничных слоев и появлению эффектов отталкивания, абсорбционных, возникающих при перекрытии диффузионных адсорбционных слоев нейтральных молекул, и стерических сил - отталкивания адсорбционных слоев, например поликарбоксилатов, при сближении частиц гипса.

Образование гидратных частиц коллоидной степени дисперсности в системах: вяжущее - вода, как уже указывалось выше, является следствием растворения исходного вяжущего, кристаллизации и перекристаллизации гидратов из пересыщенного порового электролита, что в полной мере обуславливает и катионно-анионный состав жидкой фазы. Некомпенсированные электрические заряды активных центров гидратных частиц в нанометровом диапазоне их размеров создают систему локализованных состояний. Наличие S-O-S группы для модификаций

полугидратов сульфата кальция с молекулами воды: 0,5; 0,67; 1,0; и ряда модификаций ангидрита подтверждается теорией резонанса. Процесс твердения и формирования структуры камня представляется в виде некоторых последовательных процессов, накладывающихся друг на друга во времени на поверхности исходного полугидрата, так и в растворе с последующим межчастичным взаимодействием частиц двуhydrата между собой и образованием вначале коагуляционной структуры «стесненных» условиях [2]. Полученные теоретические и экспериментальные данные применены для модифицирования и конверсионной обработки строительного гипса различных месторождений России с получение высокопрочных гипсовых материалов (табл.1.)

Таблица 1

Модифицирование гипсовых вяжущих отечественных месторождений.

Месторождение	В/Г	% комп-унда	Прочность на сжатие, через 2 часа	Прочность на сжатие, через 24 часа	Прочность на сжатие, через 3 суток	Прочность на сжатие, через 14 суток
Шедокское, Псебай	0,65	0	4,6	5,2	6,6	7,2
Шедокское, Псебай	0,26	1,0	8,4	15,9	22,6	38,6
Бебьевское	0,68	0	5,0	5,8	6,8	10,6
Бебьевское	0,25	1,0	12,0	18,3	26,8	39,0
Усть-Джегутинское	0,67	0	4,5	4,8	5,8	6,8
Усть-Джегутинское	0,28	1,0	10,3	15,6	19,6	33,2
Хабезское	0,66	0	5,3	5,8	6,5	7,0
Хабезское	0,25	1,0	12,2	16,8	26,5	38,0
Новомосковское	0,3	1,1	10,1	14,9	20,0	28,3
Иркутское	0,3	1,2	10,7	13,8	18,5	26,8
Багарякское	0,3	1,0	9,5	12,8	17,6	23,9
Аракчинское	0,3	1,0	10,6	14,6	18,5	27,8
Ергачинское	0,3	1,0	11,2	15,8	20,4	28,5
Кунгурское	0,26	1,0	15,8	19,0	26,8	37,2
Актюбинское	0,3	1,1	12,2	16,9	22,0	26,9
Самарское	0,3	1,0	10,7	15,9	21,8	23,6
Баскунчакское	0,3	1,0	10,8	16,7	20,3	23,9
Майкопское	0,27	1,0	12,3	17,5	22,2	28,0
Павловское, Н.обл.	0,25	1,0	16,1	23,6	36,9	43,3

Выполнена работа по созданию высокоэффективных комплексных добавок для конверсивного модифицирования в суспензионной среде бета-полугидрата сульфата кальция, которая позволила:

- применить на практике полученные результаты для производства высокопрочных архитектурно-строительных изделий с малым сорбционным поглощением влаги из окружающей среды для жилья.
- разработать состав сухой смеси высокопрочного гипсового вяжущего конверсионного для получения высокопрочного материала и изделий (ВГВК) из строительного гипса, имеющий преимущества по прочности и водопоглощению, простоте технологии [15] перед известными.

Новая сухая смесь «Нивелир» представляет собой быстротвердеющую систему на основе высокопрочного гипса, минеральных наполнителей и комплекса полимерных добавок; обладает хорошей прочностью и адгезией с основанием, высокой растекаемостью, отсутствием усадки, быстрым твердением; применяется для устройства полов внутри сухих помещений административных и жилых зданий с нормальным уровнем влажности.

Таблица 2

Технические характеристики самонивелирующегося пола «Нивелир»

Цвет	светло-белый
Толщина слоя, мм	от 5 до 20
Начало схватывания от затворения, мин.	не ранее 50
Через 24 часа по полу можно ходить	
Насыпной вес, кг/м ³	910
Остаток на сите 0,2 мм, %	не более 32
Выход раствора из 1 кг сухой смеси, л	0,51
Водно-смесевое соотношение вода/смесь	0,296-0,298
Расход сухой смеси при толщине слоя 20 мм, кг/м ²	38,0
Прочность на сжатие, МПа	не менее 22,0
Прочность на сжатие через 2 часа	не менее 13,0
Прочность на изгиб, МПа	не менее 6,0
Плотность, кг/м ³	1900-1920
Адгезия к бетону (огрунтованному), МПа	не менее 1,5
Подвижность растворной смеси, мм	280-295



Рис.9. Готовый наливной пол из смеси «Нивелир Русеан»

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенченко В.К. Модификация как физико-химический процесс. М.-Л. – 1942. - С.22-38.
2. Долгорев В.А. Применение поликарбоксилатов в производстве строительных гипсовых вяжущих и материалов. - 2015. – Минск: «Ковчег», – 512 с.
3. Ребиндер П.А., Щукин Е.Д. Образование новых поверхностей при деформировании и разрушении твердого тела в поверхностно-активной среде. // Коллоидн. журн., 1958 Т.20, С.645-651.
4. Ребиндер П.А., Калиновская Н.А., Венстрем Е.К. Понижение поверхностной энергии и твердости (работы диспергирования твердых тел) адсорбционными слоями // ЖФХ, 1934. Т.5, №2, с.332-357.
4. Ходаков Г.С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее обоснование // Рос хим журнал химического общества им Д.И. Менделеева 2003, том XLVII. № 2. - С. 33.
5. Дерягин Б.В. Устойчивость коллоидных систем и тонких пленок. – М.: Наука, 1968. - 206 с.
6. Полак А.Ф., Карлова Л.Г. Курбановская О.Г. О возникновении зародышей новой гидратной фазы при твердении мономинеральных вяжущих. // Коллоидный журнал. – 1964. – Т.24, № 2. – С. 230-235.
7. Лифшиц Е.М. Теория молекулярных сил притяжения между твердыми телами. // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 1955. – Т 29, № 5. - С.1006-1009.

8. Балдин В.П. Молекулярный механизм дегидратации гипса. // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. 1987. Т.23. № 6. С.1012-1016.
9. Константинов В.В. Исследование процессов взаимодействия полуводного гипса под микроскопом // Изв. АН Казах. ССР серия горн. 1954.- № 126.
10. Манджурнет И.П. «Автоклавный гипс». //Труды Киевского теплотехнического института силикатов. 1951. -Т. III, -234.
11. Сербина В.П., Ледовских В.М., Алейнер А.Б. Микрокристаллоскопические исследования кристаллогидратов сульфата кальция. // Украинский химический журнал. 1999.- т.65.№ 7. – С.17-22.
12. Венстрем Е.К. Адсорбирующиеся вещества как понизители твердости хрупких тел.// Коллоидн. журн. 1952. - Т. 14. №5. С.297-306.
13. Урьев Н. Б., Потанин А. А. Текучесть суспензий и порошков. М.: Химия, 1992.-256 с.
14. Uchikawa H., Hanehara Sh. Influence of Characteristics of Sulfonic Acid-Based Admixture on Interactive Force between Cement Particles and Fluidity of cement paste. ACISP 17.3. – 1997. - P.23-34
15. Долгорев В.А. Комплексные гиперпластификаторы для гипса. Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий: Материалы VМеждународной научно-практической конференции, Казань, 8-10 сентября 2010. -, С.190-196.
16. Долгорев В.А. «Получение гипсовых строительных материалов высокой прочности из низкомарочного гипса конверсионным способом» // Ж. Строительная наука и техника. 2013.-№ 1 (33), с.92-96.
17. Дерягин. Б. В. Теория коагуляции золь с учётом расклинивающего давления и механических свойств тонких слоёв. Докл. АН СССР. 1956. - Т.109. - № 5. - С. 967.

УТОЧНЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Дубровина Г.Г., ОАО «БЕЛГИПС»;

Гончаров Ю.А., ООО «ВОЛМА»;

Губская А.Г., РУП «Институт НИИСМ», Минск;

Бурьянов А.Ф., Московский государственный строительный университет

Введение в действие в Республике Беларусь европейских стандартов не предполагает отмены действия национальных ТНПА и позволяет наряду с ними применять нормы проектирования, основанные на системе нормирования, принятой в СССР.

По мнению ученых и ведущих специалистов корпорации ВОЛМА формальные различия в определении некоторых свойств гипсовых материалов при переходе на евро нормы могут привести к некоторым расхождениям опытных и расчетных результатов исследований и, как следствие, в частности, к принятию неэффективного применения гипсовых материалов нового поколения.

Для определения фактических значений теплофизических свойств гипсовых материалов т.м. Белгипс, ВОЛМА в НИИ строительных материалов (г.Минск, Беларусь) выполнен комплекс исследований теплофизических свойств материалов на основе гипсового вяжущего (рис. 1,2). Результаты экспериментальных исследований представлены в таблицах 1,2.



Рисунок 1. Фрагмент климатической камеры (определение паропроницаемости образцов гипсовой сухой смеси и гипсокартона)



Рисунок 2. Фрагмент климатической камеры (определение сорбционной влажности при $\phi=75\%$ образцов гипсовой сухой смеси и гипсокартона)

Таблица 1. Теплофизические свойства гипсовой сухой смеси т.м.ВОЛМА

№ образца	Плотность ρ , кг/м ³	Теплопроводность, λ Вт/(м·К)	Термическое сопротивление, R_T м ² ·К/Вт	Паропроницаемость, μ мг/(м·ч·Па)	Сопротивление паропроницанию R_p , м ² ·ч·Па/мг	Теплоусвоение, S , Вт/(м ² ·К)	Сорбционная влажность (при $\phi=75\%$), %
1	3	4	5	6	7	8	9
1	1012,8	0,238	0,142	0,109	0,310	3,842	0,299
2	1003,6	0,232	0,142	0,110	0,299	3,776	0,300
3	1002,1	0,231	0,149	0,110	0,313	3,765	0,295
4	1000,3	0,230	0,142	0,110	0,299	3,753	0,307
5	1006,5	0,234	0,145	0,110	0,310	3,798	0,301
средн	1005,1	0,233	0,144	0,110	0,306	3,787	0,300

ее							
----	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 2. Теплофизические свойства гипсокартон т.м. БЕЛГИПС,ВОЛМА

№ образца	Толщина образца δ , м	Плотность ρ , кг/м ³	Теплопроводность *, λ Вт/(м·К)	Термическое сопротивление, R_T м ² ·К/Вт	Паропроницаемость *, μ мг/(м·ч·Па)	Сопротивление паропроницанию R_p , м ² ·ч·Па/мг	Теплоусвоение *, S , Вт/(м ² ·К)	Сорбционная влажность* (при $\phi=75\%$), %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,01232	807,1	0,158	0,0780	0,0860	0,143	2,794	0,460
2	0,01224	810,1	0,158	0,0775	0,0858	0,143	2,800	0,465
3	0,01250	823,2	0,160	0,0781	0,0850	0,147	2,840	0,398
4	0,01234	804,6	0,158	0,0781	0,0862	0,143	2,790	0,511
5	0,01231	810,4	0,158	0,0779	0,0858	0,143	2,800	0,472
среднее	0,01234	811,1	0,158	0,0779	0,0858	0,144	2,805	0461

«*» - с учетом влияния поверхностных слоев картона

Экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с требованиями действующих ТНПА: СТБ EN 520-2009 «Листы гипсокартонные. Определения, требования и методы испытаний»; ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования»; СТБ 1618-2006 «Материалы и изделия строительные. Методы определения теплопроводности при стационарном тепловом режиме»; СТБ EN 12667-2007 «Теплотехнические свойства строительных материалов и изделий. Определение теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме с использованием прибора, включающего плиты, горячую охранную зону или тепломер. Материалы с высоким и средним коэффициентом теплопроводности»; ГОСТ 25898-83 «Материалы и изделия строительные. Методы определения сопротивления паропроницанию»; СТБ EN ISO 12572-2008 «Теплотехнические свойства строительных материалов и изделий. Определение паропроницаемости»; СТБ EN ISO 10456-2011 «Материалы и изделия строительные. Теплотехнические свойства. Методики определения нормируемых и расчетных значений»; ГОСТ 24816-81 «Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности»; СТБ EN 12088-2008 «Материалы строительные теплоизоляционные. Определение сорбционной влажности».

Из приведенных результатов (таблицы 1,2) следует, что экспериментально полученные значения показателей паропроницаемости и теплопроводности соответствуют требованиям действующих ТНПА, сорбционная влажность при $\phi=75\%$ не превышает 0,5%.

Полученные фактические теплотехнические значения гипсовых материалов позволяют отнести их к энергоэффективным строительным материалам .

Гипсокартонные листы , сухие строительные гипсовые смеси, отличающиеся экологичностью , хорошими звуко и теплоизолирующими свойствами , способствуют также регулированию влажности воздуха в помещениях путем абсорбции и обратной отдачи влажности. Данные свойства гипсовых материалов нового поколения позволяют решать многие технические и строительные задачи, в том числе и в энергоэффективном строительстве.

В настоящее время проблема реализации оптимизации затрат в энергоэффективном строительстве является актуальной задачей в строительстве, рисунок 3.

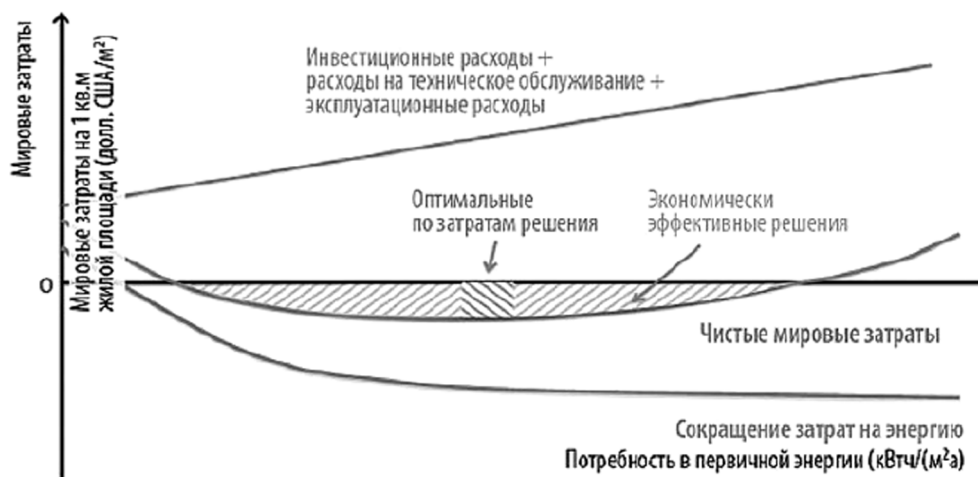


Рисунок 3. Принцип оптимизации затрат в энергоэффективном строительстве

Экономически эффективные ,оптимальные по затратам решения с применением гипсовых материалов вносят свою лепту в энергоэффективность зданий. Доступные технологии с использованием гипсовых материалов соответствуют новым принципам энергоэффективности, определяющим общие энергетические показатели здания, где элементы и материалы ,используемые в здании ,оцениваются как часть здания ,а не продукт, рисунок 4.



Рисунок 4. Общие энергетические показатели здания.

Литература

1. Гончаров ю.А., Дубровина Г.Г., Губская А.Г., Бурьянов А.Ф. Гипсовые материалы и изделия нового поколения. Оценка энергоэффективности. /Производственно-практическое пособие / Минск, 2016-336 стр.
2. Яунземс Дзинтарс. Проектирование, практика и принципы строительства энергоэффективных зданий. Отчет, программа ПРООН-ГЭФ.
3. Яунземс Дзинтарс. Политика, нормы и стандарты энергетической эффективности зданий. Отчет, программа ПРООН-ГЭФ.
4. Проект технического регламента Республики Беларусь «Энергоэффективные здания».

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА МОДИФИКАЦИИ ПОЛУВОДНОГО ГИПСА МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФАЗОВОГО АНАЛИЗА

Еремин А.В., Пустовгар А.П., Пашкевич С.А.

Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ),
Научно-исследовательский институт «Строительных материалов и технологий» (НИИ «СМиТ»)

Введение

В настоящее время хорошо известно, что в зависимости от условий обжига гипсового камня будет происходить образование той или иной формы полуводного гипса. Так при термообработке гипсового камня в паровой среде под давлением в автоклавах или в водных растворах некоторых солей при атмосферном давлении будет образовываться α -модификация, а при нагреве до 120-180°C и атмосферном давлении будет преимущественно образовываться β -модификация полугидрата [1]. Считается, что разница между этими двумя формами связана с совершенством их кристаллитов: β -модификация полугидрата состоит из мельчайших агрегатов, образовавшихся в результате удаления из двуводного гипса воды в виде перегретого пара, напротив α -модификация полугидрата представлена крупными частицами в виде хорошо сформированных кристаллов, что связано с медленным удалением воды из двуводного гипса в капельно-жидком состоянии. Эти различия проявляются в их термодинамических, физико-химических и физико-механических свойствах [1, 2].

Принципы и подходы рентгеновских методов анализа (качественный и количественный фазовый анализ, текстурно-структурный анализ и т.д.) находят активное применение в производственных лабораториях для входного/выходного контроля качества и управления технологическими процессами в цементной, металлургической, химической и др. промышленности. Так, например, применение количественного рентгенофазового анализа при производстве гипсового вяжущего позволяет формализовать процесс контроля на основе результатов о вещественном составе получаемого продукта для корректировки температуры, времени обжига и выдержки при производстве гипсовых вяжущих, что оптимизирует энергетические затраты и повышает качество конечного продукта [3, 4]. Однако, к настоящему времени попытки различить между собой α - и β -формы полугидрата сульфата кальция по дифракции рентгеновских лучей стандартными подходами (качественный рентгенофазовый анализ) не увенчались успехом по причине их идентичной кристаллической структуры и, как следствие, идентичности их дифракционных картин [4, 5], что ограничивает область применения рентгенофазового анализа в гипсовой промышленности. В связи с этим

целью настоящей работы является разработка методики по определению вида модификации полугидрата сульфата кальция методом рентгенофазового анализа.

Теоретические предпосылки

При рассмотрении кристаллического вещества в рамках модели бесконечной периодической решетки и использовании кинематического приближения для описания процесса дифракции рентгеновского излучения (РИ) дифракционный максимум является δ -функцией в обратном (и прямом) пространстве, т.е. имеет нулевую ширину. Разумеется, в реальных исследованиях фиксируются дифракционные максимумы с ненулевой шириной (δ -функция размазывается), или, как говорят, наблюдается уширение рефлексов. На уширение рефлексов влияют два основных фактора: инструментальный фактор, связанный с конструкцией экспериментальной установки (постоянен для конкретной оптической схемы и прибора), и фактор образца, связанный с особенностями реальной структуры (микроструктуры) исследуемого вещества [6].

Инструментальный вклад β_{std} оценивают по данным об интегральной ширине пиков некоторого стандарта, обеспечивающего близкий к δ -функции вклад, а затем определяют исправленные (соответствующие вкладу образца) величины интегральных ширин дифракционных максимумов исследуемой пробы β_s в предположении аддитивности вкладов:

$$\beta_s = \beta_{raw} - \beta_{std}$$

где β_{raw} - экспериментально определенное значение интегральной ширины.

В некотором приближении можно считать, что вклад образца в уширение рефлексов β_s обусловлен двумя основными факторами: малыми размерами областей когерентного рассеяния (ОКР) рентгеновского излучения (РИ) и/или наличием микронапряжений (ϵ), соответствующих появлению некоторого отличного от δ -функции распределения параметров элементарной ячейки фазы [7]. Так как форма профильной функции для описания дифракционной картины полуводного гипса близка к лоренцевской [4, 5], это позволяет считать вклады от микронапряжений и размера кристаллитов в уширение дифракционного максимума линейно аддитивными [7]. Это дает возможность разделить вклады микронапряжений и ОКР с помощью т.н. построения Вильямсона-Холла при наличии данных для нескольких рефлексов фазы в некотором угловом диапазоне по формуле:

$$\beta_L \cos \Theta = \frac{\lambda}{\langle D \rangle} + \epsilon \times 4 \sin \Theta,$$

где β_L - значение интегральной ширины рефлекса аппроксимированного лоренцевской функцией;

Θ - дифракционный угол;

λ - длина волны РИ;

$\langle D \rangle$ - размер ОКР.

Зависимость величины $\beta_L \cos \Theta$ от $4 \sin \Theta$ аппроксимируют линейной функцией и непосредственно определяется $\lambda / \langle D \rangle$ и ε .

Экспериментальная часть

В настоящей работе было проведено исследование для 4 образцов полуводного гипса, полученных при различном способе обжига гипсового камня:

- образец гипсового вяжущего марки Г5, полученный в гипсоварочном котле (маркировка β -1);

- образец гипсового вяжущего марки Г4, полученный в горизонтальной вращающейся печи (маркировка β -2);

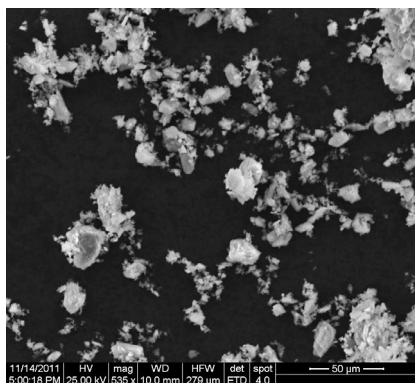
- образец гипсового вяжущего марки Г16, полученный автоклавным способом (маркировка α -1);

- образец гипсового вяжущего марки Г19, полученный в гипсоварочном котле (маркировка α -2);

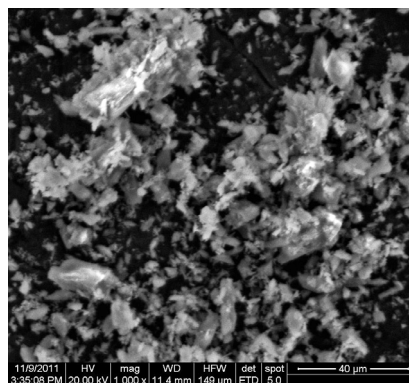
Визуализация микроструктуры изученных образцов гипсового вяжущего проводилась на сканирующем электронном микроскопе FEI QUANTA 200 (США).

Регистрация дифрактограмм проводилась на порошковом дифрактометре ARL X'tra (Швейцария) в диапазоне углов $2\Theta = 4 \dots 70^\circ$, в пошаговом режиме (шаг = $0,02^\circ$) и временем экспозиции 1 с. в точке. В качестве источника РИ использовалась рентгеновская трубка с медным анодом. Профильный анализ осуществлялся в программном обеспечении WinXRD 2.0.6 при помощи функции Pearson VII. Для учета инструментального вклада в уширение дифракционных максимумов использовался стандартный образец гексаборида лантана NIST-660b [8].

Визуализация микроструктуры показала, что образцы гипсового вяжущего, полученные в гипсоварочном котле и горизонтальной вращающейся печи, состоят преимущественно из β -полугидрата - микроструктура обоих образцов сложена из мельчайших кристаллов без характерного габитуса (рис. 3). В свою очередь микроструктура образцов гипсового вяжущего, полученных автоклавным методом, представлена крупными призмовидными кристаллами (рис. 4), что соответствует α -полуводному гипсу.

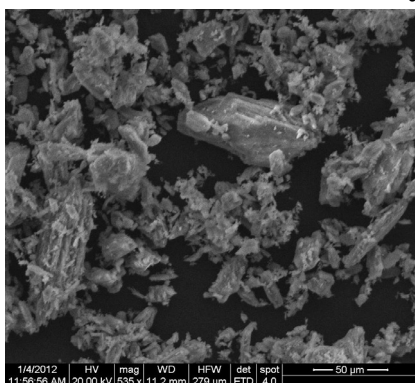


а)

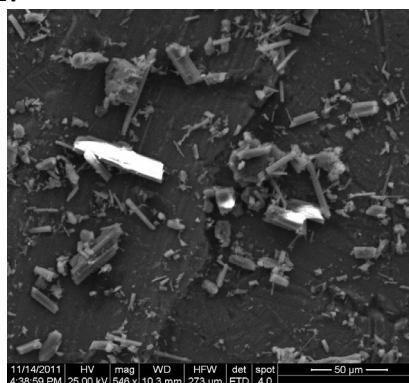


б)

Рисунок 1. Микрофотографии образцов гипсового вяжущего:
а) β -1; б) β -2.



а)



б)

Рисунок 2. Микрофотографии образцов гипсового вяжущего:
а) α -1; б) α -2.

Профильный анализ зарегистрированных дифрактограмм изученных образцов гипсового вяжущего и стандартного образца LaB_6 позволил получить угловую зависимость полуширины рефлексов $\beta(\Theta)$ для фазы полуводного гипса, которая описывается функциональной зависимостью Кальотти:

$$\beta(\Theta) = \sqrt{W + V \tan \Theta + U \tan^2 \Theta}$$

На основании полученных данных было проведено построение Вильямсона-Холла с учетом инструментального вклада в уширение каждого отдельно взятого дифракционного максимума для полуводного гипса (рис. 3,4). Пересечение с осью ординат линейной аппроксимации полученной зависимости дает значение $\langle D \rangle$ (размера кристаллитов), наклон линии позволили получить величину микронапряжений 2ε системы. Полученные результаты микроструктурного анализа представлены в таблице 1.

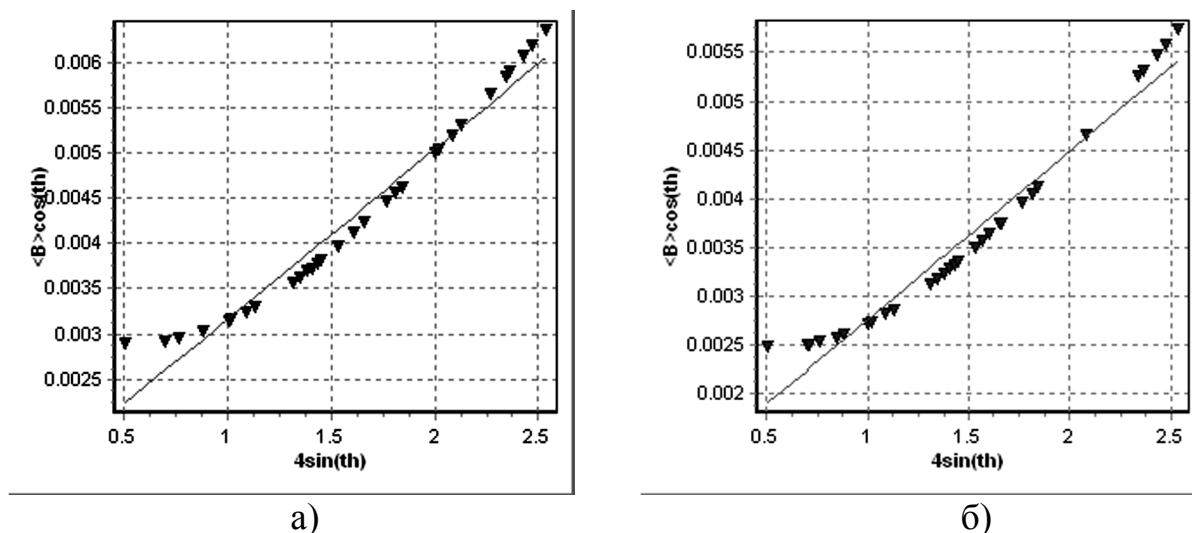


Рисунок 3. Построение Вильямсона-Холла для образцов β -полугидрата полученных в: а) β -1; б) β -2.

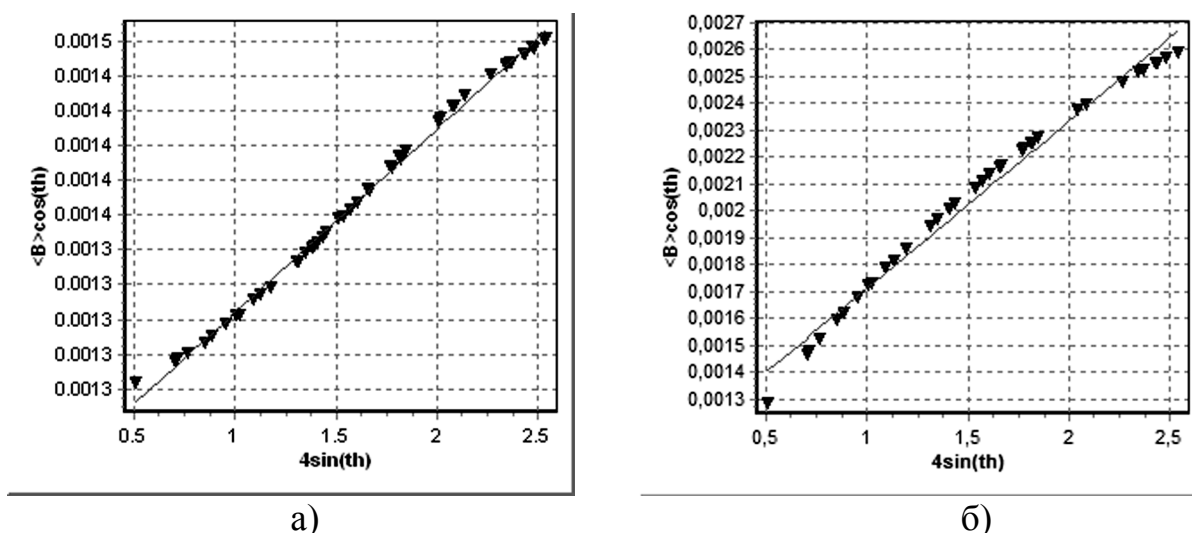


Рисунок 4. Построение Вильямсона-Холла для образцов α -полугидрата полученных в автоклаве марки: а) α -1; б) α -2.

Таблица 1. Результаты определения микроструктурных параметров.

Маркировка образца	Микроструктурные параметры	
	$\langle D \rangle$, нм	ε
β -1	120.04	0.00128
β -2	148.44	0.00173
α -1	128.51	0.00011
α -2	140.94	0.00044

Как видно из полученных данных, что основной вклад в уширение дифракционных максимумов для полуводного гипса является наличие микронапряжений системы. При этом значение микронапряжений для α -

полугидратов находится в диапазоне 0,00011...0,00044, а для β -полугидратов превышает 0,001 (0,00128...0,00173). Данный факт хорошо согласуется с существующим мнением о влиянии обжига двуводного гипса на микроструктуру полуводного гипса - кристаллы β -полугидрата находятся в более напряженном состоянии, по сравнению с α -полугидратом, в силу особенностей его получения - процесс обжига при атмосферном давлении «разрывает» кристаллы двугидрата и вода выходит в виде перегретого пара. Таким образом, исследование микроструктуры полуводного гипса методом порошковой рентгеновской дифрактометрии формализует в численном выражении степень напряженности системы, которая в дальнейшем определяет физико-механические и эксплуатационные характеристики.

Дальнейший набор статистики по микроструктурным характеристикам для полугидрата сульфата кальция, полученного различными способами, позволит определить численные границы существования, той или иной формы полуводного гипса.

Литература

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В. Ферронской. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 488 с.
2. В.В. Белов, А.Ф. Бурьянов и др. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция. 196 с, Москва, 2012.
3. Еремин А.В., Пустовгар А.П. и др. Оптимизация состава и свойств гипсового вяжущего, полученного в варочном котле// Вестник МГСУ, №6, 2016г., С 56-62.
4. Еремин А.В., Пустовгар А.П. Современные подходы рентгенофазового анализа гипсовых вяжущих// Журнал Строительные материалы, №7, 2012 г., С 62-66.
5. Bezou C., Nonat, A. et al. Investigation of the crystal structure of gamma- CaSO_4 , $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$, and $\text{CaSO}_4 \cdot 0.6\text{H}_2\text{O}$ by powder diffraction methods // Journal of Solid State Chemistry (1995), №117, pp. 165-176.
6. Pecharsky V.K., Zavalij P.Y. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. 703p, USA, 2003.
7. T. Ungar et al. Crystallite size distribution and dislocation structure determined by diffraction profile analysis: principles and practical application to cubic and hexagonal crystals// J. Appl. Cryst. (2001), 34, 298-310.
8. SRM 660a; Lanthanum Hexaboride Powder Line Position and Line Shape Standard for Powder Diffraction; National Institute of Standards and Technology; U.S. Department of Commerce: Gaithersburg, MD (13 September 2000).

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ НАПОЛНЕННОГО ПЕНОГИПСА

Жуков А.Д., Румянцев Г.Б.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Изучая любой объект, физическое ли то явление или технологический процесс экспериментатор умышленно упрощает его до удобного или до понятного уровня, то есть, представляет это явление или этот процесс в виде модели. Два условия должны соблюдаться при этом: модель должна достоверно описывать реальный процесс и способствовать получению полезной и новой информации, а так же должна быть экономична и удобна в использовании [1, 2].

Экспериментально-статистические модели описывают с известной точностью (степенью адекватности) связь между входами и выходами системы без анализа внутренней структуры этой системы. Для данного способа моделирования характерны универсальность методологии сбора экспериментальной информации; сложность всесторонней интерпретации параметров моделей и ограниченность области применения такой модели, адекватной только в рамках объекта, для которого эта модель построена [3, 4].

Использование математических (экспериментально-статистических моделей) позволяет решать технологические задачи широкого спектра: формировать методики подбора состава материалов и оптимизировать технологические параметры изготовления изделий, прогнозировать их свойства и пр. этот способ был реализован в технологии декоративно-акустических изделий, разработанной на ИСА МГСУ.

Одним из аспектов данной проблемы является уменьшение концентрации вредных веществ, находящихся внутри помещений. В качестве решений в настоящее время применяются системы естественной и принудительной вентиляции, с дополнительными фильтрующими элементами или без них, а так же бытовые системы очистки и увлажнения воздуха. Применение наполненных пеногипсовых материалов обладающих способностью очищения воздуха внутри помещения, в качестве лицевых интерьерных элементов позволит поддерживать состояние среды помещений в соответствии с требованием санитарных норм [5, 6].

Перспективным направлением развития декоративно-акустических материалов (ДАМ) является производство однослойных пористых материалов полной заводской готовности. Развитие производства однослойных пористых ДАМ сдерживается из-за отсутствия обобщающих научных исследований, выполненных в этом направлении, отсутствия теоретических и методологических разработок, определяющих принципиальные положения по технологии, требования к сырьевым материалам и конечной продукции. До настоящего времени нет обоснованных требований к акустическим, прочностным и эксплуатационным показателям изделий, которым они должны отвечать, от-

сутствуют рекомендации, обеспечивающие получение заданных свойств материала.

Технология пеногипсовых наполненных материалов (ПГНМ) базируется на современной технологии производства поризованных гипсовых плит, разработанной в МГСУ (известен как метод «сухой минерализации») [5]. Самы материалы рекомендованы для внутренней отделки помещений как декоративные, звукопоглощающие и саморегулирующие влажность.

Пеногипс обладает развитой удельной поверхностью и обеспечивает свободное проникновение молекул газа в свою толщу за счет сообщающейся пористости и высокой межкристаллической пустотности. Структура пеногипсового материала (рис. 1) способствует введению в нее тонкодисперсных фракций пористых наполнителей и позволяет получать декоративные материалы, обладающие и акустическими свойствами и способностью поглощать вредные вещества.

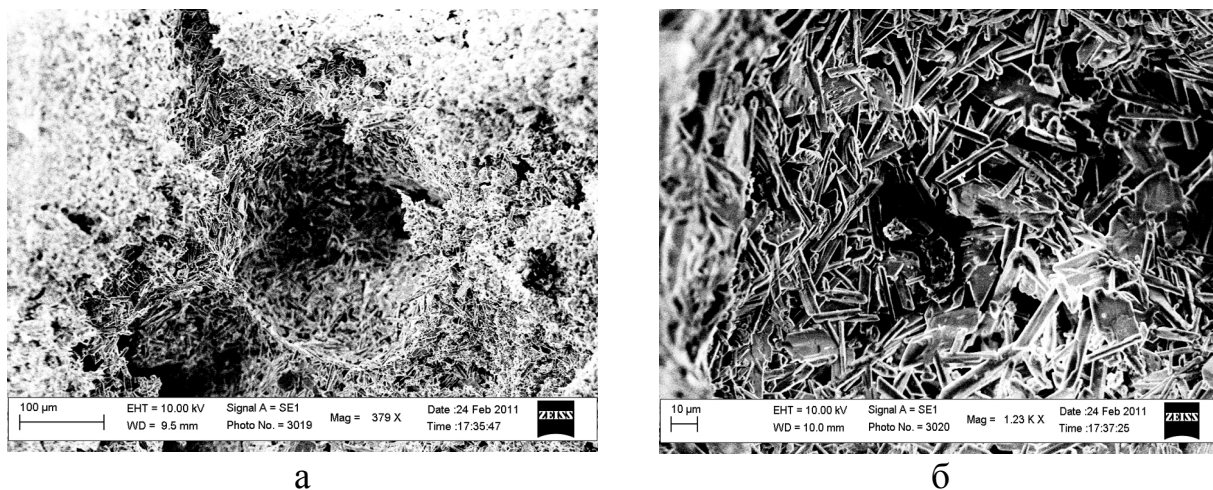


Рис. 1. Структура пеногипса при увеличении: а — х380; б — х1230

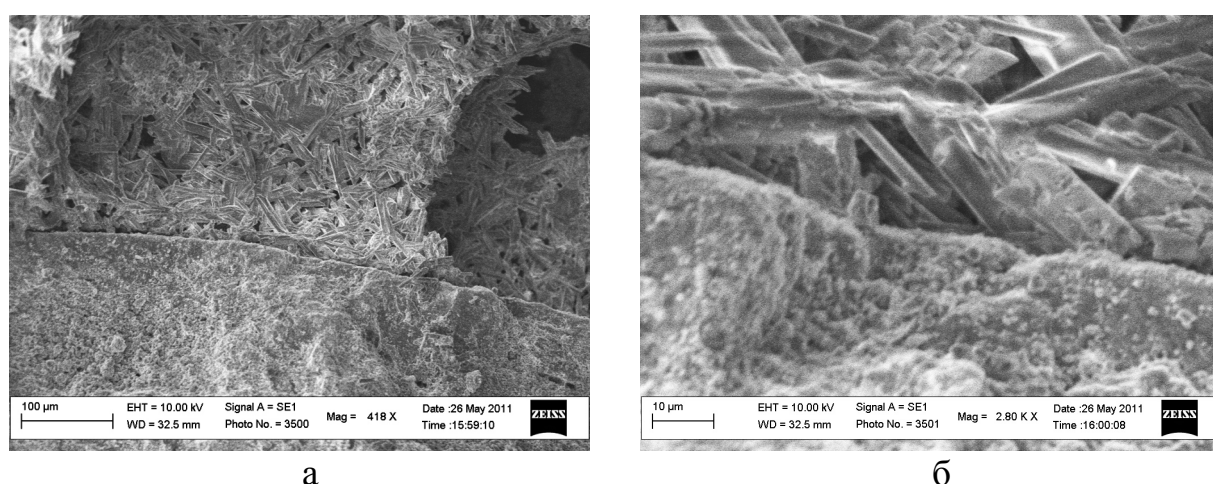


Рис. 2. Структура композиционного материала при увеличении: а — х400; б — х2800

Проведенные исследования структуры гипсокомпозиционных материалов (рис. 2) показывают, что зона контакта кристаллов гипса и погло-

щающего компонента является точечной. Этот фактор в совокупности с межкристаллической пустотностью в гипсовом материале (которая позволяет свободно проникать через свою толщу адсорбируемыми молекулами газа) позволяет обеспечить высокие сорбционные свойства разрабатываемых материалов.

Математическое планирование эксперимента является важной составной частью решения технологических задач на ЭВМ для нахождения уравнений математических моделей, характеризующих состав композиционных пеногипсовых материалов [5]. В качестве варьируемых факторов приняты: водогипсовое отношение (X_1), расход поглощающего компонента по отношению к расходу гипса (X_2), расход ПАВ по отношению к расходу воды (X_3). (табл. 1). В качестве функций оптимизации: средняя плотность (Y_1) и прочность образцов при сжатии (Y_2).

Таблица 1

Условия эксперимента

Наименование фактора	Символ X_i	Среднее значение фактора, \bar{X}_i	Интервал варьирования, ΔX_i	Значения фактора на уровнях	
				-1	+1
Водогипсовое отношение (В/Г)	X_1	0,8	0,1	0,7	0,9
Расход поглощающего компонента по отношению к расходу гипса, %	X_2	16	3	13	19
Расход ПАВ по отношению к расходу воды, %	X_3	0,17	0,03	0,14	0,20

Проведение и обработка результатов эксперимента позволила получить математические зависимости. По критерию Стьюдента и дисперсии коэффициентов регрессии определяем доверительные интервалы для коэффициентов каждого из полиномов. Соответственно $\Delta b_1 = 4$, а $\Delta b_2 = 0,006$. Сравнивая коэффициенты уравнений регрессии с доверительными интервалами, определяем значимые коэффициенты. Коэффициенты регрессии, меньшие по абсолютной величине соответствующего доверительного интервала (Δb) считаются незначимыми и приравниваются 0. В результате получены следующие математические модели (полиномы):

- для средней плотности:

$$Y_1 = 400 - 10X_1 + 20X_2 - 12X_3 - 6X_1X_3 + 5X_1X_2$$

- для прочности при сжатии

$$Y_2 = 0,52 - 0,04X_1 + 0,06X_2 - 0,03X_3 + 0,02X_1X_3 + 0,01X_1^2 - 0,05X_2^2$$

Полученные модели проверены на адекватности по критерию Фишера. Расчетные значения критериев Фишера равны для модели средней плотности равно $F_1 = 14,7$, а для модели прочности при сжатии $F_2 = 15,1$. Табличные же значения критериев соответственно равны 19,2 и 19,3.

Анализ коэффициентов уравнения $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$ показывает, что увеличение В/Г и расхода ПАВ ведет к некоторому снижению средней плотности, а увеличение расхода цеолита – к росту средней плотности. В плоских сечениях (X_1, X_2) , (X_1, X_3) имеют место гиперболические зависимости, в сечении (X_2, X_3) – зависимость плотности от этих факторов имеет линейный характер.

Анализ коэффициентов уравнения $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$ показывает, что увеличение В/Г и расхода ПАВ ведет к снижению прочности при сжатии; при этом значимый коэффициент при X_1^2 показывает, что больших значениях В/Г это снижение проявляется в меньшей степени. Зависимость прочности от расхода поглощающей добавки носит экстремальный характер, т.е. на участке изучаемого фазового пространства имеет место максимум функции $Y_2 = f_3(X_2)$. Этот факт будет учтен при аналитической оптимизации математических моделей.

Аналитическая оптимизация основана на том, что функции $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$ и $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$ – математические и к ним допустимо применение методов математического анализа, при условии, что не будет нарушаться условие адекватности.

В рассматриваемом случае принята следующая схема:

- уравнение $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$ дифференцируются по X_2 и приравнивают 0, определяя экстремум функции Y_2 по X_2 ;
- решают функции $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$ и $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$ при $X_2 = \text{opt}$
- проводят графическую интерпретацию оптимизированных функций.

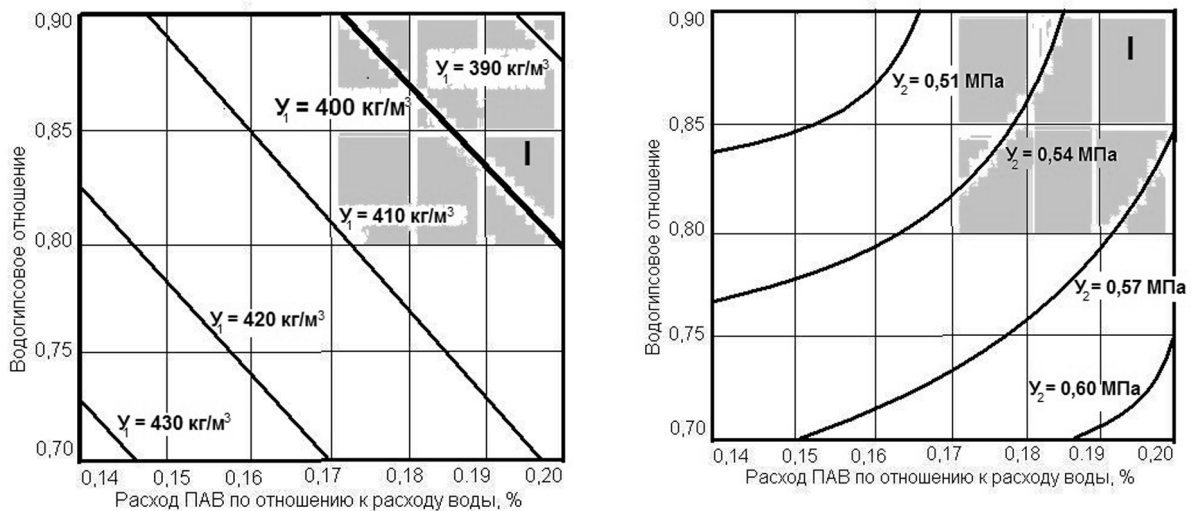


Рис. 3. Графическая интерпретация моделей $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$ и $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$ при $X_2 = \text{opt}$: А – для средней плотности (Y_1); Б – для прочности при сжатии (Y_2). Заштрихован I-й квадрант, который используется для поиска оптимизационных решений

1). Определение экстремума функции:

$$\frac{\partial Y_2}{\partial X_2} = 0,06 - 0,1X_2 = 0 \text{ следовательно } X_2 = \frac{0,06}{0,10} = 0,6$$

В натуральном выражении:

$$\bar{X}_2 = \bar{X}_2 + 0,6 \cdot \Delta X_2 = 16 + 0,6 \cdot 3 = 18 \pm 1 (\%)$$

2). Решаем уравнения Y_1 и Y_2 при $X_2 = 0,6$:

- для средней плотности: $Y_1 = 412 - 7X_1 - 12X_3 - 6X_1X_3 + 6X_1X_3$

- для прочности при сжатии: $Y_2 = 0,54 - 0,04X_1 - 0,03X_3 + 0,02X_1X_3 + 0,01X_1^2$

3). Графическая интерпретация зависимостей представлена на рис. 3

Расчеты, проведенные на модели, показывают, что максимально достижимая прочность при плотности 400 кг/м^3 составит $0,58 \text{ МПа}$. Этой прочности соответствует расход гипса 296 кг/м^3 ; оптимальный расход поглощающего компонента: $260 \times 0,18 = 53 \pm 3 \text{ кг/м}^3$; расход воды $296 \times 0,8 = 237 \pm 8 \text{ дм}^3/\text{м}^3$ и расход ПАВ $237 \times 0,0019 = 0,45 \pm 0,07 \text{ кг/м}^3$.

Оптимизация составов композиционного пеногипса позволяет получить материалы с прочностью и плотностью, обеспечивающими надежность этих материалов в условиях эксплуатации. Основными же функциональными свойствами являются акустические показатели и способность поглощать вредные вещества, содержащиеся в воздухе. Разработанный материал значительно отличается по своим характеристикам от поризованных плит, которые используются в системах внутренней отделки как отделочный и звукопоглощающий материал.

Литература

1. Румянцев Б.М., Жуков А.Д. Принципы создания новых строительных материалов // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 3(23). Код доступа : vestnik.vgasu.ru. Дата обращения: 2016.07.23
2. Еремин А.В., Пустовгар А.П., Голотина А.А., Нефедов С.В., Пашкевич С.А., Шеин А.Л. Оптимизация состава и свойств гипсового вяжущего, полученного в варочном котле // Вестник МГСУ. №6. 2016. С. 56–62
3. Жуков А.Д., Наумова Н.В., Мустафаев Р.М., Майорова Н.А. Моделирование свойств высокопористых материалов комбинированной структуры // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 7. С. 39–42.
4. Румянцев Б.М., Жуков А.Д., Чкунин А.С., Аристов Д.И. Оптимизация ячеистых структур // Научное обозрение. 2015. № 13. С. 128–131
5. Румянцев Б.М., Жуков А.Д., Орлов А.В. Декоративно-акустические гипсо-содержащие материалы. Монография. М.: Изд. МГСУ 2013. 230 с.
6. Жуков А.Д., Бессонов И.В., Сапелин А.Н., Мустафаев Р.М. Композиционные материалы с регулируемой пористостью // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 6. С. 58–61.

СЫРЬЕВАЯ БАЗА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ И БЕТОНОВ

Коровяков В.Ф.

ОАО «Научно-исследовательский институт московского строительства «НИИМосстрой»

Композиционные гипсовые вяжущие находят все большее применение в производстве строительных материалов и строительстве. В соответствии с теоретическими основами получения композиционных гипсовых вяжущих, разработанных в МГСУ на кафедре технологии гипсовых веществ и бетонов (А.В.Ферронская и В.Ф. Коровяков) в состав композиционных вяжущих могут входить следующие компоненты: гипсовые или ангидритовое вяжущие, портландцемент или известь, высокоактивная пуццоланическая добавка в сочетании с инертной или малоактивной кремнеземистой добавкой и сильным пластификатором [1, 2]. В качестве гипсовых компонентов композиционных вяжущих могут применяться гипсовые вяжущие β - или α -модификации (строительный или высокопрочный гипс или их смесь) в зависимости от предназначения. Чем быстрее требуется получить требуемую прочность и ее высокие показатели, тем более высокую марку исходного вяжущего выбирают. Для достижения необходимых требований по долговечности в состав КГВ вводят портландцемент с кремнеземистыми добавками и суперпластификатором [3, 4]. При этом портландцемент с добавками подвергается совместной активации (помолу) в шаровой или любой другой мельнице, обеспечивающей необходимую дисперсность органоминерального модификатора. Как установлено исследованиями удельная поверхность модификатора должна находиться в пределах 450-600 м²/кг в зависимости от активности кремнеземистой добавки. Одну из важнейших ролей в композиции играют пуццоланические добавки. Благодаря их гидравлической активности они связывают гидроксид кальция, образующийся в результате гидратации минералов портландцементного клинкера, тем самым снижая его концентрацию до пределов, при которых гидросульфат алюминат кальция трехсульфатной формы (эттрингит) не образуется. В результате в процессе твердения образуется долговечный композит. Широкая гамма кремнеземистых пуццоланических добавок позволяет выбрать наиболее рациональные добавки для любого региона. Среди таких добавок наибольшую эффективность показали следующие добавки: доменные гранулированные шлаки, микрокремнезем, метакаолин, золы-уноса, цеолитсодержащие породы в сочетании с микрокремнеземом, керамзитовая пыль в сочетании с микрокремнеземом, молотый кварцевый песок в сочетании с микрокремнеземом или метакаолином, различные кремнеземсодержащие отходы.

В качестве сильных пластификаторов применяют различные суперпластификаторы на основе нафталинсульфокислот или меламинасульфокислоты. Повышенную эффективность показали пластификаторы на основе поликарбоксилатных полимеров.

Как видно из приведенных данных получение и производство композиционных гипсовых вяжущих не имеют ограничений по причине дефицита компонентов модификатора. Основным тормозом для применения таких вяжущих является необоснованно высокая стоимость гипсовых вяжущих.

Что касается областей применения композиционных гипсовых вяжущих – они достаточно хорошо известны.

Во-первых, это производство сухих строительных смесей различного назначения: штукатурных, в том числе для наружных поверхностей, выравнивающих, ремонтных и других.

Во-вторых, бетоны для возведения стеновых конструкций. Они используются при строительстве малоэтажных жилых домов и хозяйственных построек. Для этого используются пено- и газогипсобетоны, керамзитогипсобетон, бетон на основе пеностеклогранулята.

Далее, ячеистые бетоны на КГВ используются для утепления плоских кровель, в качестве теплозвукоизоляционного слоя конструкции пола.

Получены положительные результаты испытаний несущих конструкций (плит перекрытий) из тяжелого бетона на КГВ.

Особенно эффективны бетоны на основе КГВ в монолитном строительстве, так как из этих бетонов при строительстве зданий до трех этажей можно возводить не только стены, но и перекрытия со стальной или композитной арматурой, не говоря уже о внутренней отделке.

Бетоны на КГВ могут применяться при строительстве индивидуального жилья, спроектированного по разным строительным системам. Например, бескаркасная (стеновая) система включает стены и перекрытия, функционально обеспечивающие устойчивость всего сооружения за счет их совместной работы. Несущими стенами могут быть торцевые стены, стены лестничных клеток, а при небольшой протяженности – промежуточные связевые стены. Если несущими стенами являются поперечные стены, то наружные продольные стены выполняют роль исключительно ограждающих конструкций. Поэтому они могут быть

легкими навесными или самонесущими. В данной системе стены и перекрытия могут быть выполнены из соответствующих бетонов на КГВ.

В каркасной системе колонны и связывающие их плоскости перекрытий создают четкую схему передачи нагрузок, в которой все силовые воздействия на дом воспринимает рамный каркас, а наружные стены выполняют только ограждающую функцию. Использование каркасной системы в малоэтажном строительстве дает возможность применять для наружных стен местные материалы с малой прочностью, в том числе ячеистый бетон на КГВ.

Литература

- 1 Коровяков В.Ф. Гипсовые вяжущие и их применение в строительстве. //Российский химический журнал, 2003, - №4, -том XLVII, -с. 18-25
- 2 Гипс в малоэтажном строительстве (монография). - /Ферронская А.В., Коровяков В.Ф., Баранов И.М., Бурьянов А.Ф., Лосев Ю.Г., Поплавский В.В., Шишин А.В. - Изд. АСВ, , 2008.- 240 с.
- 3 Органоминеральный модификатор для гипсовых вяжущих, строительных растворов, бетонов и изделий на их основе. Патент РФ № 2381119 Оpubл.10.02.2010 Бюл.№ 43
- 4 Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). /Справочник: под редакцией А.В. Ферронской/. - Издательство АСВ. Москва, - 2004. – 488 с.

Коршунов А.Е., Мольков А.А.

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Изучению механизмов формирования кристаллических структур в вяжущих системах и физико-химических основ их управления уделено большое внимание в трудах Будникова П.П., Скрамтаева Б. Г., Боженова П.И., Бурьянова А.Ф., Гаркави М.С., и т.д.

Авторами предложен современный метод и исследовательский комплекс для контроля структурообразования при производстве и твердении минеральных вяжущих веществ. Комплекс для изучения механизмов структурообразования состоит из трех основных модулей: лабораторный миниавтоклав, авторской конструкции с иллюминатором для наблюдений состояния исследуемого материала массой до 0,5 г, микроскоп МИМ-10 оборудованный цифровой камерой Levenhuk C1400 NG 14M и модуль управления, выполненный на базе многофункционального устройства (МФУ) сбора данных National Instruments USB-6008, и программного комплекса LabVIEW (рис. 1).

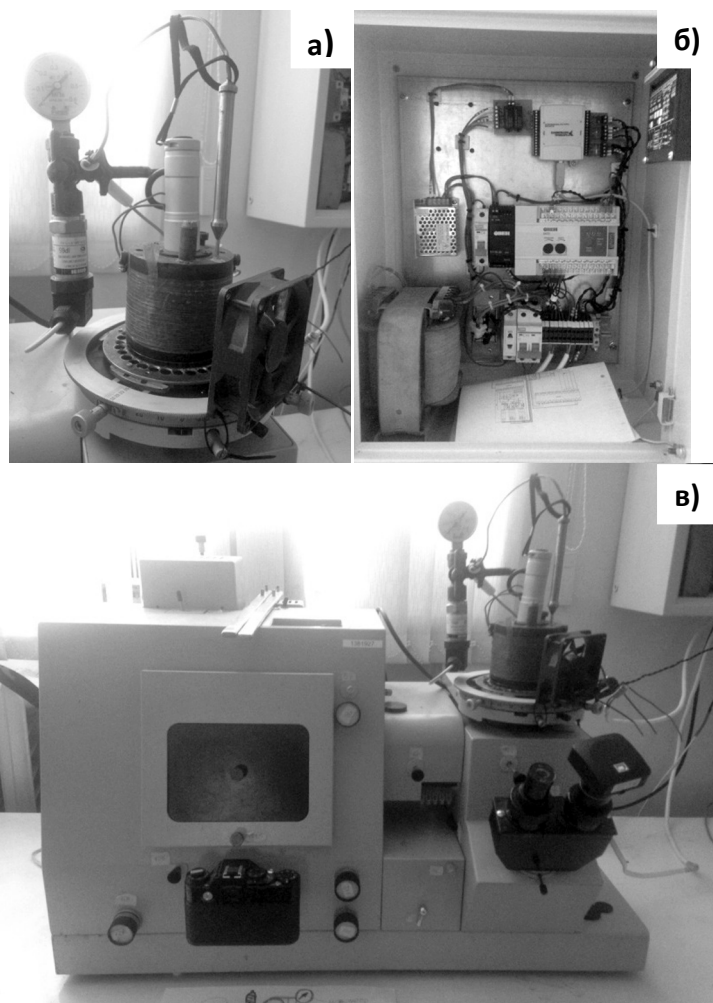


Рисунок 1. Внешний вид исследовательской установки:

а) исследовательский миниавтоклав с иллюминатором для наблюдений;

б) блок автоматизации под управлением МФУ USB-6008;

в) микроскоп МИМ-10 с установленным миниавтоклавом на предметном столике и камерой высокого разрешения Levenhuk C1400.

Разработанная установка и программное обеспечение (ПО) позволяют в режиме реального времени производить наблюдения и мониторинг структурообразования с фиксацией изменений кинетики процессов, протекающих в кристаллических структурах под воздействием различных факторов. Сочетание условий, действующих на исследуемый образец, и их продолжительность выбираются перед началом исследований. В базе имеются классические режимы тепловой обработки (подъем температуры и давления – выдержка при заданных условиях – снижение температуры и давления и т.п.), имитирующие работу реального оборудования на производстве, а также возможность заданий экспериментальных режимов. Например, доступно изучение влияния опережения роста давления над ростом температуры в системе, установление зависимости кристаллообразования от интенсивности подъёма температуры, определение оптимальных условий протекания тепловой обработки (до 180 °С при давлении насыщенного водяного пара 1,0 МПа.), изучение дегидратации двуводного гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в присутствии полимерных добавок [1], контроль структурообразования гипсовых вяжущих веществ в присутствии регуляторов схватывания и т.п. [2, 3]

По окончании опыта результаты автоматически обрабатываются и помещаются в базу данных экспериментов в виде аннотированного отчета с фотографиями (рис. 2), графиками зависимостей температуры и давления от времени с возможностью сохранения видео-файла процесса кристаллообразования.

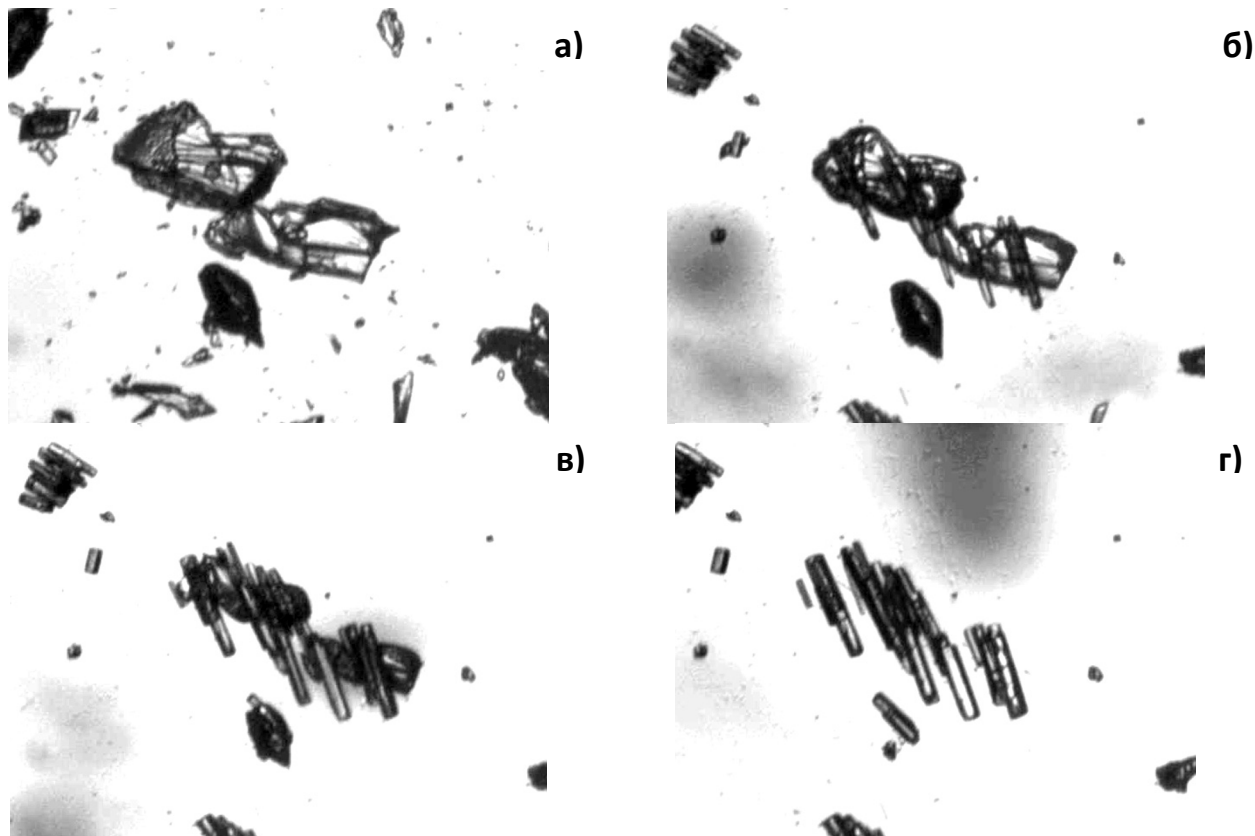


Рисунок 2. Пример фотографий полученных в ходе одного из экспериментов:
а) исходное гипсовое сырье; б), в) процесс дегидратации;
г) завершённый процесс дегидратации.

Выявлены оптимальные формы кристаллов (соотношение сторон) и их геометрические размеры для получения гипсовых вяжущих минимальной удельной поверхности, повышенной прочности. Предложены обоснованные режимы тепловой обработки гипсового камня различных месторождений (Бебьевское, Новомосковское, Анненковское, Гомзовское, Баскунчак) и кристаллических структур. Подтверждена взаимосвязь характера кристаллов и прочности твердеющих систем при исследованиях гипсовых и ангидритовых вяжущих.

Полученные результаты согласуются с исследованиями [4], имеют практическое значение для направленного регулирования процесса кристаллообразования вяжущих веществ с получением оптимальных эксплуатационных свойств. Установка может быть использована для моделирования новых технологий, процессов и отработки нестандартных (аварийных) ситуаций в производстве строительных материалов на основе сульфата кальция.

Литература

1. Анисимова С.В. и др. Свойства гипсовых суспензий в присутствии водорастворимых акриловых полимеров. // Строительные материалы, 2016, №7. – С. 25-28.
2. Петропавловская В.Б., Белов В.В., Новиченкова Т.Б. Регулирование свойств безобжиговых гипсовых материалов. // Строительные материалы, 2008, №8. – С. 14-15.
3. 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. М.: Де Нова. 2012. 196 с.
4. Алтыкис М.Г. Экспериментально-теоретические основы получения композиционных и многофазовых гипсовых вяжущих веществ для сухих строительных смесей и материалов. Дисс... д-ра техн. наук. Казань. 2003. 435 с.

МОДИФИКАЦИЯ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА ФОСФОГИПСОВЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

А.А. Мольков, В.П. Сучков

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Современный научно-технический прогресс во всем мире непосредственным образом связан с глобальным использованием природных ресурсов и накоплением техногенных отходов. Масштабы накопленных промышленных отходов в России можно оценить примерно в 90 млрд. т. Средний уровень полезного использования промышленных отходов составляет примерно 35%. Наиболее высоким уровнем использования в качестве вторичного сырья характеризуются следующие виды отходов: лом и отходы черных и цветных металлов (86% и 100% соответственно), щелоки сульфитные (68%), макулатура (66%), древесные отходы (50%), галитовые отходы (42%), шлаки доменного производства (39%), огарки пиритные (около 30%). Плохо используются полимерные отходы – 8,3%, фосфогипс – на 2,0% и т.п.

Проведенная работа посвящена утилизации фосфогипса путем использования его в качестве минерального наполнителя для теплоизоляционного жесткого пенополиуретана. За счет данной модификации возможно получение трудногорючего теплоизоляционного материала с улучшенными физико-механическими свойствами.

Несмотря на то, что на большинстве предприятий стремятся к созданию мало- и безотходных технологий, на практике часто на 1 тонну полезной продукции образуется несколько тонн гипсосодержащих отходов. Самым распространенным гипсосодержащим отходом во всем мире является фосфогипс. Так, например, при получении фосфорной кислоты на 1 т кислоты получают 4 – 5 т фосфогипса.

В настоящее время накоплено значительное количество фосфогипса, который, как правило, утилизируется в отвалы. Необходимость транспортирования и хранения фосфогипса заметным образом усложняет эксплуатацию предприятий и, даже при соблюдении всех требований органов санитарного надзора ухудшает санитарное состояние площадки завода и экологическую обстановку прилегающей к нему территории [1].

Одним из основных направлений утилизации фосфогипса является получение на его основе гипсовых вяжущих. По возможному объему переработки фосфогипса второе место, после производства гипсовых вяжущих веществ, занимает его использование в технологии портландцемента [2-5]. Заслуживают внимания и другие пути утилизации фосфогипса: производство сульфидизатора для шахтной плавки окисленных никелевых руд; синтез низкотемпературного белита на основе фосфогипса; изготовление серной кислоты и извести [6]. В дорожном

строительстве – как материал для основания дорог [7]. Также фосфогипс предлагается использовать в сельском хозяйстве – для мелиорации солонцов, в смеси с известью для мелиорации кислых почв и в качестве удобрительных мелиорантов.

Однако практически все технологии, направленные на переработку фосфогипсов, связаны с введением дополнительных технологических операций, что приводит к значительному усложнению технологии и соответственно к дополнительным капитальным затратам. По этой причине материалы и изделия из попутного продукта не могут конкурировать с аналогичной продукцией на основе природного гипсового камня. В связи с чем остается весьма актуальной проблема переработки фосфогипса.

Еще одной немаловажной проблемой является высокое потребление энергетических ресурсов на отопление зданий различного назначения. Энергопотребление зданий составляет около 43% от всей вырабатываемой тепловой энергии, из которой 90% идет на отопление. Затраты на отопление в нашей стране в 2 – 2,5 раза выше чем в западноевропейских странах. Огромное количество тепловой энергии, ежегодно поставляемой на обогрев зданий различного назначения, расходуется на теплопотери, т.е. по сути, на отопление улицы, что наносит не только значительный экономический урон, но и внушительный экологический ущерб. Дело в том, что для производства тепловой энергии в настоящее время, также как и в далекой древности, используют процесс сжигания различного топлива: угля, мазута, природного и попутного газов и т.д. В свою очередь сгорание топлива ведет к достаточно быстрому истощению его природных источников, кроме того, как известно, при сгорании топлива в атмосферу поступает значительное количество вредных выбросов.

Среди обширного класса теплоизоляционных материалов жесткие пенополиуретаны (ППУ) занимают заметное место как наиболее высокоэффективный теплоизоляционный материал с уникальным комплексом физико-механических свойств.

Благодаря малому коэффициенту теплопроводности, большому диапазону плотностей, хорошей совместимостью с минеральными и другими материалами, гибкости технологии и возможности переработки различными методами, более других широко используют в различных отраслях промышленности жесткие ППУ [8]. Основными областями потребления жесткого пенополиуретана в настоящее время является строительство, теплоизоляция трубопроводов, производство домашних холодильников и промышленных рефрижераторов, транспорт, мебельная промышленность и судостроение.

Исходя из всего вышесказанного, целью работы является переработка фосфогипса путем введения его в состав пенополиуретана совместно с антипиреном по экологически безопасной технологии. За счет

данной модификации возможно получение трудногорючего теплоизоляционного пенополиуретана с улучшенными физико-механическими свойствами.

В качестве материалов, для проведения исследований, были выбраны:

Пенополиуретановая система на основе полиэфирполиола – лапрол марки 564 (компонент «А») и полиизоцианата – Супрасек 5005 (компонент «Б»). Антипирен – расширенный графит (РГ) марки РГ-М, полученный обработкой графита серной кислотой с размером частиц не более 50 – 100 мкм. Фосфогипс Воскресенского производственного объединения «Воскресенские минеральные удобрения».

Для определения физико-механических свойств материала использовались стандартные методики по ГОСТ 17177-94.

Обработка данных проводилась с помощью пакета статистического анализа «STATISTICA 6.0».

Определение пожарно-технических характеристик проводили по ГОСТ 12.1.044-89 в установке «огневая труба». Согласно принятой методике материал имеющий потерю массы при сгорании менее 60% и максимальную температуру газообразных продуктов горения до 260 °С может быть отнесен к трудногорючим.

Снижение горючести полимеров основаны на следующих способах [9]:

1. Огнезащита устойчивыми к пламени материалами – подразумевает покрытие плитками, листами из негорючих или трудносгораемых материалов изделий из горючих материалов. Преимущества огнезащитных покрытий – в простоте изготовления и сравнительно небольшой стоимости работ. Основной недостаток этого способа заключается в отслаивание покрытий от основного горючего материала. При этом возрастает вероятность загорания основного материала.

2. Введение наполнителей – приводит к некоторому снижению горючести. Наполнители широко используются для получения материалов с заданными технологическими и эксплуатационными свойствами и снижения их стоимости. Основной недостаток аналогичен указанному для выше приведенного способа (расслаивание при повышенных температурах), а эффект снижения горючести от введения наполнителей, как правило, оказывается незначительным.

3. Введение антипиренов и составов, замедляющих горение, в полимерные материалы заключается обычно в равномерном распределении этих веществ в объеме материала. Этот способ более эффективен по сравнению с предыдущими. Основным недостатком этого способа является в ряде случаев увеличение горючести материала в процессе его эксплуатации, поскольку введенные замедлители горения могут «выпотевать», вымываться или иным способом выделяться из

материала. Следует также отметить, что введение антипиренов в малых количествах зачастую малоэффективно, а увеличение их концентрации приводит к существенному снижению физико-механических свойств материала.

4. Модификацию полимерных материалов с целью снижения горючести проводят различными методами. Применение этого способа позволяет уменьшить вероятность диффузии частиц, содержащих элементы замедлителей горения, в области 200–350 °С. Однако модификация нередко приводит к существенному изменению свойств материала. Кроме того, модификация требует некоторого изменения технологического процесса, что приводит к повышению себестоимости изделий.

Анализируя способы снижения горючести, можно сделать вывод, что для снижения пожарной опасности теплоизоляции на основе пенополиуретана нет однозначного способа решения поставленной задачи. Проведя эксперименты по наполнению пенополиуретана гипсосодержащим наполнителем и антипиреном, в отдельности, было установлено, что образцы пенополиуретана, имеют повышенную огнестойкость в сравнении с ненаполненными, что говорит о некоторой эффективности их введения в пенополиуретан. Однако эффект снижения горючести при введении гипсового наполнителя оказывается недостаточным для перевода материала в класс трудногорючих. Введением антипирена в количестве более 30% по массе удалось получить трудногорючий пенополиуретан, но при этом наблюдалось значительное снижение физико-механических свойств.

Исходя из этого, нами предложен комбинированный метод снижения горючести пенополиуретана, основанный на введении гипсосодержащего наполнителя совместно с антипиреном. Для этого была поставлена серия экспериментов по наполнению 10...50 % по массе фосфогипсом и фиксированными количествами расширенного графита 5%, 10% и 15% по массе от массы полимера.

Добиваясь снижения горючести, необходимо следить за тем, чтобы физико-механические и другие эксплуатационные свойства получаемого теплоизоляционного материала не ухудшались. С этой целью перед проверкой пожарно-технических характеристик получаемого нами композиционного материала проводились исследования по выявлению оптимальных составов для получения образцов с высокими эксплуатационными свойствами. Зависимости средней плотности пенополиуретана и предела прочности при сжатии от количества вводимого в пенополиуретан наполнителя приведены на рис. 1.

Анализ определения физико-механических свойств показал, что введение в пенополиуретан совместно с антипиреном гипсового наполнителя позволяет получить теплоизоляционный материал с

улучшенными свойствами. Материал обладает повышенной прочностью, низким, порядка 3% по объему, водопоглощением, коэффициентом открытой пористости в пределах 15...20%. Полностью исчезает воздушная и водная усадка образцов. При этом происходит незначительное повышение плотности и коэффициента теплопроводности.

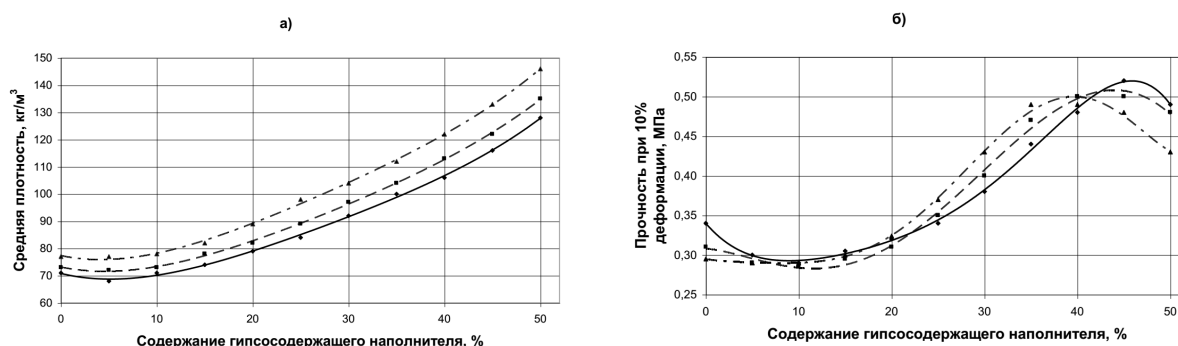


Рисунок 1. Влияние содержания комплексного наполнителя на:
 а) среднюю плотность и б) прочность пенополиуретана при содержании
 РГ: — 5 %; - - - 10 %; - · - · - 15 %.

Полученные при определении пожарно-технических характеристик результаты (табл.1), свидетельствуют о высокой эффективности данного способа модификации. При введении одновременно с антипиреном гипсосодержащего наполнителя происходит значительное усиление антипиряющего действия расширенного графита. Введением в пенополиуретан антипирена в количестве 5 – 9 % совместно с 30 % минерального наполнителя удалось получить трудногорючий материал. Получаемый по такой методике пенополиуретан имеет высокие физико-механические свойства, как было показано выше, и повышенную огнестойкость, что подтверждают показатели потери массы при горении и максимальная температура газообразных продуктов горения.

Таблица 1

Пожарно-технические характеристики наполненного ППУ

Содержание наполнителя, %	Содержание антипирена, %	Максимальное приращение температуры, °С	Потеря массы, %	Горючесть
10	5	392	59	горючий
30	5	302	55	горючий
50	5	250	44	трудногорючий
10	10	302	52	горючий
30	10	243	41	трудногорючий
50	10	224	28	трудногорючий
10	15	286	40	горючий
30	15	233	28	трудногорючий
50	15	218	23	трудногорючий

Предложено решение экологической проблемы, связанной с образованием и хранением гипсосодержащих отходов, за счет разработки экологически безопасной и безотходной технологии утилизации фосфогипса. В результате исследований разработана экологически безопасная технология утилизации фосфогипса за счет комплексного его использования в технологии полимерных теплоизоляционных строительных материалов. Также, предложен оригинальный способ получения трудногорючего наполненного пенополиуретана с улучшенными физико-механическими свойствами за счет одновременного применения наполнителя (фосфогипс) и антипирена (РГ).

Литература

1. Воробьев Х.С. Состояние и перспективы использования вторичных продуктов и отходов промышленности в производстве строительных материалов // Строительные материалы, 1985, №10. – С.6-7.
2. Баженов Ю.М., Шубейкин П.Ф., Дворник Л.И. Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов. М.: Стройиздат, 1986. 54 с.
3. Болдырев А.С., Лосев А.Н., Алехин Ю.А. Использование отходов в промышленности строительных материалов. М.: Знание, 1983. 64 с.
4. Гордашевский П.Ф., Долгарев Л.В. Производство гипсовых вяжущих материалов из гипсосодержащих отходов. М.: Стройиздат, 1987. 105 с.
5. Ласкорин Б.Н., Громов Б.В., Цыганов А.П., Секин В.Н. Безотходная технология в промышленности. М.: Стройиздат, 1986. 160 с.
6. Ахметов А.С., Дмитриева Н.В. Применение фосфогипса в дорожном строительстве // Технология минеральных удобрений. Ленинград, 1992, №1. – С.113-115.
7. Ахметов А.С., Ярош Е.Б. Техничко-экономическая характеристика переработки фосфогипса на серную кислоту и вяжущие материалы // Технология минеральн. удобрений. Ленинград. 1992. С.10-13.
8. Денисов А.В. Жесткие пенополиуретаны теплоизоляционного назначения // Строительные материалы, 2005, №6. – С.21-22.
9. Кодолов В.И. Замедлители горения полимерных материалов. М.: Химия, 1980. 274 с.

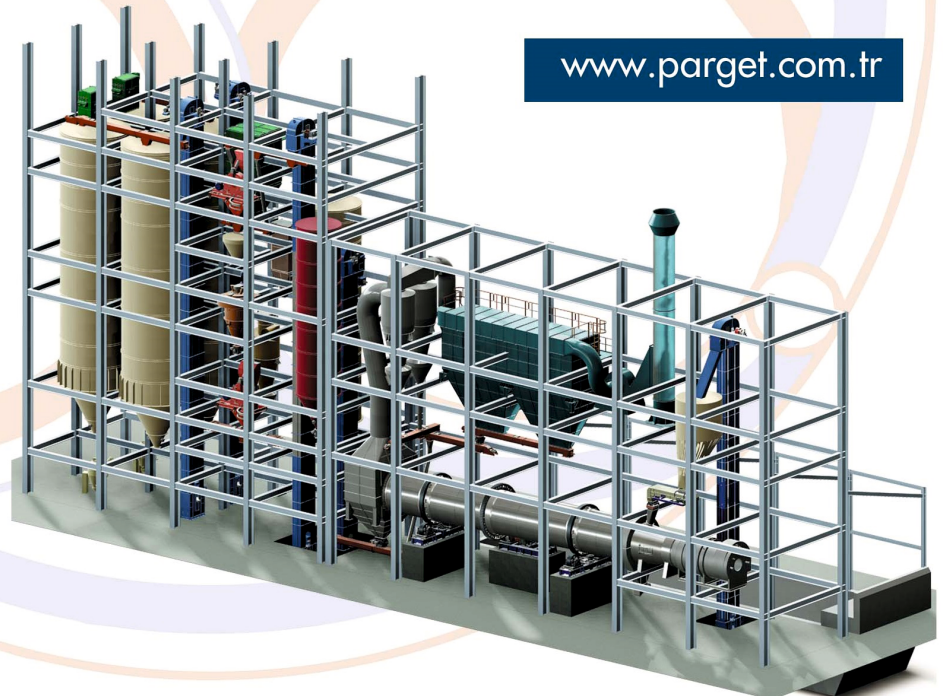


New Name
Of Gypsum Processing



ЗАВОДЫ И ОБОРУДОВАНИЕ для производства гипса, гипсокартона, сухих смесей, перлита и кальцита

www.parget.com.tr



ГИПС – НАША ПРОФЕССИЯ

ALPHAPLATRE - ВАШ НАДЕЖНЫЙ ПАРТНЕР - ЛИДЕР В ТОР СПИСКЕ ПОСТАВЩИКОВ

ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГИПСОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И МОДЕРНИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

ВАШИ ПРЕИМУЩЕСТВА:

ПРОИЗВОДСТВО ГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ВЫСОЧАЙШЕГО КАЧЕСТВА

ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

АДАПТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ К ОСОБЕННОСТЯМ ПРОИЗВОДСТВА



ALPHAPLATRE

АНЖЕ

15 rue du Moulin des Landes
CS 50159 - Saint Sylvain d'Anjou
49481 Verrières en Anjou Cedex
T : + 33 (0)2 41 21 19 40
F : + 33 (0)2 41 21 19 59

ПАРИЖ Головной офис

11, boulevard Brune
75682 PARIS CEDEX 14
T : + 33 (0)1 53 90 22 40
F : + 33 (0)1 53 90 22 24
ФРАНЦИЯ

МОСКВА

20, Daev pereulok
Daev plaza - office 512
T : + 7 495 604 81 86
F : + 7 495 604 81 73
РОССИЯ

ЦИНДАО

N° 612, Qiganshi
Economic development zone
Rushan City 264500, Shandong
T : + 86 13 701 883 087
КИТАЙ

marianna.d@alphaplatre-france.com

<http://www.alphaplatre-france.com>

ВЛИЯНИЕ АКТИВНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ В ВИДЕ ОТХОДОВ ОТ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМЗИТА НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Петропавловская В.Б., Кедрова Н.Г., Некрасова И.Ю.
Тверской государственный технический университет

В настоящее время особую роль приобретают композиционные вяжущие, получаемые смешением минеральных вяжущих друг с другом и с добавками различного генезиса. Эти дополнительные компоненты могут быть органического или неорганического характера, как естественного, так и техногенного происхождения [1, 2].

Использование в роли таких добавок отходов промышленности является вполне актуальной задачей в силу сокращения природных ресурсов и возможности частичной замены вяжущих в бетонах и растворах с целью повышения их эффективности. В частности, перспективным направлением является применение в качестве добавок отходов производства керамзитового гравия [1, 3].

Подобные способы экономии ресурсов и повышения эффективности в производстве строительных материалов и изделий применялись с давних времён. Так, к примеру, молотая обожжённая глина добавлялась для увеличения водостойкости извести [1]. И в настоящее время известно довольно много исследований, посвященных использованию продуктов из обожжённой глины. Керамзитовая пыль в них рассматривается как самостоятельная минеральная добавка, так и в составе другими добавками. Например, школой В.А. Волженского рассматривался вопрос о совместимости гипса и смеси, в составе которой присутствовали известь, доменный шлак и трепел. Распространены также и композиционные вяжущие с добавками микрокремнезёма, золы-уноса, известняка, микрокальцита, доменного шлака, метакаолина [4,5,6,7]. Многие из них пользуются повышенным спросом на рынке строительных материалов и имеют достаточно высокую цену.

В тоже время, при получении керамзитового гравия скапливается большое количество керамзитовой пыли [1, 5]. Это располагает к её применению в качестве добавки для композиционных вяжущих, в первую очередь, на основе гипса, таких как гипсоизвестковое вяжущее, КГВ или ГЦПВ и др.[6].

В данной работе представлено исследование влияния отхода керамзитового производства Тверской области на свойства композиции на основе гипсового вяжущего в сочетании с цементом.

Для экспериментов применялись следующие материалы:

1) строительный гипс Г-7 Б-II по ГОСТ 125-79, производитель «ARTEL», п. Ново-Синьково, Дмитровский район, Московская область;

2) минеральная добавка – пылевидный отход от производства керамзита, производитель ОАО «Ржевский КСК», г. Ржев, Тверская обл.

Тонкость помола минеральной добавки определялась по ГОСТ 23789 – 79. Использовалась проба весом 50 г, погрешность не более 0,1 г. Просеивание порошка проводилось вручную.

Композиционное вяжущее на основе гипса и керамзитовой пыли получено путем совместного помола компонентов в течение 5 минут. Для изучения прочностных характеристик свойств композиционного вяжущего, изготавливались образцы–кубы стандартного размера из теста нормальной густоты, приготовленного по стандартной методике (ГОСТ 23789 – 79). Формование образцов производилось по литьевой технологии. Из каждого замеса изготавливались по 6 образцов для каждого из четырёх исследуемых составов.

Твердение происходило в воздушно-сухих условиях в течение 14 суток. Перед испытанием на сжатие образцы–кубы подвергались осмотру, измерению и взвешиванию.

Составы для экспериментальных испытаний композиционного гипсового вяжущего формировались исходя из литературных данных. Содержание добавки керамзитовой пыли в составе композиционного вяжущего варьировалось от 10 до 25 % в составе сырьевой смеси, с шагом 5 %. Водотвердое отношение было принято постоянным и составило 0,6.

На рисунках 1–4 приведены результаты исследований влияния активной минеральной добавки на предел прочности при сжатии, среднюю плотность, пористость и влажность образцов вышеуказанных составов.

Полученные данные по исследованию влияния керамзитового отхода на щелочность сырьевой смеси показали, что добавка практически не изменяет щелочность дисперсной системы на основе гипсового вяжущего. Изменения рН находятся в пределах допустимой погрешности.

Результаты исследований влияния добавки отхода керамзитового производства в виде керамзитовой пыли на физико-механические характеристики композиционного вяжущего приведены на рисунках 1 – 4.

Анализ кривой на рисунке 1 показывает, что при содержании керамзитовой добавки в составе композиционного вяжущего в диапазоне от 10 % до 20 % прочность камня возрастает и данный отрезок характеризуется практически линейной зависимостью, однако на участке от 20 % до 25 % добавки наблюдается резкое снижение прочности (~50 %).

Зависимость плотности композиционного материала от содержания керамзитовой добавки, представленная на рисунке 2, аналогична предыдущей. Монотонное увеличение прочности происходит в диапазоне до 20 % содержания отхода керамзита в составе смеси, а затем происходит падение прочности.

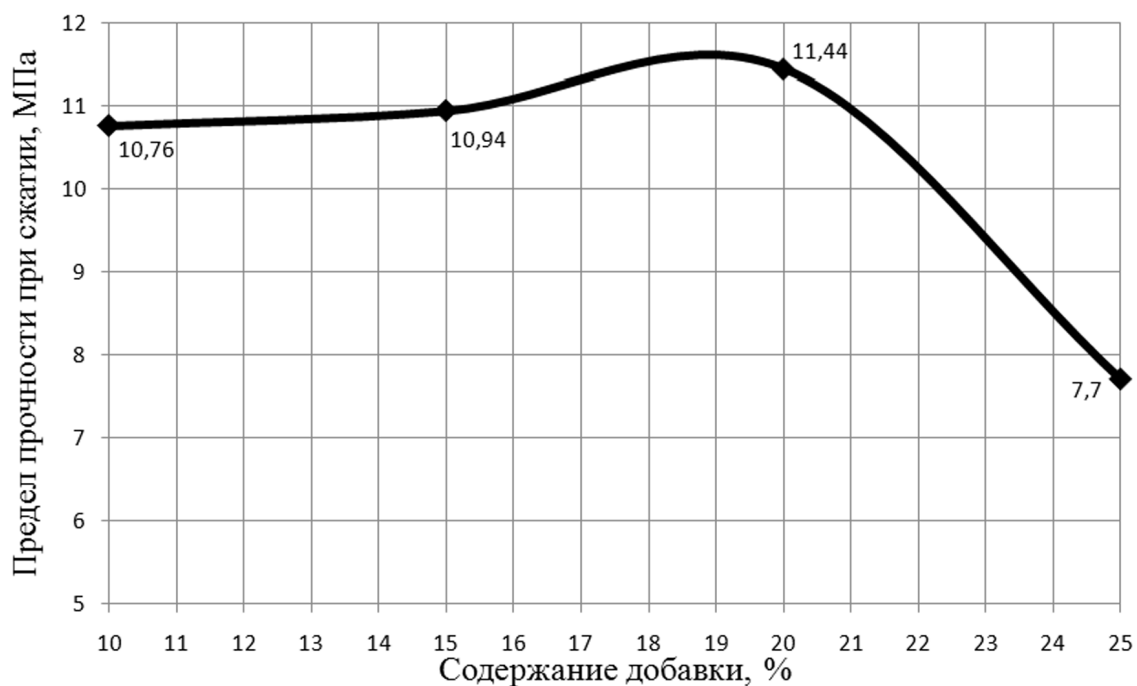


Рисунок 1. Зависимость прочности композиционного вяжущего от содержания добавки керамзитового производства

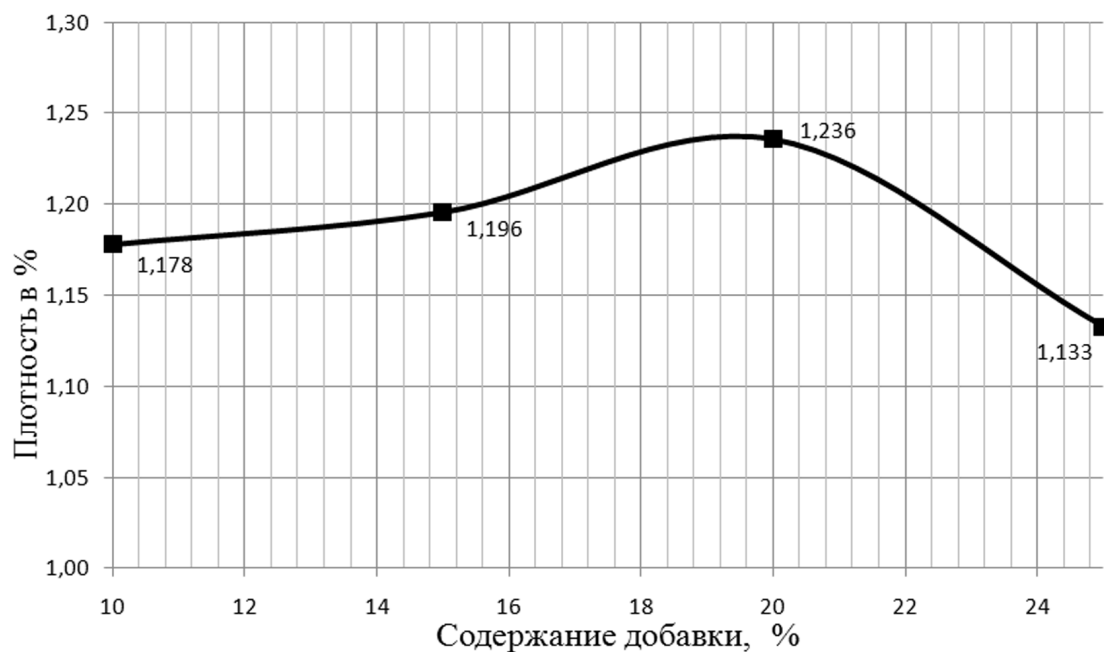


Рисунок 2. Зависимость плотности композиционного вяжущего от содержания добавки керамзитового производства

На рисунке 3 представлена зависимость пористости композиции на основе гипсового вяжущего от количества добавки керамзитового отхода. Показано, что минимальная пористость (38 %) характерна для образцов,

включающих минеральную добавку в количестве 20 %. Снижение пористости и кольтматация пор керамзитовой пылью возможно позволит повысить эксплуатационные характеристики материала – водостойкость, прочность.

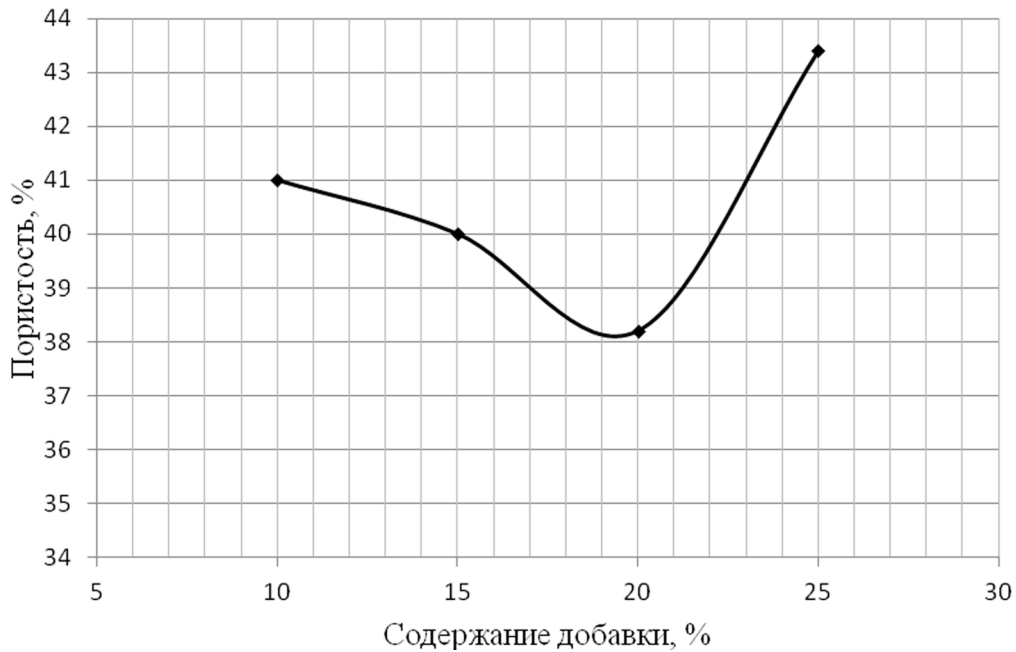


Рисунок 3. Зависимость пористости композиционного вяжущего от содержания добавки керамзитового производства

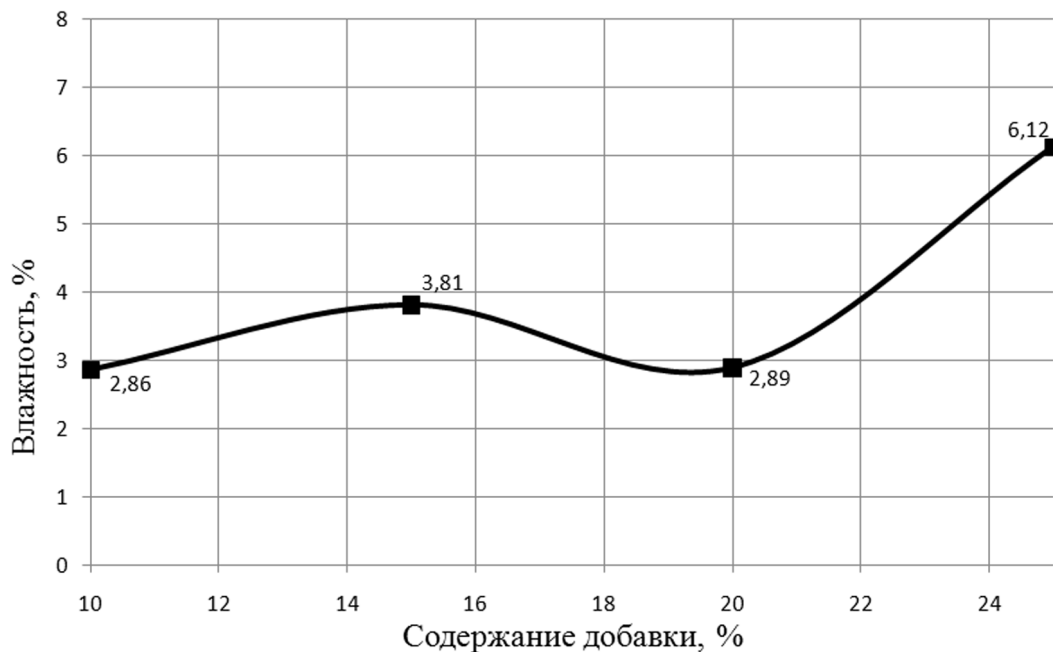


Рисунок 4. Зависимость влажности образцов композиционного вяжущего от содержания добавки керамзитового производства

На рисунке 4 представлена зависимость влажности композиционного материала от добавки керамзитового отхода после твердения. Установлено, что введение добавки в диапазоне изменения ее содержания от 10 до 20 % способствует увеличению влажности в твердеющем гипсовом камне на 33 %. Дальнейшее увеличение содержания добавки до 20 % приводит к снижению влажности образцов. Увеличение содержания добавки от 20 до 25 % способствует повышению влажности от 2,89 до 6,12 %, т.е. влажность образцов повышается более чем в два раза. Зависимость влажности от количества минеральной керамической добавки в диапазоне изменения ее содержания от 20 до 25 % (рис. 3) подобна изменению пористости (рис.4). Повышенная влажность композиции на основе гипсового вяжущего снижает прочностные характеристики получаемого материала, ослабляя структуру гипсового камня. Оптимальное содержание добавки по критерию пористости – 20 %.

Таким образом, в ходе проведенных исследований было установлено, что композиционное вяжущее состава (мас., %): строительный гипс – 80; керамзитовая пыль – 20 обладает повышенными значениями по прочности и плотности.

Повышение прочности, по-видимому, происходит за счет адгезии между компонентами сырьевой смеси – гипсом и керамзитовой пылью. Образующийся в результате взаимодействия между компонентами, находящимися в растворе, продукт выделяется на подложке. Вследствие этого усиливается взаимодействие между ними в процессе структурообразования.

Полученные данные показывают, что отходы производства керамзита применимы в качестве добавки при изготовлении материалов и изделий на основе гипсового композиционного вяжущего. Использование добавки керамзита способствует повышению эксплуатационных характеристик получаемого гипсового материала.

Литература

1. Рахимов Р. З., Халиуллин М. И., Гайфуллин А. Р., Стоянов О. В. Керамзитовая пыль как активная добавка в минеральные вяжущие – состав и пуццолановые свойства // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №19. С. 57-61.
2. Гальцева Н.А., Бурьянов А.Ф., Булдыжова Е.Н., Соловьев В.Г. Использование синтетического ангидрита сульфата кальция для приготовления закладочных смесей // Строительные материалы. 2015. № 6. С. 76-77.
3. Хлыстов А. И., Закирова М. Н., Широков В. А., Исаев Д. И., Седышева М. Ю. Экологические аспекты утилизации отходов

керамзитового производства в составах материалов общестроительного и специального назначения // Башкирский химический журнал. 2014. №4.

4. Гайфуллин А. Р., Халиуллин М. И., Рахимов Р. З., Стоянов О. В. Особенности состава и структуры камня композиционного гипсового вяжущего с гибридной минеральной добавкой // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №21. С. 157-161.

5. Халиуллин М. И., Гайфуллин А. Р., Рахимов Р. З., Стоянов О. В. Влияние комплексной добавки извести, молотой керамзитовой пыли и суперпластификатора на состав и структуру композиционного гипсового вяжущего // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №19. С. 66-69.

6. Гаитова А.Р., Ахмадулина И.И., Печенкина Т.В., Пудовкин А.Н., Недосеко И.В. Наноструктурные аспекты гидратации и твердения гипсовых и гипсошлаковых композиций на основе двуводного гипса // Строительные материалы. 2014. № 1-2. С. 46-51.

7. Петропавловская В.Б., Бурьянов А.Ф., Новиченкова Т.Б., Полеонова Ю.Ю. О влиянии нанонаполнителей на свойства безобжиговых гипсовых композитов // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2013. Т. 2. № 71. С. 217-220.

ГИПСОВЫЕ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОНКОСТЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ, ДОБАВКОЙ БАЗАЛЬТОВОЙ ПЫЛИ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ

Петропавловская В. Б., Новиченкова Т.Б., Завадько М. Ю.
Тверской государственный технический университет

Среди новинок в области отделочных материалов все большую популярность набирают 3D панели для декорирования помещений и отделки стен. Их преимущества успели оценить не только простые покупатели, но и дизайнеры, которые в последнее время все чаще используют этот материал в своих проектах.

Особый интерес представляют 3D панели из гипса, виду того, что именно гипсовое вяжущее с точки зрения экологической безопасности представляется наиболее перспективным.

Месторождения гипсового камня весьма распространены, а последующее производство и применение не несут за собой никаких негативных последствий ни для здоровья человека, ни для окружающей природной среды в целом. Гипсовые материалы обладают высокой биологической стойкостью, низкой теплопроводностью, повышенной звукоизолирующей способностью и химической нейтральностью [1-3].

Однако гипсовые панели имеют и недостатки, такие как:

- большой вес (в сравнении с синтетическими отделочными материалами)

- хрупкость (что значительно повышает трудоемкость и стоимость их транспортировки и монтажа).

Введение модифицирующих добавок позволяет улучшить структуру и эксплуатационные свойства гипсового камня [4-11] и при этом нивелировать его недостатки [12].

Многие добавки, используемые для гипсовых изделий, помимо положительных качеств, характеризуются и негативным воздействием на структуру получаемого композитного материала. Так, например, стекловолокно недостаточно устойчиво к химическим реакциям, а современная стеклофибра подвержена деформации, и быстрому износу.

Использование базальтовых волокон в качестве армирующего компонента представляет собой большой интерес, волокна достаточно технологичны и имеют высокие механические характеристики [13].

Однако, в качестве добавки, повышающей прочность изделий, возможно также применение базальтовой пыли – дисперсного отхода пылеудаления производства базальтовых волокон.

В процессе производства базальтового волокна порода под действием высоких температур плавится и вытягивается в тонкие волокна. Базальтовое волокно (фибра) является готовым продуктом, и, как

следствие, требует определенных денежных затрат при его использовании для армирования гипсовых изделий.

Вовлечение минеральных отходов в производственный процесс изготовления гипсовых изделий в качестве компонента позволит снизить стоимость, повысить пожаробезопасность, а значит сделать изделия из гипса более доступными для широкого потребителя.

В Тверском государственном техническом университете выполнены исследования совместного влияния добавки Melflux 1461f на прочность и плотность гипсового материала, модифицированного базальтовой пылью.

В качестве исходного материала в исследованиях применялся высокопрочный гипс марки ГВВС-16 Самарского гипсового комбината, в качестве армирующей добавки использовалась базальтовая пыль – отход производства базальтового волокна Тверской области, на данный момент, не утилизируемый в реальное производство, в качестве пластифицирующей добавки был использован гиперпластификатор Melflux 1461f.

Средний размер частиц базальтовой пыли, согласно исследованиям гранулометрического состава составил – $d_{50}=24,866$ мкм, максимальный размер частиц – $d_{99} = 111,743$ мкм, частиц менее 2 мкм – 9,66 % по массе.

С целью исследования физико-математических характеристик были изготовлены стандартные образцы-кубы и образцы-балочки, которые после твердения были испытаны в стандартные сроки в соответствии с требованиями ГОСТ 23789.

Для исследования свойств искусственного гипсового камня, получаемого на основе полуводного высокопрочного гипса, базальтовой пыли и гиперпластификатора, проводился двухфакторный эксперимент. В качестве варьируемых параметров были приняты водотвердое отношение, варьируемое от 0,33 до 0,37, и процентное содержание пластификатора от 0 до 0,2 %.

В результате проведенного эксперимента были получены уравнения, описывающие совместное влияние входных параметров на показатели гипсового композита.

Предел прочности при сжатии гипсовых образцов:

$$Y_1(R_{\text{н.с.}}) = f(X_1, X_2) 26,343 - 1,42X_1 - 6,129X_2 - 2,442X_1^2 + 0,358X_2^2 + 0,775X_1X_2,$$

где Y_1 - предел прочности при сжатии на 7 сутки твердения, МПа.

Плотность гипсовых образцов:

$$Y_2 = f(X_1, X_2) 1529,458 - 26,085X_1 - 1,887X_2 - 2,992X_1^2 - 11,442X_2^2 - 8,325X_1X_2,$$

где Y_2 - средняя плотность, кг/м³.

Пористость гипсовых образцов:

$$Y_3 = f(X_1, X_2) 30,479 + 1,186X_1 + 0,086X_2 + 0,436X_1^2 + 0,82X_2^2 + 0,376X_1X_2,$$

где Y_3 - пористость, %.

На основании расчетов были построены зависимости прочности и

плотности образцов гипсового композита с базальтовой добавкой гипсового композита с базальтовой добавкой от совместного влияния пластификатора и водотвердого отношения, представленные на рис. 1, 2.

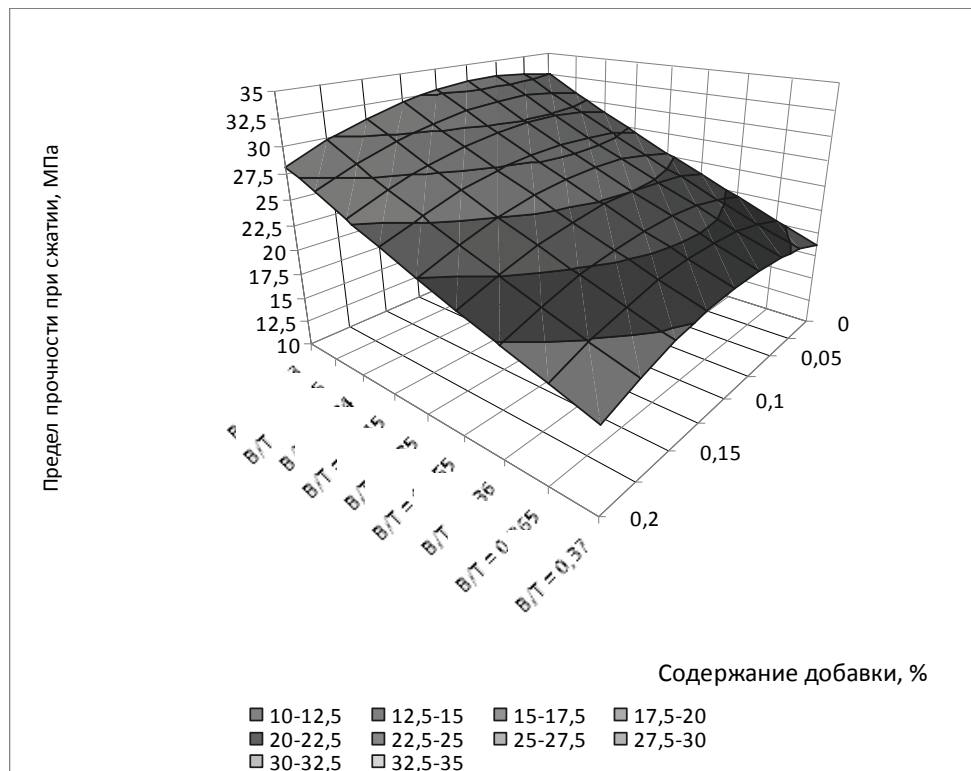


Рисунок 1. Зависимость прочности гипсового композита с базальтовой добавкой от содержания гиперпластификатора Melflux 1461 f

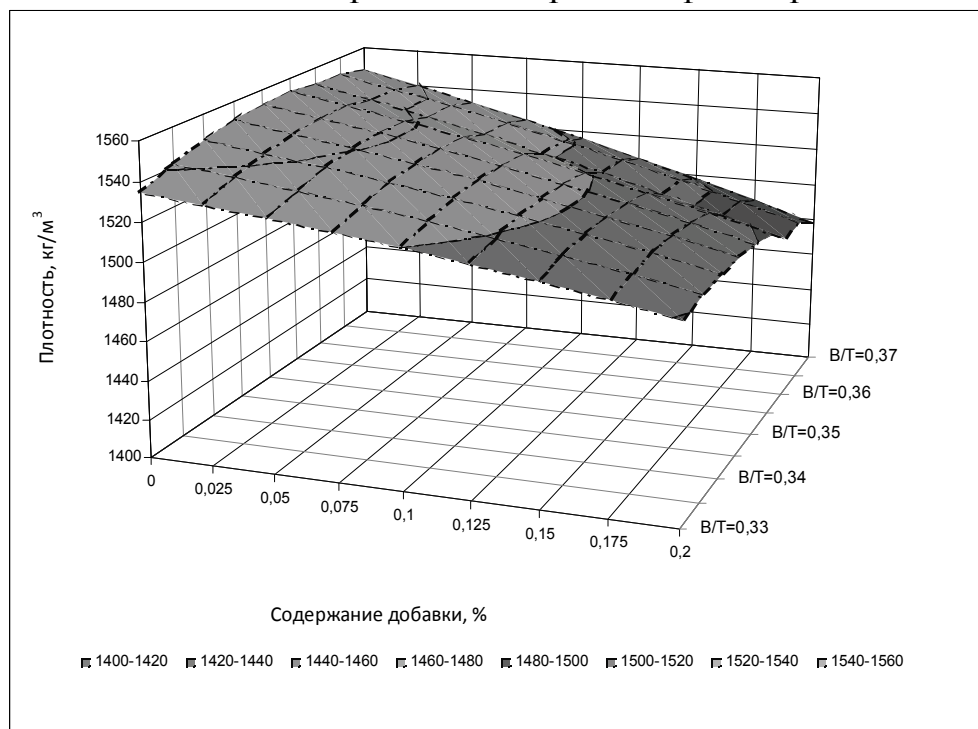


Рисунок 2. Зависимость плотности гипсового композита с базальтовой добавкой от содержания гиперпластификатора Melflux 1461f

Прочность образцов при всех значениях водотвердого отношения повышается при содержании добавки от 0 до 0,075 %. Максимальная прочность достигается при содержании добавки 0,075 %, однако можно заметить, что повышение прочности незначительно.

На прочность образцов влияет в большей степени водотвердое отношение, а не содержание пластификатора. Максимальная прочность, равная 33,3 МПа достигается при водотвердом отношении равном 0,33, а минимальная, равная 17,5 МПа, при водотвердом 0,37.

Плотность образцов при увеличении содержания пластификатора уменьшается незначительно. Следовательно, введение пластификатора практически не влияет на плотность изделия в отличие от водотвердого отношения. Излишняя вода, испаряясь, образует поры, тем самым снижая плотность изделий. Минимальная плотность была получена при водотвердом отношении, равном 0,37, а максимальная при 0,33.

По результатам опытов, можно сделать выводы, что введение пластифицирующей добавки в исследуемых диапазонах в состав гипсовой смеси, содержащей базальтовую пыль, не дает значительного эффекта. Использование гиперпластификатора Melflux не приводит к повышению прочностных показателей гипсового композита.

В целях исследования процесса структурообразования модифицированного гипсового композита с базальтовой добавкой и гиперпластификатором Melflux 1461f были испытаны в различные сроки твердения.

Водотвердое отношение составляло 0,32 и было принято постоянным. Как и на первом этапе добавка Melflux 1461f вводилась в количестве 0,2 % от массы гипса. Испытания проводились на образцах-кубах в возрасте: 2 часов, 7, 14 и 28 суток после формования. Результаты исследования прочностных характеристик представлены на рисунке 3.

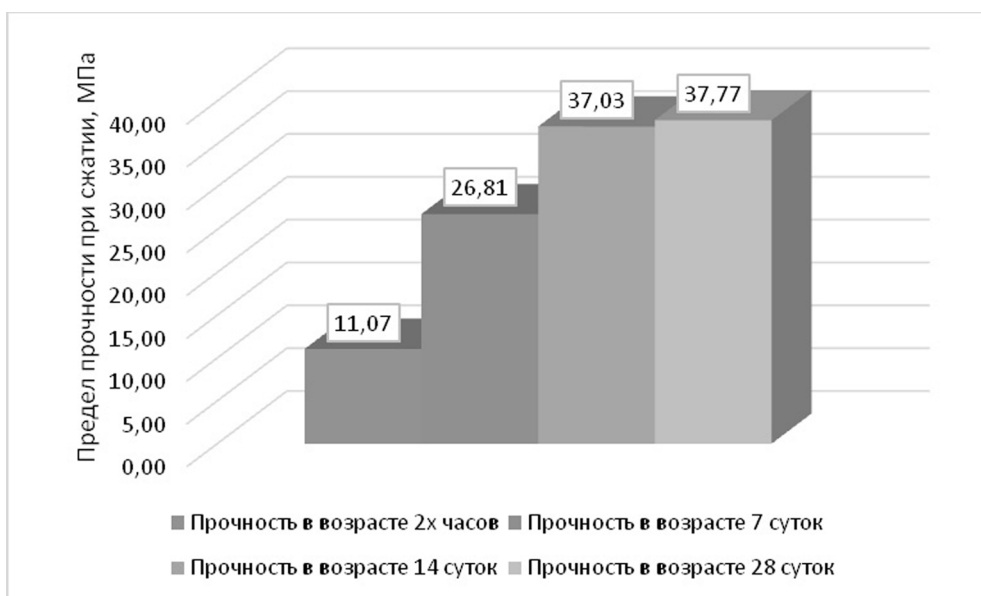


Рисунок 3. Анализ прочности при сжатии модифицированных гипсовых композитов с базальтовой добавкой и гиперпластификатором Melflux1461f

Как видно из рисунка 3, прочность в первые два часа составила – 11,07 МПа, в возрасте 7 суток прочность увеличилась в 2,5 раза и составила – 26,81 МПа. Еще через 7 суток прочность увеличилась на 28 %. Дальнейшее же твердение, после 14 суток, не показало существенного прироста прочности, что обусловлено значительным снижением водосодержания в материале и затуханием процесса гидратации гипса.

На рисунке 4 представлен анализ прочностных показателей модифицированных гипсовых композитов в сравнении с другими модифицирующими добавками на основе высокопрочного гипсового вяжущего: стекловолокна и грубодисперсным отходом базальтового волокна. Испытания композитов были проведены в возрасте 3 суток.

Наиболее эффективной добавкой, согласно рисунку, для гипсового вяжущего является базальтовая пыль. Введение базальтовой пыли позволяет значительно повысить прочность получаемого материала. Использование гиперпластификатора в данном составе признано неэффективным. Введение добавок стекло- или базальтового волокна также снижает прочностные показатели на сжатие гипсовых композитов на 13 или 38 % соответственно.

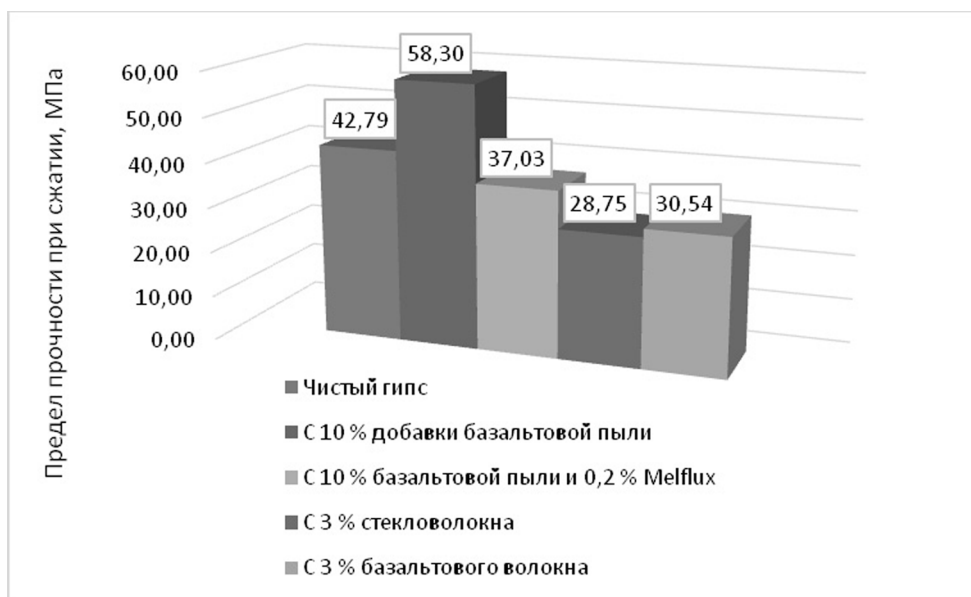


Рисунок 4. Анализ прочности при сжатии модифицированных гипсовых композитов на 3 сутки твердения

Таким образом, проведенные исследования подтверждают преимущество базальтовой пыли перед другими исследованными модифицирующим добавками. Отход пылеудаления базальтового производства положительно влияет на физико-механические характеристики гипсового материала.

Повышение прочности при введении базальтовой добавки в виде отхода пылеудаления обусловлено, по-видимому, как получением системы с оптимальным зерновым составом и плотной упаковкой частиц, так и участием базальтовой добавки в физико-химических процессах

структурообразования, что объясняется химическим сродством веществ, участвующих в процессе структурообразования [13-15]. Наибольшее значение прочности, как при сжатии, так и при изгибе достигается при содержании добавки в количестве 10 %.

Установлено, что при введении в состав гипсовых композитов пылевидного отхода от производства базальтовых волокон, возможно получение эффективных смесей для изготовления тонкостенных изделий из гипса, в том числе – отделочных 3D панелей. Это позволит сделать гипсовые изделия на основе предлагаемого композиционного материала более доступными для широкого круга потребителей за счет снижения себестоимости, облегчения их транспортировки и монтажа путем снижения веса, а также утилизации отходов производства и экономии ресурсов.

Литература

1. Белов, В.В. Современные эффективные гипсовые вяжущие, материалы и изделия / В.В. Белов, А.Ф. Бурьянов, В.Б. Петропавловская // Научно-справочное издание. Тверь: ТГТУ. 2007. 132 с.
2. Чернышева, Н.В. Перспективы использования гипсовых вяжущих и материалов на их основе / Н.В. Чернышева, М.Б. Нарышкина (М.Б. Рыбцова) // Материалы международной научно-практической конференции «Наука и молодежь в начале нового столетия» БГТУ им. В.Г. Шухова. – Губкин, 2009. Ч.1. С.204–205.
3. Эльян Исса Джамал Исса. Стеновые гипсосодержащие материалы на природном и техногенном сырье стран Ближнего Востока. Дисс. канд. техн. наук. Белгород. 2014. 183 с.
4. Петропавловская, В.Б. Самоармированные гипсовые композиты / В.Б. Петропавловская, А.Ф. Бурьянов, Т.Б. Новиченкова, К.С. Петропавловский // Монография. М.: Де Нова, 2015. 163 с.
5. Белов, В.В. Получение высокопрочных безобжиговых гипсовых материалов на основе техногенных отходов с применением математического и компьютерного моделирования состава сырьевой смеси / В.В. Белов, И.В. Образцов, Ю.Ю. Полеонова, В.Б. Петропавловская / Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 31(50). Ч. 2. Строительные науки. С. 563-570.
6. Белов, В.В. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция: монография / В.В. Белов, А.Ф. Бурьянов, Г.И. Яковлев, В.Б. Петропавловская, Х.-Б. Фишер, И.С. Маева, Т.Б. Новиченкова / под общей редакцией А.Ф. Бурьянова. - Москва: Изд-во Де Нова, 2012. - 196 с.
7. Белов, В.В. Высокопрочные безобжиговые гипсовые материалы на основе техногенных отходов / В.В. Белов, В.Б. Петропавловская, Ю.Ю. Полеонова, И.В. Образцов // Сухие строительные смеси, 2014. №2. С. 24-27.
8. Рахимов, Р.З. Композиционные гипсовые вяжущие с использованием в составе комплексной добавки керамзитовой пыли и доменных шлаков / Р.З.

Рахимов, М.И. Халиуллин, А.Р. Гайфуллин // Сухие строительные смеси, 2014. №1. С. 19-22.

9. Коровяков, В.Ф. Модифицирование свойств гипсовых вяжущих органоминеральным модификатором / В.Ф. Коровяков // Сухие строительные смеси, 2013. № 3. С. 15-17.

10. Маева, И.С. Структурирование ангидритовой матрицы нанодисперсными модифицирующими добавками / И.С. Маева, Г.И. Яковлев, Г.Н. Первушин, А.Ф. Бурьянов, А.П. Пустовгар // Строительные материалы, 2009. № 6. С. 4 - 5.

11. Хазеев, Д.Р. Влияние техногенных дисперсных отходов на структуру и свойства композитов на основе сульфата кальция / Д.Р. Хазеев, А.Ф. Гордина, И.С. Маева, Г.И. Яковлев, А.Ф. Бурьянов // Строительные материалы, 2011. № 6. С. 6-7.

12. Гордина, А.Ф. Комплексная активация фторангидрита добавками на основе многослойных углеродных нанотрубок / А.Ф. Гордина, И.С. Полянских, Г.И. Яковлев, М.О. Мазитов, М.Р. Бекмансуров, Ю.А. Балобанова // Интеллектуальные системы в производстве. 2016. № 2 (29). С. 96-101.

13. Хежев, Х. А. Гипсобетонные композиты, армированные базальтовыми волокнами / Х.А. Хежев // Вестник гражданских инженеров, 2013. № 2. С. 152 – 156.

14. Петропавловская, В.Б. Закономерности влияния зернового состава на свойства сырьевых смесей прессованных гипсовых материалов / В.Б. Петропавловская, В.В. Белов, Т.Б. Новиченкова, А.Ф. Бурьянов // Строительные материалы, 2011. № 6. С. 4-5.

15. Завадская, Л.В. Упрочнение гипсового камня с введением дисперсных минеральных добавок / Л.В. Завадская, Г.И. Бердов, Я.С. Агалакова, Е.А. Шишмакова // Известия вузов. Строительство, 2013. №8. С. 47-50.

СИСТЕМЫ НЕГИДРАТАЦИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДИГИДРАТА СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ

Петропавловская В.Б., Фишер Х.-Б.

Тверской государственный технический университет,
Веймарский институт строительного материаловедения

Современные проблемы в строительном материаловедении определяются, прежде всего, проблемами сохранения ресурсов, в том числе энергии, природной среды и здоровья человека.

В этом аспекте представляют интерес безобжиговые материалы [1, 2, 3], в том числе получаемые на основе дигидрата сульфата кальция [2, 5]. При их получении не выделяется CO_2 , полностью исключается наиболее энергоемкий процесс – получение гипсового вяжущего, при их использовании создается необходимый человеку микроклимат в помещении, а при утилизации – не наносится вред окружающей среде [5, 6].

Технология получения безобжиговых материалов сопряжена с использованием давления прессования при получении изделий.

Известно, что давление при получении строительных материалов определяет форму и геометрию изделия. Однако в современных технологиях все чаще используется давление прессования как фактор, определяющий помимо формования и уплотнения протекание физико-химических процессов [1, 2, 3, 4, 5, 6]. При этом используются методы фильтпрессования, вибропрессования, вибропроката и полусухого прессования [7, 8].

Наиболее широко для изготовления изделий на основе двуводного гипса, как природного, так и техногенного применяется полусухое прессование [4, 5, 6].

Величина прессующего давления оказывает существенное влияние на прочность материалов, полученных из полусухих смесей на основе двуводного фосфогипса с добавкой полуводного гипса [8]. Введение структурообразующей добавки полугидрата сульфата кальция позволяет снизить давление прессования до 10... 20 МПа, но также создает дополнительные технологические сложности при получении изделий, связанные с неравномерной по объему изделия гидратацией гипсового вяжущего.

Известен также и другой способ получения изделий методом прессования полусухих смесей, но уже на основе только полуводного гипсового вяжущего [8]. Но получаемые этим способом изделия недолговечны и разрушаются вследствие возникновения внутренних напряжений в процессе структурообразования.

Более продуктивным направлением в технологии полусухого

прессования гипса является получение материалов на основе сырьевой смеси двуводного природного или техногенного гипса без структурообразующих добавок с использованием гиперпрессования [5, 7].

Применение гиперпрессования дает возможность получать изделия с улучшенными характеристиками [5, 6, 7], отвечающими современным требованиям, предъявляемым к стеновым материалам.

В литературных источниках встречается описание способов получения строительных материалов при использовании повышенного давления (гиперпрессования). Так при формовании сырьевой смеси непрерывной гранулометрии с ограничением наибольшего размера частиц на основе природного гипса Красноярского месторождения повышение давления прессования от 10 до 80 МПа способствует повышению прочности гипсового камня от 15 МПа до 30 МПа, что не отвечает современным требованиям по эффективности [7]. При этом интенсивный прирост прочности материала достигается в интервале давлений прессования от 10 до 30 МПа. Прочность увеличивается почти в три раза. При увеличении давления прессования до 100 МПа скорость нарастания прочности снижается, а при дальнейшем повышении (свыше 100 МПа) – практически не зависит от давления прессования. В случае систем на основе двуводного гипса, где прессующее давление, как физико-химический фактор, оказывает существенное влияние на прочность материалов, возможно снижение давления полусухого прессования за счет использования смесей на основе двуводного фосфогипса с добавкой полуводного гипса [4]. Известно изготовление гипсовых изделий путем прессования смеси полуводного гипса и воды под давлением 120 МПа. Прочность гипсового камня, полученного данным способом, достигает 60-80 МПа. Однако предложенный способ достаточно сложен технологически [6]. Для приготовления формовочной массы и ее перемешивания с водой требуется использование вибрации.

Таким образом, установлено, что применение вышеперечисленных методов требует использования дополнительных технологических приемов, позволяющих повысить эффективность прессования [2, 4]. Это связано в первую очередь с тем, что в момент приложения нагрузки возникают силы трения между частицами твердой фазы и о стенки прессформы [7] и при этом не всегда удается достичь оптимального уплотнения по всей высоте изделия.

При использовании специальных форм и увеличении продолжительности выдержки изделий под давлением возникающие напряжения могут не только не разрушать получаемую структуру, но и уплотнять ее [8].

Целью данной работы явилось исследование влияния давления прессования на основные свойства безобжиговых гипсовых изделий.

Исследования проводились с использованием порошков

техногенного гипса Тверской области, природного гипсового камня города Ellrich (Германия), Новомосковского (Тульской области) и Самарского месторождений. Помол гипсового сырья для получения дисперсных порошков производили в лабораторных мельницах.

При формовании образцов на гидравлическом прессе давление варьировалось от 30 до 300 МПа. Предел прочности при сжатии образцов определялся после 7 и 28 суток твердения во влажных условиях. Испытание на прочность производилось для образцов как в сухом, так и в насыщенном водой состоянии.

Средняя плотность и водостойкость (коэффициент размягчения) безобжиговых материалов определялись с использованием стандартных методик.

Структурные особенности кристаллов дигидрата сульфата кальция оценивались методом электронной микроскопии с помощью растрового электронного микроскопа университета материаловедения Bauhaus Universität (Веймар, Германия).

Результаты проведенных исследований приведены на рисунках 1, 2 и в таблице 1.

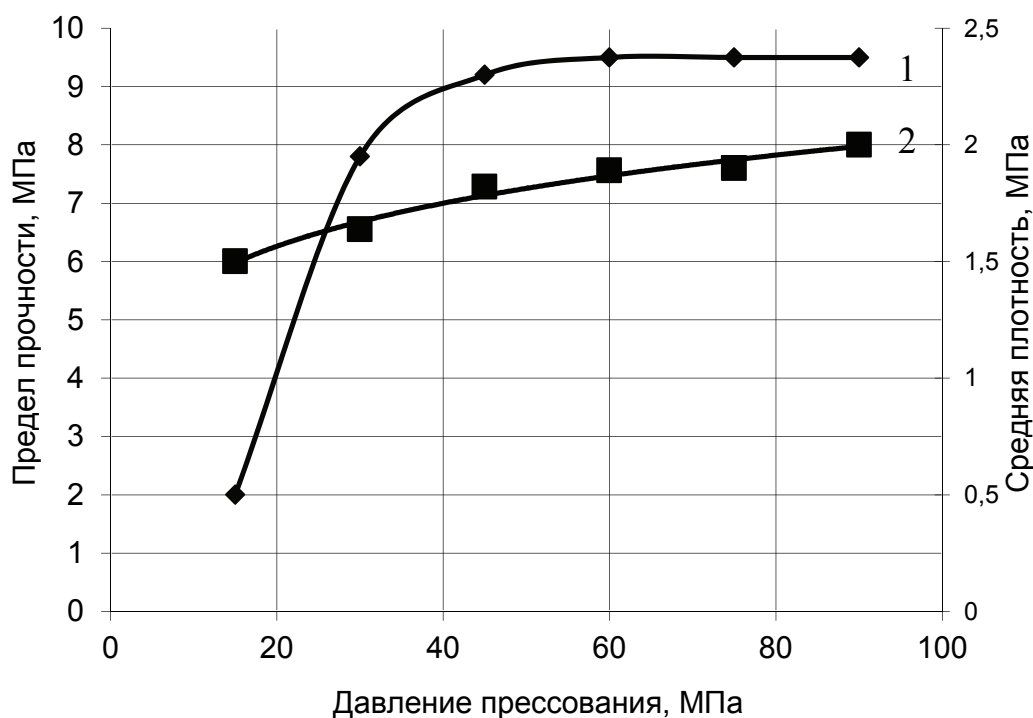


Рисунок 1. Влияние прессующего усилия на свойства безобжигового материала, полученного на основе полидисперсной сырьевой смеси дигидрата сульфата кальция: 1- предел прочности при сжатии, МПа; 2 – средняя плотность, г/м³

В случае использования в качестве сырьевой смеси полидисперсного порошка ненормированного зернового состава и полусухого прессования наибольший прирост прочности (более 300 %) соответствует интервалу изменения давления прессования 5 – 40 МПа (кривая 2, рис. 1). При этом плотность образцов повышается на 16 % (кривая 2, рис. 1). При дальнейшем увеличении прессующего давления прочность и плотность прессованного материала изменяются незначительно.

Если для полидисперсной смеси двуводного техногенного гипса с непрерывной гранулометрией максимальная прочность, полученная при оптимальном с точки зрения эффективности давлении прессования, составляет 9-10 МПа, как показано на рис.1, то в случае использования бинарной смеси прочность превышает 55 МПа (рис. 2).

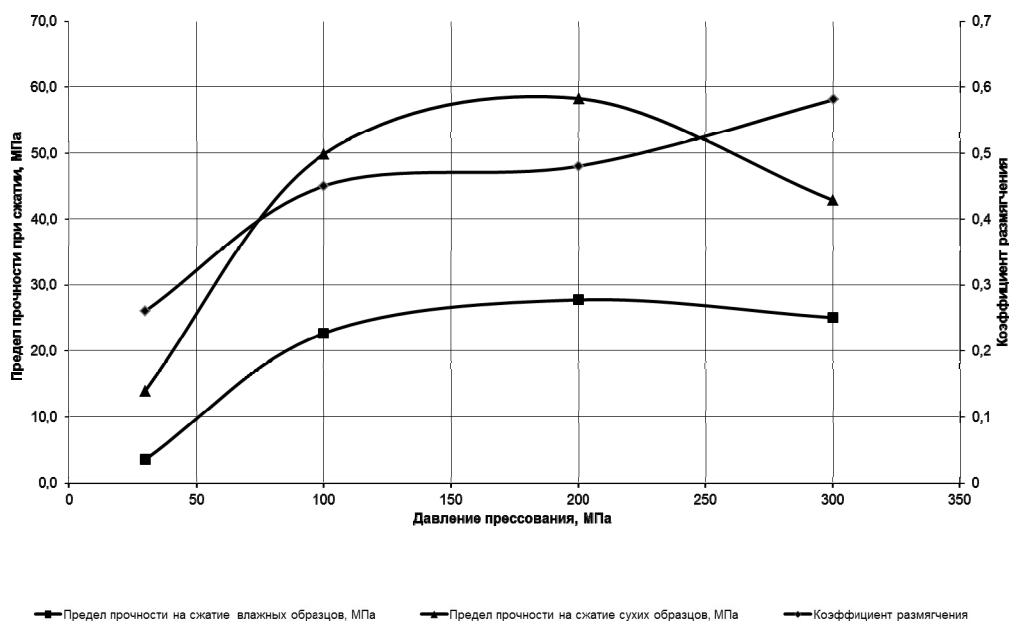


Рисунок 2. Влияние прессующего усилия на свойства безобжигового материала, полученного на основе бидисперсной сырьевой смеси нормированного зернового состава дигидрата сульфата кальция

При увеличении величины давления от 30 МПа до 200 МПа прочность материала возрастает, достигая максимального значения – 58,2 МПа, что объясняется переходом коагуляционных контактов в конденсационно-кристаллизационные и ростом плотности материала за счет приложенного внешнего давления.

При увеличении давления свыше 200 МПа наблюдается снижение прочности получаемого материала, поскольку после снятия нагрузки происходит упругое расширение материала с разрушением части конденсационно-кристаллизационных контактов. Отсюда следует, что

оптимальным с точки зрения прочности является давление в диапазоне 150... 200 МПа. Использование более высоких давлений неэффективно вследствие разуплотнения получаемых изделий. В таблице приведены физико-механические характеристики безобжигового материала, полученного при использовании давления прессования – 200 МПа.

Таблица 1

Физико-механические свойства гипсового материала на основе природного двуводного гипса

Показатели свойств изделий	Единицы измерений	Значения показателей свойств
Средняя плотность	кг/м ³	2200
Предел прочности при сжатии	МПа	58,2
Водостойкость		0,48

Исследования процессов структурообразования в системах негидратационного твердения показали, что рост прочности обусловлен образованием первичных кристаллизационных контактов при сближении частиц разного размера под воздействием внешних и внутренних сил.

Количество фазовых контактов, являющихся центрами кристаллизации, определяется соотношением размеров сблизившихся частиц и количественным содержанием зерен разного размера в составе смеси. Структурообразование в системе дигидрата обеспечивается выполнением двух условий:

- создание в жидкой фазе необходимого уровня пересыщения;
- сближение частиц дигидрата сульфата кальция до расстояний молекулярного порядка.

Эти условия взаимосвязаны. Чем выше степень пересыщения раствора, тем больше может быть расстояние между срастающимися частицами дигидрата. И наоборот, чем меньше расстояние между частицами, тем меньше может быть пересыщение, при котором возможно образование контактов. Соотношение данных условий и определяет количество первичных контактов в момент сближения зерен дигидрата, а, следовательно, и свойства образующейся в процессе негидратационного твердения структуры композита.

Исследованиями установлено, что в случае прессования сухих смесей порошков (рис. 3,4), прессующее усилие в большей степени

расходуется на переориентацию частиц, их уплотнение и частичное разрушение (рис. 5). Вследствие отсутствия пластифицирующей смазки в системе преобладают упругие деформации. Под действием всестороннего сжатия происходит разрушение крупных частиц, что приводит к снижению упругих деформаций.

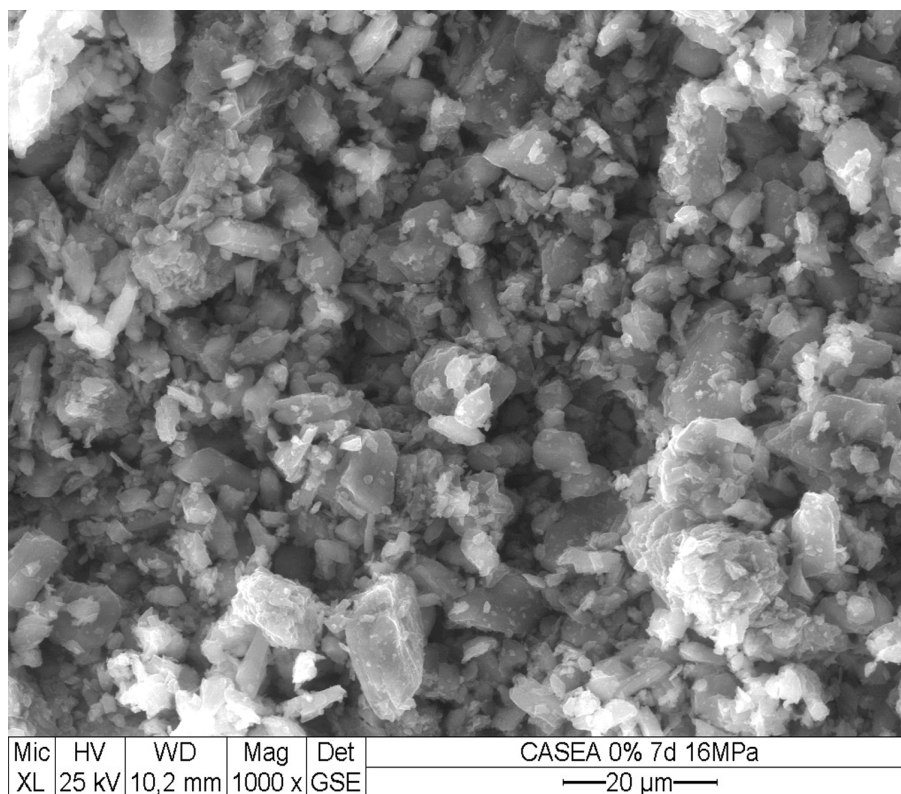


Рисунок 3. Микроструктура безобжигового гипсового камня, полученного при прессовании сухого полидисперсного порошка природного гипсового камня (с дисперсностью D10) под давлением 16 МПа

Явления хрупкого разрушения при сжатии порошка наступают в тех случаях, когда возникающие напряжения превышают соответствующий предел прочности элементарных частиц материала. Хрупкое разрушение мелких частиц в гипсовом порошке требует приложения давления в пределах $\sim 1 - 10$ тыс. МПа. Крупные же частицы разрушаются под влиянием местных напряжений за счет срезывания выступов, для них характерны в основном не пластические, а упругие деформации. Их величина значительно ниже упругих деформаций, характерных для тонкодисперсных составов. Снижение величины упругих деформаций для смесей с преобладанием грубозернистого порошка является следствием хрупкого разрушения крупных зерен.

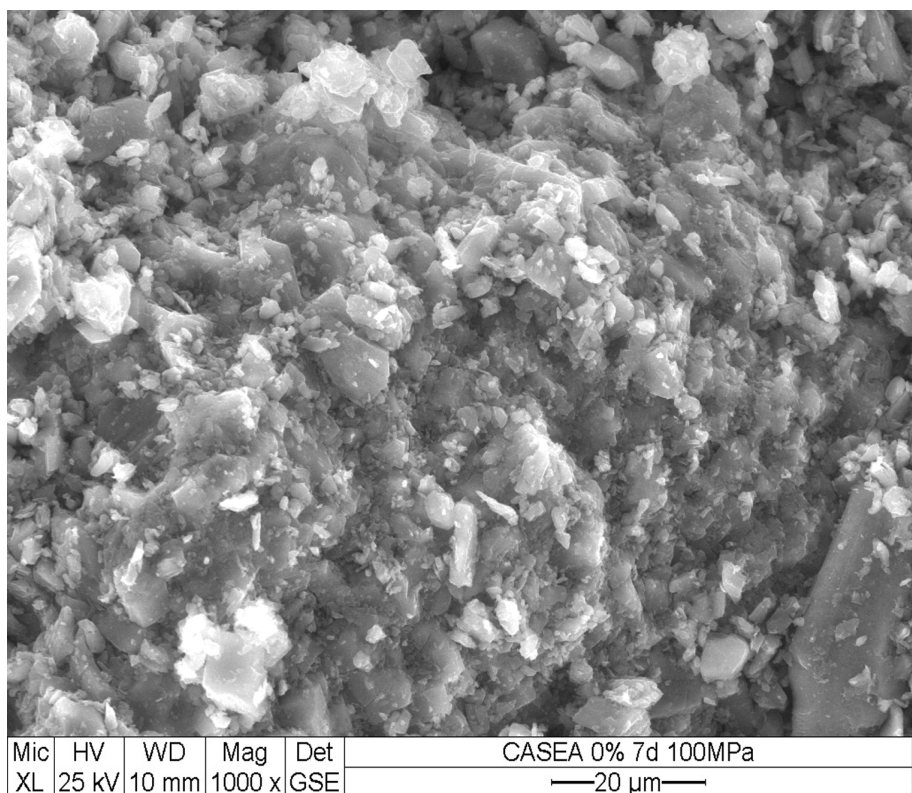


Рисунок 4. Микроструктура безобжигового гипсового камня, полученного при прессовании сухого полидисперсного порошка природного гипсового камня (с дисперсностью D10) под давлением 100 МПа

При сжатии увлажненных гипсовых пресс-порошков можно говорить о явлениях упругих и пластических деформаций применительно к агрегатам, образующимся в смеси и пластифицированным прослойкой воды (раствора), и к отдельным зернам. Пластическая деформация при прессовании агрегатов происходит в результате взаимного скольжения минеральных частиц по водным пленкам. При этом происходит изменение формы агрегатов и их уплотнение.

Упругие же деформации обусловлены наличием в системе крупных частиц, имеющих более высокую прочность.

Под давлением в системе увлажненного двуводного гипса (при использовании сырьевых смесей нормированного зернового состава) происходит сначала уплотнение, затем разрушение крупных агрегатов и отдельных крупных ослабленных зерен гипса, срезывание имеющихся на них выступов. Мелкие же частицы гипса имеют более плотную структуру, следовательно, под давлением происходит их более плотная переупаковка по водным (жидкостным) прослойкам.

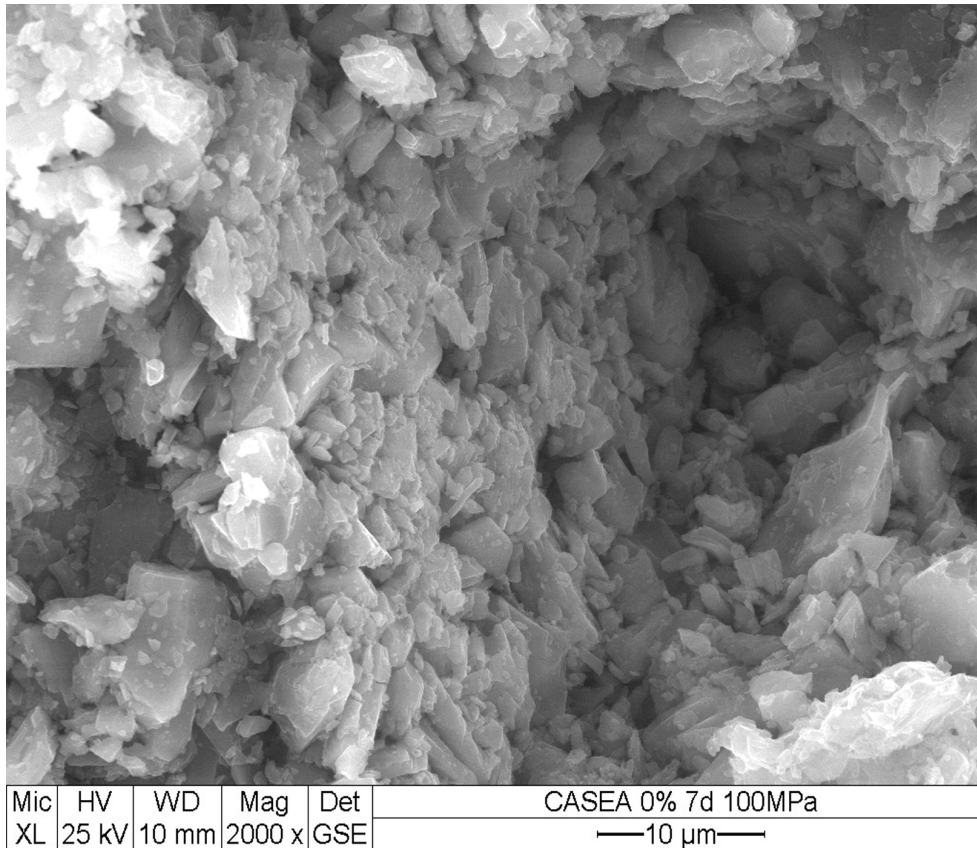


Рисунок 5. Микроструктура безобжигового гипсового камня с отпечатком крупной частицы, полученной при прессовании сухого полидисперсного порошка природного гипсового камня (с дисперсностью D10) под давлением 100 МПа

Прочность структуры на основе полусухой сырьевой смеси двуводного гипса изменяется соответственно растворимости смеси дигидрата сульфата кальция, определяющейся количеством контактов между частицами, размеры которых отличаются значительно. Отсюда следует, что необходимо использовать бинарные смеси определенного, квазибазального типа, позволяющие получать максимальное количество контактов крупных с мелкими частицами. Такие смеси получаются из порошков или отдельных фракций, значительно различающихся по дисперсности, и состоящих из зерен, имеющих форму, близкую к изометрической (рис.6,7). При этом под определением «фракция» следует понимать порошок с достаточно узким диапазоном размеров частиц, входящих в его состав.

Однако прочность кристаллизационных структур негидратационного твердения не определяется только размерами частиц, участвующих в структурообразовании, а зависит также и от условий их срастания.

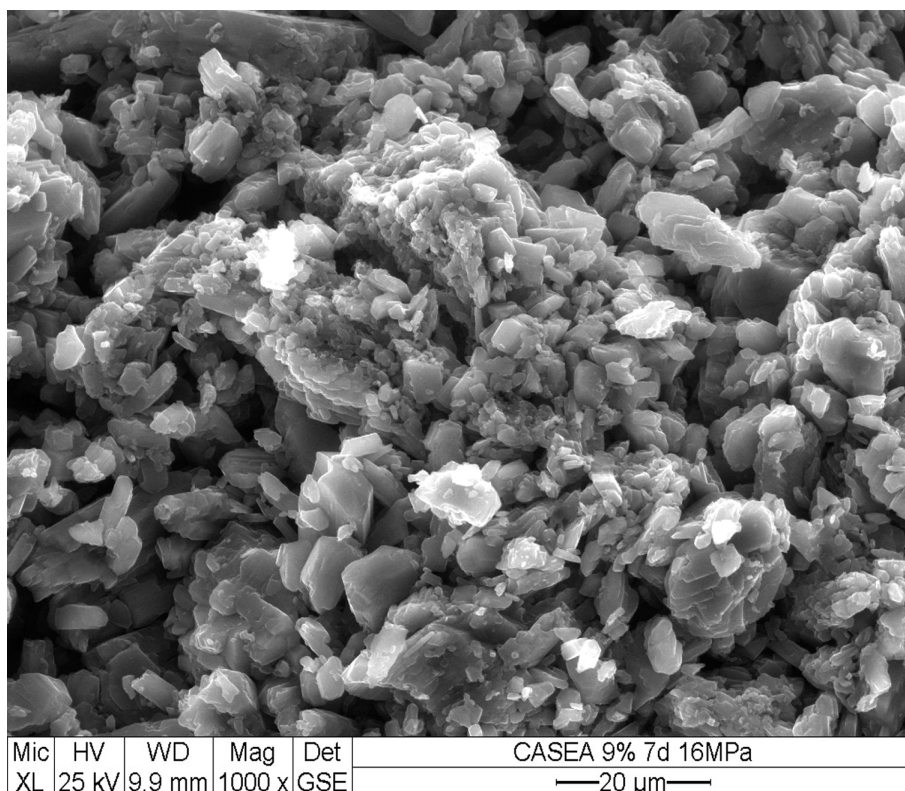


Рисунок 6. Микроструктура безобжигового композита, полученного при прессовании пресс-порошка природного гипса (с дисперсностью D10) при $V/T = 0,09$ и давлении 16 МПа

В системах негидратационного твердения на основе бинарных сырьевых смесей двухводного гипса нормированного зернового состава высокая прочность получаемого материала при низкой степени пересыщения обеспечивается формированием прочных первичных кристаллизационных контактов между частицами разного размера (рис.8) в момент достаточно кратковременного приложения внешнего давления за счет использования гиперпрессования.

На прочность систем негидратационного твердения большое влияние оказывает и генезис дигидрата сульфата кальция. Предел прочности образцов, полученных на основе природного гипса Новомосковского месторождения, превышает прочность образцов на техногенном гипсе – отходах форм для литья Конаковского фаянсового завода, что объясняется различием в их происхождении.

Таким образом, использование прессования в качестве физико-химического фактора в процессе структурообразования систем негидратационного твердения на основе двухводного гипса, как природного, так и техногенного, имеет большие потенциальные возможности в регулировании свойств получаемых гипсовых безобжиговых изделий и в регулировании технологического процесса их производства.

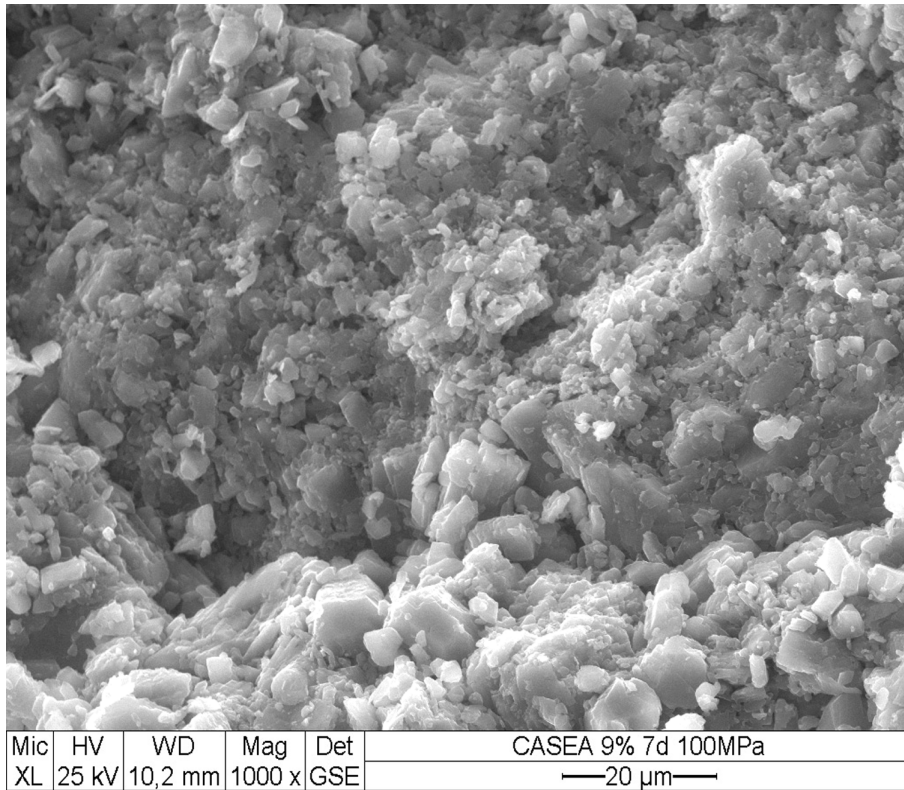


Рисунок 7. Микроструктура безобжигового камня, полученного при прессовании пресс-порошка природного гипса (с дисперсностью D10) при $V/T = 0,09$ и давлении 100 МПа

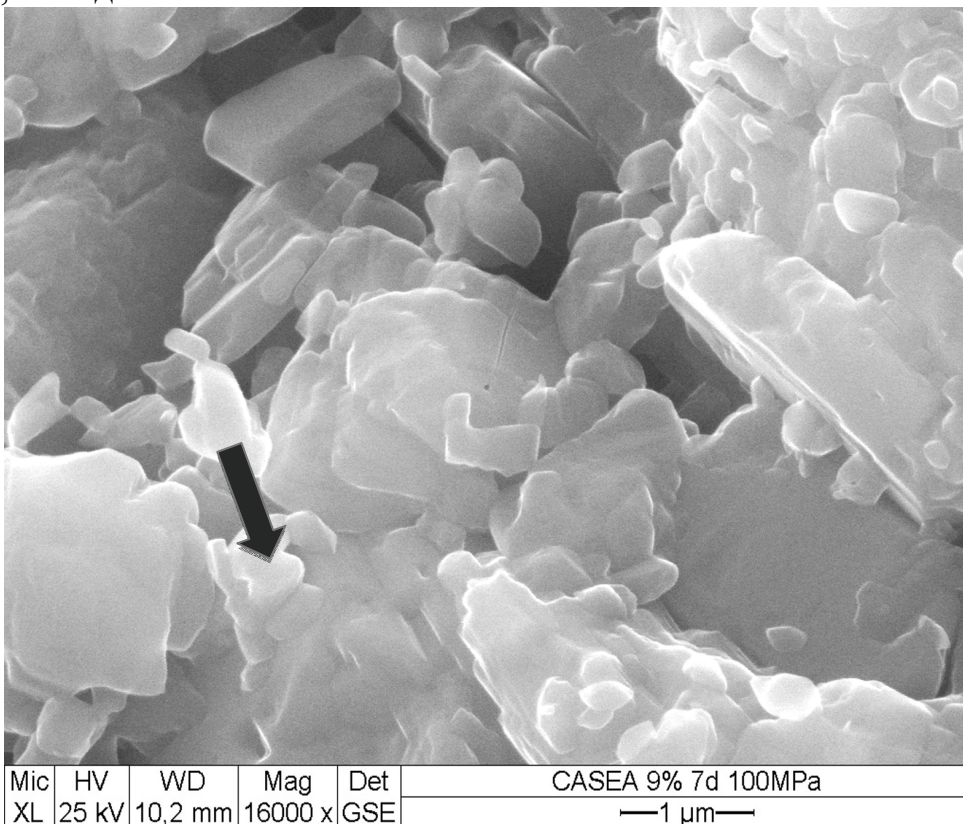


Рисунок 8. Микроструктура безобжигового камня, полученного при прессовании порошков природного гипсового камня (с дисперсностью D10) под давлением 100 МПа

Получение безобжиговых гипсовых изделий может быть реализовано на современных высокотехнологичных предприятиях по производству традиционных строительных материалов, обладающих требуемым оборудованием, что позволит повысить эффективность работы таких предприятий и одновременно расширить номенклатуру выпускаемых изделий.

Литература

1. Щукина, Е.Г. Безобжиговые материалы на основе отходов теплоэнергетического комплекса / Современные строительные материалы, технологии и конструкции: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова: ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий», 2015. С. 119-123.
2. Косенко Н.Ф., Филатова Н.В. Влияние механоактивации на свойства прессованных гипсовых материалов // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2007. №9. С. 99-100.
3. Устьянов, В.Б. Новые технологии производства керамических и безобжиговых строительных материалов / В.Б. Устьянов, В.В. Иващенко // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 10 (189). С. 32-36.
4. Скрипник В.П. и др. Перспективные технологические схемы производства высокопрочных гипсовых вяжущих из природного сырья // Строительные материалы. 1984. №6.
5. Щукина, Е.Г. Исследование свойств гипсовых отходов и получение на их основе гипсовых материалов / Е.Г. Щукина, Н.В. Архинчеева // Вестник ВСГУТУ. Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления. 2013. №3. С. 48 – 53.
6. Щукина, Е.Г. и др. Прессованные стеновые и облицовочные строительные материалы//Проблемы геологии, минеральных ресурсов и геологии Западного Забайкалья. Матер. Междунар. н-практ. конф., посвящ.50-летию Бурятского ордена Труд Кр. Знамени геологического управления. - Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2007. С. 131-133
7. Петропавловская, В.Б. Модифицированные безобжиговые гипсовые композиты с повышенными эксплуатационными характеристиками / В.Б. Петропавловская, Ю.Ю. Полеонова // Инновации и моделирование в строительном материаловедении и образовании: Материалы Международной заочной научно-технической конференции. 2014. С. 105-108.
8. Петропавловская, В.Б. Малоэнергоёмкие гипсовые строительные композиты: монография / В.Б. Петропавловская, В.В. Белов, Т.Б. Новиченкова // Тверь: Тверской гос. техн. университет, 2014. – 136 с.

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА БЕЗОБЖИГОВЫХ ГИПСОВЫХ КОМПОЗИТОВ

Петропавловская В.Б.¹, Бурьянов А.Ф.², Петропавловский К.С.¹, Чубисов И.Е.¹

Тверской государственный технический университет¹, Московский государственный строительный университет (МГСУ)²

В условиях современной экономической обстановки наметились определённые тенденции в расширении области применения минеральных отходов промышленности в производстве строительных материалов [1, 2, 3]. При использования отходов и вторичного сырья в строительной индустрии возможно снижение затрат на производство на 12-20 %, а сокращение капитальных вложений на развитие материальной базы – в 2-3 раза. И одновременно с этим – возможно решение задачи охраны окружающей среды.

Гипсовые материалы в полной мере удовлетворяют этим задачам и являются наиболее предпочтительными по сравнению с другими широко применяемыми в настоящее время материалами и изделиями.

Обусловлено это распространением гипсового сырья [4], гипсовых и гипсосодержащих отходов [2, 5, 6], 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, низкими удельными капиталовложениями и металлоёмкостью оборудования гипсовых предприятий. Что особенно важно при организации производств на предприятиях средней и малой мощности.

Кроме того, гипсовые материалы обладают высокими архитектурно-декоративными и гигиеническими качествами, отвечают современным потребностям по теплопроводности, огнестойкости и других видов безопасности для здоровья человека, животных и растений [1].

Использование безобжиговой технологии получения гипсовых материалов делает гипсовые материалы еще более привлекательными по цене и качеству ввиду использования энергосберегающей технологии [2].

В Тверском государственном техническом университете выполнены исследования возможности получения безобжиговых композитов на основе сырьевых смесей природного гипсового камня нормированного состава.

В данной работе исследовался гранулометрический состав и свойства безобжиговых композитов, получаемых на основе природного гипсового сырья. Использование бинарных сырьевых смесей дигидрата нормированного гранулометрического состава в системах негидратационного твердения, позволяет повысить эффективность

технологии и улучшить свойства получаемого гипсового материала [1, 3].

В работе применялся двуводный гипс □ молотый природный гипсовый камень Шедокского месторождения, производства ООО «СтройКомм» Краснодарского края в виде порошков различной степени измельчения. Химический состав гипсовых порошков представлен гипсовым камнем с содержанием дигидрата от 90,60 до 99,73 %. Отдельные слои гипсового камня характеризуются более низкими содержаниями $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – от 65,23 до 88,3 % с гидратированным ангидритом. Усредненный химический состав представлен в таблице 1[4]. Отражения, отвечающие межплоскостному расстоянию 7,5943; 4,2756; 3,7937; 3,0616, согласно рентгеновскому анализу (рис.1), соответствуют гипсу.

Гранулометрический состав сырьевых порошков оценивали с помощью лазерного микроанализатора типа Fritsch Particle Sizer Analysette 22. Определение распределения размера частиц изученных образцов производилось методом лазерной дифракции согласно ISO 13320-1:2009 «Анализ размера частиц. Методы лазерной дифракции». Согласно проведенному анализу, порошок грубого помола характеризуется средним размером частиц – $d_{50}=18.977$ мкм, максимальным размером частиц $d_{99} = 130.957$ мкм; в составе порошка частиц менее 2 мкм содержится 10.07 % по массе. Дифференциальное и интегральное распределение частиц по размерам в составе порошка грубого помола приведено на рисунке 1.

Порошок более высокой степени помола характеризуется средним размером частиц – $d_{50}=4.733$ мкм, максимальным размером частиц $d_{99} = 38.030$ мкм; частиц менее 2 мкм в составе порошка содержится 26.18 % по массе. Дифференциальное и интегральное распределение частиц по размерам данного состава приведено на рисунке 2.

Прочность образцов-цилиндров, полученных методом полусухого прессования на лабораторном гидравлическом прессе и выдержанных 14 сут, оценивали по требованиям ГОСТ.

В исследованиях применялись бинарные смеси порошков двуводного гипса.

Перемешивание при приготовлении бинарных сырьевых смесей производилось вручную.

Таблица 1

Химический состав гипсового камня Шедокского месторождения

Компонент	Содержание, %
H_2O (гидратная)	13,3...21,2
Нерастворимого остатка	0,05...18,46

SO_3	31,84...50,43
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	65,23...99,73

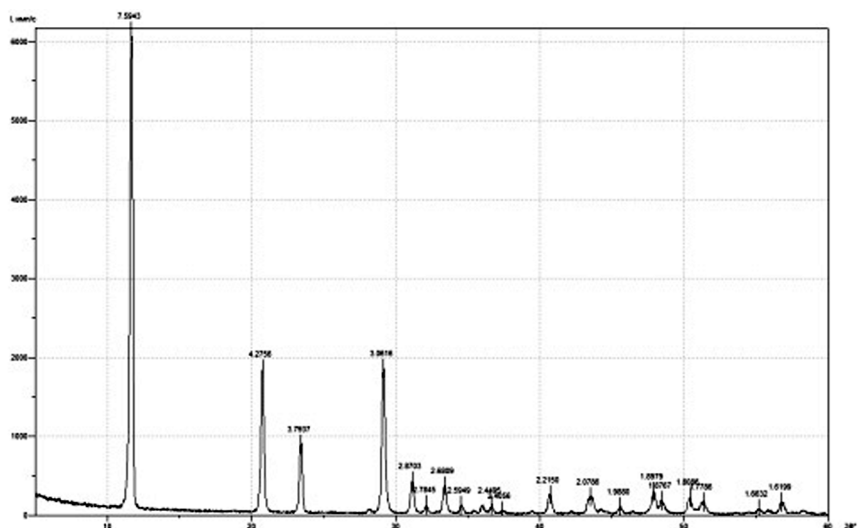


Рисунок 1. Дифрактограмма гипса Шедокского месторождения

Interpolation Values... C:\Program Files\22 32\ritsch\HMNT 1.FPS								
0.000-	0.300µm=	***	0.300-	0.500µm=	2.30%	0.500-	1.000µm=	2.74%
1.000-	2.000µm=	5.03%	2.000-	3.000µm=	4.36%	3.000-	4.000µm=	4.01%
4.000-	5.000µm=	3.58%	5.000-	10.000µm=	12.56%	10.000-	20.000µm=	18.17%
20.000-	30.000µm=	15.60%	30.000-	40.000µm=	11.51%	40.000-	50.000µm=	7.53%
50.000-	60.000µm=	4.66%	60.000-	70.000µm=	2.94%	70.000-	80.000µm=	1.86%
80.000-	90.000µm=	1.16%	90.000-	100.000µm=	0.78%	100.000-	120.000µm=	0.89%
120.000-	150.000µm=	0.67%	150.000-	200.000µm=	0.49%			

Interpolation Values... C:\Program Files\22 32\ritsch\10_90.FPV					
5.0 % <=	1.176 µm	10.0 % <=	2.205 µm	15.0 % <=	3.380 µm
20.0 % <=	4.703 µm	25.0 % <=	6.303 µm	30.0 % <=	8.316 µm
35.0 % <=	10.708 µm	40.0 % <=	13.355 µm	45.0 % <=	16.130 µm
50.0 % <=	18.977 µm	55.0 % <=	21.928 µm	60.0 % <=	25.021 µm
65.0 % <=	28.340 µm	70.0 % <=	32.002 µm	75.0 % <=	36.185 µm
80.0 % <=	41.200 µm	85.0 % <=	47.824 µm	90.0 % <=	57.090 µm
95.0 % <=	75.079 µm	99.0 % <=	130.957 µm	100.0 % <=	241.644 µm

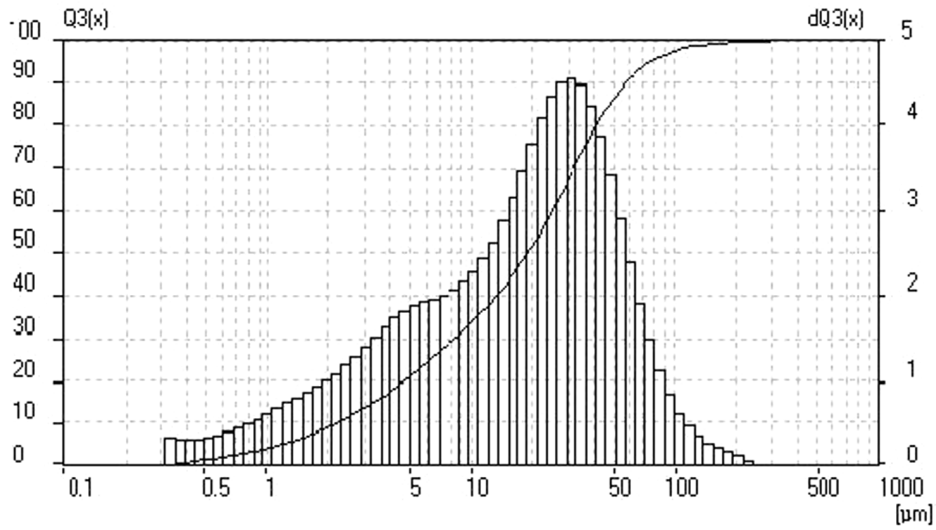


Рисунок 2. Дифференциальное и интегральное распределение частиц по размерам порошка грубого помола

Interpolation Values... C:\Program Files\22 32\misch\HMNT 1.FPS					
0.000- 0.300µm=	***	0.300- 0.500µm=	3.83 %	0.500- 1.000µm=	7.56 %
1.000- 2.000µm=	14.79 %	2.000- 3.000µm=	11.08 %	3.000- 4.000µm=	8.57 %
4.000- 5.000µm=	6.93 %	5.000- 10.000µm=	21.89 %	10.000- 20.000µm=	17.34 %
20.000- 30.000µm=	6.19 %	30.000- 40.000µm=	2.31 %	40.000- 50.000µm=	0.68 %
50.000- 60.000µm=	0.02 %	60.000- 70.000µm=	0.00 %	70.000- 80.000µm=	0.00 %
80.000- 90.000µm=	0.00 %	90.000- 100.000µm=	0.00 %	100.000- 120.000µm=	0.00 %
120.000- 150.000µm=	0.00 %	150.000- 200.000µm=	0.00 %		

Interpolation Values... C:\Program Files\22 32\misch\10_90.FPV					
5.0 % <=	0.653 µm	10.0 % <=	0.976 µm	15.0 % <=	1.289 µm
20.0 % <=	1.620 µm	25.0 % <=	1.986 µm	30.0 % <=	2.400 µm
35.0 % <=	2.868 µm	40.0 % <=	3.410 µm	45.0 % <=	4.023 µm
50.0 % <=	4.733 µm	55.0 % <=	5.539 µm	60.0 % <=	6.487 µm
65.0 % <=	7.590 µm	70.0 % <=	8.915 µm	75.0 % <=	10.540 µm
80.0 % <=	12.801 µm	85.0 % <=	15.306 µm	90.0 % <=	19.184 µm
95.0 % <=	25.642 µm	99.0 % <=	38.030 µm	100.0 % <=	51.175 µm

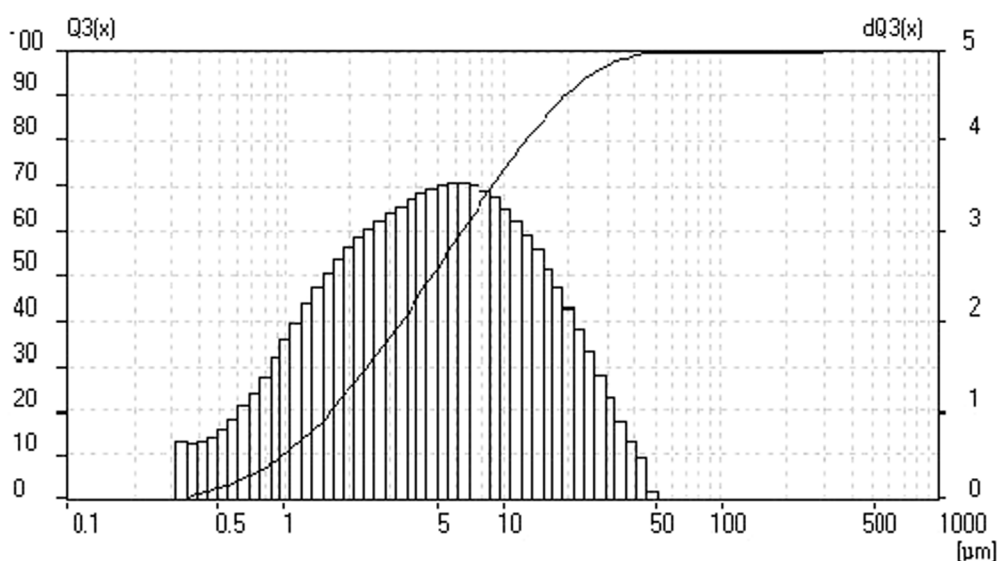


Рисунок 3. Дифференциальное и интегральное распределение частиц по размерам порошка тонкого помола

Среднюю плотность и прочность прессованных гипсовых образцов-цилиндров, полученных методом полусухого прессования на лабораторном гидравлическом прессе и выдержанных 14 суток во влажных условиях, оценивали по ГОСТ.

Результаты проведенных исследований показывают (рис.4), что введение в состав бинарной сырьевой смеси порошка тонкого помола двуводного гипса позволяет регулировать свойства композита. На прочность получаемого композита в большой мере влияет водосодержание сырьевой смеси (В/Т отношение).

С другой стороны увеличение количества высокодисперсных частиц в составе смеси приводит к росту числа контактов между частицами в единице объема, что способствует повышению прочности структуры композита (рис.5).

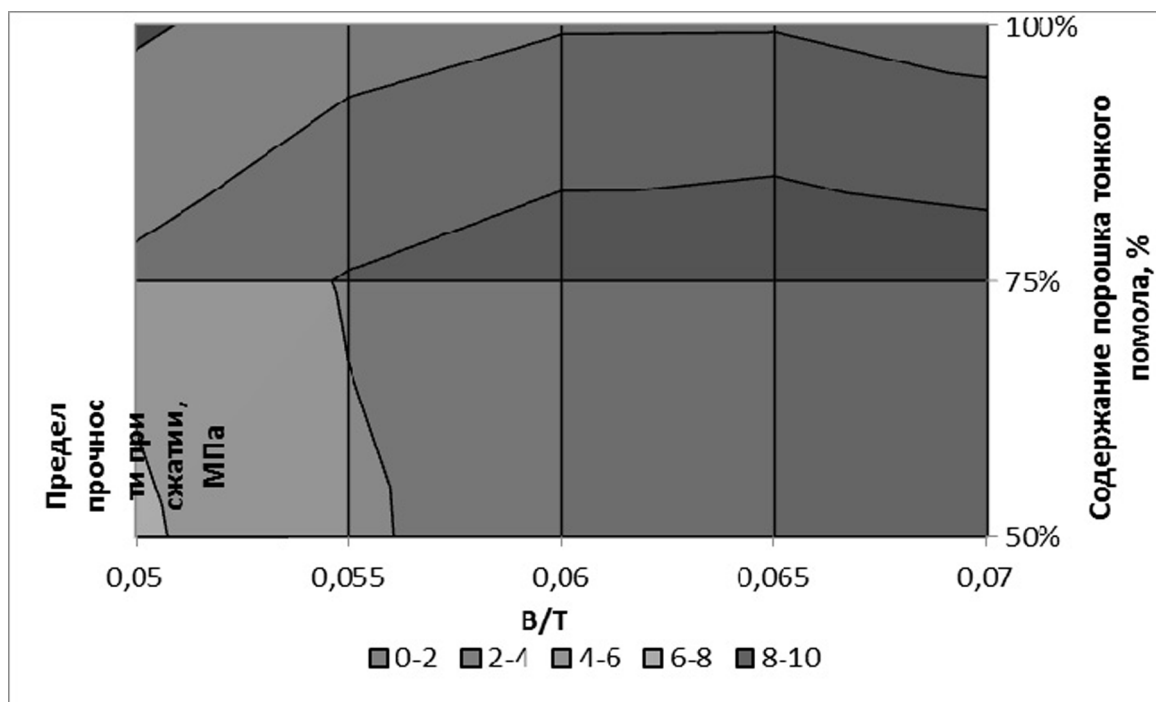


Рисунок 4. Влияние водотвердого отношения на прочность гипсовых композитов при различных зерновых составах

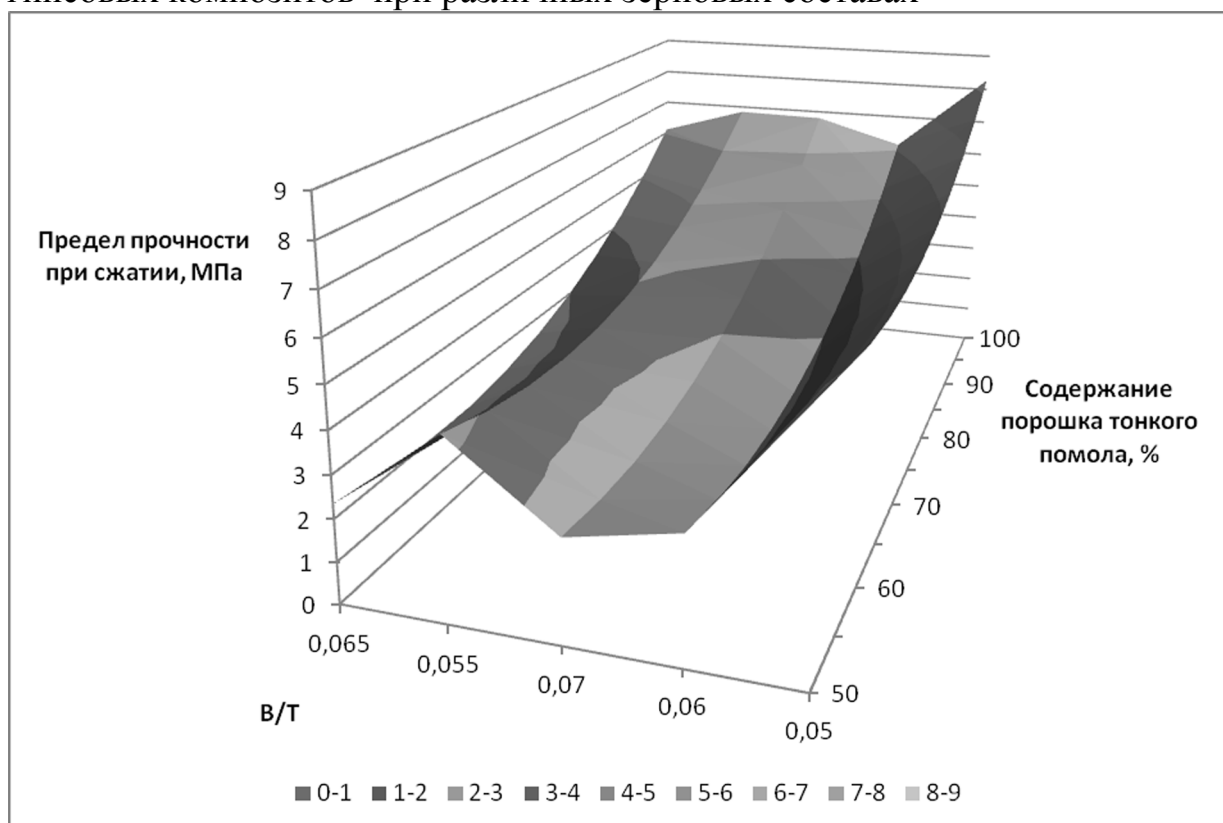


Рисунок 2. Зависимость прочности гипсовых композитов от содержания добавки при различных значениях водотвердого отношения

При варьировании двух факторов (гранулометрического состава и водотвердого отношения) можно получить оптимальный результат по

прочности прессованного композита. В данном случае □ оптимальный результат определяется величиной прочности (8,3 МПа) и наблюдается при содержании добавки в количестве 50 % в составе сырьевой смеси безобжигового композита.

Максимум прочности безобжигового композита в возрасте 14 суток □ 8,2 МПа достигается при водосодержании 5 %, однако, материал может иметь дополнительный прирост прочности к 28 суткам твердения.

Таким образом, установлено, что нормирование гранулометрического состава сырьевой смеси позволяет регулировать прочность безобжиговых композитов. Получаемые физико-механические характеристики композита обеспечивают его применение в производстве строительных изделий для индустриального и жилищного строительства, а также объектов соцкультбыта, к которым предъявляются повышенные требования по пожарной и экологической безопасности. Безобжиговые композиты на основе природного гипсового камня позволят обеспечить строительную индустрию энергоэффективными материалами высокого качества.

Литература

1. Петропавловская, В.Б. Оптимизация внутренней структуры дисперсных систем негидратационного твердения / В.Б. Петропавловская, В.В. Белов, Т.Б. Новиченкова, А.Ф. Бурьянов, А.П. Пустовгар // Строительные материалы. 2010. №7. С. 22–23.
2. Косенко Н.Ф., Филатова Н.В. Влияние механоактивации на свойства прессованных гипсовых материалов // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2007. – №9. – С. 99-100.
3. Петропавловская, В.Б. Регулирование свойств безобжиговых гипсовых материалов / В.Б. Петропавловская, В.В. Белов, Т.Б. Новиченкова // Строительные материалы. 2008. №8. С.14–15.
4. Дубовченко, Л.В. Минералого-технологические особенности и перспективы промышленного использования верхнеюрских сульфатных пород титана западного Предкавказья / Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума. Томск: ТПУ, 2015. С.187 – 189.
5. Петропавловская, В.Б. Твердеющие кристаллизационные системы на основе порошков двуводного гипса / В.Б. Петропавловская, В.В. Белов, А.Ф. Бурьянов // Строительные материалы. 2007. №12. С.46–47.
6. Щукина, Е.Г. Исследование свойств гипсовых отходов и получение на их основе гипсовых материалов / Е.Г. Щукина, Н.В. Архинчеева // Вестник ВСГУТУ. Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления. 2013. №3. С. 48 – 53.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ГИПСОВЫХ САМОАРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ ООО «СТРОЙКОМ»

Петропавловский К.С.¹, Петропавловская В.Б.¹, Бурьянов А.Ф.², Новиченкова Т.Б.¹

Тверской государственный технический университет¹, Московский государственный строительный университет (МГСУ)²

В утвержденной правительством стратегии развития промышленности строительных материалов до 2030 г. отмечается необходимость сосредоточить усилия не на развитии мощностей и строительстве новых предприятий, а на качестве стройматериалов, которые сейчас не в полной мере соответствуют современным требованиям.

Повысить конкурентоспособность отечественных строительных материалов на основе гипсовых вяжущих возможно за счет использования современных модифицирующих комплексов и формирования оптимальной структуры композита [1, 2]. Известны способы повышения основных свойств гипсовых материалов путем введения микро-, ультра- и наномодификаторов в сочетании с супер- и гиперпластификаторами и другими химическими добавками [3, 4]. Однако большинство таких составов значительно усложняют технологический процесс или удорожают выпускаемую продукцию.

Введение модификаторов отражается и на экологической составляющей, как производства такой продукции, так и ее эксплуатации.

Перспективным способом получения высокоэффективных строительных композитов на основе традиционных гипсовых вяжущих с принципиально новыми свойствами и определенной, заранее заданной структурой является самоармирование строительного композита, предполагающее дополнительное упрочнение гипсовой матрицы [5, 6].

С целью улучшения свойств гипсовых материалов в данной работе исследовалась возможность управления структурой гипсовых самоармированных композитов путем моделирования гранулометрического состава сырьевой смеси.

В работе в качестве сырьевых компонентов применяли порошки двух гипсовых вяжущих α -модификации марки Г-19, производства ООО «СтройКомм» Краснодарского края.

Высокопрочный гипс Г – 19 состава № 1 характеризуется пределом прочности при сжатии – 20,2 МПа, растяжением при изгибе – 6,2 МПа, началом схватывания не ранее 3,30 мин, концом схватывания – не позднее 11,30 мин.

Согласно проведенным исследованиям гранулометрического состава порошок высокопрочного гипса № 1 не имеет остатка на сите 0,2 мм. На рисунке 1 представлено интегральное и дифференциальное распределения частиц по размерам в гипсовом порошке состава №1.

Interpolation Values... C:\Program Files\22 32\ritsch\HMNT 1.FPS					
0.000-	0.300µm=	***	0.300-	0.500µm=	2.28%
0.500-	1.000µm=	5.41%	1.000-	2.000µm=	14.12%
2.000-	3.000µm=	12.37%	3.000-	4.000µm=	10.40%
4.000-	5.000µm=	8.83%	5.000-	10.000µm=	27.91%
10.000-	20.000µm=	16.98%	20.000-	30.000µm=	2.70%
30.000-	40.000µm=	0.00%	40.000-	50.000µm=	0.00%
50.000-	60.000µm=	0.00%	60.000-	70.000µm=	0.00%
70.000-	80.000µm=	0.00%	80.000-	90.000µm=	0.00%
90.000-	100.000µm=	0.00%	100.000-	120.000µm=	0.00%
120.000-	150.000µm=	0.00%	150.000-	200.000µm=	0.00%
200.000-	299.000µm=	0.00%			

Interpolation Values... C:\Program Files\22 32\ritsch\10_90.FPV					
5.0 % <=	0.870 µm	10.0 % <=	1.237 µm	15.0 % <=	1.584 µm
20.0 % <=	1.941 µm	25.0 % <=	2.318 µm	30.0 % <=	2.725 µm
35.0 % <=	3.162 µm	40.0 % <=	3.637 µm	45.0 % <=	4.154 µm
50.0 % <=	4.716 µm	55.0 % <=	5.331 µm	60.0 % <=	6.011 µm
65.0 % <=	6.775 µm	70.0 % <=	7.645 µm	75.0 % <=	8.659 µm
80.0 % <=	9.906 µm	85.0 % <=	11.490 µm	90.0 % <=	13.620 µm
95.0 % <=	17.128 µm	98.0 % <=	21.135 µm	100.0 % <=	29.397 µm

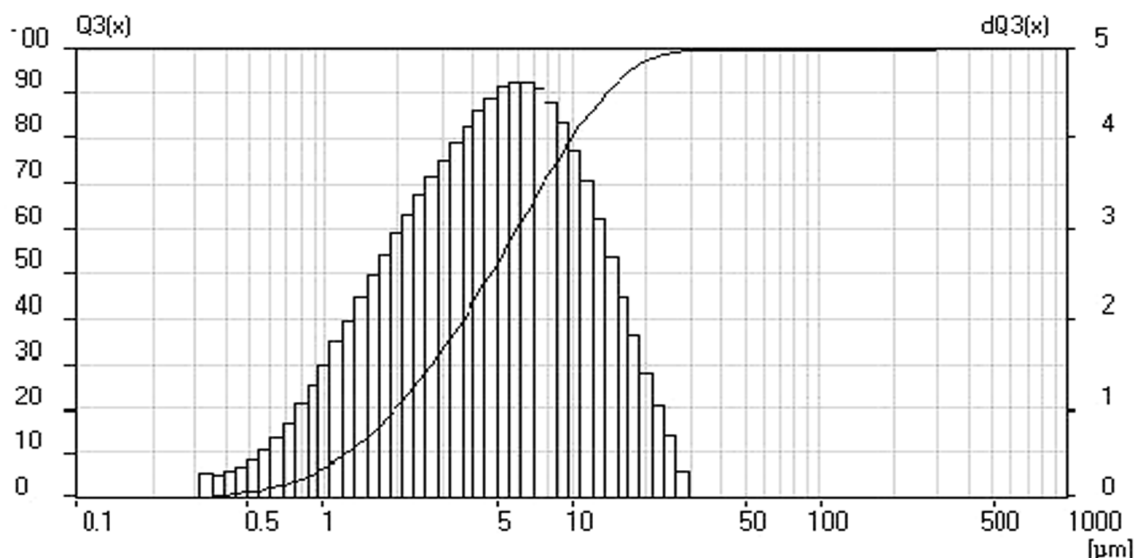


Рисунок 1. Интегральное и дифференциальное распределения частиц по размерам в гипсовом вяжущем Г – 19 состава №1 ООО «СтройКомм» Краснодарского края

Высокопрочный гипс Г – 19 состава № 2 характеризуется пределом прочности при сжатии – 21,8 МПа, на растяжение при изгибе – 6,6 МПа, началом схватывания не ранее 3 мин, концом схватывания – не позднее 12 мин. Остаток на сите 0,2 мм также составляет 0 %.

На рисунке 2 представлено интегральное и дифференциальное распределения частиц по размерам в гипсовом порошке состава №2.

В качестве составляющих модифицирующей добавки применялись растворы сернокислого алюминия и гидроксида кальция.

В целях исследования влияния состава бинарной сырьевой смеси на прочность самоармированного гипсового камня изготавливались образцы размером 70,7 x 70,7 x 70,7 мм.

Interpolation Values... C:\Program Files\22 32\ritsch\HMNT 1.FPS							
0.000-	0.300µm=	***	0.300-	0.500µm=	2.54%	0.500-	1.000µm= 5.74%
1.000-	2.000µm=	13.29%	2.000-	3.000µm=	10.36%	3.000-	4.000µm= 8.12%
4.000-	5.000µm=	6.66%	5.000-	10.000µm=	21.15%	10.000-	20.000µm= 17.12%
20.000-	30.000µm=	7.62%	30.000-	40.000µm=	4.09%	40.000-	50.000µm= 2.20%
50.000-	60.000µm=	1.17%	60.000-	70.000µm=	0.64%	70.000-	80.000µm= 0.29%
80.000-	90.000µm=	0.00%	90.000-	100.000µm=	0.00%	100.000-	120.000µm= 0.00%
120.000-	150.000µm=	0.00%	150.000-	200.000µm=	0.00%	200.000-	299.000µm= 0.00%

Interpolation Values... C:\Program Files\22 32\ritsch\10_90.FPV							
5.0 % <=	0.826 µm	10.0 % <=	1.197 µm	15.0 % <=	1.560 µm		
20.0 % <=	1.953 µm	25.0 % <=	2.394 µm	30.0 % <=	2.896 µm		
35.0 % <=	3.475 µm	40.0 % <=	4.135 µm	45.0 % <=	4.886 µm		
50.0 % <=	5.751 µm	55.0 % <=	6.753 µm	60.0 % <=	7.935 µm		
65.0 % <=	9.378 µm	70.0 % <=	11.179 µm	75.0 % <=	13.493 µm		
80.0 % <=	16.637 µm	85.0 % <=	20.967 µm	90.0 % <=	27.314 µm		
95.0 % <=	37.817 µm	98.0 % <=	50.568 µm	100.0 % <=	79.741 µm		

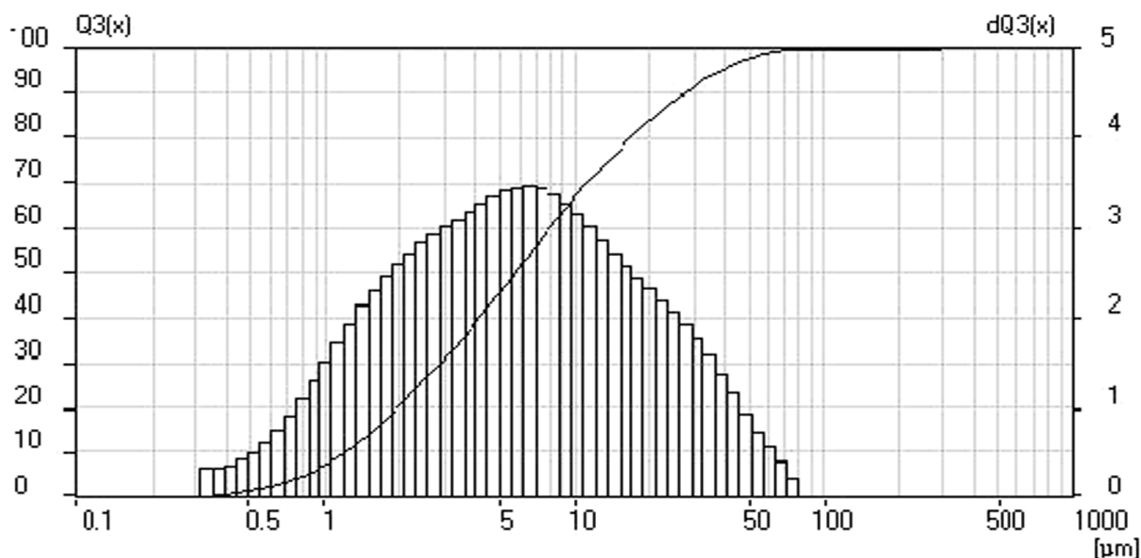


Рисунок 2. Интегральное и дифференциальное распределения частиц по размерам в гипсовом вяжущем Г – 19 состава №2 ООО «СтройКомм» Краснодарского края

Твердение образцов в течение 3 суток осуществляли в воздушно-сухих условиях. Образцы испытывались на прочность в естественном состоянии, без предварительной сушки до постоянной массы. Влажность образцов в среднем составляла 17 %.

На этапе оптимизации зернового состава бинарной сырьевой смеси на основе порошков гипсового вяжущего составов №1 и №2, характеризующихся различными техническими параметрами, определяемыми в том числе их гранулометрическим составом и В/Г отношением, был проведен планированный эксперимент.

В качестве исследуемых факторов были приняты концентрации растворов: X_1 – процентное содержание гипсового порошка №2, X_2 – водогипсовое отношение (В/Г).

Процентное содержание гипсового порошка №2 в составе бинарной смеси варьировалось в пределах от 65 до 85 %. Водогипсовое отношение

(В/Г) изменялось в пределах от 0,34 до 0,38. Выбор параметров варьирования производился по результатам ранее выполненных исследований.

По полученным результатам статистической обработки эксперимента были построены математические модели. Значения коэффициентов для полученной модели приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения коэффициентов математической модели

Выходные параметры	b_0	b_1	b_2	b_{11}	b_{12}	b_{22}
Прочность	50,98342	-7,39476	3,15129	-7,53173	2,15	-4,55673

Таким образом, уравнение регрессии имеет вид:

$$Y_1(R_{сж}) = f(X_1, X_2) = 50,98 + (-7,39) \cdot x_1 + 3,15 \cdot x_2 + (-7,53) \cdot x_1^2 + 2,15 \cdot x_2^2 + (-4,557) \cdot x_1 \cdot x_2; \text{ (МПа)}$$

где x_1 , x_2 – факторы в кодированном виде: x_1 – содержание состава №2, %; x_2 – водогипсовое отношение (В/Г).

На основании расчётов построена зависимость прочности от зернового состава гипсового вяжущего и водогипсового отношения В/Г, приведенная на рисунке 3.

Данные результатов проведенных исследований в соответствии с рисунком 3 показывают, что в диапазоне изменения процентного содержания гипсового вяжущего состава №2 от 65 до 70 % происходит увеличение прочности гипсового камня для всех исследованных В/Г отношений. При дальнейшем увеличении процентного содержания гипсового порошка №2 в составе бинарной сырьевой смеси от 70 до 85 % прочность гипсового камня снижается.

Максимальная прочность гипсовой матрицы достигается при В/Г = 0,365 и содержании гипсового порошка №2 в составе бинарной смеси в количестве 70 %.

Сравнительный анализ прочности отдельных порошков высокопрочного гипсового вяжущего и их бинарной смеси оптимального зернового состава (рис.4) в возрасте 3 суток показывает, что прочность бинарной смеси выше, чем у каждого из порошков гипсового вяжущего в отдельности. Это объясняется, по-видимому, прежде всего получением более плотной упаковки частиц гипса в составе смеси.

На этапе исследования свойств самоармированных композитов в состав сырьевой смеси на основе бинарной смеси порошков оптимального гранулометрического состава вводился модифицирующий комплекс на основе сернокислого алюминия и гидроксида кальция.

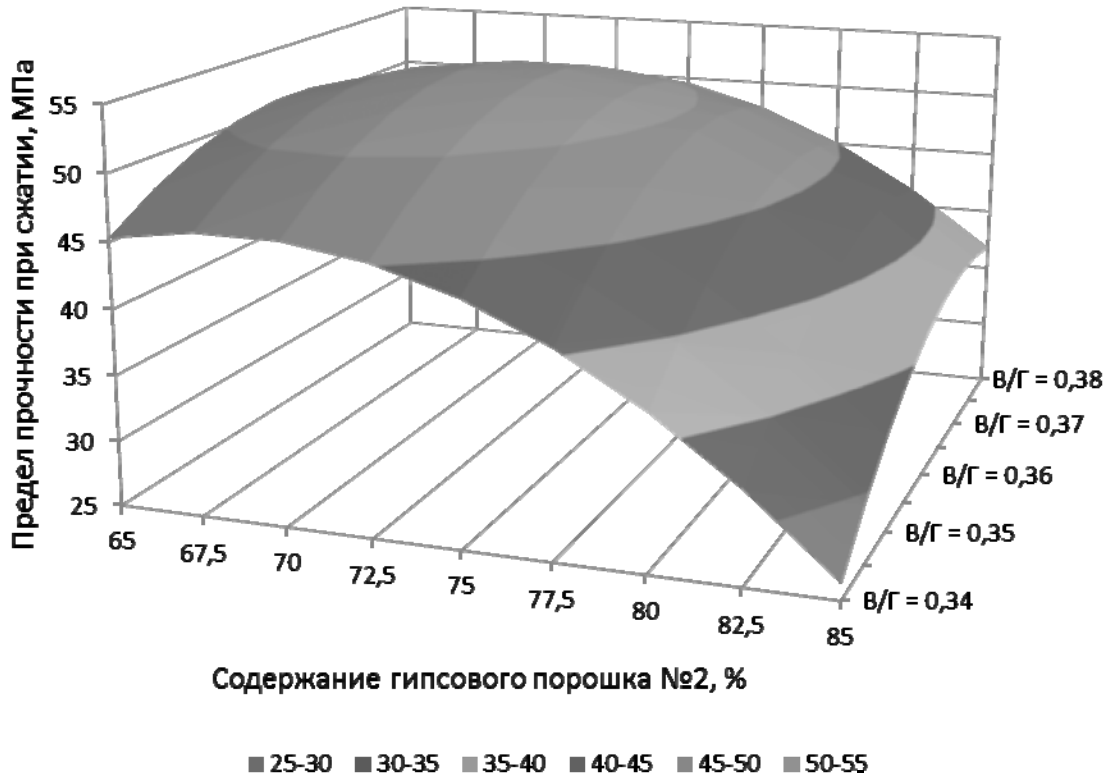


Рисунок 3. Зависимость прочности гипсовой матрицы от процентного содержания гипсового порошка №2 в бинарной сырьевой смеси и В/Г отношения в возрасте 3 суток

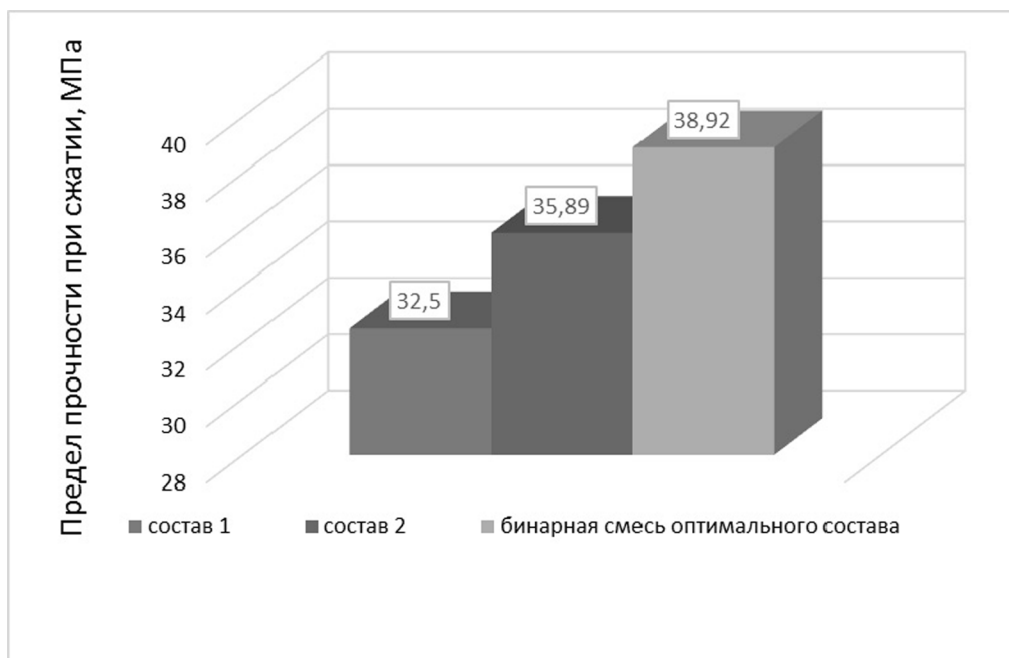


Рисунок 4. Сравнительный анализ прочности отдельных порошков высокопрочного гипсового вяжущего и их бинарной смеси оптимального зернового состава в возрасте 3 суток

Результаты исследований приведены на рисунке 5.

Следует отметить, что прочность образцов с комплексной добавкой значительно выше прочности бездобавочных гипсовых составов с оптимальной гранулометрией.

Прочность гипсового камня на основе гипсового вяжущего состава №1 увеличилась на 20 %, гипсового камня состава №2 на 24 %, а бинарной смеси гипсовых порошков – на 50 %.

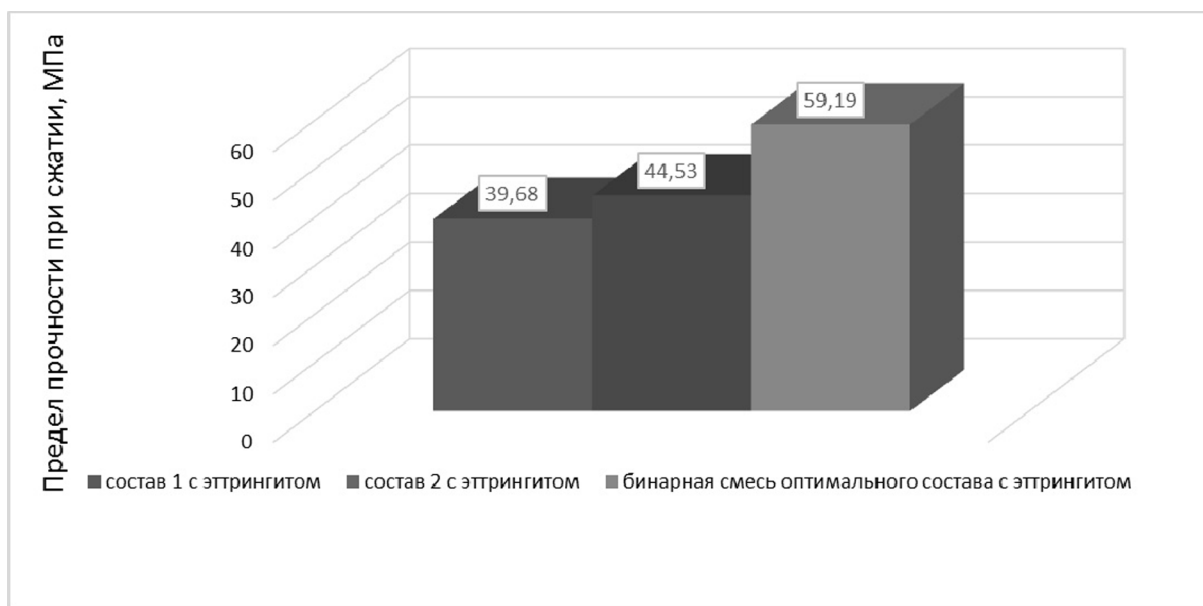


Рисунок 5. Сравнительный анализ прочности отдельных порошков высокопрочного гипсового вяжущего и их бинарной смеси оптимального зернового состава с модифицирующим комплексом в возрасте 3 суток

При этом средняя плотность также увеличивается при введении модифицирующей добавки. Максимальная плотность самоармированного гипсового камня на основе бинарной сырьевой смеси оптимального зернового состава составляет 1646 кг/м^3 .

Таким образом, проведенные исследования показывают, что управление гранулометрическим составом гипсовых самоармированных композитов позволяет повысить физико-механические характеристики получаемого материала. Предлагаемые составы гипсовых модифицированных смесей могут быть использованы при изготовлении гипсовых материалов и изделий, обеспечивающих высокую механическую прочность при сохранении на достаточном уровне других эксплуатационных показателей. Для моделирования гранулометрического состава гипсовых самоармированных композитов могут быть применены возможности компьютерного программного продукта, разработанного на кафедре производства строительных материалов и изделий Тверского государственного технического университета.

Литература

1. Чернышов, Е.М. Повышение трещиностойкости мелкозернистого цементного бетона при многоуровневом дисперсном армировании его структуры / Е.М. Чернышов, Д.Н. Коротких // Современные проблемы строительного материаловедения: Материалы седьмых чтений РААСН / Белгород. гос. техн. акад. строит. мат. Белгород, 2001. Ч. 1. С. 587-598.
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: монография /под общей редакцией А.Ф. Бурьянова/ М.: Де Нова, 2012, 196 с.
3. Белов В.В., Образцов И.В. Компьютерное моделирование в технологии строительных материалов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2012. № 7 (162). С. 41-43.
4. Королёв Е.В., Гришина А.Н. Технология синтеза и свойства наноразмерных гидросиликатов бария для модифицирования минеральных композиционных материалов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 3 (182). С. 28-31.
5. Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б., Петропавловский К.С., Бурьянов А.Ф. К вопросу упрочнения гипсовых изделий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2015. № 1 (192). С. 15-17.
6. Петропавловская, В.Б. Самоармированные гипсовые композиты / В.Б. Петропавловская, Т.Б. Новиченкова, А.Ф. Бурьянов, Х.-Б. Фишер, К.С. Петропавловский // Строительные материалы, 2014. № 7. С. 19 – 21.

ПРЕИМУЩЕСТВА СОБСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ВСПУЧЕННОГО ПЕРЛИТА. ТРЕБОВАНИЯ К СОВРЕМЕННОМУ ОБОРУДОВАНИЮ ДЛЯ ВСПУЧИВАНИЯ И ПУТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ СРАВНЕНИЕ «MAKE OR BUY»

Роман Денинг
AMIT Industriesysteme GmbH, Osnabrück, Germany

В настоящее время вспученный перлит стал приобретать все большую популярность в самых различных областях. Благодаря своим уникальным свойствам вспученный перлитовый песок успешно применяется в сельском хозяйстве, металлургии, медицине, энергетике, строительной отрасли и т. д. В строительстве наибольшее распространение получили следующие изделия из перлита:

- насыпная перлитовая изоляция;
- сухие строительные смеси с содержанием перлита;
- перлитовые плиты;
- перлитовый кровельный материал;
- перлитовые стеновые изделия.

Перспективность применения строительных материалов и изделий на основе вспученного перлита заставляет задуматься многих производителей стройматериалов о собственном производстве вспученного перлитового песка. Анализ зарубежного и отечественного опыта собственного производства вспученного перлита показывает, что помимо снижения транспортных расходов и роли поставщика при работе на привозном сырье можно достичь значительного улучшения качества перлита, а также снижения себестоимости продукции.

Обратимся к каждому пункту отдельно:

• **Исключение транспортных потерь.** Во время перевозки, а также в результате осуществления погрузочно-разгрузочных работ и многочисленных операций по перегрузке легкий пористый перлитовый песок подвергается истиранию, излому и уплотнению. Таким образом, стоит учитывать, что при покупке определённого объёма перлита вы всегда получаете объём материала меньше закупленного. Кроме того, имея малую насыпную плотность и незначительный вес, перлит обладает предельной лёгкостью. В результате этого в ходе транспортировки мы фактически занимаемся перевозкой «воздуха».

• **Качество перлита.** Склонность перлитовой структуры к излому и истиранию под влиянием многократных перемещений негативно сказывается на одной из важнейших характеристик вспученного перлита – его насыпной плотности. При переходе на собственное производство вспученного перлита, вы полностью освобождаетесь от необходимости перевозки материала транспортными средствами на большие расстояния,

вместе с тем уменьшая риск получения продукта с изломанной или истертой формой зерен. Более того, нередко в производстве может потребоваться перлит, обладающий иными характеристиками, который не всегда можно приобрести у поставщика.

- **Стоимость.** В настоящее время наблюдается резкое снижение объемов продаж строительных материалов, чем обусловлено сдерживание производителей, в том числе и наших клиентов, к оптимизации расходов, в частности, путём снижения стоимости компонентов. Использование собственной установки для производства вспученного перлита позволит эффективно и позитивно повлиять на себестоимость конечного продукта.

- **Снижение зависимости от поставщиков.** Собственное производство даёт нам возможность избежать негативных последствий, связанных с поставщиками. Подобным образом, мы освобождаемся от роста расходов в результате повышения закупочных цен, перебоев и задержек поставок, низкого качества сырья. Тем самым мы заботимся об укреплении своих позиции на рынке.

Свод требований к оборудованию

Планируя собственное производство вспученного перлита, необходимо учитывать требования к современному оборудованию.

Важную роль здесь играет минимизация ручных средств труда. Замена ручного труда машинным позволяет снизить человеческий фактор и, тем самым, стоимость продукта.

Удельный расход электроэнергии и топлива составляет энергопотребление процесса. Высокая энергоэффективность, направленная на экономию энергии, является отличительной чертой современной перлитовой установки.

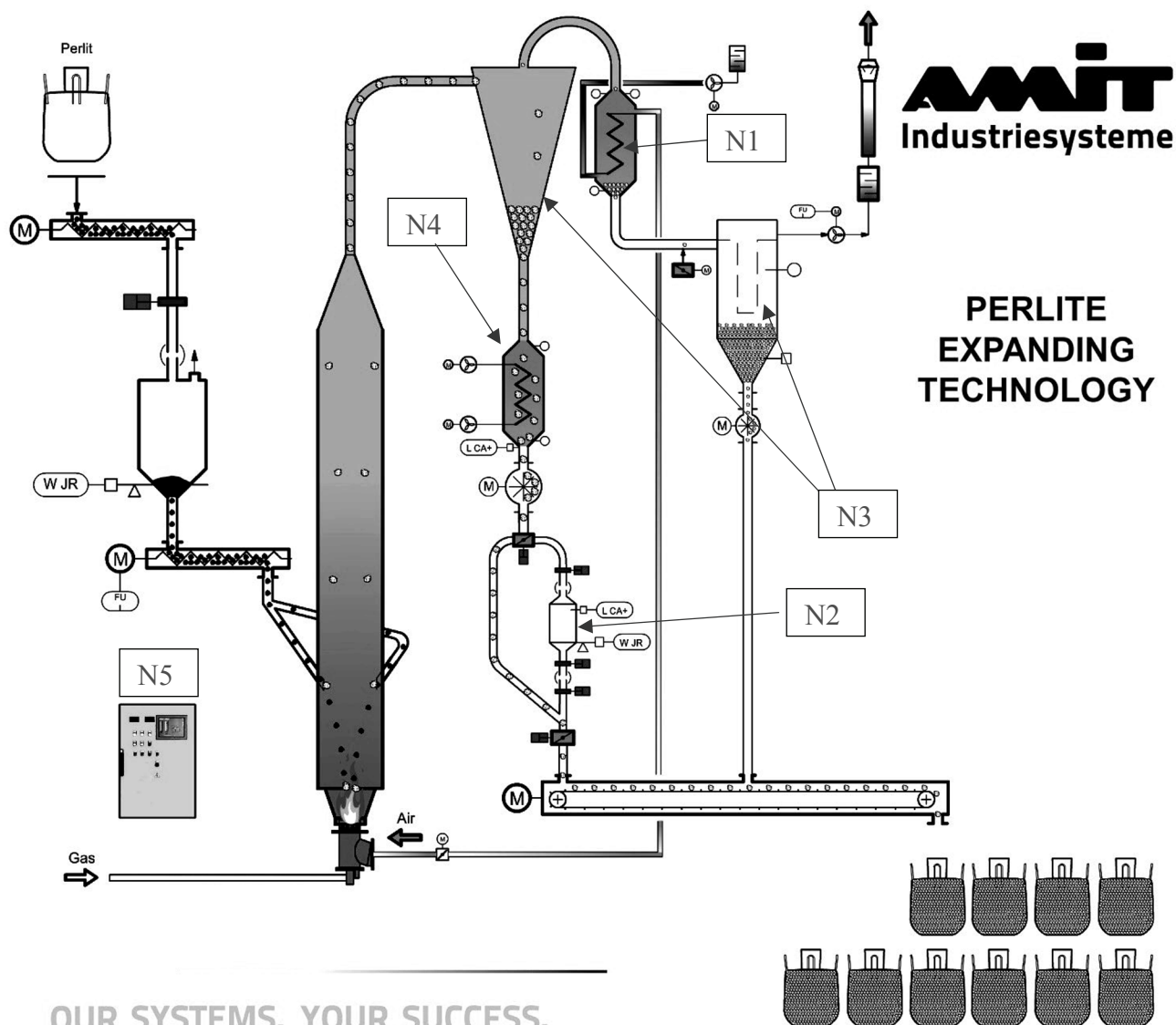
Возможность получения перлита с регулируемой насыпной плотностью характеризуется гибкостью процесса и позволяет выпускать перлит с различными характеристиками.

Современная система управления отличается желаемой гибкостью и легко встраивается в уже существующее производство, предоставляя возможность проводить постоянный контроль качества, не обращая при этом в лабораторию.

Системы очистки выбросов отвечают современным требованиям и позволяют осуществлять высококачественную очистку продуктов сгорания. Принимая решение о реализации инвестиционного проекта, мы заинтересованы в кратких сроках реализации монтажных и пуско-наладочных работ, снижении длительности обучения персонала и скором выходе на проектную производительность.

Реализация требований

Для рассмотрения возможных путей реализации требований воспользуемся для наглядности технологической схемой процесса (рис.1):



OUR SYSTEMS. YOUR SUCCESS.

Рисунок 1

Оптимальное энергосбережение достигается за счет рекуперации тепла топочных газов. Данное тепло используется для подогрева воздуха, поступающего в горелку, и позволяет снизить потребление топлива (N1, рис. 1).

Измерение насыпной плотности осуществимо непосредственно в процессе производства. Говоря иными словами, оператор имеет возможность в режиме «online» сверять заданные и полученные параметры и готов оперативно вносить нужные поправки в управление установкой. При этом нет необходимости в отборе проб лабораторией. (N2, рис. 1).

Дымовые газы проходят двойную очистку. Для первичной очистки отработанных газов используется циклон, после выхода из которого охлажденные продукты сгорания поступают в рукавный фильтр. Затем происходит выброс уже очищенных газов в атмосферу (N3, рис. 1).

С помощью теплообменника мы охлаждаем поток продукта, чтобы

не допускать чрезмерно горячий перлит на хранение или в производство (N4, рис. 1).

Управление осуществляется на базе системы Simens S7. В шкаф управления встроен сенсорный экран, на котором оператор вводит требуемые изменения или протоколирует данные, снятые из различных журналов. Данная система управления характеризуется удобством и простотой в обращении и позволяет дублировать показания на экран в операторской. (N5, рис. 1)

Конструкция имеет площадь 2,5х3 (м), высотой 8,5 (м) (не включая дымоход) и отличается максимальной компактностью. Всю установку можно поместить на одну автомашину (рис. 2). В результате того, что предварительный монтаж и необходимые подключения осуществляются на заводе-производителе, на площадке (месте установки) остаётся позаботиться только о подключении газа, электричества и сжатого воздуха. Монтаж и ввод в эксплуатацию, а также обучение персонала занимают 1-2 недели.



Рисунок 2

Сравнение «take or buy»

В качестве материала для сравнения хотим предложить коллегам пример уже реализованного проекта на территории Российской Федерации и поделиться опытом в плане экономики собственного производства. В

данном проекте удалось снизить стоимость произведённого перлита на 20% в сравнении со стоимостью перлита, приобретённого на рынке сырья. Годовая прибыль составила 88.000,00€ при производстве 20.000м³ перлита. Необходимо заметить, что приведённая прибыль соизмерима с увеличением объёма продаж приблизительно на 400.000,00 — 500.000,00 €. Согласитесь, увеличить продажи в условиях сегодняшнего рынка отнюдь не тривиальная задача. С нашей точки зрения, гораздо проще получить прибыль за счёт снижения стоимости перлита. Компания AMIT Industriesysteme поможет Вам в всех вопросах реализации проекта!

НАЛИВНЫЕ ПОЛЫ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОПРОЧНОГО ГИПСА: ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

ЗАО «Самарский гипсовый комбинат»

Идея применения гипса при устройстве полов не нова: практика заливать полы гипсом существовала уже в античности, а на территории современного Израиля есть отлично сохранившиеся образцы подобного покрытия, датирующиеся 5-ым тысячелетием до н.э. Но в своей современной форме технология получила широкое распространение в последние десятилетия.

По данным компании «Строительная информация», львиная доля потребления гипсовых материалов приходится на штукатурные составы (77%, таблица 4-7). Доля гипсовых шпатлевок существенно меньше (около 12%). Также невелика доля ровнителей для пола в объеме потребления гипсовых ССС (9%), и совсем немного приходится на монтажные клеи для ГКЛ (около 2%). Во всех сегментах гипсовых смесей в 2015 году произошел спад, наиболее сильный в группе монтажных клеев (-9%). Меньше прочих «просели» ровнители для пола и штукатурки на основе гипса.

Оценка потребления гипсовых ССС различных товарных групп в 2015 г.

Товарная группа	Оценка объема потребления в 2015 г. тыс. тонн	Доля товарной группы, %	Темп прироста к 2014 г, %
Гипсовые штукатурки	2831	77%	-4%
Гипсовые шпатлевки	448	12%	-7%
Гипсовые ровнители для пола*	314	9%	-3%
Гипсовые монтажные клеи	81	2%	-9%

Нужно заметить, что в Европе развитие гипсовых наливных полов получило новый вектор: повсеместно происходит замена традиционных радиаторов на так называемые «теплые полы», что создало новый импульс использования гипсовых наливных полов.

В июне 2016 года лаборатория ЗАО «СГК» провела ряд исследований, направленных на сравнение характеристик наливных полов на основе высокопрочного и строительных гипсов. Для образца №1 был использован высокопрочный гипс производства ЗАО «СГК», для образцов №2, 3, 4 — наливные полы отечественного и импортного производства на основе строительного гипса.

Общие результаты сравнения представлены в таблице ниже:

Показатели	Образец на строительном гипсе			
	№1 на высокопрочном гипсе	№2 на строительном гипсе	№2 на строительном гипсе	№2 на строительном гипсе
Влажность, %	0,2	0,79	0,51	0,63
В/Т, л/кг	0,29	0,22	0,29	0,28
Сохраняемость по цилиндру 30x50 мм	138	111	120	122
Сохраняемость по цилиндру 30x50 мм	124	106	120	123
Жизнеспособность, мин.	55	120	90	50
Начало схватывания, мин.	95	320	200	120
Конец схватывания, мин.	110	400	230	165
Остаток на сите 0,315, %	0,25	34,3	27	17,4
Остаток на сите 0,63, %	0	25,6	1,13	0
Остаток на сите 1,25, %	0	13,5	0	0
Насыпная плотность, кг/м ³	1006	1118	1160	1051
Расход при толщине 10 мм, кг/м ²	15,8	15,7	15,6	16
Адгезия, МПа	1,09	0,24	0,78	0,41
Плотность затворения раствора, кг/м ³	1665	1662	1648	1667
Прочность на изгиб, МПа	7,5	4,8	5,3	4
Прочность на сжатие, МПа	22	13,8	15,8	11,5

Аналитики ЗАО «СГК» провели опрос с целью изучения профиля ценности различных характеристик гипсовых наливных полов среди бригадиров-отделочников Поволжского Федерального Округа. Профиль ценности позволяет «заглянуть в голову» потребителя и перевести его ориентиры качества в количественные показатели. По результатам опроса было выявлено, что наиболее важными показателями для бригадира-отделочника являются ровность поверхности, низкая усадка, а также необходимость разглаживания. Кроме того значимыми показателями является время первого прохода, нанесение, время работы со смесью и затворяемость.

На основании экспертной оценки производителей сухих строительных смесей, были получены данные о профиле ценностей для конечного потребителя. В этом случае значимыми показателями являются — ровность поверхности, трещиностойкость, прочность на сжатие и изгиб, а также сцепление с основанием.

Поэтому в своем исследовании лаборатория ЗАО «СГК» при сравнении образцов на основе высокопрочного и строительных гипсов уделила особое внимание этим характеристикам.

Ровность готовой поверхности во многом обусловлена таким качеством, как растекаемость смеси.



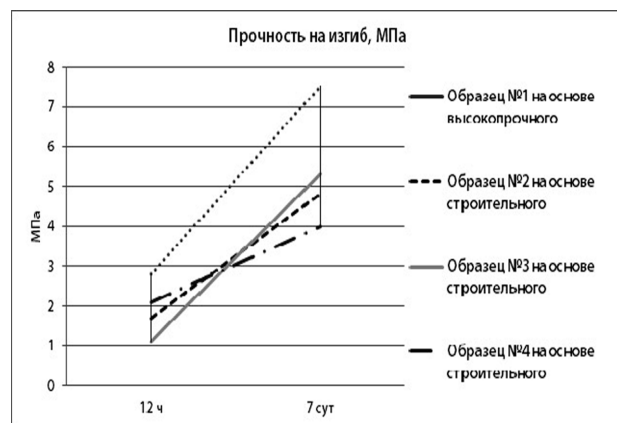
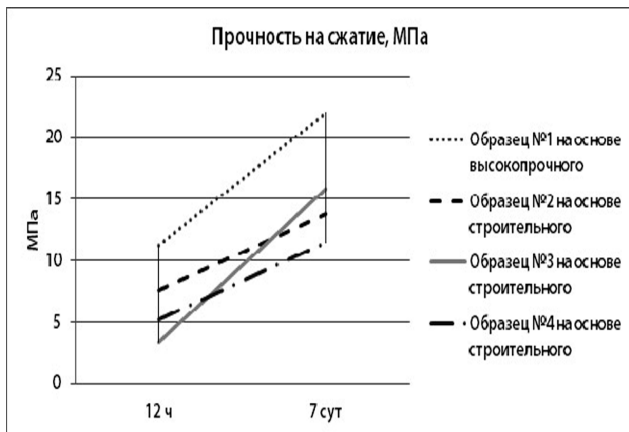
Очевидно, растекаемость по цилиндру 30x50 мм, 0 мин. образца на основе высокопрочного гипса значительно выше, чем наилучший показатель образцов на базе Г-5.

Присутствие высокопрочного гипса в составе делает смесь подвижнее, она лучше принимает горизонт и исключает из устройства стяжки такую операцию, как создание деформационных швов, что приводит к упрощению процесса и экономии временных ресурсов.

Следует также отметить, что поверхность образцов на основе строительного гипса (Г-5) получается пористой, в то время как поверхность образца на базе высокопрочного гипса обладает большей плотностью, однородностью и глянцем. В практическом применении это означает меньший расход грунтовочных материалов при дальнейшей обработке и приклеивании покрытий, а также в некоторых случаях позволяет обойтись без финишного слоя наливного пола.

По совокупности факторов, данные свойства наливных полов на основе высокопрочного гипса позволяют сократить затраты: финансовая экономия составляет в среднем на 5—7% на 1 кв. м., временная - в среднем на 20% на 1 кв. м.

Теперь рассмотрим такой показатель, как прочность.



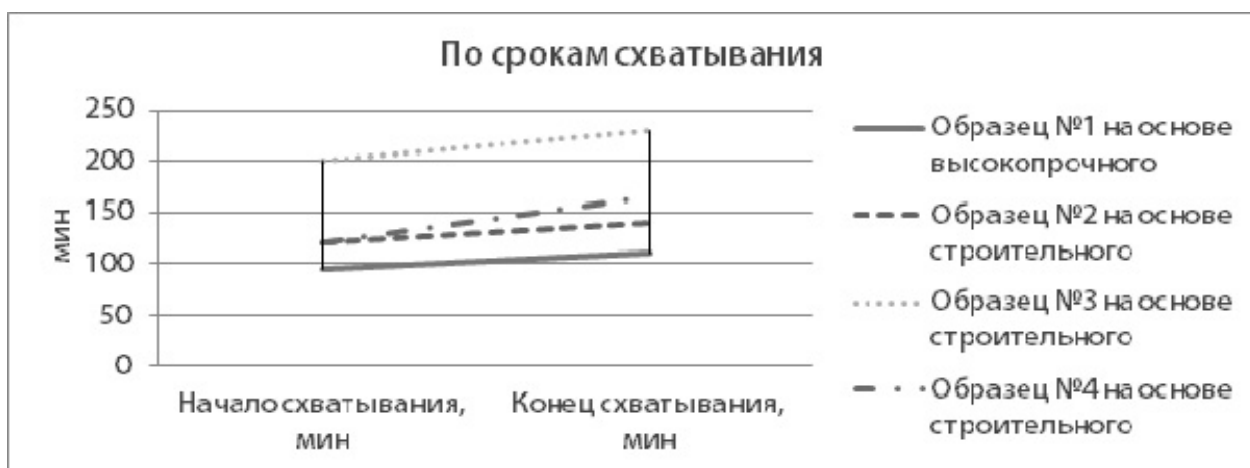
Как следует из графика, прочность на сжатие образцов на строительном гипсе колеблется от 10 до 16 МПа. Данные показатели не соответствуют требованиям свода правил СП 29.13330.2011г., особенно для изготовления стяжек. Согласно документу, монолитные стяжки из самовыравнивающихся составов на основе гипсовых вяжущих должны иметь прочность на сжатие не менее 20 МПа. В случае с образцом на основе высокопрочного гипса прочность на сжатие даже превышает рекомендованный уровень, то есть высокопрочный гипс в составе позволяет получить более высокие значения прочности полов. Это значительно расширяет сферу применения гипсовых наливных полов, обеспечивая возможность их использования не только в жилых и офисных помещениях, но и в общественных местах - школах, торговых центрах, в том числе под гомогенные покрытия, которые предъявляют высокие требования к прочности основания.

Размер, плотность и характер поверхности кристаллов высокопрочного гипса, а также то, что определенная доля этих кристаллов остается в отвердевшем гипсовом тесте, образуя спутано волокнистое строение, служащее в нем арматурой обуславливают высокую прочность изделий из него, в итоге и создает долговечность.

Водопотребность строительного гипса в 1,5 раза выше, чем у высокопрочного. Это качество обеспечивает наливным полам на основе высокопрочного ряд свойств, отвечающих ключевым запросам современной строительной индустрии.

При повышенном содержании воды, которое свойственно наливным полам на базе строительного гипса, часто возникает такая проблема, как расслоение смеси, которая становится причиной низкой прочности готовой поверхности и в последствии приводит к растрескиванию поверхности. При наличии в составе высокопрочного гипса расслоения смеси не наблюдается, что приводит к увеличению долговечности и улучшению эксплуатационных свойств готового пола.

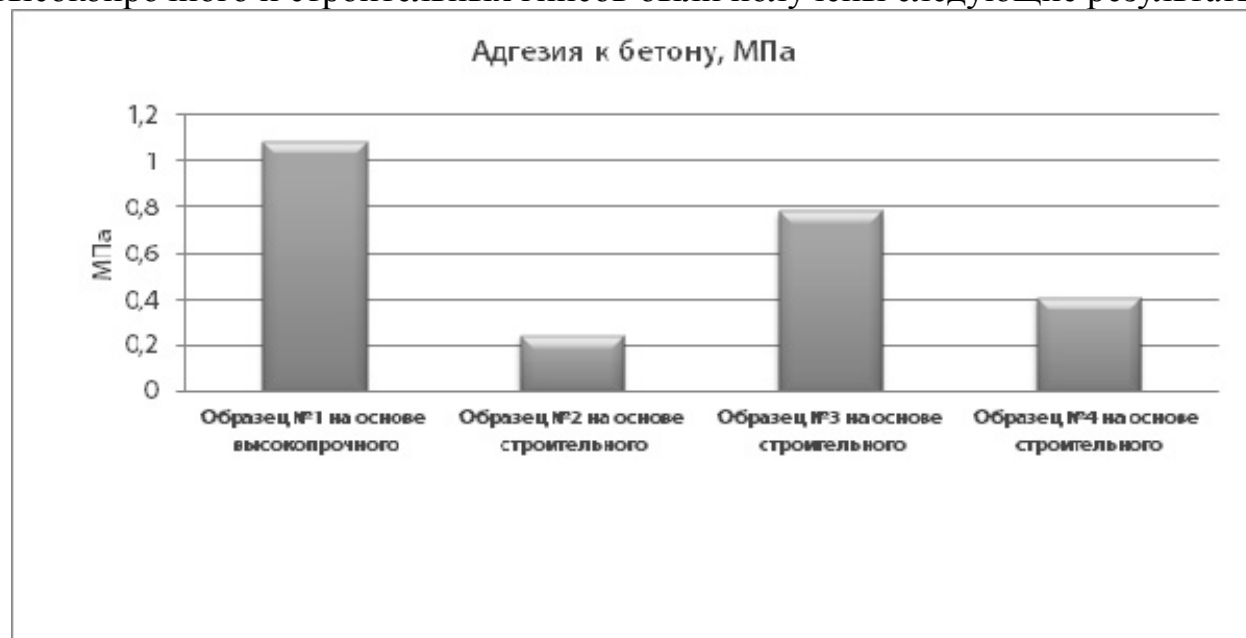
Кроме того, устройство наливных полов на базе высокопрочного гипса занимает меньше времени, чем при применении смесей на основе строительного гипса, поскольку из-за низкой водопотребности количество воды в составе меньше, и соответственно, испаряется она быстрее.



По результатам исследования видно, что начало схватывания образца на базе высокопрочного гипса происходит на 20% быстрее, чем у самого близкого по значению образца на основе строительного и на 55% быстрее, чем средний показатель по всем трем образцам на основе строительного гипса. Конец схватывания также происходит намного быстрее: на 33% по сравнению с наиболее близким по значению образцом на основе строительного и на 58% быстрее среднего значения по трем образцам.

Таким образом, наливные полы на основе высокопрочного гипса имеют преимущество для объектов со сжатыми сроками строительства.

Одной из важных характеристик, обуславливающих прочность пола, является адгезия к бетону. В результате исследований образцов на основе высокопрочного и строительных гипсов были получены следующие результаты:



То есть образец, в состав которого входит высокопрочный гипс, демонстрирует самую высокую адгезию к основанию, значительно превышающую показатели остальных образцов. Чем выше адгезия, тем больше сцепление с основанием и именно этот показатель у образца на основе

высокопрочного гипса значительно выше, чем у образца на основе строительного гипса.

Таким образом, детально проанализировав каждый из показателей наливных полов, значимых для мастера-отделочника и конечного пользователя, можно сделать вывод о том, что гипсовый наливной пол, в состав которого входит высокопрочный гипс, превосходит аналоги, созданные на основе строительного гипса по таким показателям, как прочность, ровность, сроки схватывания. Это дает полам на основе высокопрочного гипса большой потенциал для развития и применения в различных регионах РФ и СНГ.

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСА ДОБАВОК И СПОСОБОВ ГИДРОФОБИЗАЦИИ НА ВОДОСТОЙКОСТЬ ГИПСОВОГО КАМНЯ

Токарев¹ Ю.В., Луппов¹ Ю.В., Яковлев¹ Г.И., Бурьянов² А.Ф.

¹ Ижевский государственный технический университет имени М.Т.

Калашникова

² Московский государственный строительный университет

Введение

Гипсовые материалы имеют недостаточную водостойкость и склонность к заметным деформациям ползучести, что ограничивает их применение в строительстве. Основные способы повышения водостойкости заключаются в уменьшении растворимости в воде сульфата кальция за счет использования активных минеральных добавок, полимеров, суперпластификаторов и формирования водостойкого гипсового камня (ГЦПВ, ГЦШПВ, КГВ, полимергипсы) и создании плотной структуры различными технологическими приемами (прессование, вибропрессование). Очевидно, что наряду с данными способами необходимо развитие менее энергоемких способов получения водостойких гипсовых вяжущих. Обзор литературных источников показал недостаточную изученность влияния гидрофобизирующих добавок и способов гидрофобизации на свойства и структуру гипсового камня [1,2,3].

В связи с этим, целью данной работы является исследование влияния комплекса добавок, включающего минеральную добавку, углеродный наномодификатор и гидрофобизатор, а также способов гидрофобизации на водостойкость и структуру гипсового камня.

Материалы и методы исследования

Для приготовления образцов применялся низкомарочный строительный гипс марки Г-3 компании ОАО «Гипсополимер» (г. Пермь). В качестве модифицирующей добавки использовался портландцемент ЦЕМ I 42,5 Б производства ОАО «Горнозаводскцемент», соответствующий ГОСТ 31108-2003. В качестве модифицирующей нанодисперсной добавки применялись многослойные углеродные нанотрубки FulVec производства ООО «Новый дом» (г. Ижевск), соответствующие ТУ 5728-0017-49630959-2015, которые состоят из 10 - 15 слоев с внешним диаметром от 10 до 15 нм, длиной от 1 до 15 мкм и средней плотностью 50-150 кг/м³. Для повышения водостойкости гипсовых образцов применялся гидрофобизатор ГКЖ-11К – метилсиликонат калия.

Результаты исследования и их обсуждение

Для регулирования структуры на микро- и наноуровне необходимо использование активных ультра- и нанодисперсных добавок. Известно [4], что добавление активных минеральных добавок, имеющих общий ион с

сульфатом кальция, приводит к повышению водостойкости гипсового материала. В связи с этим, портландцемент был принят в качестве ультрадисперсной добавки как наиболее простой и доступный материал.

Механические испытания

На первом этапе было изучено отдельное влияние портландцемента (ПЦ) в количестве от 0 до 5 % на прочностные характеристики гипсового вяжущего. Анализ результатов механических испытаний показал, что при использовании цемента прочностные характеристики увеличиваются до 45% по сравнению с контрольным составом при оптимальном количестве добавки 2 %. Очевидно, что частицы портландцемента выступают в качестве «центров кристаллизации», по поверхности которых происходит более интенсивная кристаллизация растворенного вещества, что обеспечивает формирование более плотной и водостойкой структуры. При этом водопоглощение гипсовых образцов снижается с 26% до 20%, а коэффициент размягчения увеличивается с 0,40 до 0,55.

На следующем этапе было изучено влияние нанодисперсного модификатора - многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) FulVec на механические характеристики гипсового материала (рис. 1). Анализ результатов механических испытаний показал, что при использовании наномодификатора совместно с цементом достигается повышение прочностных характеристик до 80 % при оптимальном количестве 0,01%. При этом коэффициент размягчения гипсовых образцов увеличивается до 0,60. Углеродные нанотрубки, обладая более высокой поверхностной энергией, способны существенно изменять морфологию и размер кристаллогидратных новообразований, что приводит к формированию упорядоченной, более плотной и однородной структуры гипсового камня. Кроме того, модифицирующее влияние наноразмерных модификаторов может быть связано с уплотнением межфазных границ и формированием более прочных контактов, что обеспечивает повышение долговечности гипсового материала.

Водостойкость гипсового композита при использовании комплекса добавок увеличивается, но материал не становится водостойким. В связи с этим, на следующем этапе изучалось влияние гидрофобизирующей добавки ГКЖ-11К на физико-механические характеристики гипсового вяжущего. Механизм действия гидрофобизаторов основан на снижении скорости капиллярного подсоса и значительного ухудшения смачиваемости минеральной матрицы водой. При этом, анализ литературы показал [5,6], что присутствие гидрофобизаторов может оказывать различное влияние на кинетику набора прочности, а также на величину прочности. Кроме того, при их использовании возможно вовлечение воздуха, что увеличивает пористость.

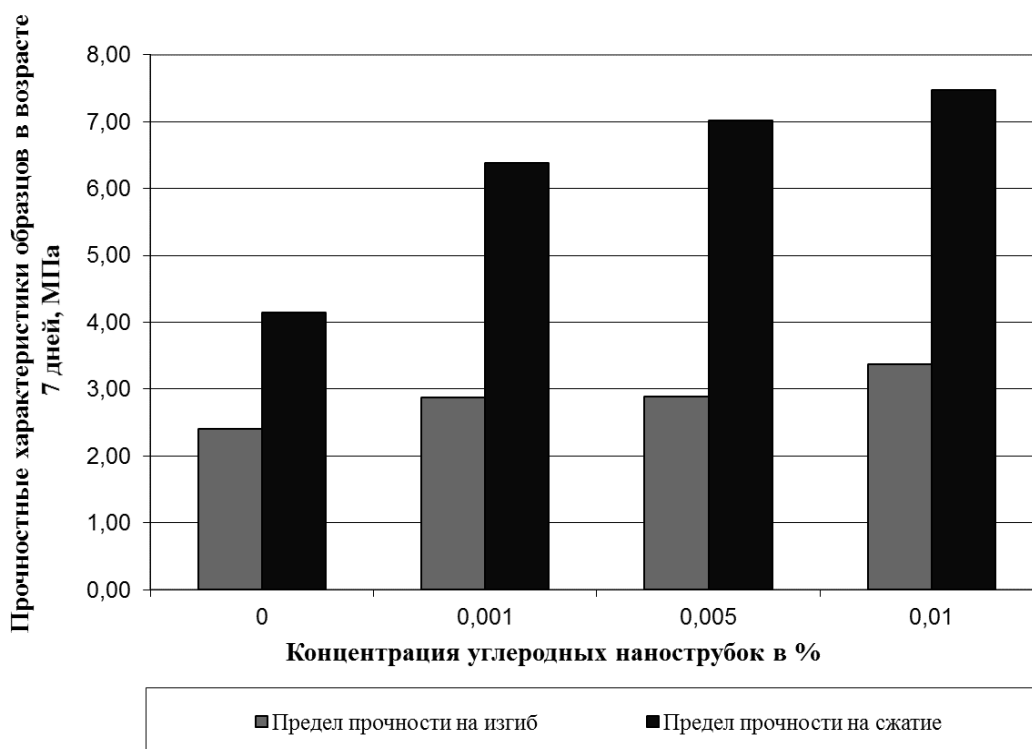


Рисунок 1. Зависимость прочности гипсового вяжущего от содержания МУНТ (при постоянном содержании цемента)

Для изучения влияния на физико-механические свойства и установления оптимального способа введения гидрофобизатора была изучена поверхностная, объемная (вместе с водой затворения) и поверхностно-объемная гидрофобизация. Предварительными механическими испытаниями было установлено (рис. 2), что гидрофобизатор и способ гидрофобизации не оказывает существенного влияния на изменение механических характеристик гипсового композита.

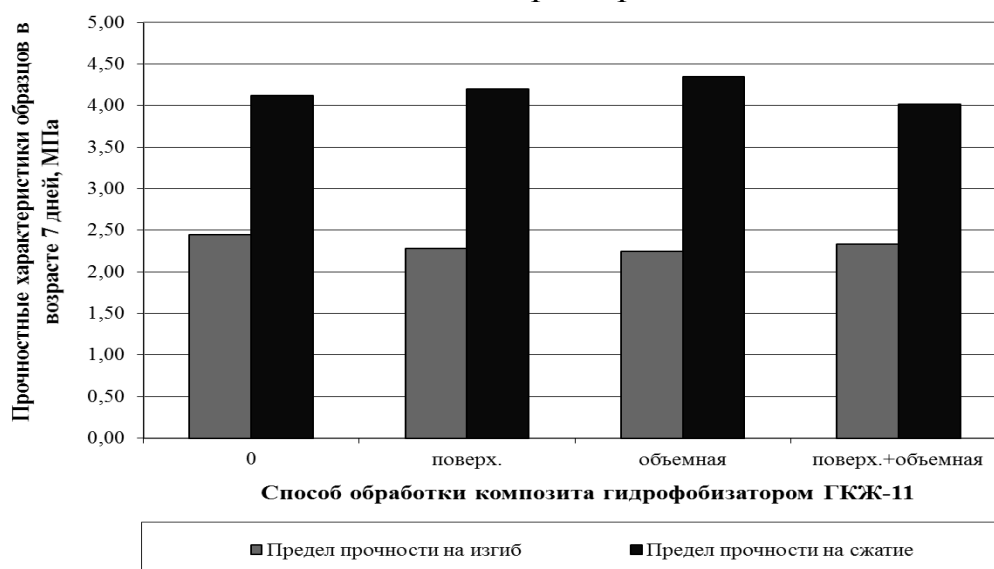


Рисунок 2. Зависимость прочности гипсовой композиции от способа введения гидрофобизатора

Характеристики водостойкости оптимизированных гипсовых вяжущих представлены в таблице 1. Следует отметить, что водопоглощение при использовании гидрофобизирующей добавки через 48 часов снижается до 2-х и более раз (с 21,5 до 9,3-13,5%), а коэффициент размягчения увеличивается с 0,59 до 0,87-0,95.

Таблица 1

Характеристики водостойкости гипсовых композиций

Вид гидрофобизации	Водопоглощение		Коэффициент размягчения	Средняя плотность, г/см ³
	через 4 часа, %	через 48 часов, %		
—	20	21,5	0,60	1,41
Поверхностная	9,5	9,9	0,95	1,44
Объемная	13	13,5	0,87	1,36
Поверхностно-объемная	9,2	9,3	0,87	1,39

Дифференциально-сканирующая калориметрия

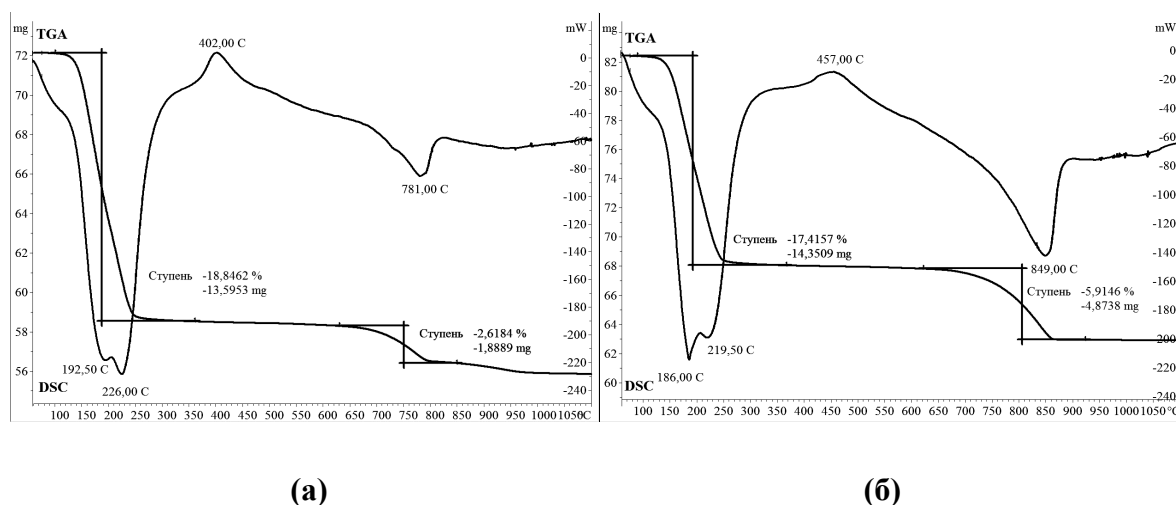


Рисунок 3. Термограмма гипсового вяжущего: (а) – без добавок; (б) – с добавлением ПЦ и МУНТ

Анализ спектров образцов без добавок и с добавлением ПЦ и МУНТ показал (рис. 3), что существенно меняется форма пика в области температур 150-250°С, отвечающего за удаление кристаллизационной воды, при этом происходит смещение температурных эффектов. Кроме того, отмечается сильный сдвиг температур в сторону больших значений в области 400-500°С (402 и 457) и 700-900°С (781 и 849). Данные температурные эффекты связаны с перестройкой кристаллической

решетки и разложением сульфата кальция. При этом, следует отметить существенное увеличение интенсивности эндотермического эффекта в интервале температур 700-900°С на спектре образца с добавлением ПЦ и МУНТ. Можно предположить, что в структуре гипсового камня увеличивается содержание двуводного гипса и появляются кристаллогидраты сульфата кальция повышенной плотности и прочности, что приводит к формированию более плотной и непроницаемой структуры.

ИК спектральный анализ

Анализ ИК спектров контрольного состава и с добавками, показал незначительное уменьшение интенсивности полос поглощения в интервале частот 600-700 см⁻¹ и 1000-1200 см⁻¹, соответствующим сульфатам, а также полос в области частот 1600-1700 см⁻¹ и 3200-3600 см⁻¹, вызванных деформационными колебаниями и колебаниями ОН-групп в молекулах воды. При этом, на спектре образце с добавками появляется новая полоса в области 1000-1200 см⁻¹ (1124,50) и происходит существенный сдвиг частот (1161,15 и 1138; 1101,35 и 1116,78), что подтверждает предположение о появлении в структуре гипсового камня новых кристаллов двуводного гипса иной структуры.

Выводы

Установлена эффективность использования комплекса добавок, включающего портландцемент и дисперсию многослойных углеродных нанотрубок, в повышении водостойкости и снижении водопоглощения гипсового композита. При этом, коэффициент размягчения увеличивается с 0,40 до 0,60, водопоглощение снижается с 26 до 20 %, что вызвано формированием более плотной и непроницаемой структуры.

Показана эффективность различных видов гидрофобизации в повышении водостойкости гипсового вяжущего. Поверхностная гидрофобизация является наиболее эффективной: водопоглощение снижается до 9-10%, а коэффициент размягчения увеличивается до 0,95 за счет снижения скорости подсоса капиллярной влаги и ухудшения смачиваемости гипсовой матрицы водой. Однако, следует учитывать, что это более затратный и трудоемкий способ по сравнению с объемной гидрофобизацией, кроме того, необходимо дать оценку долговечности такого покрытия. В связи с этим, необходимы исследования по изучению объемной гидрофобизации и совместимости гидрофобизирующих добавок совместно с другими.

Таким образом, комплекс добавок, включающий портландцемент и дисперсию многослойных углеродных нанотрубок FulVec, позволяет уменьшить растворимость гипсового камня за счет формирования более плотной и прочной структуры, а использование гидрофобизатора позволяет уменьшить смачиваемость и проникновение воды к поверхности.

Литература

1. Войтович В.А., Хряпченкова И.Н., Яворский А.А., Мордвина Е.Н. Гидрофобизация как способ увеличения объемов потребления гипса в строительстве // *Сухие строительные смеси*. 2014. № 1. С. 9–11.
2. Войтович В.А., Хряпченкова И.Н. Направления применения гидрофобизаторов в строительстве // *Строительные материалы*. 2015. № 7. С. 76.
3. Никитина О.В., Аниканова Л.А., Кудяков А.И., Диизендорф Т.Е., Садык кызы Т. Эффективные пропитки для гипсосодержащих строительных материалов // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2014. № 3(44). С. 153–160.
4. Пащенко А.А., Сербин В.П., Старчевская Е.А. Вяжущие материалы. Киев: Вища шк., 1975. 444 с.
5. Мисников О.С., Иванов В.А. Исследование влияния композиционных гидрофобных добавок на основе торфа на свойства портландцемента // *Труды Инсторфа*. 2015. №12. С. 3–13.
6. Кожушко В.В. Гидрофобизация изделий из гипсовых вяжущих - одно из направлений расширения сферы их применения в строительстве // *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. 2005. №29. С. 262–264.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЦЕСС ГИДРАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА

Ehrhardt, M.; Mandrikova, O.; Fischer, H.-В.

Веймарский строительный университет, Германия

Вяжущие на основе сульфата кальция должны обладать различными характеристиками в соответствии с технологическими и экономическими требованиями. Скорости гидратации и упрочнения в значительной степени зависят от реакционной способности вяжущего. В основном, реакционная способность - это результат условий обезвоживания природного гипса (фазовый состав и дефекты кристаллической решетки), условий помола (тонкость) и условий хранения (старение). Кроме того, на это влияют условия его формирования, а также тип и количество содержащих в них примесей. Другими важными факторами являются интенсивность перемешивания и изменение температуры.

Для регулирования процессов переработки от нескольких минут до нескольких часов и упрочнения вяжущих на основе сульфата кальция часто применяют различные виды добавок / 1 /.

Влияние температуры на растворимость различных фаз сульфата кальция показано на рисунке 1.

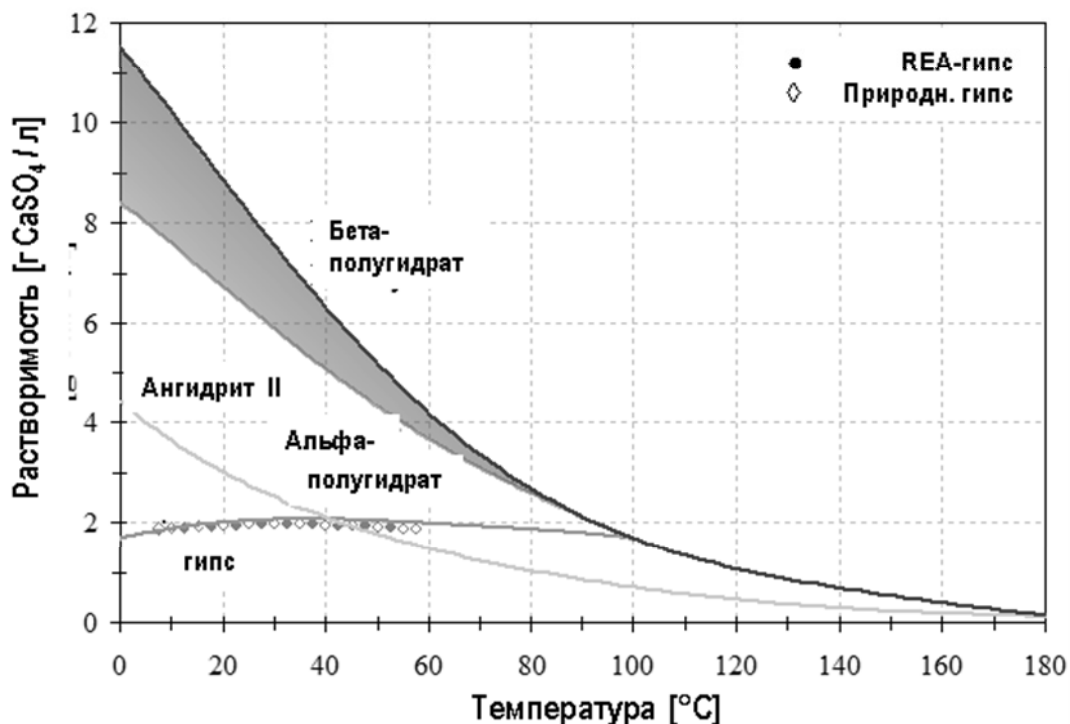


Рисунок 1. Растворимость фаз сульфата кальция из /2/

Растворимость фаз сульфата кальция, способных к гидратации, уменьшается с повышением температуры, что понижает степень пересыщения и, таким образом, отрицательно влияет на скорость гидратационного процесса. Но с другой стороны известно, что повышение температуры обычно ускоряет химическую реакцию. Целью настоящей работы является определение доминирующего фактора.

Результаты исследования

Измерение электропроводности (рис. 2) показывает в первые минуты реагирования строительного гипса с водой ожидаемый результат, а именно, повышенную растворимость при низких температурах (это обусловлено практически линейной зависимостью электропроводности от количества ионов сульфата кальция в этих условиях) /3-5/. После достижения максимума наступает индукционный период, где происходит образование и стабилизация кристаллических зародышей. Удивительно, что его продолжительность сокращается с уменьшением степени насыщения (т.е. с повышением температуры). Последующее понижение электропроводности связано с образованием менее растворимого дигидрата из полугидрата. Очевидно, что этот процесс при 30 °С заканчивается раньше по сравнению с другими приводимыми температурами (рис. 2). Таким образом, можно сделать вывод, что спустя некоторое время, температурный фактор химической реакции настолько положительно влияет на гидратационный процесс, что он не только компенсирует первоначальную пониженную растворимость, но даже даст суммарный ускоряющий эффект.

Известно, что с помощью ультразвука высокой мощности (PUS) можно ускорить процесс гидратации вяжущих на основе сульфата кальция /7-9/. Обработка суспензии из строительного гипса ультразвуком высокой мощности (PUS) приводит к изменению в процессах растворения и гидратации. Эта обработка также вызывает повышение температуры системы (см. рис. 3).

При сравнении результатов кондуктометрического описания гидратации строительного гипса без и с ультразвуковым воздействием очевидно, что кривые электропроводности имеют схожий характер. То есть повышение температуры суспензии приводит к первоначальному понижению электропроводности. При этом снова имеет место сокращение индукционного периода (стабилизация зародышеобразования), а сам процесс гидратации также ускоряется с усилением мощности ультразвука (т.е. повышением температуры суспензии).

Однако есть и отличие в первые секунды воздействия ультразвука высокой мощности (PUS), когда суспензии, подвергаемые ультразвуковой обработке, не успевают нагреваться, и поэтому достигается сразу максимум электропроводности (максимальное пересыщение). Примерно после одной минуты воздействия ультразвука высокой мощности суспензии нагреваются до максимального значения, и, соответственно, с уменьшением растворимости снижается электропроводность.

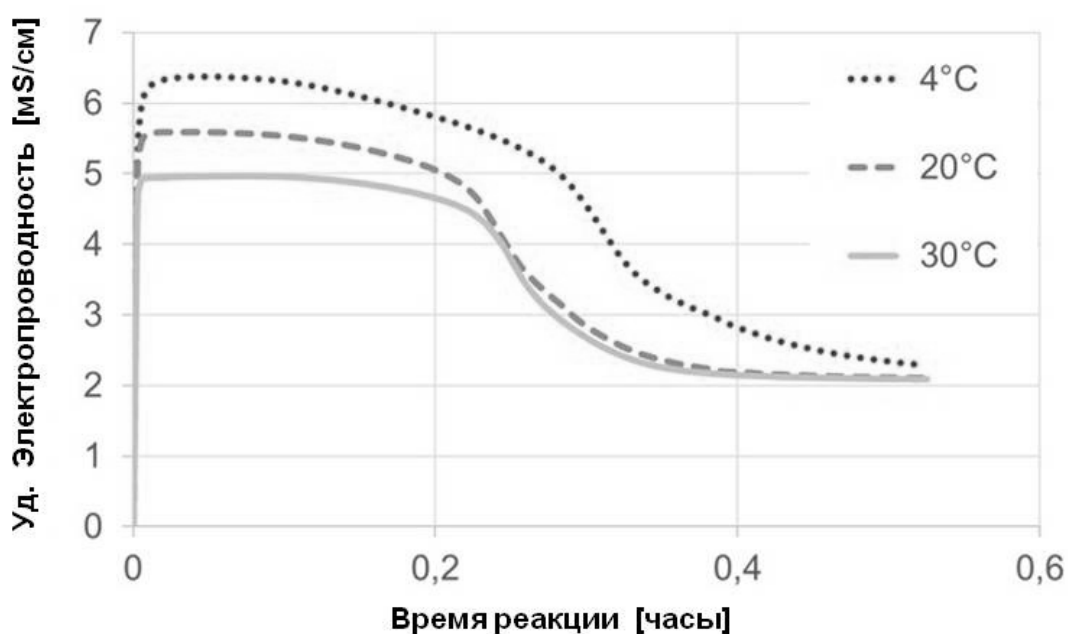
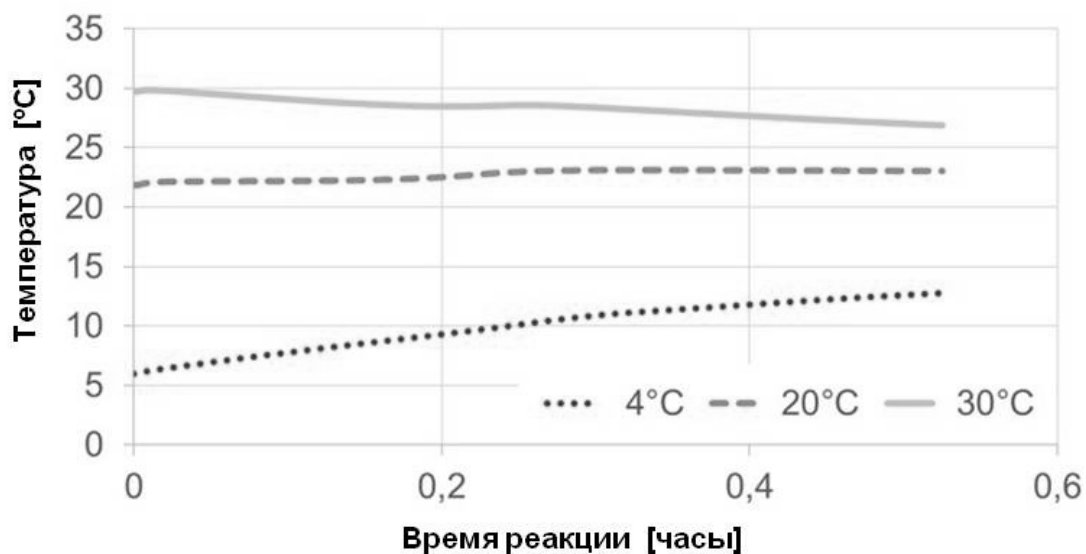


Рисунок 2. Кондуктометрическое описание процесса гидратации строительного гипса в суспензиях ($\text{ж/тв} = 20$) при разных температурах

С чем же связано это отличие?! Известно, что в частицах вяжущего во время помола и обжига образуются механические дефекты (трещины). Кроме того, частицы очень склонны к агломерации, а волны ультразвука в суспензиях приводят к диспергированию и к распаду (разрушению) частиц /10/.

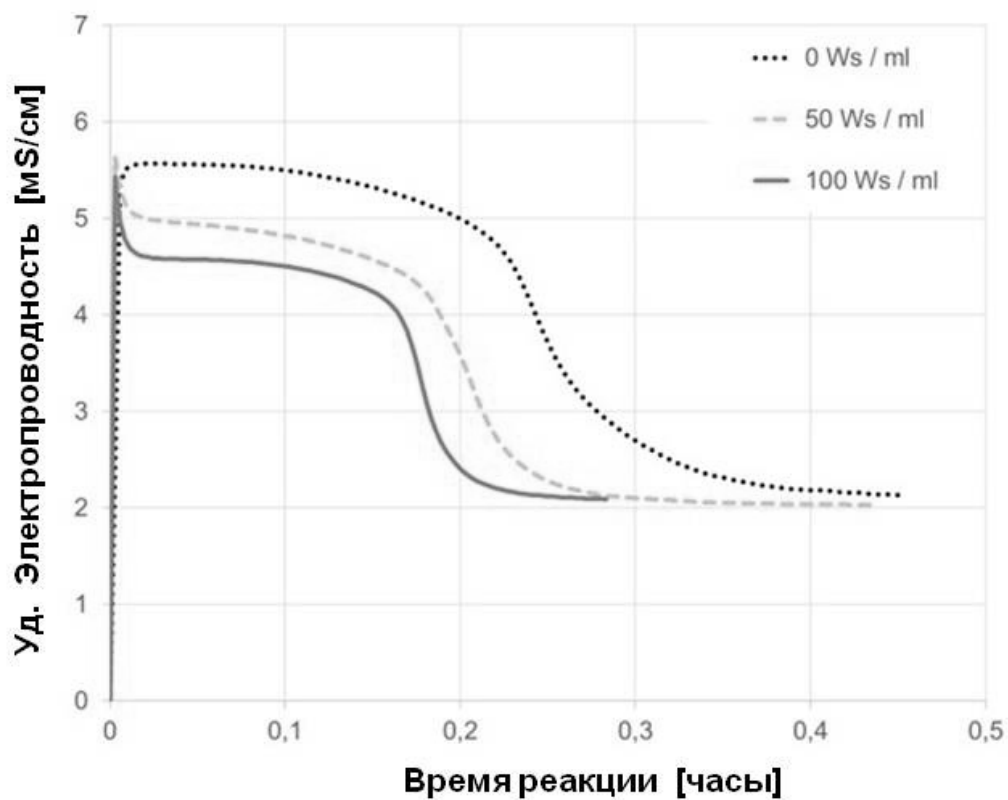
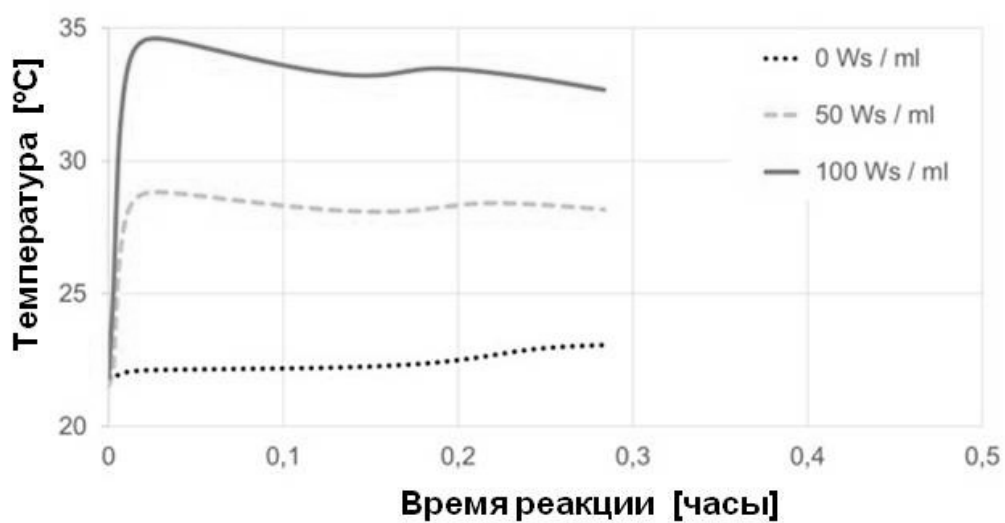


Рисунок 3. Кондуктометрическое описание процесса гидратации строительного гипса в суспензиях ($\text{ж/тв} = 20$) при воздействии ультразвука высокой мощности (PUS)

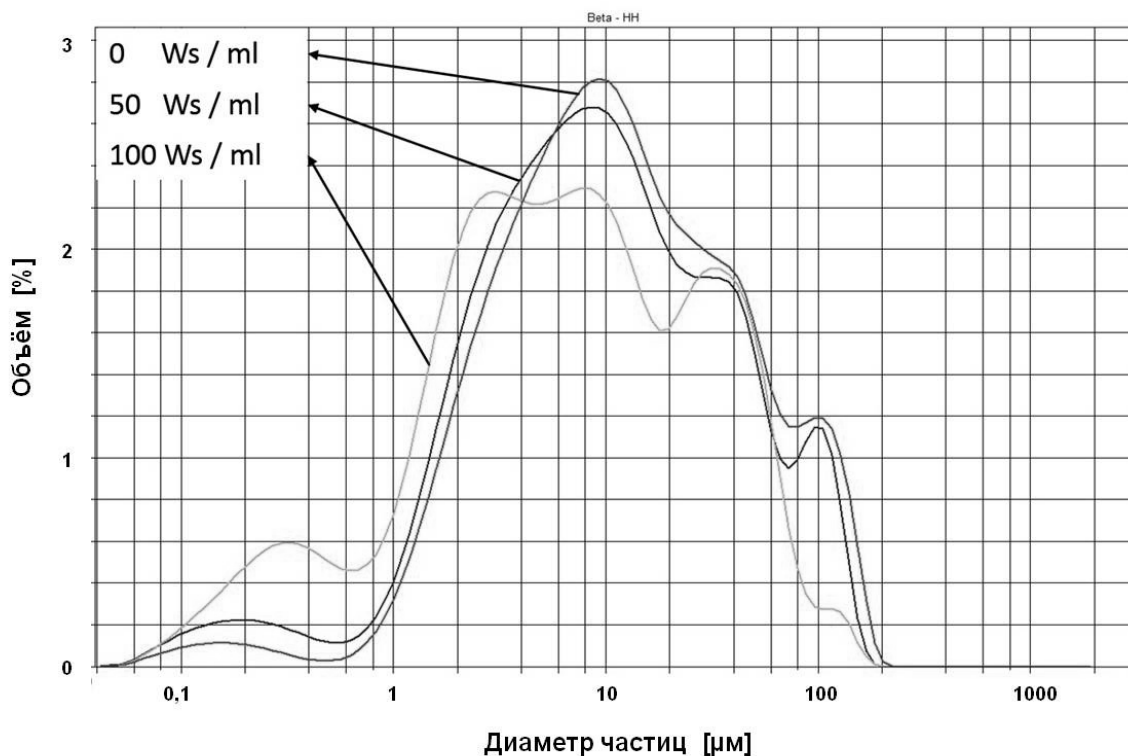


Рисунок 4. Гранулометрическое распределение частиц строительного гипса без и с обработкой ультразвуком высокой мощности (PUS)

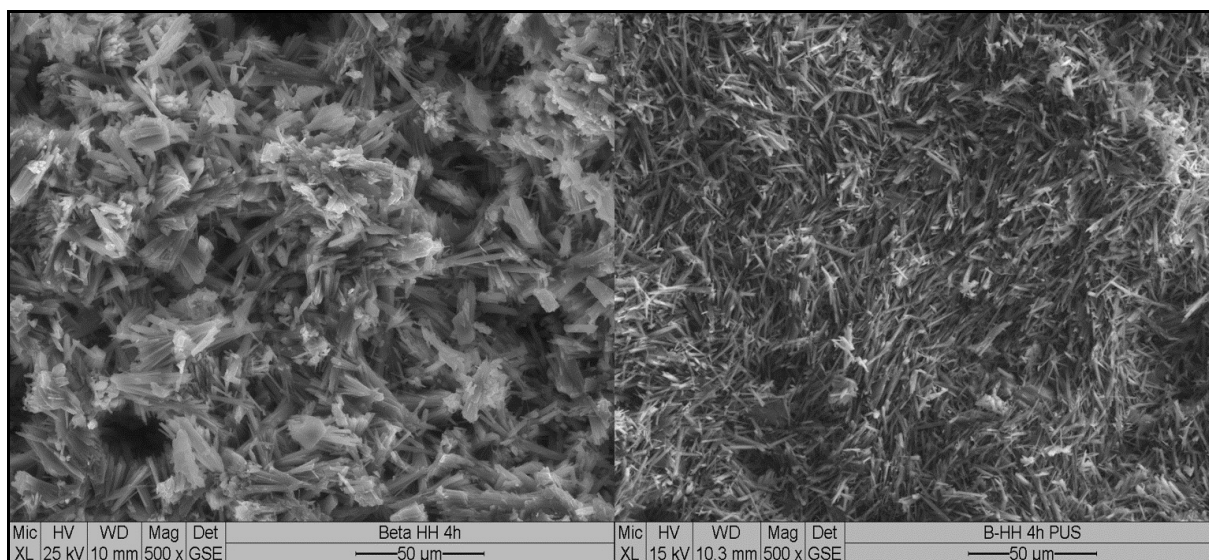


Рисунок 5. Сравнение структур гипсовых камней: слева - без воздействия ультразвука, справа - с воздействием ультразвука высокой мощности (50 Вт сек / мл).

На рисунке 4 показано, что с повышением мощности ультразвука действительно значительно увеличивается доля сверхтонких частиц (меньше 1 μm). Именно большим количеством малых частиц и повышенным их растворением обусловлено высокое значение электропроводности в первые секунды обработки ультразвуком высокой мощности (PUS).

На рисунке 5 показан результат влияния ультразвука высокой мощности на формирование микроструктуры гипсового камня. Ускоренный процесс гидратации приводит, как ожидалось, к образованию более мелких кристаллов. Структура выглядит более плотной. Определение твёрдости по БРИНЕЛЛЮ различных образцов доказало, что мелкокристаллическая и уплотнённая структура гипсового камня обуславливает повышение поверхностной твёрдости.

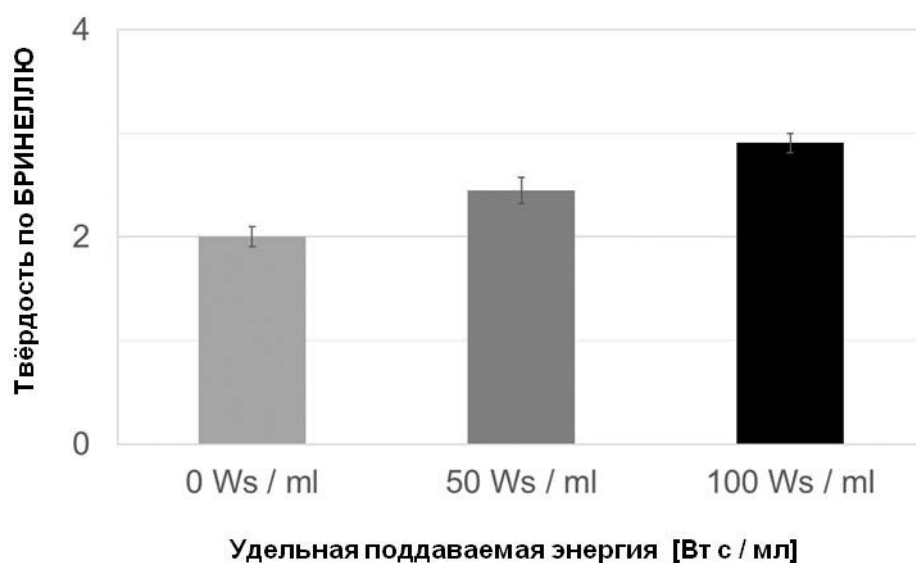


Рисунок 6. Поверхностная твёрдость образцов, полученных из строительного гипса без и с обработкой ультразвуком высокой мощности (PUS).

Резюме

Подвод энергии с помощью ультразвука высокой мощности (PUS) приводит значительному увеличению скорости растворения и ускорению гидратации вяжущего. Причинами для этого являются увеличение реакционной поверхности в начальные моменты из-за десагрегирования и распада частиц вяжущего и ускорение химической реакции за счёт повышения температуры в системе. Пониженная растворимость полугидрата с повышением температуры реакции не оказывает значительного влияния на процесс гидратации.

В результате воздействия ультразвука высокой мощности (PUS) формируется плотная структура гипсового камня, состоящая из мелких кристаллов. Его поверхностная прочность превышает прочность необработанных образцов примерно в 1,2 ... 1,4 раза.

Литература

- /1/ Müller, M.; Fischer, H.-B.; Hummel, H.-U.; Scheller, L.
Acceleration of the setting of hemihydrate plaster with calcium sulfate dihydrate
(Zur 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/ Klemm, N.
Hydratationsverzögerung infolge PCE-Fließmittelverwendung bei gealterten Calciumsulfatbindemitteln und Kompensation durch Power-Ultraschall
M.Sc.-Arbeit. – Bauhaus-Universität Weimar, 2014. – 124 S.
- /7/ Ehrhardt, M.
Auswahl geeigneter Methoden zur Charakterisierung der Hydratationsbeeinflussung von Power-Ultraschall auf Calciumsulfatbindemittel
M.Sc.-Arbeit. – Bauhaus-Universität Weimar, 2015. – 97 S.
- /8/ Riechert, Chr.; Nowak, S.; Burjanov, A.; Fischer, H.-B.
Auswirkungen von Power-Ultraschall (PUS) auf die Hydratation von Gipsbindemitteln
In: 2. Weimarer Gipstagung. – Weimar, 2014. – ISBN 978-3-00-045359-5 (490 S.). – S. 483 – 490
- /9/ X.-B. Фишер, X. Рихерт, С. Новак, А. Бурянов
Кондуктометрическое описание воздействия ультразвука высокой мощности (PUS) на суспензии сульфатов кальция
In: материалы VII. Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». - Нижний Новгород 2014. – ISBN: 5-93536-084-5. – S. 205 – 213
- / 10 / Abdussaljamov; B.
Untersuchungen zur hygro-mechanischen Stabilität von kristallinem Calciumsulfat-Halbhydrat
Weimar, 2003. – Bauhaus-Universität Weimar, Diss. – 157 S.

Контакты:

www.hans-bertram.fischer@uni-weimar.de

ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНО-КЛАССИФИЦИРУЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОДО «ЛАМЕЛ-777» для ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ и ГИПСА

Фогелев В.А., Мельников А.В., Мельников Д.А.
Беларусь, г. Минск, ОДО «Ламел-777»

Предприятие ОДО «Ламел-777» занимается разработкой и изготовлением технологических линий, измельчительно-классифицирующих комплексов и оборудования для переработки минерального сырья и техногенных отходов в горно-обогатительной, строительной, химической и других отраслях промышленности.

Оборудование применительно к стройиндустрии может быть использовано:

- для производства тонкодисперсных материалов, в том числе наполнителей и вяжущих.
- для сухой переработки отсевов, отвалов, шлаков, золоотвалов с целью производства фракционированных заполнителей и наполнителей различного назначения.
- для сухого пневматического обогащения рудных и нерудных материалов.

Номенклатура основного технологического оборудования, разработанного до настоящего времени, приведена в таблице 1.

Таблица 1.

Сухие технологии	Оборудование ОДО «Ламел-777»
Измельчение	<ul style="list-style-type: none">• Центробежно-ударные дробилки ДЦ• Роторно-вихревые мельницы РВМ• Молотковые мельницы ММТ• Дезинтеграторы ДЗ• Дисмембраторы ДМ• Измельчительно-классифицирующие комплексы ИКК
Измельчение+сушка +классификация	<ul style="list-style-type: none">• Молотковые мельницы сушилки ММС со встроенными классификаторами• Центрифугальные мельницы сушилки ЦМС• Комплексы по измельчению, сушке, классификации
Воздушная классификация и сепарация	<ul style="list-style-type: none">• Многопродуктовые каскадно-гравитационные классификаторы и сепараторы КГК• Многопродуктовые комбинированные классификаторы и сепараторы МКК• Центробежные динамические классификаторы и сепараторы КЦД

- Центробежные статические классификаторы и сепараторы КЦС

Для тонкого измельчения неабразивных материалов Предприятие поставляет дисмембраторы ДМ и дезинтеграторы ДЗ, основные технические характеристики которых представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Технические характеристики дисмембраторов ДМ и дезинтеграторов ДЗ.						
Параметры	ДМ-5	ДМ-10	ДМ-20	ДЗ-2	ДЗ-5	ДЗ-10
Производитель, т/ч	5	10÷15	20	2	5	10÷15
Исх. материал, мм	0÷5	0÷10	0÷10	0÷5	0÷5	0÷10
Изм. продукт, мм	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.14	0-0.14
Уст. мощность, кВт	45÷55	55÷75	90÷132	22x2	45÷55x2	90÷110x2

В качестве иллюстрации на рисунке 1 представлены фотографии дезинтегратора и дисмембратора.

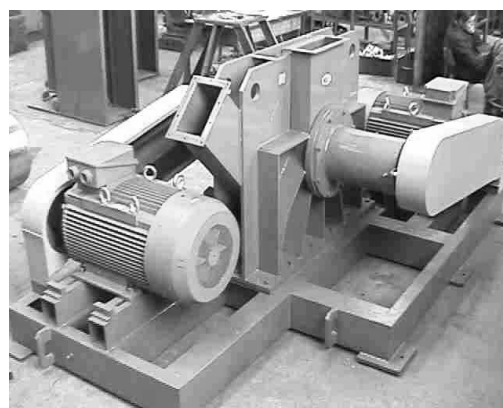
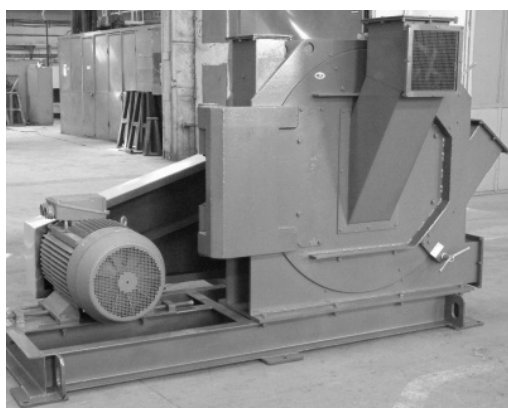


Рисунок 1. Дисмембратор ДМ-20 и дезинтегратор ДЗ-10.

В производстве тонкодисперсных минеральных материалов целесообразно использовать замкнутые контуры измельчения, состоящие из измельчительного и классифицирующего оборудования, которые позволяют получать более тонкодисперсные и однородные продукты измельчения при увеличении производительности и уменьшении удельных энергозатрат по сравнению с открытыми контурами измельчения без классификации. В ряде случаев при использовании многопродуктовой или 2-х стадийной классификации возможна организация не только рецикла продукта разделения крупностью больше готового на домол, но и вывод из измельчительного контура продукта разделения, содержащего трудноизмельчаемые компоненты, что обогащает готовый продукт и увеличивает производительность по готовому продукту.

Для фракционирования тонкодисперсных материалов Предприятие изготавливает воздушные классификаторы центробежные статические

КЦС и динамические КЦД. В первых аэродисперсный вихревой поток, где происходит разделение материала, генерируется направляющим аппаратом, состоящим из аксиально установленных лопаток, во вторых – вращающимся ротором типа «беличьего колеса».

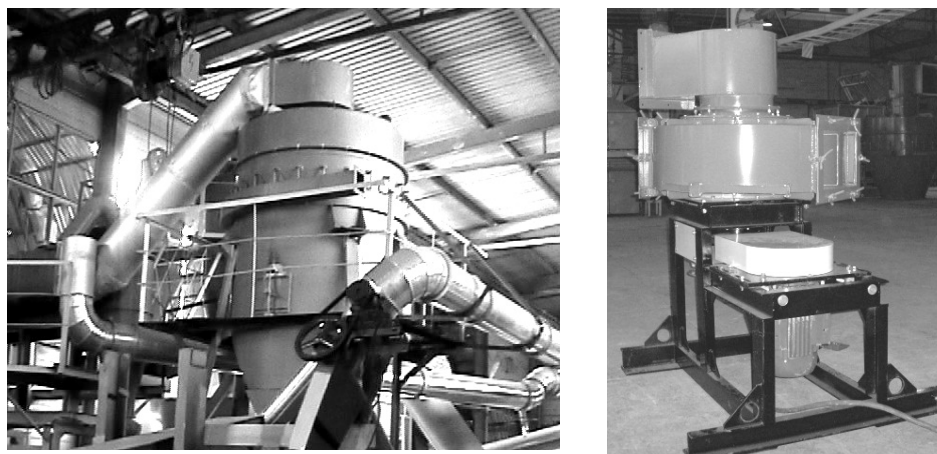


Рисунок 2. Центробежные классификаторы КЦС-10 и КЦД-5.

В таблицах 3, 4 приведены основные характеристики разработанных центробежных статических и динамических классификаторов.

Таблица 3.

Характеристики центробежных статических классификаторов (КЦС).				
Параметры	КЦС-1	КЦС-5	КЦС-10	КЦС-20
Производительность по загрузке, т/ч	1	5	10÷12	20
Граничная крупность разделения, мкм	60÷200	60÷200	70÷200	80÷200
Расход воздуха, м ³ /ч	1800	7000	15000	26000
Габариты (LxВxH), м	1.0x1.0x2.5	1.3x1.3x3.5	2.0x2.0x5.0	2.4x2.4x6.7
Масса, кг	500	1000	2000	2500

Таблица 4.

Характеристики центробежных динамических классификаторов (КЦД).						
Параметры	КЦД2	КЦД5	КЦД10	КЦД20	КЦД25	КЦД40
Производительность по загрузке, т/ч	2	5	10	20	25	40
Уст. мощность, кВт	3	3÷7.5	7.5÷11	15÷18.5	18.5÷22	37÷45
Граничная крупность разделения, мкм	3÷70	5÷100	5÷100	7÷100	10÷100	10÷150
Расход воздуха, м ³ /ч	2200	5500	10000	18000	27000	40000
Габариты(LxВxH), м	0.8	1.6	2.2	2.0	3.4	3.4
	0.7	1.0	1.4	1.5	2.1	2.6
	1.7	2.3	2.7	3.5	3.1	3.6
Масса, кг	370	750	1200	1500	2200	4200

Классификаторы КЦД имеют оригинальную конструкцию, защищенную патентами РБ и РФ и в таком техническом решении изготавливаются только предприятием ОДО «Ламел-777». Классификаторы КЦД показывают высокую эффективность разделения (КПД>85%) на производствах по получению различных тонкодисперсных материалов.

В настоящий момент заказчикам поставлено более 110 воздушных центробежных классификаторов различных конструкций и производительности, в том числе в составе около 12 измельчительно-классифицирующих комплексов на базе дисмембраторов и дезинтеграторов для переработки мягких материалов: мел, гипс, гидратная известь и др.

В последние годы Предприятие разработало ряд новых конструкций мельниц-сушилок, в том числе на базе одно и двух роторных молотковых мельниц ММС со встроенными центробежными классификаторами различных конструкций, которые могут быть использованы в том числе при производстве гипсового вяжущего.

По сравнению с технологическим оборудованием, решающим аналогичные задачи, мельницы ММС имеют следующие преимущества:

- Стабильный фракционный состав готового продукта, обусловленный использованием встроенных центробежных классификаторов оригинальных конструкций.
- Высокая интенсивность сушки, обусловленная развитой удельной поверхностью перерабатываемого материала и высокими относительными скоростями теплоносителя, интенсифицирующими процессы теплообмена.
- Высокая величина удельного влагосъема, влажность исходного материала может достигать до 40% при влажности конечного продукта менее 1%.
- Низкие капитальные и удельные эксплуатационные затраты.

В таблице 5 приведены основные технические характеристики разработанных мельниц ММС.

Параметры ¹	ММСx2-10/20	ММСx1-10/10	ММСx1-13/13
Производительность, т/ч	10-20 ²	5-10 ²	8-15 ²
Исходный материал, мм	0-50	0-50	0-50
Диапазон регулировки крупности продукта, мм	0-0.04(0.3) ³	0-0.04(0.3) ³	0-0.04(0.3) ³
Уст. мощность, кВт			
• измельчителя	(90-160) x 2	75-110	90-132
• классификатора	18.5 x 2	18.5	22
Габаритные размеры (LxВxH)	4.0x3.8x4.8	3.0x3.0x4.1	3.5x3.5x5.1
Масса, т	20	6	10

Таблица 5.

- ¹- возможна разработка ММС с заданными требуемыми характеристиками.
- ²- зависит от свойств исходного и готового материала.
- ³- регулируется изменяемыми параметрами ММС.

На рисунке 3 приведена фотография 2-х роторной молотковой мельницы сушилки ММСх2-10/20.

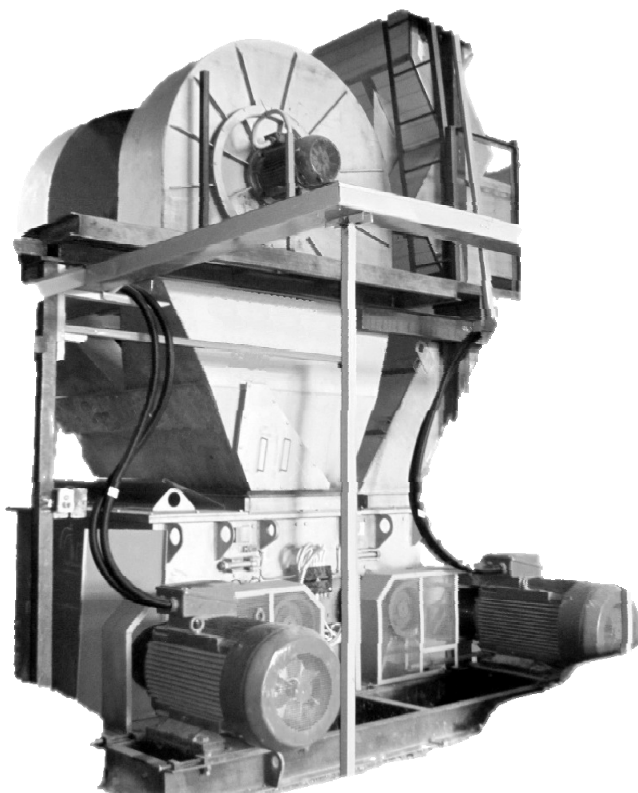


Рисунок 3. 2-х роторная молотковая мельница сушилка ММСх2-10/20.

В табл. 6 приведено измельчительно-классифицирующее оборудование ОДО «Ламел-777», поставленное на предприятия по производству гипсового вяжущего.

Таблица 6.

Измельчительно-классифицирующее оборудование ОДО «Ламел-777», поставленное на предприятия по производству гипсового вяжущего					
№	Год	Предприятие	Оборудование	Производ. На проход, т/ч	Крупность продукта, мм
1	2004	АО «Печерская архитектурная мастерская», Украина	ДЦ-4+КЦС-7	7	0.1÷0.2
2	2004	ЗАО «Усть-Джегутинский гипсовый	ММТ+КЦС-10	10	0.2

		комбинат», РФ			
3	2004	ООО «Полирем», Украина	КЦС-10	10	0.2
4	2005	ДП «Джи Си Ейч», Украина (Кострижевский комбинат строительных материалов)	ДМ-10+КЦС-10	10	0.1÷0.2
5	2007	ЗАО «Алина Холдинг», Казахстан	КЦД-20 - 2 шт.	≤20	0.1÷0.2
6	2007	ООО «Уфимский гипсовый комбинат», РФ	ММТ+КЦС-10	10	0.16÷0.2
7	2007	ОАО «Хабезский гипсовый завод», РФ	ДМ-10	10	0.2
8	2009		ДМ-20	20	0.2
9	2009	ЗАО «Самарский гипсовый комбинат», РФ	ДМ-20+КЦС-20	20	0.16÷0.2
10	2013	ООО «Даггипс», РФ	ДМ-10	10	0.2
11	2014	ООО «Павловский гипс», РФ	ММС-10/10	8	0.2
12	2014	ООО «Русгипс», РФ	КЦС-5	6	0.16

Более подробно с измельчительно-классифицирующим оборудованием ОДО «Ламел-777» и его потребителями можно ознакомиться на сайте www.lamel777.ru.

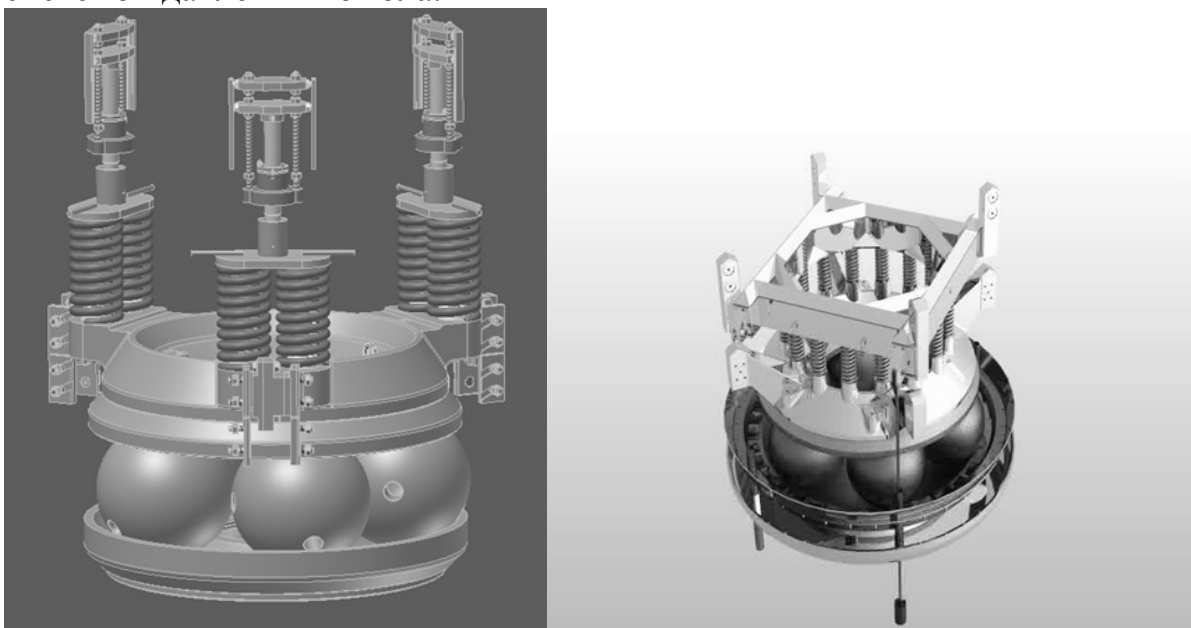
НОВАЯ ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДАВЛЕНИЯ ПОМОЛА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТАРЕЛЬЧАТО-ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ EM CLAUDIUS PETERS

Friedmann L.

Компания Claudius Peters Projects GmbH (Германия)

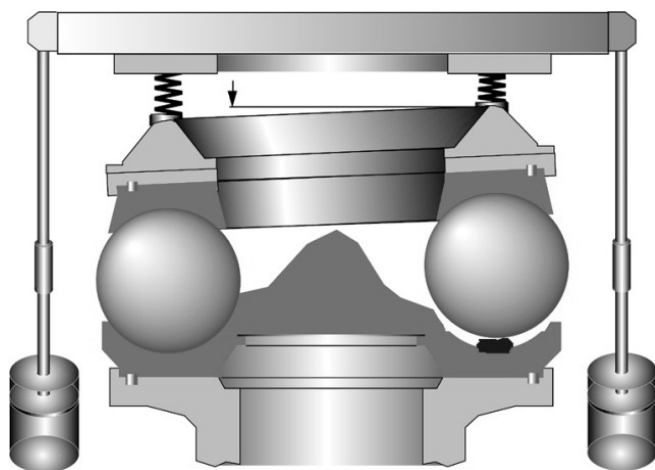
Вертикальные тарельчато-шаровые мельницы Claudius Peters за прошедшие десятилетия зарекомендовали себя в качестве надежной системы помола и кальцинации, по-прежнему остающейся наиболее предпочтительной системой используемой в гипсовой промышленности во всём мире. Как выносливая система с высокой производительностью и постоянным качеством строительного гипса, она становится жизненно важным компонентом для производства гипсокартонных листов.

В вертикальной тарельчато-шаровой мельнице Claudius Peters материал подается в мельницу сверху или сбоку через загрузочную точку и попадает в центр на тарелку нижнего мелющего кольца, которое приводится в движение редуктором мельницы. Материал под воздействием центробежной силы равномерно распределяется под мелющими шарами. Для достижения заданной тонкости помола дополнительно к весу мелющих элементов необходимо приложить определенную силу. До 2015 года в этом отношении Claudius Peters производил 2 разновидности мельниц: мельницы с производительностью до прикл. 50 т/ч строительного гипса (тип EM 65) оснащались механической системой для создания давления помола, мельницы превышающие эту производительность оснащались гидравлической системой давления помола.



Механическая и гидравлическая система создания давления помола

Обе системы оснащались пружинами для амортизации пиков давления (например, при перекачивании мелющих шаров через инородное тело) и для гашения вибраций от обычного процесса измельчения. Это связано с тем, что сам процесс измельчения как таковой вызывает вертикальное перемещение шаров, которое приводит к вибрациям у редуктора в горизонтальном, а также вертикальном направлении. Кроме того, система пружин передает гидравлические или механические усилия через прижимное кольцо и мелющую тарелку на мелющие шары.



Перекачивание мелющих шаров через инородное тело

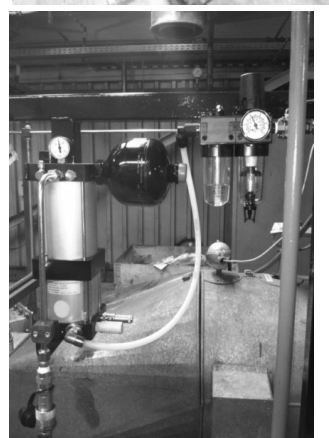
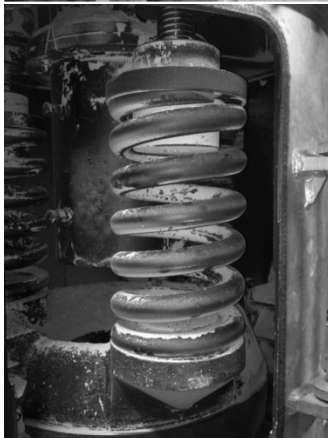
В гидравлической системе давления, гидравлические цилиндры, установленные по периметру мельницы, соединены с рамой для натяжения пружин через гибкие натяжные тросы. Пружины передают тяговое усилие рамы на прижимную тарелку. Она сконструирована таким образом, что сила давления действует непосредственно на верхнее мелющее кольцо. Прижимная тарелка также препятствует вращению верхнего мелющего кольца. Износ мелющих элементов, возникающий в процессе эксплуатации, компенсируется автоматически при помощи гидравлического натяжного устройства. Прижимная тарелка может свободно перемещаться в вертикальном направлении в корпусе мельницы и компенсировать колебания. Чисто механические системы давления помола регулируются к фиксированному давлению помола во время пуска в эксплуатацию или работ по техническому обслуживанию посредством шпинделя. Регулярные инспекции и, если необходимо, повторная регулировка являются абсолютно необходимыми вследствие износа мелющих элементов. Изменения в сырьевом материале или сильные флуктуации во влажности сырьевого материала могут также делать необходимым регулировку требуемого давления помола.

Как поставщик технологических систем и машинного оборудования мы всегда должны делать критический анализ эффективности, интервалов технического обслуживания и износа компонентов для того, чтобы

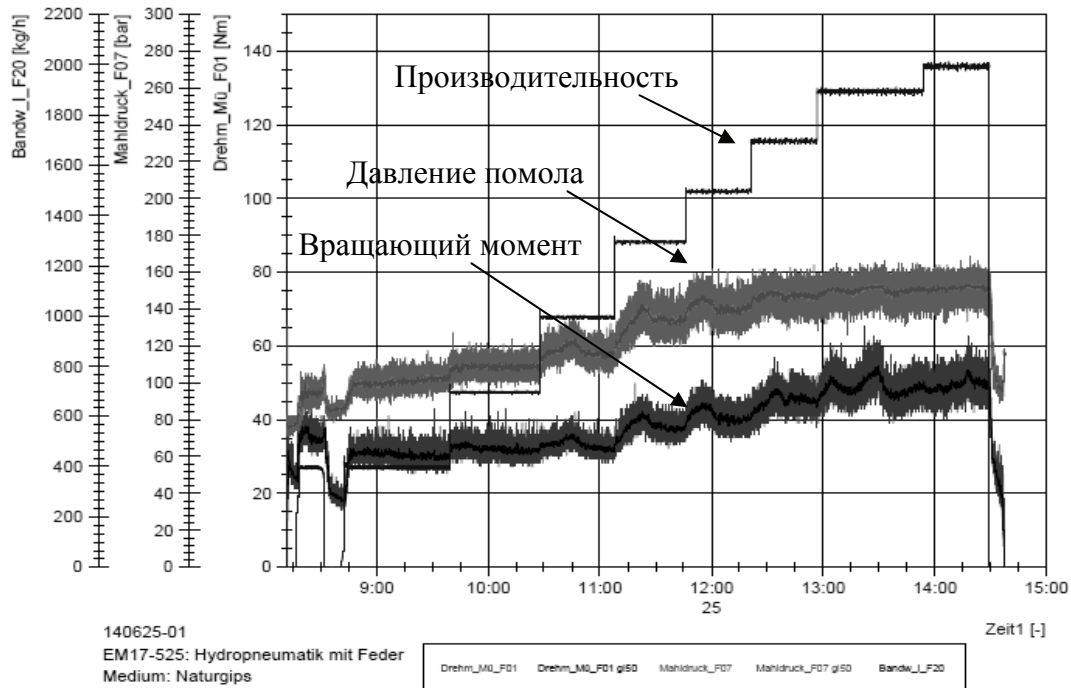
предложить нашим покупателям оптимальную технологию. По этой причине Claudius Peters решил фундаментально переработать существовавшую до 2015 года в мельнице EM систему давления помола (прижима мелющих элементов). Теоретические рассуждения и практическая работа часто сильно отличаются друг от друга. Требование экономии в расходах заставляет многие предприятия и поставщиков машинного оборудования снижать свои бюджеты особенно в области научных исследований. Мы, компания Claudius Peters, однако, имеем возможность проверять теоретические концепции в реальных условиях в нашем собственном техническом центре.

С мельницей EM была проведена серия тестов в которой использовались две разные системы давления помола:

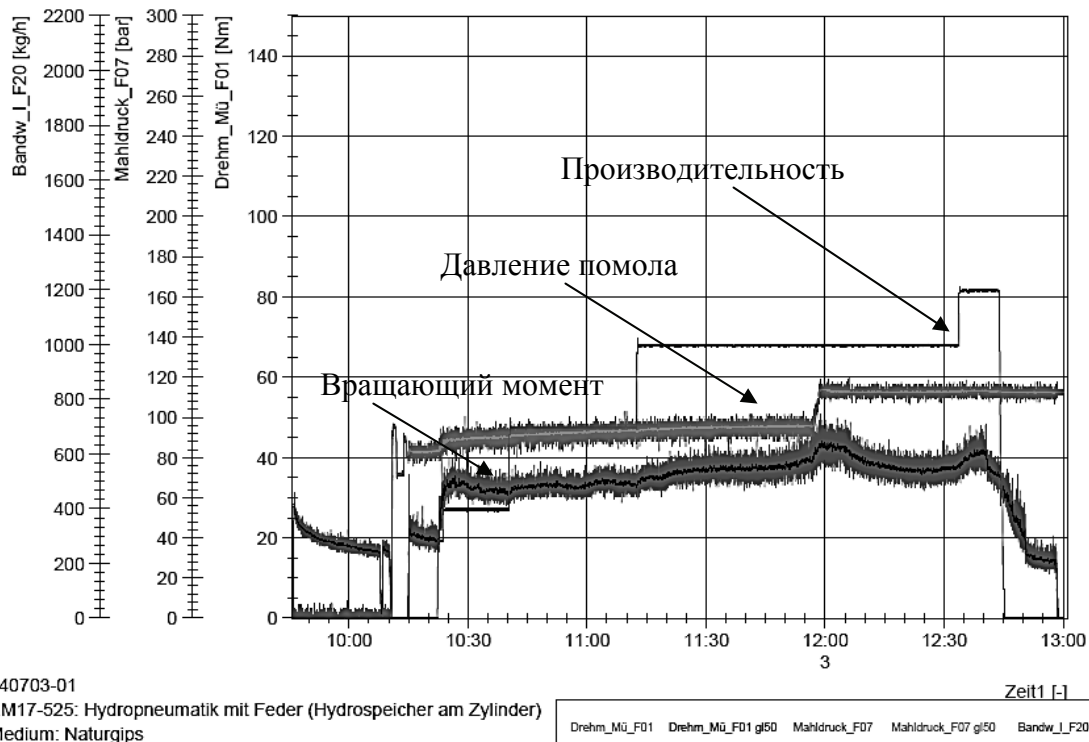
- стандартная (система пружин только)
- комбинация системы пружин и амортизирующей пульсации гидравлической системы. Для создания оптимального гидравлического давления была разработана новая концепция. Ниже фото показывает типовую гидравлическую станцию как используется, например, для гипсовой мельницы EM 80. Для сглаживания пульсаций дополнительно был установлен гидравлический аккумулятор. В автомобильной промышленности, например, гидропневматические системы амортизации используются уже на протяжении многих лет. Эта система была встроена в тестовую установку.



Для испытаний природный гипс был использован в качестве сырьевого материала. Во время испытаний регистрировали значения производительности, давления помола и вращающий момент. Сводка этих значений отображена на трендах. Общее давление помола является суммой веса мелющих шаров, верхнего мелющего кольца, прижимного кольца, пружин и гидравлического давления (натяжения пружин).



Тест измельчения только с системой пружин

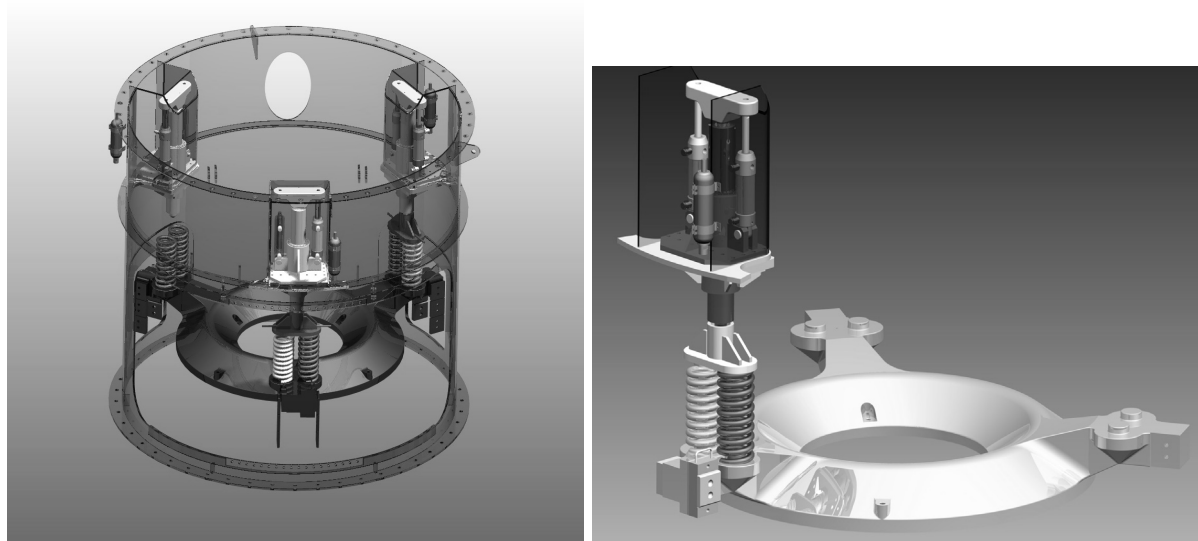


Тест измельчения с системой пружин и гидравлической системой

Сравнение трендов показывает явно более плавное поведение давления, при использовании сглаживающего пульсации гидравлического аккумулятора в комбинации с системой гидравлического давления. Амплитуды давления помолы, а также кривая вращающегося момента иллюстрирует эффект гашения колебаний.

В системе без амортизирующей пульсации гидравлической системы когда мелющий шар наезжает на попавшее в мелющую тарелку инородное тело, то он затормаживается. Для того чтобы ускориться необходимо усиление вращательного момента, поэтому на тренде видны большие колебания его значения. В системе с аккумулятором мелющий шар не затормаживается, поэтому колебания вращательного момента значительно меньше. Это свидетельствует о том, что мельница работает значительно ровнее и спокойнее.

В результате выполненных конструкторским департаментом Claudius Peters работ, начиная с 2015 года все мельницы EM Claudius Peters оснащаются амортизирующей пульсации гидравлической системой.



Гидравлические цилиндры, которые располагаются по верхней окружности снаружи корпуса мельницы, сжимают пружины внутри мельницы посредством поршневых штоков. Мельница оснащается 6 гидравлическими цилиндрами, два для каждого рычага прижимного кольца. Гидравлическая система соединяется благодаря аккумуляторам с цилиндрами. Аккумуляторы нагнетаются с помощью азота. Давление составляет приблизительно 60-70% давления помола. Давление помола управляется посредством датчика давления и клапана управления давлением. Контур управления гарантирует постоянное давление помола, независимо от износа мелющих элементов. Гидравлический блок

изготавливается заводским способом и размещается рядом с мельницей. Предохранительные клапаны и система обогрева гидравлического масла гарантирует безопасную работу.

Аргументов в пользу использования амортизирующей пульсации технологии множество, например:

- В связи с понижением давления помола ток запуска (пусковой момент) может быть снижен, что позволяет использовать двигатель мельницы меньшей мощности.

- Более быстрое образование мелющего слоя снижает вибрацию во время запуска

- При работе под частичной нагрузкой мелющий слой может лучше стабилизироваться благодаря снижению давления помола, что снижает вибрацию/ вертикальное перемещение плиты редуктора

- Возможность автоматической регулировки давления помола и таким образом меньшая работа по регулировке/ техническому обслуживанию

- Оптимизированные давления помола, отрегулированные к измельчаемому материалу

- Гидравлическая система поглощает пики давления от системы измельчения и облегчает работу, в особенности редуктора

- Экономия энергии

- Меньший износ

- Увеличенная эффективность

СОВРЕМЕННЫЕ ПОСЛОЙНЫЕ МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ ГИПСОВЫХ КАРЬЕРОВ МАШИНАМИ ФИРМЫ ВЕРМЕЕР

Фризен А.П.

ООО Вермеер РусСервис.

В течении последнего десятилетия ученые и специалисты ведущих индустриальных стран пытаются разработать новые технологии разработки карьеров и разрезов, этих открытых ран земной поверхности, с помощью машин исключая сейсмическое воздействие на окружающую среду, разрыв водонесущих пластов, выбросов микрочастиц мертвых пород в окружающие населенные пункты и лесные массивы. При этом основным критерием работы является освобождение работников занятых на горных участках от непроизводительного и тяжелого труда с помощью его механизации, автоматизации и дистанционного управления процессами происходящими в карьерах.

Основным направлением в этом процессе на сегодня принят переход от разработки уступами шахтного поля к его послойному вскрытию. Эта технология позволяет полнее отрабатывать запасы, уменьшить влияние атмосферных осадков на влажность пород, производить выборочную погрузку вскрытых слоев ископаемых добываясь их высокого качества и избегая погрузки пород из карстовых нарушений на склад готовой продукции.

Ведущую роль в развитии этой технологии играет корпорация Вермеер, производящая горные машины для послойной разработки карьерных полей. Горные комбайны производимые ее заводами позволяют добывать в час до 1000 тонн гипса готового по фракционному состоянию для отгрузки на склад. При этом машины не требуют присутствия машиниста в кабине машины и позволяют контролировать ее работу далеко за пределами карьера. Другими словами, процесс отбойки и первичного дробления выполняются одним оператором делая в отличии от технологии с БВР его производительность в сотни раз выше.

Работниками корпорации Вермеер проводится глубокий анализ технологических особенностей послойной отработки карьерных полей в области эффективного разрушения и дробления горных пород. В связи с этим разработаны различные типы исполнительных органов комбайнов, на базе которых произошло принципиальное деление машин на подготовительные и добычные. Типичным представителем комбайна позволяющего выполнять подготовительные работы является модель T1255TL. Рабочий барабан этой машины позволяет резать вертикальную

стенку карьера до ее расчетной величины без потерь запасов. Имеющийся при работе этой машины эффект TOP-DOWN cutting (удар режущего зубка сверху вниз) позволяет разрабатывать твердые включения пород крепостью до 200Мп. С помощью этой машины можно прекрасно нарезать подъездные дороги к карьерам и внутри их. Уклоны нарезанные этой машины точны до 1 градуса. Все выше перечисленное говорит о том , что эта машина готова выполнять работы как по подготовке новых карьеров на вскрышных работах так и при добычных работах в уже подготовленных шахтных полях.

Представителем добычных высокопроизводительных комбайнов является тип T1255DD.

Производительность этой машины на 18 процентов выше чем на T1255TL ввиду прямой передачи крутящего момента с моторов на рабочий барабан. Причем вес рабочего органа может меняться в зависимости от крепости разрабатываемых пород , для уменьшения вибрации и более высокой нагрузки рабочего зубка на забой. Эта машина снабжена дуэльным видом статической гидросистемы , что позволяет практически полностью убрать обратный эффект от ударной нагрузки рабочего органа. На машине смонтирована уникальная система пылеулавливания позволяющая исключить потери горной массы при ее отбойке и дроблении , что также препятствует попаданию мелких частиц породы в окружающую среду. Машина полностью автоматизирована , компьютер контролирует нагрузку на рабочем органе и регулирует скорость движения машины, что позволяет вести работу в постоянно максимальном режиме производительности. Высокая маневренность на концевых операциях не требуют больших площадей карьерного поля и перемещающаяся кабина оператора позволяет контролировать процесс резания по обеим сторонам машины. Кабина оператора защищена надежно от воздействия вибрации за счет специальных подушек на которых она закреплена.

Обе вышеперечисленные машины имеют лазерный или спутниковый контроль управления рабочим органом , которое позволяет нарезать карьерные поля как абсолютно горизонтально ,так и под определенным углом. Это помогает точнее разработать транспортировку породы из карьера по принципу «груженный под уклон», что конечно удешевит транспортные расходы.

Дальнейшая борьба предприятий по производству строительных материалов из гипса и других минералов за снижение себестоимости продукции , неизбежно приведет к попытке снижения затрат на их добычу. Практически нет шансов на выживание у тех предприятий , которые не попытаются получить на стадии добычи в карьерах продукт близкий по качеству и фракции готовый для производственного процесса. Уменьшая

энергозатраты на дробление и транспорт добываемого материала, не разубоживая его при взрыве, не позволяя процессу выветривания при долгом хранении после БВР изменять свои свойства материалу, дадут высокий экономический эффект в деле получения высококачественной и дешевой основы для производства строительных материалов. Все это возможно при переходе к послойной добыче пород на карьерах с помощью механического их разрушения.

T1255 – с приводной цепью



Технические данные

600 л.с. (447.4 кВт)
Tier III дизель Caterpillar

Максимальная глубина
разрыхления: 68 см

Ширина барабана: 3,7 м

Общий вес (базовый трактор и
рабочий орган): 111 т

Вес рабочего органа: 43 т

T1255TL с прямым приводом



Технические данные

600 л.с. (447.4 кВт) Tier III дизель
Caterpillar

Максимальная глубина: 53 см

Ширина барабана: 3,7 м

Общий вес (Трактор и рабочий
орган): 98 т

Вес рабочего органа: 35 т

ГИПСОЦЕМЕНТНОПУЦЦОЛАНОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ С ДОБАВКОЙ КЕРАМЗИТОВОЙ ПЫЛИ

Халиуллин М.И., Нуриев М.И., Гайфуллин А.Р., Рахимов Р.З.,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Согласно «Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года», утвержденной Правительством Российской Федерации 10 мая 2016 года, одним из приоритетных направлений в инновационных технологиях промышленности строительных материалов является производство композиционных бесцементных вяжущих с вовлечением в качестве сырья техногенных отходов.

В известных работах по получению композиционных гипсовых вяжущих с повышенными показателями физико-механических свойств широко применяются различные высокоактивные минеральные добавки [1-3]. Поиск доступных и относительно недорогих видов модифицирующих минеральных добавок продолжает оставаться важным направлением исследований для развития производства композиционных гипсовых вяжущих. Применение в качестве таких добавок промышленных отходов обеспечивает и решение проблем экологической безопасности.

Одной из эффективных пуццолановых добавок для введения в цементные и гипсовые вяжущие является керамзитовая пыль – многотоннажный отход заводов керамзитового заполнителя. В Уфимском государственном нефтяном техническом университете разработаны составы гипсоцементнопуццолановых вяжущих с применением в качестве пуццолановой добавки керамзитовой пыли и молотого керамзитового песка – отходами производства завода керамзитового гравия ООО «Уфимская гипсовая компания». При содержании в составе вяжущего на основе строительного гипса марки Г-5 керамзитовой пыли в количестве от 10 до 25 % и портландцемента в количестве от 15 до 25 % показатели прочности при сжатии образцов искусственного камня составили от 5 до 15 МПа, коэффициент размягчения образцов при хранении от 13 до 90 суток хранения в нормально-влажностных условиях – от 0,5 до 0,74 [4].

Ранее в Казанском государственном архитектурно-строительном университете авторами настоящей работы на основе низкомарочного строительного гипса марок Г-5, Г-6 были разработаны гипсоизвестковокерамзитовые вяжущие повышенной водостойкости с прочностью при сжатии в пределах 13,5-17,3 МПа и коэффициентом размягчения до 0,68 [5]. Из рассмотренных образцов проб керамзитовой пыли наилучшие показатели вяжущих были получены при применении молотой керамзитовой пыли с фильтров пылеочистки цеха керамзитового гравия Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром». Керамзитовая пыль

обладает следующим химическим составом (в % по массе): SiO_2 – 59,12; Al_2O_3 – 17,85; Fe_2O_3 – 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, представлен, в % по массе: недегидратированными и дегидратированными глинистыми минералами – 53; кварцем – 15; полевыми шпатами – 5; ангидритом – 3; рентгеноаморфной фазой – 27. Согласно испытаниям, выполненным по ГОСТ 8735, в составе керамзитовой пыли присутствует 9,5 % недегидратированной глины. Пуццолановая активность по поглощению CaO для керамзитовой пыли молотой до достижения удельных поверхностей в пределах 250-800 $\text{м}^2/\text{кг}$ составила, соответственно, 316-462 мг/г.

Целью данной работы явилось исследование количества и дисперсности керамзитовой пыли на основные свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего, в зависимости от содержания в его составе портландцемента.

Гипсоцементнопуццолановое вяжущее получали смешением строительного гипса Г-5БП производства завода «ВОЛМА-Волгоград» по ГОСТ 125, портландцемента ПЦ 500-Д0-Н производства ОАО «Мордовцемент» по ГОСТ 10178, пробы керамзитовой пыли с вышеприведенными характеристиками. Предварительно керамзитовая пыль подвергалась помолу в планетарной мельнице до достижения удельных поверхностей 300, 500 и 800 $\text{м}^2/\text{кг}$.

На первом этапе работы согласно известной методике, разработанной в МИСИ им В.В. Куйбышева [6], на препаратах, представляющих собой водные суспензии смеси полуводного гипса, портландцемента и активной минеральной добавки, по концентрации оксида кальция определялось необходимое количество керамзитовой пыли для получения гипсоцементнопуццоланового вяжущего. Необходимое количество активной минеральной добавки должно обеспечивать концентрацию оксида кальция в растворе на 5 сутки не более 1,1 г/л, на 7 сутки – не более 8,5 г/л. Данные концентрации оксида кальция гарантируют отсутствие условий для образования высокоосновной формы гидросульфатоалюмината кальция в длительные сроки твердения вяжущей композиции, вызывающего деформации и разрушение образующегося искусственного камня.

Результаты проведенных исследований, представленные в табл. 1 показывают, что с увеличением тонкости помола керамзитовой пыли от удельной поверхности 300 до 800 $\text{м}^2/\text{кг}$ необходимое количество пуццолановой добавки относительно количества портландцемента уменьшается от 30 до 10 %.

Таблица 1

Кинетика поглощения СаО керамзитовой пылью

Количество добавки керамзитовой пыли в составе препарата,			Концентрация СаО в растворе, г/л, при удельной поверхности керамзитовой пыли, м ² /кг					
г	% от массы препарата	% от массы цемента	300, в возрасте, сут.		500, в возрасте, сут.		800, в возрасте, сут.	
			5	7	5	7	5	7
0,25	3,7	10	1,121	0,953	1,065	0,897	1,009	0,841
0,75	10,3	30	1,009	0,841	0,925	0,785	0,897	0,729
1,25	16,13	50	0,897	0,785	0,841	0,729	0,785	0,673
2,5	25	100	0,785	0,729	0,729	0,673	0,673	0,617
3,75	36,58	150	0,729	0,617	0,673	0,561	0,645	0,561

На втором этапе для определения показателей нормальной густоты, сроков схватывания теста, а также средней плотности, предела прочности при сжатии, водопоглощения по массе искусственного камня проводили испытания гипсоцементнопуццоланового вяжущего по ГОСТ 23789. Образцы выдерживались 28 суток в камере нормального твердения. Коэффициент размягчения определялся по ТУ 21-0284757.

Результаты испытаний приведены в табл. 2-4.

Таблица 2

Влияние содержания керамзитовой пыли с удельной поверхностью 300 м²/кг на основные физико-механические свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего

Содержание, % от массы вяжущего		Нормальная густота, %	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут., МПа	Коэффициент размягчения
портланд-цемент	керамзитовая пыль				
15	0	53	1371	14,5	0,40
	10	53	1380	15,5	0,53
	20	54	1372	13,1	0,53
	30	55	1350	9,6	0,49
	40	56	1321	4,8	0,40
20	0	52	1385	15,3	0,47
	10	52	1396	17,1	0,60
	20	53	1396	15,7	0,59
	30	54	1381	11,2	0,57
	40	55	1342	6,2	0,46

Продолжение табл. 2

25	0	51	1395	17,7	0,52
	10	51	1408	19,2	0,69
	20	52	1407	18,3	0,69
	30	53	1393	14,2	0,65
	40	54	1357	7,7	0,56

Таблица 3

Влияние содержания керамзитовой пыли с удельной поверхностью
500 м²/кг на основные физико-механические свойства
гипсоцементнопуццоланового вяжущего

Содержание, % от массы вяжущего		Нормальная густота, %	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут., МПа	Коэффициент размягчения
портланд-цемент	керамзитовая пыль				
15	0	53	1371	14,5	0,40
	10	53	1389	17,1	0,57
	20	55	1370	16,2	0,56
	30	56	1354	14,4	0,52
	40	57	1300	11,1	0,42
20	0	52	1385	15,3	0,47
	10	52	1413	18,8	0,68
	20	53	1403	17,9	0,66
	30	54	1389	16,0	0,61
	40	55	1342	12,2	0,48
25	0	51	1395	15,7	0,52
	10	51	1425	20,0	0,72
	20	52	1420	19,1	0,71
	30	53	1399	17,2	0,68
	40	54	1375	13,0	0,58

Таблица 4

Влияние содержания керамзитовой пыли с удельной поверхностью
800 м²/кг на основные физико-механические свойства
гипсоцементнопуццоланового вяжущего

Содержание, % от массы вяжущего		Нормальная густота, %	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут., МПа	Коэффициент размягчения
портланд-цемент	керамзитовая пыль				
15	0	53	1371	14,5	0,40
	10	54	1375	17,5	0,62
	20	56	1320	15,9	0,57
	30	58	1264	12,4	0,52
	40	59	1220	6,7	0,34
20	0	52	1385	15,3	0,47
	10	53	1392	18,9	0,72
	20	55	1354	17,3	0,66
	30	56	1309	14,2	0,55
	40	57	1250	8,0	0,37
25	0	51	1395	15,7	0,52
	10	52	1410	20,3	0,75
	20	54	1386	18,6	0,71
	30	55	1360	15,0	0,58
	40	56	1297	9,5	0,40

Согласно результатам исследований при увеличении содержания молотой керамзитовой пыли до 40 % в составе гипсоцементнопуццоланового вяжущего, а также увеличении удельной поверхности керамзитовой пыли с 300 до 800 м²/кг происходит монотонное увеличение водопотребности вяжущего с 51-53 % до 54-59 % в зависимости от содержания портландцемента.

При введении до 10-20 % молотой керамзитовой пыли средняя плотность искусственного камня несколько увеличивается, а его водопоглощение снижается, что является следствием взаимодействия активной минеральной добавки с продуктами, образующимися в процессе гидратации минералов портландцементного клинкера и гипса.

Введение в состав гипсоцементнопуццоланового вяжущего с содержанием портландцемента от 15 до 25 % по массе керамзитовой пыли при удельных поверхностях 300-800 м²/кг в количествах 10 и 20 % по массе (отвечающих необходимым количествам пуццолановой добавки в составе вяжущего) по сравнению с контрольными образцами без введения добавки приводит к увеличению прочности при сжатии в пределах, соответственно, 107-129,3 % и 102,8-121,7 %; повышению коэффициента

размягчения с 0,4-0,52 до 0,53-0,75 и 0,53-0,71, то есть до показателей, соответствующих группе вяжущих повышенной водостойкости [6].

Увеличение содержания керамзитовой пыли в составе гипсоцементнопуццоланового вяжущего свыше 20% по массе, вследствие роста водопотребности вяжущего, приводит к монотонному снижению прочности, коэффициента размягчения. Помол керамзитовой пыли с увеличением удельной поверхности от 300 до 500 м²/кг при оптимальном содержании пуццолановой добавки – 10-20 % и одинаковом содержании портландцемента в составе вяжущего обеспечивает увеличение прочности при сжатии в пределах 3,9-23,9 %; некоторому повышению коэффициента размягчения с 0,53-0,69 до 0,56-0,72. Помол керамзитовой пыли с увеличением удельной поверхности от 500 до 800 м²/кг, вследствие дальнейшего роста водопотребности вяжущего, менее эффективен с точки зрения повышения прочностных показателей.

Литература

1. Токарев Ю.В., Гинчицкий Е.О., Яковлев Г.И., Бурьянов А.Ф. Эффективность модификации гипсового вяжущего углеродными нанотрубками и добавками различной дисперсности // Строительные материалы, 2015, № 6. – С. 84-87.
2. Морозова Н.Н., Галиев Т.Ф. Минеральные добавки для композиционных гипсовых вяжущих // Сб. материалов Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие современной науки». – Уфа: Издательство «Омега сайнс», 2015. – С. 49-51.
3. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Исследование влияния активных минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего // Строительные материалы, 2015, № 5. – С. 20-23.
4. Бабков В.В., Латыпов В.М., Ломакина Л.М., Асянова В.С., 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.
5. Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р. Состав и структура камня композиционного гипсового вяжущего с добавками извести и молотой керамзитовой пыли // Вестник МГСУ, 2013, № 12. – С. 109-117.
6. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В. Ферронской. – М.: Издательство АСВ, 2004, - 488 с.

СТОЙКОСТЬ ВЫСОКОПРОЧНОГО ГИПСОЦЕМЕНТНО-ПУЦЦОЛАНОВОГО ВЯЖУЩЕГО К ЦИКЛИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЛАГИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА

Хозин В.Г., Морозова Н.Н., Сагдатуллин Д.Г.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Долговечность материалов является одним из показателей их надежности, в которое заложена способность к длительной эксплуатации. Наиболее часто первопричинами повреждений являются коррозионные процессы, развивающиеся в элементах сооружения из-за неблагоприятного воздействия факторов внешней среды: увлажнение и высушивание, замораживание и оттаивание. К таким процессам можно отнести и сульфатоалюминатное разрушение в гипсоцементно–пуццолановых системах.

Известно, что высокая прочность любого материала не только расширяет возможности его применения, но и повышает эксплуатационные свойства изделий на его основе [1,2]. В свою очередь долговечность изделий также зависит от физико–механических свойств материалов [3].

Разработанное на кафедре технологии строительных материалов изделий и конструкций Казанского государственного архитектурно-строительного университета высокопрочное гипсоцементно–пуццолановое вяжущее (далее ГЦПВ) характеризуется В/Т отношением 0,23-0,, сроками схватывания: началом - 9 мин, концом - 11 мин, прочностью при сжатии в высушенном состоянии после твердения в течении 28 суток 55–60 МПа. Высокопрочное гипсоцементно-пуццолановое вяжущее получено на основе гипсового и цементного вяжущих рядовых марок, бинарной активной минеральной и комплексной химической добавок [4].

В данной статье представляются исследования долговечности высокопрочного ГЦПВ оптимального состава путем оценки кинетики прочности в течении 180 суток и циклического воздействия тепла, влаги и холода.

Первоначально выполнена оценка кинетики прочности на сжатие ГЦПВ-камня при твердении в воде, над водой и воздушно-сухих условиях. Для этого изготовлены образцы-кубы помещались в установленную среду твердения в таком количестве, что на каждый срок испытания изымалось по 6 образцов. Полученные результаты испытаний приведены на рис.1.

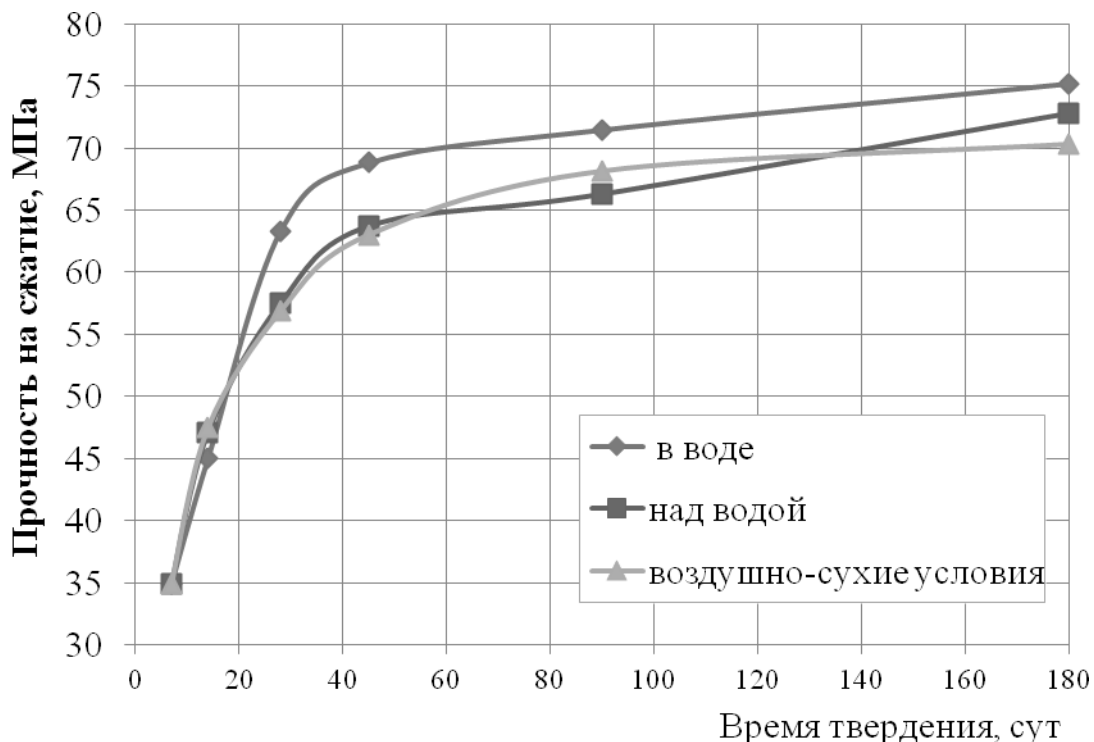


Рисунок 1. Влияние условий твердения на кинетику прочности на сжатие высокопрочного ГЦПВ оптимального состава

В целом, результаты показывают (рис.1), что в первые 7 сут. твердения прочность образцов практически набирает 60-80% от максимально возможной (от прочности в 6 месячном возрасте). В дальнейшем у всех составов рост прочности продолжается, но медленно и носит затухающий характер. Быстрый набор начальной прочности обусловлен, вероятно, гидратацией гипсового вяжущего, содержание которого в высокопрочном ГЦПВ составляет более 50%. Далее рост прочности обусловлен гидравлической частью этого вяжущего, также снижением влажности образцов и окончательным формированием каркаса из кристаллов дигидрата сульфата кальция, накоплением новообразований за счет гидратации цемента и взаимодействия кремнезема бинарной активной минеральной добавки с гидроксидом кальция, что способствует цементированию частиц новообразований в твердеющей системе между собой.

Полученные результаты подтвердили, что высокопрочные ГЦПВ обладают выраженными гидравлическими свойствами, прочность увеличивается как при твердении во влажных условиях, так и в воде. Установлено, что наиболее благоприятными условиями твердения с большим набором прочности камня являются влажностные, наименее – воздушно-сухие условия среды.

Для прогнозирования состояния работоспособности изделий из высокопрочного ГЦПВ необходим анализ состояния материала от

действия внешних воздействий. С этой целью проведено испытание образцов из высокопрочного ГЦПВ при циклических воздействиях увлажнения - высушивания и замораживания - оттаивания.

Изготовленные для этого образцы твердели в течение 7 суток в нормальных условиях, затем подвергали их циклическим испытаниям по следующему режиму; насыщение в воде при 20-22 °С в течение 16 ч и высушивание при плюс 40 °С в течение 8 ч. Испытывали образцы на сжатие после соответствующего числа циклов, высушенные после водонасыщения в течение 8 ч. Стойкость образцов оценивали количеством циклов после которых снижение прочности от контрольного состава, не подвергнутых циклическим испытаниям и высушенных аналогично основным образцам, не превышало 10%.

Для более наглядной оценки потери прочности исследуемых образцов подсчет вели по величине коэффициента воздухостойкости, который характеризует потерю прочности от первоначальной, принятой за единицу, по следующей формуле:

$$K_B = R_0 / R_i,$$

где, R_0 – предел прочности на сжатие контрольных (не подвергнутых испытаниям) образцов, МПа;

R_i – предел прочности на сжатие подвергнутых i -ому циклу водонасыщению-высушиванию, МПа.

В результате исследований полученные значения K_B представлены в графическом виде на рис. 2. Границей воздухостойкости принято 10% снижение прочности от основных образцов.

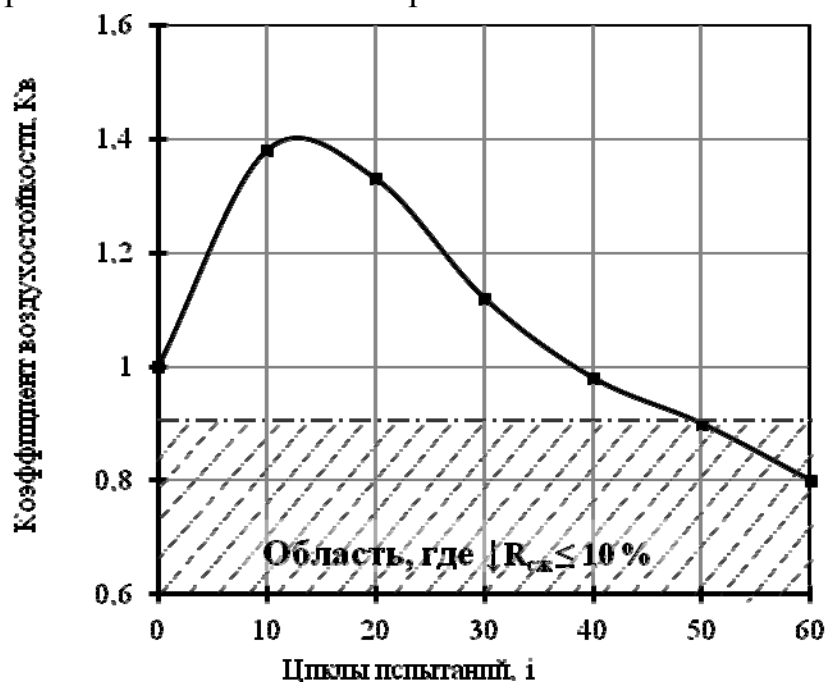


Рисунок 2. Коэффициент воздухостойкости образцов высокопрочного ГЦПВ

Результаты исследований, приведенные на рис. 2 показывают, что ГЦПВ оптимального состава в первые 20 циклов попеременного увлажнения и высушивания способствует росту прочности и коэффициенту воздухостойкости. На повышение стойкости к такому виду модели агрессии влияет и вид АМД применяемого в композиции вяжущего. При использовании бинарной АМД в высокопрочном вяжущем количество выдержанных циклов составило около 40. Образцы ГЦПВ оптимального состава после 30 циклов воздействия имеют достаточно высокую стабильность структуры камня, при этом прочность основных образцов относительно контрольных практически не изменилась.

Коэффициент стойкости по прочности ($K_{ст}$) показывает отношение количества прошедших циклов попеременного водонасыщения и высушивания к прочности их контрольных образцов по формуле:

$$K_{ст} = Ц / R_{сж}^*$$

Таким образом, чем выше этот показатель, тем выше стойкость к данной модели агрессии при соответствующих абсолютных (контрольных) значениях прочности на сжатие.

Морозостойкость образцов определяли с учетом требований ГОСТ 10060. Для исследования были изготовлены образцы с размерами 4x4x4 см, которые твердели в течение 7 суток в нормальных условиях, затем подвергались циклическим испытаниям по следующему режиму: замораживание при (минус 20±2)°С в течение 3 ч и оттаивание в воде при (плюс 25±2) °С в течение не менее 2 ч. Перед испытанием на прочность образцы выдерживали в комнатных условиях в течение 3 ч после оттаивания их в воде. Стойкость образцов оценивали количеством циклов, после которых потеря прочности не превышала 5% от контрольных и снижение массы не было более 10%.

Для более наглядной оценки потери прочности исследуемых образцов подсчет вели в относительных единицах по величине коэффициента морозостойкости, которая характеризует потерю прочности от первоначальной, принятой за 1:

$$K_{мрз} = R_0 / R_i,$$

где, R_0 – предел прочности на сжатие контрольных (не подвергнутых испытаниям) образцов, МПа;

R_i – предел прочности на сжатие подвергнутых i -ому циклу замораживания -оттаиванию, МПа.

Таблица 1

Стойкость ГЦПВ-камня к циклическим воздействиям замораживания оттаивания

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя
Снижение массы образцов	%	4,8
Потеря прочности на сжатие образцов	%	4,5
Марка высокопрочного ГЦПВ по морозостойкости		F 200

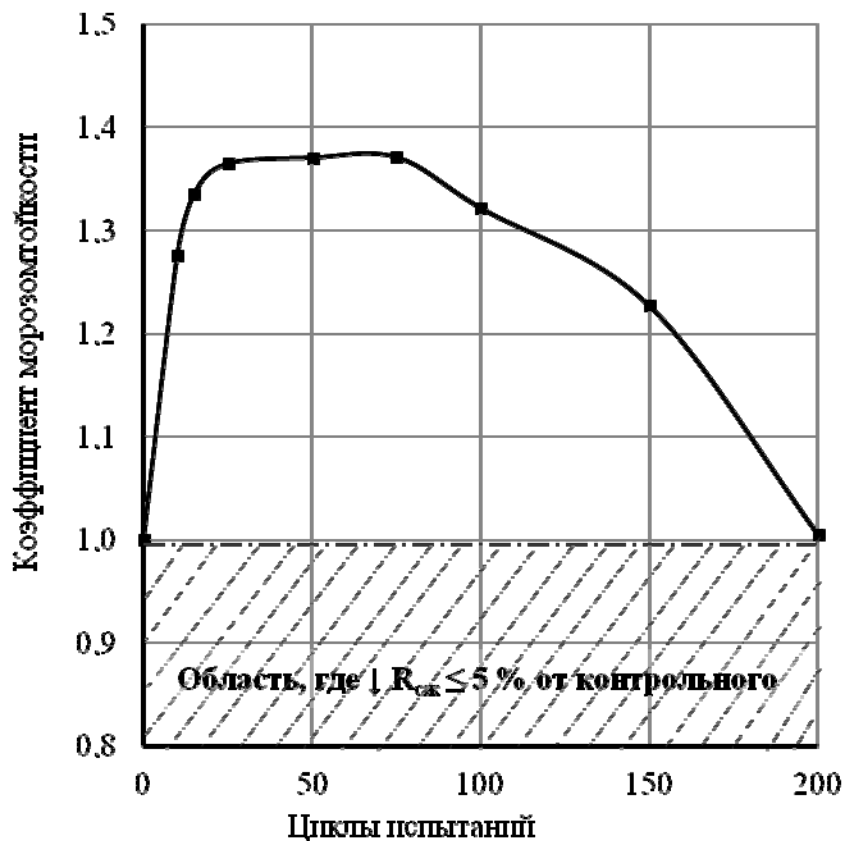


Рисунок 3. Изменение коэффициента морозостойкости от количества циклов попеременного замораживания-оттаивания высокопрочного ГЦПВ

Как видно из рис. 3 кривая коэффициента морозостойкости для высокопрочного ГЦПВ с бинарной АМД располагаются в области более 1, что соответствует 200 циклам испытания.

Таким образом, разработанный состав высокопрочного ГЦПВ с бинарной АМД и комплексной химической добавкой на основе поликарбоксилата характеризуется высокой прочностью, воздухоустойчивостью и морозостойкостью

Литература

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В.Ферронской. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 488 с.
2. Бедов А.И. и др. Использование бетонов и арматуры повышенной прочности в проектировании сборных и монолитных железобетонных конструкций// Вестник МГСУ. 2012. № 8. С. 76-84.
3. Нуриева Е.М., Королев Э.А., Бахтин А.И., Халиуллин М.И. и др. Комплексные исследования физико-механических и структурных свойств минералов многофазовых гипсовых вяжущих при длительном хранении// Минералогия техногенеза. 2006. Т. 7. С. 333-339.
4. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Композиционное гипсовое вяжущее // Патент на изобретение RUS 2426702 от 01.02.2010.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФИБРОГИПСОБЕТОНА И КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ В КОТТЕДЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Цыплаков А.Н., Перцев В.Т., Золотухин С.Н., Дурукин В.Н., Черноусенко Г.И.

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ООО НПО «НеоТэк», ООО «Экострой»

В последние годы в строительном производстве, наряду с широким применением пенобетонных материалов на цементном вяжущем, широкое распространение получили гипсопенобетонные технологии. Это обусловлено не только положительными отличительными способностями гипсового вяжущего, прежде всего быстрыми процессами гидратации и высокой трещиностойкостью изделий и конструкций. Не менее ценными являются экологические характеристики гипсобетонных материалов, элементов зданий и сооружений, а также объектов в целом, построенных с применением гипса. Эти очевидные достоинства гипсового вяжущего находят применение в производстве таких эффективных строительных материалов, как ячеистые бетоны. Наиболее известным и распространенным становится производство пазогребневых перегородочных панелей с плотностью $D=600\div 800$. Экологическая и технологическая эффективность наших технологий обусловлена не только высокой оборачиваемостью оснастки (до 12 формовок в смену, набор распалубочной прочности от 20 до 40 минут), но прежде всего высоким уровнем эксплуатационных материалов готовой общестроительной продукции.

Перегородки, исполненные из таких панелей, не требуют выравнивающей штукатурки, достаточно выполнить шпатлевку. Требования по прочности, звукоизоляции, аккумуляции тепловой энергии, огнестойкости обеспечиваются на должном уровне. Пониженная масса перегородочных стен обеспечивает меньшие нагрузки на перекрытия, что является важным фактором в повышении надежности и долговечности зданий и сооружений. Исследования современных гидрофобизирующих добавок позволило получить стеновые панели с высокими влаго- и морозостойкостью. Это обеспечило возможность возведения ограждающих стен зданий из фиброгипсопенобетона (ФГПБ) плитами размером 667x500x80мм [1].

Показательным является опыт строительства частных домов в городе Нововоронеж, селе Новая Усмань и селе Бабяково Новоусманского района Воронежской области, построенных с использованием несъемной опалубки. Где использовались ФГПБ панели, плотностью $D=800$, и гипсовые пазо-гребневые блоки (Производства Пешеланского гипсового завода) $D=1300$, а так же при возведении наружных стен облицовочный,

либо рядовой кирпич. Внутреннее пространство величиной 250 мм между панелями и блоками заполнялось гипсобетоном плотностью $D=400-600$. В качестве связующих элементов между ФГПБ панелями и блоками, а также для укрепления сводов проёмов использовалась базальтовая и стеклопластиковая арматура диаметром 8 и 12 мм соответственно. Фундаменты выполнялись методом буронабивных свай с монолитным ростверком. Основой каркаса дома являлись железобетонные колонны залитые в отверстия гипсовых пазо-гребневых блоков. Такое исполнение позволило совместить достоинства монолитного строительства с преимуществами возведения зданий и сооружений из мелкоштучных строительных материалов.

Выполнение всех производственных и строительно-монтажных работ непосредственно на строящемся объекте создаёт особое преимущество. При этом уменьшаются расходы по логистике на всех этапах, связанных с доставкой и хранением готовой продукции. При поставке 20 тонн гипса производится 310 м² пазогребневых плит, которым не требуется упаковка и сушка готовых изделий. Производство ФГПБ панелей предполагает использование баротехнологии. Инжекторно-турбулентный смеситель объёмом 0,5 м³ даёт возможность произвести 130 м² ФГПБ панелей при 8 часовом графике работы.

Перекрытия жилого дома выполнены монолитной гипсовой плитой по усиленному металлическими уголками деревянному каркасу (г. Нововоронеж) и монолитной железо-бетонной плитой (с. Бабяково). На объекте в с. Новая Усмань использовались плиты перекрытий с последующим выравниванием поверхностей ФГПБ путём сплошной заливки с целью повышения тепло- и шумо-звукоизоляции.

Таблица 1

Тепломеханический расчет стены, параметр А

№ слоя	Наименование материала	Толщина <i>b</i> , м	Теплопров. λ , Вт/ (м*°С)	<i>R</i> , м ² °С/Вт
1	Кирпич силикатный	0,12	0,76	0,158
2	Фиброгипсопенобетон	0,25	0,1	2,500
3	Пазогребневые плиты	0,08	0,169	0,473
				3,131

Ro приведенное	3,289
К теплопередачи	0,30

СНиП 23-02-2003 табл.4, стр.3

$GCOII = (20 - (-3,1)) * 196 = 4528$

Интерполяция

Гр.сут.	Ro прив.
4000	2,8
4528	2,98
6000	3,5

Стена по СНиП

Ro приведенное	2,98
К теплопередачи	0,34

Таблица 2

Теплотехнические характеристики многослойной стены

Вариант 1

Вид слоя	Толщина слоя, м	Плотность бетона, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности Вт/(м °С)	Термическое сопротивление стены, м ² °С/Вт
ПГП	0,08	800	0,17 (0,19*)	3,34 (2,44*)
ФГПБ	0,24	600	0,1 (0,15*)	
ПГП	0,08	800	0,17 (0,19*)	

*Данные по СН и П с учетом влажности для условий Воронежской обл.

Вариант 2

Вид слоя	Толщина слоя, м	Плотность бетона, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности Вт/(м °С)	Термическое сопротивление стены, м ² °С/Вт
ПГП	0,08	800	0,17 (0,19*)	2,94 (2,38*)
ФГПБ	0,20	400	0,1 (0,13*)	
ПГП	0,08	800	0,17 (0,19*)	

Вариант 3

Вид слоя	Толщина слоя, м	Плотность бетона, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности Вт/(м °С)	Термическое сопротивление стены, м ² °С/Вт
ПГП	0,08	800	0,17	3,34 (2,8*)
ФГПБ	0,24	400	0,1 (0,13*)	
ПГП	0,08	800	0,17	

Приведенное термическое сопротивление R=2,98 м²°С/Вт

Следует пояснить, что повышенные характеристики по влаго- и морозостойкости строительных конструкций на гипсовом вяжущем достигаются не только за счет использования гидрофобизирующих добавок. В основе желаемого технологического эффекта лежит объемная структура получаемого строительного материала, состоящего из

мелкодисперсных воздушных сферических пор, вокруг которых формируется вторичный кристаллогидратный каркас с минимальным объемом капиллярных каналов. То есть, в отличие от традиционных бетонов, преобладает закрытая структура пор, проявляющая повышенную устойчивость к проникновению влаги из внешней среды.

Для гипсобетонных изделий характерна низкая деформационная устойчивость на изгиб. Этот недостаток эффективно компенсируется не только применением фибры (полипропиленовой, полиамидной), но также использованием добавок, которые формируют кристаллогидратную матрицу путём полимеризации. Такая структура приобретает свойства упругой пластичности, где каждая из сферических воздушных пор может выполнять роль демпфера, гасящего проникновение микротрещины в глубину массива ФГПБ при перепадах температуры, влажности и воздействии окружающей среды [1]. Данный строительный материал с таким набором эксплуатационных параметров следует называть композитным материалом на гипсовом вяжущем – гипсокомпозит.

Чтобы этот новый строительный материал состоялся в широкой практике, необходимо не только внимательно изучить результаты опытно-экспериментального строительства, выполненного авторами, но и провести спектр научных исследований для оптимизации рецептур и регламентов выполнения строительных работ. Это позволит разработать нормативные документы, которые дадут возможность использования ФГПБ в рабочих проектах различных зданий и сооружений.

Россия занимает первое место в мире по запасам гипса. Однако, в структуре потребления гипс занимает более скромные позиции, чем цемент [2]. Низкий уровень энергетических затрат при производстве материалов на гипсовом вяжущем, позволяют смело заявить о перспективах более широкого использования в строительной практике гипсокомпозита, как конкурентного строительного материала.

Нами использован в качестве сырья низкомарочный гипс Г-5 производства Хабезского и Усть-Джегутинского гипсовых заводов месторождения Али-Бердуковское (Карачаево-Черкессия), где содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 97,3-100% [2]. Гипс имеет кислотность, аналогичную кислотности кожи человека ($\text{Ph}=5,5$), совершенно не имеет запаха и является диэлектриком. Все изделия на основе гипса обладают высокой парогазопроницаемостью.

Возводимое с использованием гипса жильё, является примером «зелёных технологий» и соответствует целям федеральной программы "Жилище" на 2015-2020 годы концепции три «Э», а именно: Экологичность, Экономичность, Энергосбережение [3].

Стратегическими партнёрами Воронежского государственного архитектурно-строительного университета в развитии гипсовых технологий являются ООО «ВЭФТ» (г.Королёв, Московская область) ,

Российская гипсовая ассоциация, СоюзКТИ производителей труб и изделий из композитных материалов.

Литература

1. Технические условия ТУ 5742-002-89718664-2011
2. 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.: Изд-во АСВ (ISBN 978-5-93093-615-5)
3. Постановление Правительства РФ от 17 декабря 2010 г. N 1050 "О федеральной целевой программе "Жилище" на 2015 - 2020 годы"

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ЖАРСТОЙКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Череватова А.В., Жерновский И.В., Бурьянов А.Ф., Алехин А.Д.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Московский государственный строительный университет

Обеспечение устойчивого развития и повышения технико-экономической эффективности отечественного производства строительных материалов и жилищно-гражданского строительства связано с необходимостью решения ряда проблем, таких как: снижение материало- и энергоемкости, экологической нагрузки на окружающую среду; повышение производительности труда при получении строительных материалов и возведении зданий, пожаробезопасности и санитарно-гигиенической комфортности помещений.

В настоящее время одним из самых распространенных и применяемых минеральных вяжущих веществ остается портландцемент, при этом на долю извести и гипса приходится лишь около 15 % от мирового объема выпуска вяжущих. Следует отметить, на сегодняшний день производство портландцемента помимо существенной энерго- и материалоемкости, сопровождается также экологическим прессингом.

Расширение производства и применения гипсовых вяжущих и их композитов позволяет в определенной мере решить перечисленные проблемы в совокупности, производство которых на сегодняшний день требует расширения диапазона их использования и обновления технологических решений на основе последних научных достижений.

Однако, следует отметить тот известный факт, что природа структурообразования гипсового вяжущего исключает возможность его применения в условиях резкого температурного перепада или большого температурного градиента.

В связи с этим, необходимо применение современных технологических подходов, позволяющих управлять структурообразованием на микро- и наноуровне для создания эффективных бесцементных композиционных гипсовых вяжущих и материалов на их основе, способных активно сопротивляться температурному воздействию и имеющих более широкий спектр областей практической реализации.

В настоящее время рядом автором ведутся исследования по введению глиноземистой смеси и углеродных нанотрубок в гипсовые системы [1-3]. Доказана возможность образования кристаллогидратов повышенной плотности, образования малодефектной структуры, изменение морфологии новообразований и повышение физико-механических свойств.

При этом в большинстве разработанных композиционных гипсовых вяжущих помимо кремнеземистого компонента, присутствуют и ряд других составляющих системы. Тогда как сам кремнеземистый компонент в большинстве случаев вводится не для взаимодействия с гипсовой системой, а для устранения побочных продуктов синтеза с другими вводимыми компонентами.

Так же комплексом проведенных исследований установлено, что введение в систему реакционно-активных тонкодисперсных компонентов позволяет получать композиты с приобретенными эмерджентными свойствами, не характерными для исходных составляющих [4].

К перспективным материалам нового поколения относятся наноструктурированные вяжущие негидратационного типа твердения (НВ), которые могут применяться для производства композитов строительного и специального назначения. Энергосберегающая и экологически безопасная технология атермального синтеза данного вяжущего, его неограниченный срок хранения и значительный температурный интервал эксплуатации говорят о несомненных преимуществах НВ [5].

Ранее было изучено влияние наноструктурированного кремнеземного компонента (НКК), вводимого в систему в виде НВ (в концентрационных пределах от 10 до 30 % вес.) на гипсовое вяжущее [6]. Кроме этого, показана принципиальная возможность повышения жаростойкости композиционных гипсовых вяжущих [7].

В связи с этим представляется актуальной разработка композиционного гипсового вяжущего, способного активно сопротивляться высокотемпературному воздействию, путем проектирования рациональных составов композиций с применением кремнеземной составляющей.

Целью проведенных исследований являлась оценка возможности создания жаростойких строительных материалов на основе композиционного гипсового вяжущего (КГВ) с применением НКК в расширенном диапазоне его концентраций.

В работе использовался полуводный гипс марки Г-5. В качестве компонента вводилось наноструктурированное SiO_2 -вяжущее (НВ) в виде НКК в интервале от 10 до 90 (% вес.) по сухому веществу. НВ представляет собой полидисперсную, минеральную вяжущую систему, обладающую высокой концентрацией активной твердой фазы и содержащую нанодисперсный компонент в количестве 5–10 %. Это вяжущее получали путем помола кварцевого песка по мокрому способу в шаровой мельнице [5].

Экспериментальные составы КГВ формовались в виде образцов-балочек размером 16×4×4 см. Процесс твердения проходил в естественных условиях при температуре 22±2 °С в течении 2-х часов, после чего образцы вяжущего были высушены при температуре 35 °С, в течении суток.

Определение прочностных характеристик – предела прочности на сжатие и растяжение при изгибе, проводились на прессе гидравлическом

ПГМ 100, при средней скорости нарастания нагрузки при испытании образцов 10 ± 5 кг/см² в секунду.

Результаты испытаний эксплуатационных свойств экспериментальных составов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики композиционного наноструктурированного гипсового вяжущего

№ п/п	Наименование показателей	Содержание НВ в КГВ, %							
		0	30	40	50	60	70	80	90
1	Предел прочности на сжатие, МПа	13,28	11,9	10,45	8,53	8,49	6,6	4,02	2,26
2	Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	2,9	4,3	3,7	3,0	2,7	1,9	1,3	0,7
3	Плотность, кг/м ³	1178,4	1267,9	1309,5	1331,8	1399,5	1481,4	1529,8	1651,7
4	Водогипсовое отношение	0,57	0,68	0,75	0,89	1,08	1,42	2,08	3,08
5	Время твердения, начало	8'35"	17'15"	21'25"	26'28"	32'5"	38'18"	44'48"	52'55"
6	Время твердения, конец	16'25"	27'25"	33'20"	38'50"	44'10"	52'5"	более 1000'	более 1000'

Параллельно была заформована серия аналогичных составов КГВ и подвергнута высокотемпературной обработке в диапазоне температур от 600 до 1000 °С. Результаты прочности на сжатие термообработанных составов представлены на рис. 1.

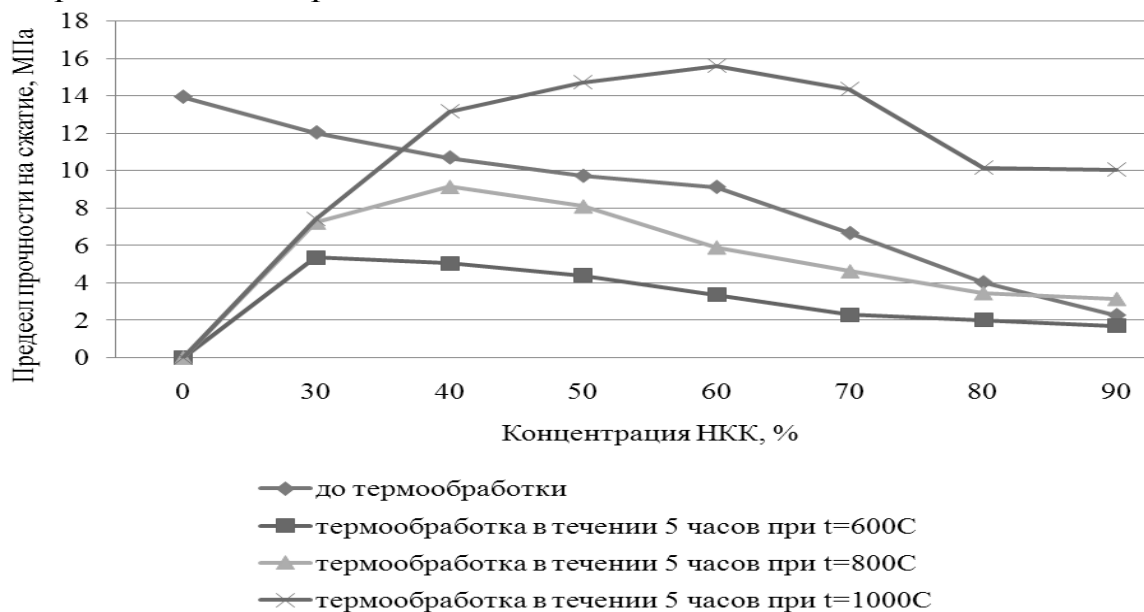


Рисунок 1. Влияние концентрации НВ на прочностные показатели КГВ при термообработке

Анализ результатов определения прочностных характеристик экспериментальных составов до и после термообработки показал, что положительный эффект наблюдается при содержании НВ в системе от 30 до 70 %. При этом у контрольного состава после температурного воздействия присутствуют существенные деформации, из-за которых образцы не подлежат испытанию (рис. 2).

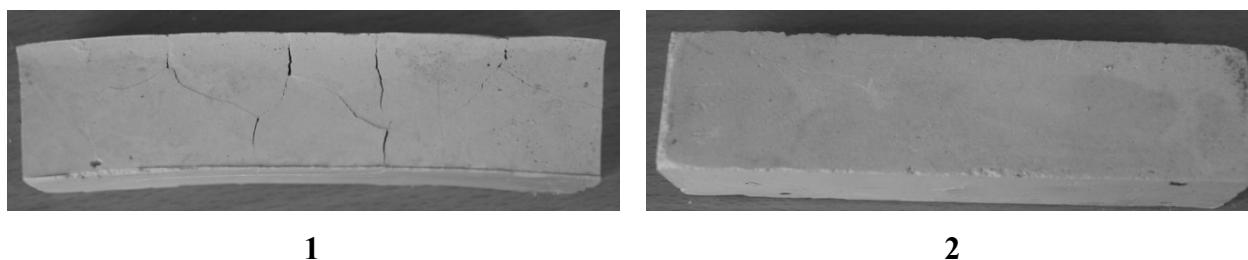


Рисунок 2. Влияние термообработки ($t = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$) на: 1 – Гипсовое вяжущее; 2 – Композиционное гипсовое вяжущее

Дальнейшее увеличение содержания НВ в системе нецелесообразно, так как происходит снижение прочности, что может быть объяснено перенасыщением системы твердой фазы и недостатком дисперсионной среды, участвующей в процессе гидратации.

Для детализации представлений о термических фазовых трансформациях в КГВ и количественного определения концентраций кристаллических минеральных образований, использовался метод полнопрофильного РФА с применением программы DDM v.1.95d в варианте ритвельдовского алгоритма [8].

Минеральный состав экспериментальных составов, полученный полнопрофильным количественным РФА, представлен в табл. 2.

Таблица 2

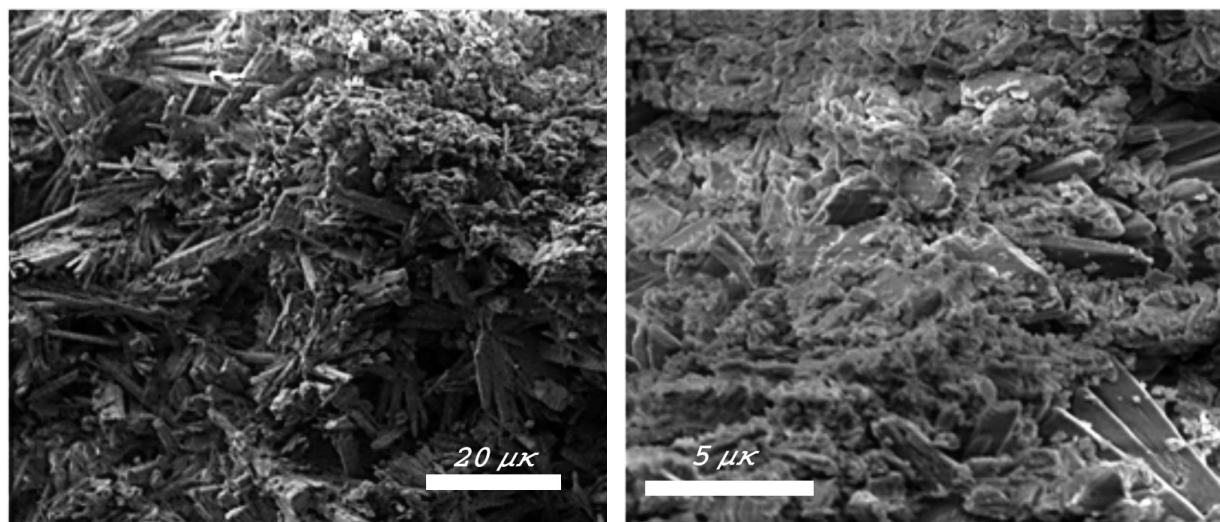
Минеральный состав вяжущих

Минеральная фаза	Концентрация НВ (вес.%)			
	Контроль (0 НВ)	30 НВ	50 НВ	70 НВ
Кварц	1,5±0,1	33,1±1,6	53,5±7,3	67,5±3,6
Гипс	87,9±0,6	55,8±3,4	36,7±4,7	28,2±2,3
Бассанит	5,7±0,6	4,5±0,4	1,64±0,2	
Кальцит	1,5±0,1	3,1±0,4	3,3±0,4	3,0±0,3
Гидроксиэлластадит		3,5±1,5	4,8±1,6	1,4±0,7

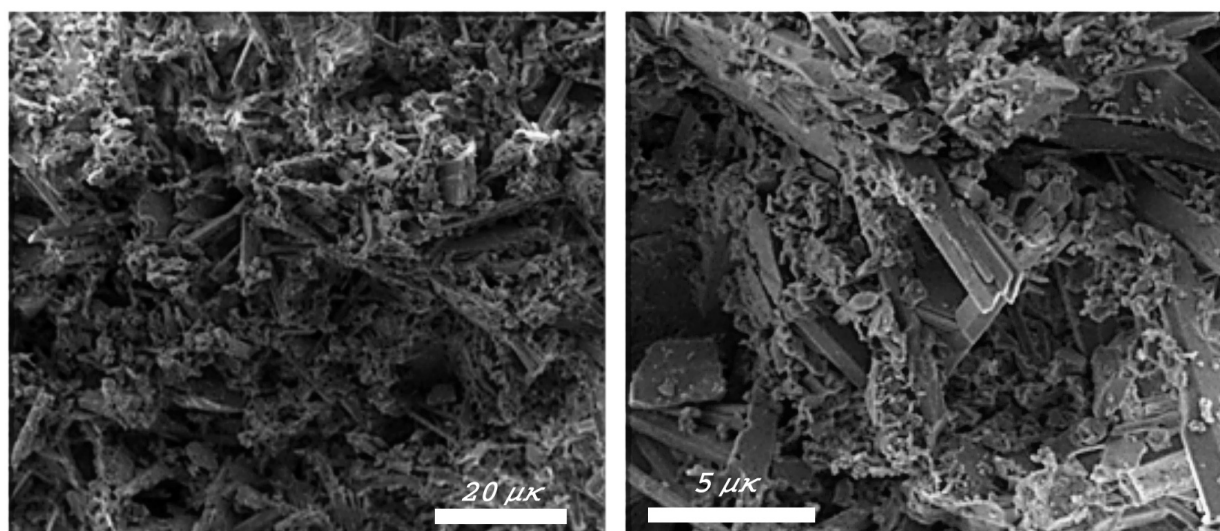
Согласно приведенным данным, результатом взаимодействия гидратирующего гипсового вяжущего с активным коллоидным кремнеземным компонентом НВ является формирование сульфосиликатной фазы – гид-

роксиэллестадита. Эта фаза рентгенометрически была зафиксирована в составах гипокремнеземных вяжущих составов 30–70 % вес.

Микроструктура КГВ имеет существенные отличия от исходного гипсового вяжущего. Так, структура контрольного состава отличается наличием более крупных кристаллов, с контактами срастания в отдельных точках (рис. 3, а).



а) ГВ



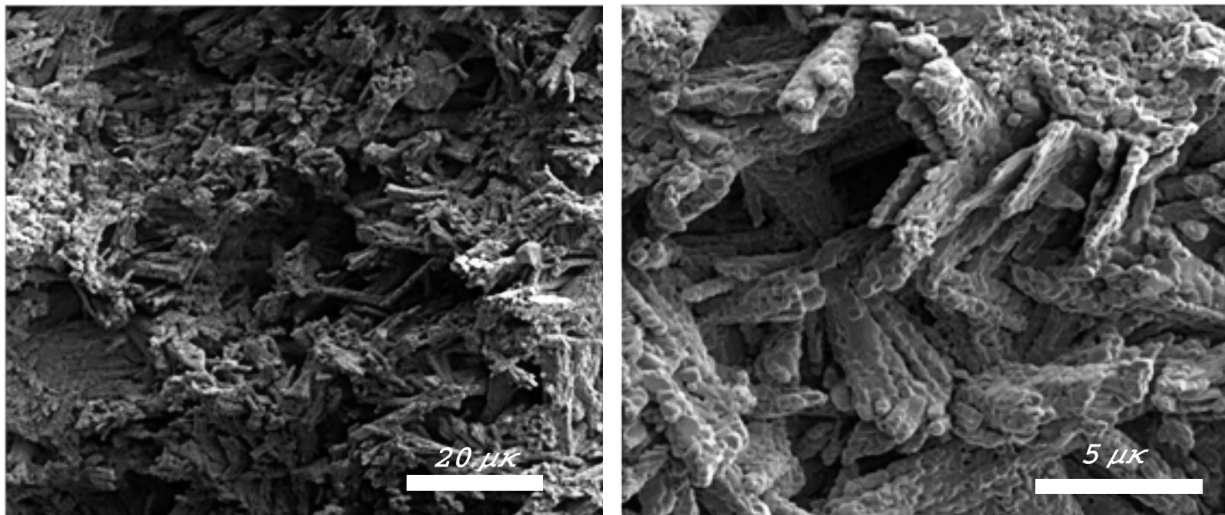
б) 50 % НВ(S)

Рисунок 3. Микроструктура: а) ГВ; б) КГВ с 50 % НКК до термообработки

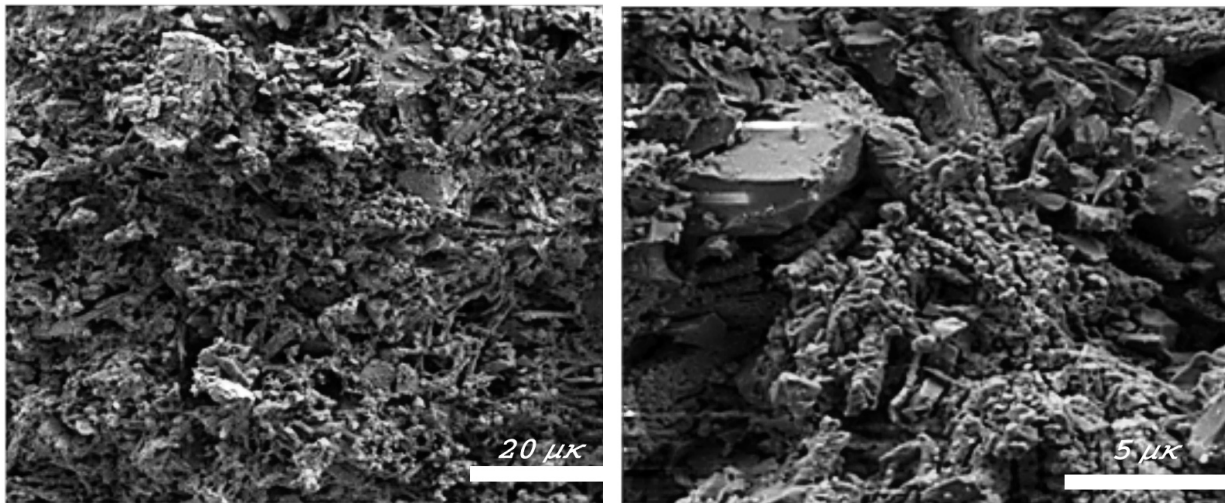
Введение НВ в гипсовую систему приводит к изменению размеров и морфологии кристаллов гипса. При увеличении содержания кремнеземного компонента наблюдается структура с отдельными кристаллами гипсово-

го вяжущего не связанных между собой, что ведет к снижению прочностных характеристик (рис. 3, б).

Микроструктура гипсового вяжущего после высокотемпературной обработки (рис. 4, а) представлена типичными кристаллическими индивидами с проявленным идиоморфизмом ангидрита. Микроструктура КГВ (рис. 4, б) характеризуется преобладающим отношением индивидов с пластинчатой морфологией к мелкокристаллическим изометричным индивидам, располагающимся эпитаксиально на них или образующих глобулярное скопление.



а) ГВ



б) 50 % НВ(S)

Рисунок 4. Микроструктура: а) ГВ; б) КГВ с 50 % НКК после термообработки при 800°C

Возникновение структурно-сопряженных контактных зон между минеральными новообразованиями и наполнителями композиционных вяжущих является важнейшим фактором формирования высоких прочностных и других эксплуатационных свойств строительных материалов. В особой степени это относится к композиционным сульфосиликатным вяжущим с суперпозицией механизмов твердения.

Таким образом, в результате проведенного комплекса экспериментальных исследований, доказана возможность создания жаростойких строительных материалов на основе композиционного гипсового вяжущего (КГВ) с применением НКК в расширенном диапазоне его концентраций.

Литература

1. Бердов Г.И. Повышение свойств композиционных строительных материалов введением минеральных микронаполнителей / Г.И. Бердов, Л.В. Ильина, В.Н. Зырянова, Н.И. Никоненко, А.В. Мельников // Бетоны, 2012. – №2.
2. Кудяков А.И. Влияние микронаполнителей на свойства гипсовых вяжущих / А.И. Кудянов, Л.А. Аниканова, В.В. Редпих // Прогрессивные материалы и технологии в современном строительстве: Сборник трудов Международной научной конференции. – Новосибирск, 2007–2008. – С. 115–118.
3. Куц, Л.И. Цеолиты – эффективная минеральная добавка в гипсовые вяжущие / Л.И. Куц, У.В. Буланая. – Сухие строительные смеси, 2011. – №1. – С. 23.
4. Петропавловская, В.Б. Оптимизация внутренней структуры дисперсных систем негидратационного твердения / В.Б. Петропавловская, В.В. Белов, Т.Б. Новиченкова, А.Ф. Бурьянов, А.П. Пустовгар // Строительные материалы, 2010. – №7. – С. 22–23.
5. Череватова, А.В. Минеральные наноструктурированные вяжущие. Природа, технология и перспективы применения / А.В. Череватова, И.В. Жерновский, В.В. Строкова. – LAM LAMBERT AcademicPublishingGmbH&Co. KG. – Saarbrücken. – 2011. – 170 pp.
6. Строкова, В.В. Особенности фазообразования в композиционном наноструктурированном гипсовом вяжущем / В.В. Строкова, А.В. Череватова, И.В. Жерновский, Е.В. Войтович // Строительные материалы. – 2012. – № 7. – С. 9–12.
7. Жерновский, И.В. Жаростойкость композиционного вяжущего системы $\text{CaO-SO}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ / И.В. Жерновский, А.В. Череватова, Е.В. Войтович, А.Д. Кснофонов // Строительные материалы. – 2014. – № 7. – С. 57–60.
8. Solovyov L.A. Full-profile refinement by derivative difference minimization // Journal of Applied Crystallography. 2004. 37. P.743–749.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ С ДИСПЕРСНЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ

Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю., Герасимов А.В.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

В настоящее время отмечается значительное истощение природных ресурсов в мире (гораздо быстрее, чем они могут быть пополнены). В связи с этим необходимо рациональное и комплексное использование природных ресурсов, поиски новых источников сырья, топлива и энергии.

Не меньше внимания требуют вопросы вторичной переработки всевозможных отходов производственной деятельности людей, большинство из которых выбрасывается в отвалы и загрязняют окружающую среду [1-3].

В связи с этим требуется применение новых видов доступных природно-сбалансированных сырьевых ресурсов, с учетом их генезиса и устойчивости системы «человек – материал – среда обитания» для создания бетонов нового поколения, отличительной особенностью которых является учет физико-химических возможностей каждого компонента бетонных и строительных смесей, предыстории подготовки и взаимодействия их друг с другом, осознанный выбор методов их активации и модифицирования.

Этим требованиям в полной мере отвечают гипсовые композиционные материалы, производство которых на сегодняшний день требует расширения диапазона их использования и обновления технологических решений на основе последних научных достижений.

Эффективным методом повышения эксплуатационных характеристик строительных материалов на гипсовых вяжущих является решение проблемы их совмещения с портландцементом и кремнеземсодержащими минеральными добавками определенного генезиса в единую композицию и управление формированием устойчивых структур при их совместном твердении [2].

Известно, что генезис и техногенез сырья определяют эффективные области его применения, поэтому для производства гипсовых композиционных материалов на композиционном гипсовом вяжущем (КГВ) целесообразен поиск сырья, которое заранее претерпело естественную технологическую активизацию пород за счет глубинных геологических или техногенных процессов. КГВ на их основе различаются по прочности, зависящей от гидравлической активности минеральной добавки и гипсового вяжущего. Применение такого сырья имеет свои специфические особенности в процессе приготовления сырьевой смеси и при твердении композитов.

В БГТУ им. В.Г. Шухова получены КГВ с новым видом минеральных добавок, существенно отличающимся от традиционно применяемого кварцевого сырья – отходами мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (отходами ММС).

Крупнотоннажные отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (отходы ММС) в результате естественной технологической активизации пород за счет глубинных геологических процессов, прошли путь от седиментогенеза до катагенеза и метагенеза, претерпели динамометаморфизм и высокотемпературный, контактный метаморфизм, и являются уникальным и эффективным сырьем для управления процессами структурообразования КГВ (рис.1).



Рисунок 1. Эволюция кварца отходов ММС железистых кварцитов

Их основной порообразующий минерал (кварц) представлен тремя генетическими типами, включая реакционно-способные разновидности.

Халцедоновидная разупорядоченная активная разновидность кварца отходов ММС, взаимодействует с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, с образованием гидросиликатов кальция, которые существенно самоуплотняют систему в процессе структурообразования. А устойчивые разновидности динамо-метаморфизованного и контактно-метаморфизованного кварца выполняют роль центров кристаллизации и микронаполнителя матрицы, что улучшает трещинообразование и другие характеристики композита.

Состоят отходы ММС в основном из остроугольных изометрических агрегатов и отдельных частиц кварца, значительно в меньших количествах присутствует магнетит, гематит, силикаты и карбонаты (рис.2).

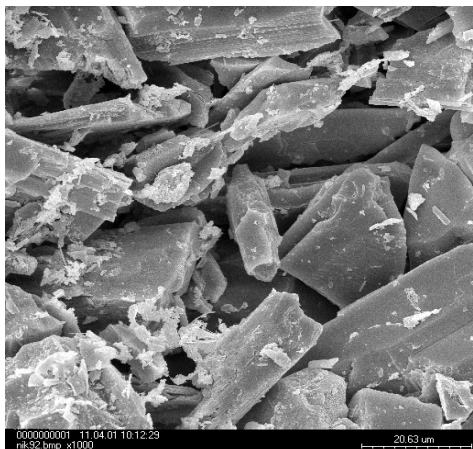


Рисунок 2. Микрофотоснимок отходов ММС, РЭМ

гидравлической активностью, т.е. способны взаимодействовать с гидроксидом кальция, выделенным при гидратации алита с образованием нерастворимых соединений.

Размеры, форма и морфология поверхности тонкомолотых частиц минеральных добавок не одинакова, что влияет на скорость гидратации вяжущих, условия кристаллизации и вносит существенные изменения в характер новообразований (рис. 3).

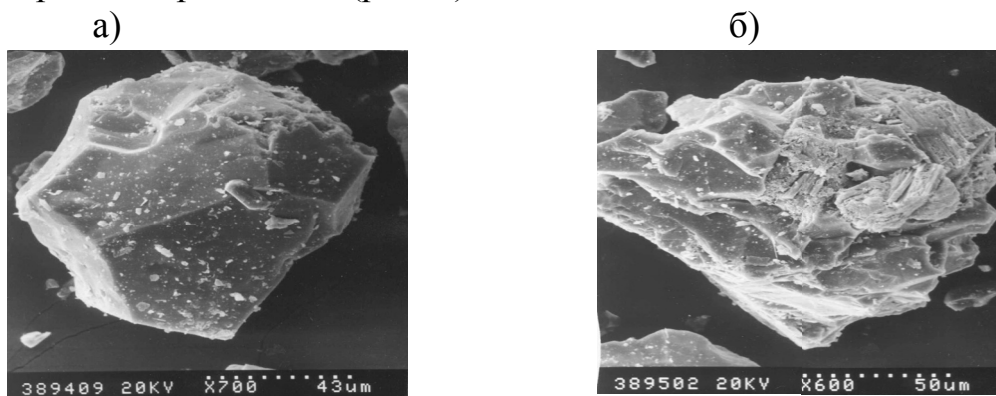


Рисунок 3. Микроструктура и морфология тонкомолотых отходов ММС :

- а) контактово-метаморфический кварц в отходах ММС;
- б) кварц – тектонита в отходах ММС

Дефекты кристаллической структуры и минеральные включения увеличивают гидравлическую активность минеральных добавок.

При помоле отходов ММС до удельной поверхности $500 - 600 \text{ м}^2/\text{кг}$, КГВ на их основе имеют полидисперсное распределение частиц по

размерам с наличием пиков на интегральных кривых в области средних и мелких частиц, что способствует формированию оптимальной микроструктуры композита за счет более плотной упаковки частиц, ускорению процессов структурообразования, повышению прочности на ранней стадии гидратации и при длительном твердении (рис.4).

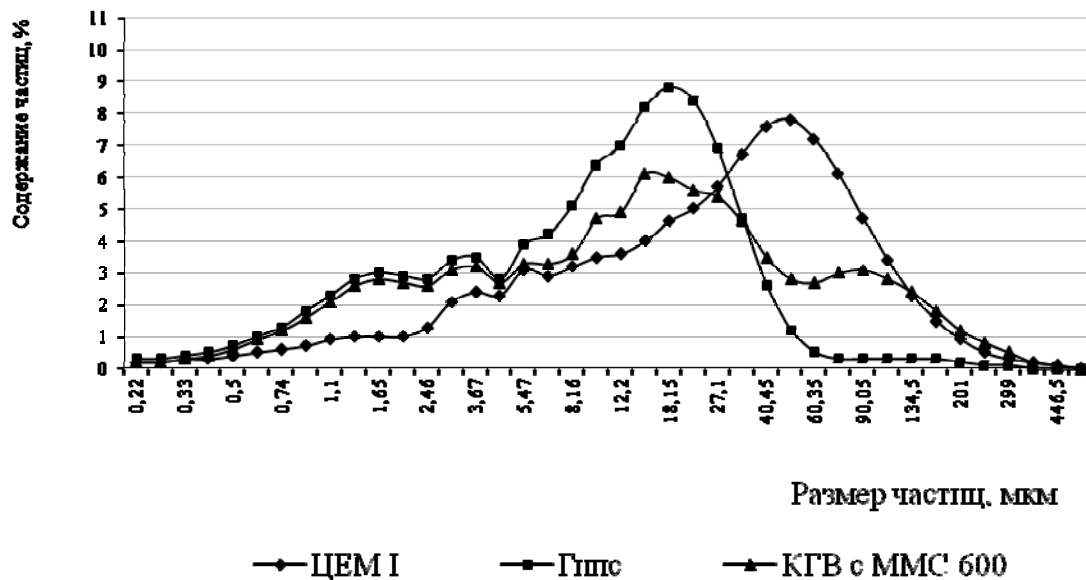


Рисунок 4. Распределение частиц гипса, ПЦ и КГВ по размерам

Для обеспечения долговечности и оптимальных условий твердения композиционного гипсового вяжущего (в соответствии с ТУ 21-31-62-89 Гипсоцементно-пуццолановое вяжущее), совместно с тонкомолотой до удельной поверхности $600 \text{ м}^2/\text{кг}$ минеральной добавкой отходов ММС (соотношение портландцемент : ММС = 1:1) дополнительно в состав КГВ вводили небольшое количество нанодисперсного кремнезема, полученного путем выделения из природных гидротермальных источников вулканогенных областей, с высокой удельной поверхностью и содержанием SiO_2 в материале, осажденном из золя, до 99,72 % (табл. 1.).

КГВ получали смешиванием в шаровой мельнице гипсового вяжущего марки Г-5БП с гидравлическим компонентом (цемент + отходы ММС), совмещенным с кратковременным помолотом.

Для лучшего распределения нанодисперсного кремнезема в гипсоцементной смеси, его предварительно диспергировали (2 минуты) в необходимом количестве воды в скоростном смесителе, а затем смешивали с композиционным гипсовым вяжущим. При диспергировании возрастает активность вещества в твердом состоянии и скорость физико-химического взаимодействия с окружающей средой. Чем тоньше структура вещества, тем быстрее оно растворяется или тем быстрее протекают твердо-фазовые

реакции, способствующие эффективному управлению процессами структурообразования [4,5].

Таблица 1

Основные характеристики нанодисперсного кремнезема

№	Показатели	Значения
1	pH	8,0...9,2
2	Общее содержание SiO ₂ , г/дм ³	3,0...62,5
3	Плотность золя, г/дм ³	1001...1325
4	Концентрация примесей, мг/дм ³	873...1070
5	Средний диаметр наночастиц, SiO ₂ , нм	5...100
6	Средний дзета-потенциал поверхности наночастиц, мВ	-25,0...-56,0
7	Средний диаметр пор порошка, нм	3...6
8	БЭТ-площадь, м ² /г	80...500
9	Объем пор, см ³ /г	0,2...0,8
10	Содержание SiO ₂ в материале, осажденном из золя, масс. %	до 99,72

В результате проведенных исследований были получены составы гипсоцементного камня со значениями предела прочности на сжатие в 28 суточном возрасте от 10,2 до 23,0 МПа.

Дополнительное введение нанодисперсного кремнезема в состав КГВ (оптимальное количество 3 % от массы портландцемента) обеспечивает ускорение начальной стадии твердения до 2,8 раз и приводит к повышению активности вяжущего до 2,3 раз. Коэффициент водостойкости оптимального состава равен 0.85 (табл. 2).

Таблица 2

Предел прочности при сжатии (МПа) образцов КГВ камня (В/В_{вяж}=0.5)

Показатели		Содержание нанодисперсной добавки, % от массы цемента в составе КГВ								
		-	0,005	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5
Возраст образцов	2 ч	3,4*	3,6	3,8	4,0	4,3	4,6	5,1	9,5	8,2
	28 сут	10,2*	11,8	12,6	13,3	14,5	15,0	15,4	23,0	21,8
Кразм.		0.78	-	-	-	-	-	-	0.85	-

Примечание: *состав КГВ, % по массе: Г:Ц:ММС=70:15:15

Минеральные добавки (отходы ММС + нанодисперсный кремнезем) в составе КГВ активно участвуют в процессе гидратации. В качестве продуктов гидратации в исследованных пробах присутствуют: двуводный сульфат кальция ($d=7,69; 4,30; 3,81; 3,07; 2,88 \dots \text{Å}$); частично закristаллизованный тоберморитоподобный гидросиликат кальция ($d=4,9;$

3,07; 2,88; 2,79; 2,42; 1,99; 1,81...Å); карбонат кальция (d=2,5; 2,49; 2,29; 2,09; 1,9...Å); следы портландита (d=1,78;1,67... Å); низкоосновные гидроалюминаты кальция (d=3,35; 2,29; 2,22 ...Å).

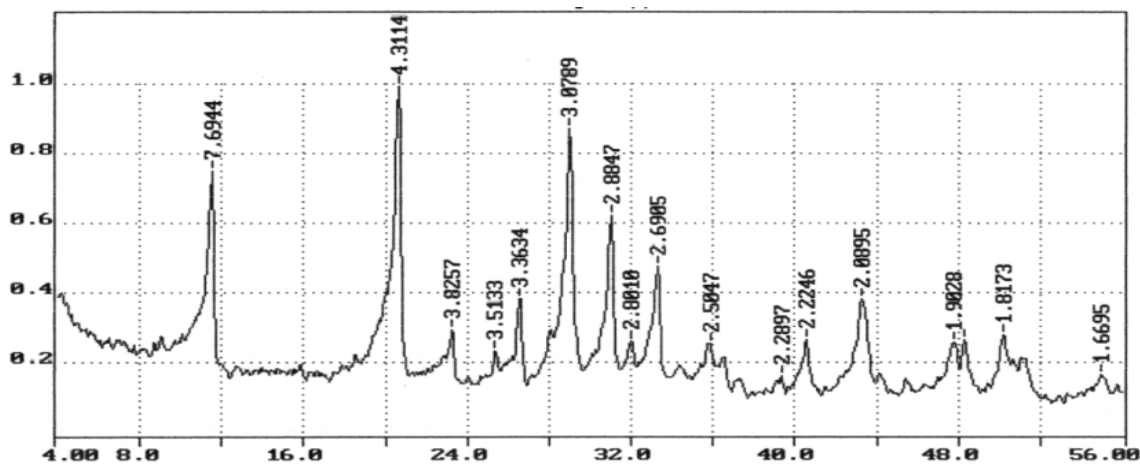


Рисунок 6. РФА затвердевшего КГВ

Таким образом было установлено, что введение минеральных добавок (отходов ММС совместно с нанодисперсным кремнеземом) в состав КГВ способствует более раннему связыванию $\text{Ca}(\text{OH})_2$, выделяющемуся при гидратации C_3S , интенсифицирует процесс гидратации клинкерных минералов и оптимизирует структуру гипсоцементного камня. Более крупные частицы минеральных добавок выступают в качестве центров кристаллизации, а также выполняют роль микронаполнителя и улучшают эксплуатационные характеристики гипсоцементного камня.

Литература

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В. Ферронской. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 488 с.
2. Чернышева Н.В. Использование техногенного сырья для повышения водостойкости композиционного гипсового вяжущего // Строительные материалы, 2014, №8. – С.53 – 56.
3. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю. Высокоэффективные композиционные вяжущие с использованием наномодификатора / Вестник Центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук: сб. науч. ст. //

РААСН, ВГАСУ. – Воронеж: Изд-во Ворон. гос. арх.-строит. уни-та, 2010. – С. 90 – 94.

4. Лесовик В.С., Потапов В.В., Алфимова Н.И., Ивашова О.И. Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификатора // Строительные материалы, 2011, №12. – С.60 – 62.

5. Горев Д.С. Потапов В.В. Получение нанокремнезема на основе гидротермальных растворов: монография. М.: Издательство дом Академии Естествознания. 2015. –124 с.

БЕЗОБЖИГОВЫЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ДИГИДРАТА СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ

Петропавловская В.Б., Чубисов И.Е., Новиченков Г.В.
Тверской государственный технический университет

Структура гипсового камня негидратационного твердения, формирующаяся в системе дигидрата сульфата кальция имеет более плотную упаковку частиц по сравнению с гипсовым камнем гидратационного твердения, что обусловлено использованием сырьевой смеси на основе бинарных смесей дигидрата с нормированным гранулометрическим составом и технологии гиперпрессования [1]. Требование к наличию высокодисперсной фазы в составе бинарной смеси предопределяет ее получение путем диспергирования гипсового камня.

Известно, что получение гипсовых порошков высокой дисперсности является достаточно сложной задачей, в особенности при использовании природного гипсового камня[2].

Частичная замена высокодисперсной составляющей дигидрата в бинарной смеси отходом производства схожего зернового состава возможно позволит не только повысить энергетическую эффективность, снизить затраты на получение композиционных материалов и изделий, но и улучшить их эксплуатационные характеристики.

Известно, что ультра- и нанодисперсные порошки, при их введении в гипсовые и ангидритовые композиционные составы, могут способствовать изменению размера и морфологии кристаллических новообразований и формированию упорядоченной, плотной и однородной структуры гипсового камня, что приводит к снижению дефектности структуры гипсового камня, его пористости и увеличению площади контактов кристаллогидратов, обеспечивающих повышение эксплуатационных характеристик гипсовых изделий [3, 4].

Однако процесс структурообразования модифицированных композитов на основе дигидрата сульфата кальция имеет свои характерные особенности [1].

Известно, что для образования фазовых контактов в условиях негидратационного твердения таких систем предпочтительно соблюдение однородности кристаллизующегося вещества и подложки [1, 6]. Поэтому необходимо исследовать возможность воздействия размера, физико-химической активности частиц вяжущего и добавки на процессы их растворения и кристаллизации эффективного композита [5, 6].

В работе исследовалось влияние давления прессования и водотвердого отношения на свойства структур негидратационного твердения на основе дигидрата сульфата кальция, модифицированного

высокодисперсной техногенной добавкой – пылевидным отходом производства базальтового волокна.

В качестве основного компонента сырьевой смеси использовались отходы Конаковского фаянсового завода в виде отработанных форм для литья, изготовленные в условиях фарфоро-фаянсового завода литьевым способом из вяжущего Пешеланского гипсового комбината.

Исследования проводились с использованием бинарных сырьевых смесей дигидрата со средним размером частиц в составе гипсовых порошков грубого и тонкого помола 4,18 и 2,8 мкм соответственно [1].

В качестве высокодисперсного модификатора была использована базальтовая пыль – отход пылеудаления производства базальтового волокна, ООО «Парок» Тверской области. Содержание модификатора составляло 10 % по результатам ранее выполненных исследований [7].

Зерновой состав порошков оценивали по результатам дисперсионного анализа с помощью лазерного анализатора типа Fritsch Particle Sizer Analysette 22. Среднюю плотность и прочность прессованных гипсовых образцов-цилиндров, полученных методом полусухого прессования на лабораторном гидравлическом прессе и выдержанных 28 суток, оценивали по требованиям ГОСТ.

Результаты исследований приведены на рисунках 1-3.

Согласно проведенным исследованиям модифицированного композиционного гипсового материала отмечается, что с увеличением давления прессования от 30 до 90 МПа происходит монотонное повышение механических характеристик композиционного материала до значения давления 60 МПа, а затем наблюдается спад прочностных характеристик.

Исследованиями прочности модифицированного гипсового камня (рис. 1) от В/Т отношения установлено, что зависимость носит параболический характер для всех исследованных составов. Максимальная прочность наблюдается при $V/T=0,065$. В интервале водотвёрдого отношения от 0,05 до 0,065 и давления прессования от 30 до 60 МПа прочность композиционного материала увеличивается, что объясняется, по-видимому, повышением количества кристаллизационных контактов и увеличением площади единичных контактов. Это приводит к структурированию гипсовой матрицы и достижению максимального уплотнения гипсового композита.

Дальнейшее увеличение водотвёрдого отношения до 0,07 и давления до 90 МПа способствует разуплотнению структуры модифицированного гипсового камня и повышению его пористости (рис. 2). Количество высокодисперсной фазы дисперсной системы превышает оптимальное значение, что и приводит к снижению механических свойств композиционного материала.

Немаловажным фактором является совместное влияние давления и водотвёрдого отношения на прочность и плотность модифицированной структуры. В исследованиях водотвердое отношение (В/Т) варьировалось от 0,05 до 0,07.

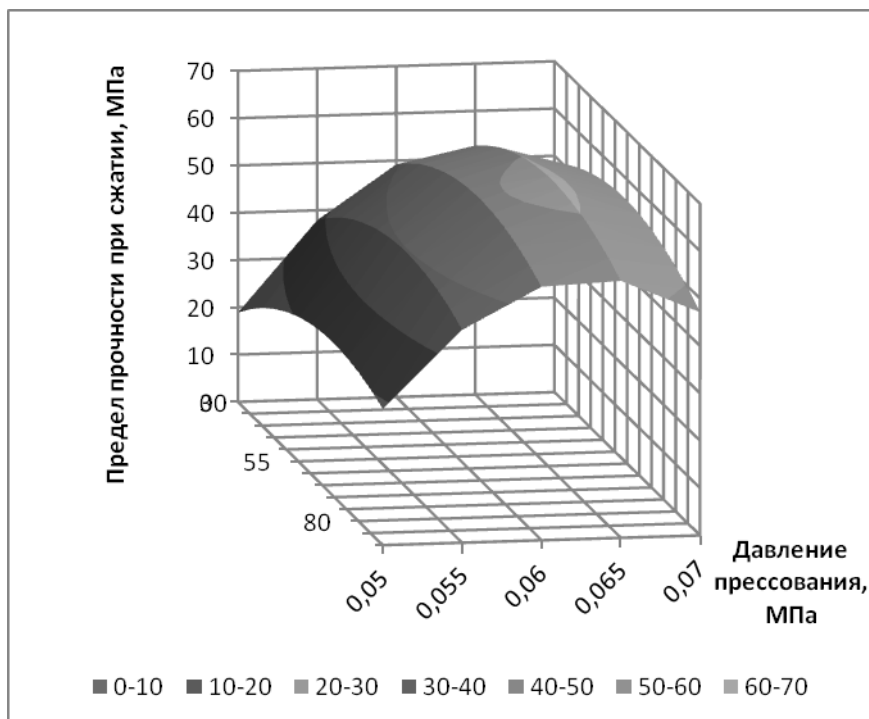


Рисунок 1. Влияние давления прессования и водотвердого отношения на прочность безобжигового гипсового модифицированного камня

При увеличении водосодержания в системе до 0,065 (рис. 3) прессуемость порошковой сырьевой смеси улучшается за счет образования водных прослоек вокруг зерен композиционного материала, способствующих более плотной упаковке частиц.

Определенному гранулометрическому составу смеси соответствует определенное водотвердое отношение, при котором прочность получаемого материала достигает максимального значения вследствие пластифицирующего действия воды. Для модифицированного гипсового композита оптимальное водотвердое отношение по показателям прочности и структурных характеристик составляет 0,065.

Таким образом, регулирование свойств гипсовых композиций негидратационного твердения путем модификации их состава отходом пылеудаления производства базальтового волокна позволит обеспечить повышение физико-технических свойств гипсовых материалов и изделий на их основе при обеспечении оптимальных условий структурообразования. Исходя из химического состава высокодисперсного

модификатора, содержащего 45-52 % кремнезёма, обладающего наиболее высокой энергией связи Са – О, прочность образующейся при твердении структуры повышается.

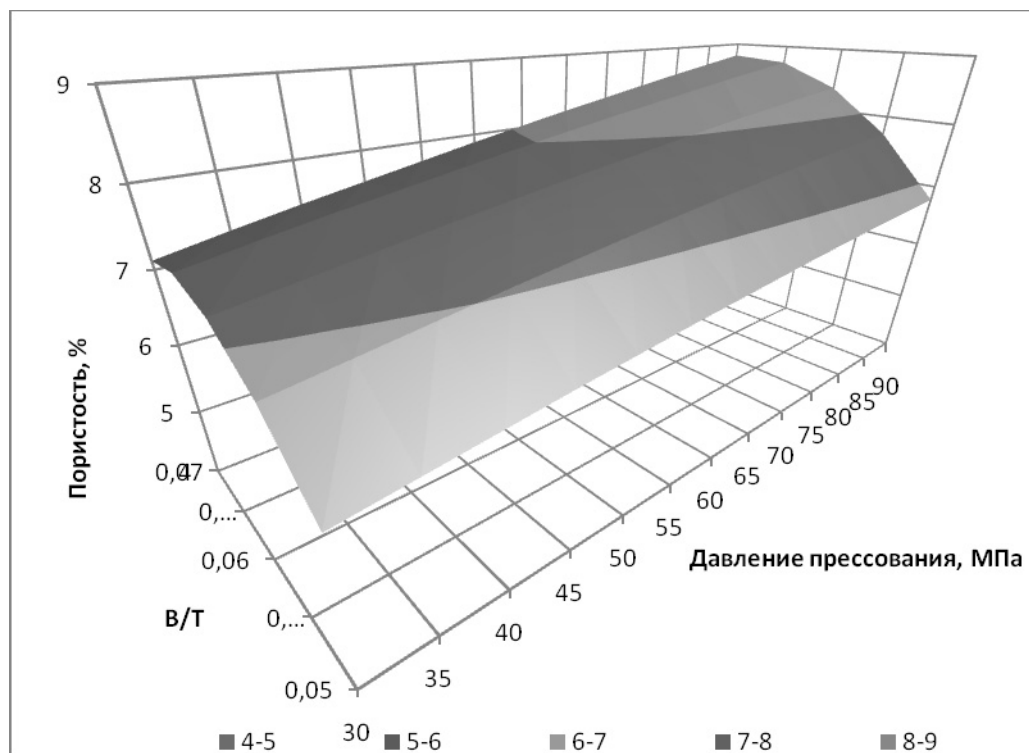


Рисунок 2. Влияние давления прессования и водотвердого отношения на пористость безобжигового гипсового модифицированного камня

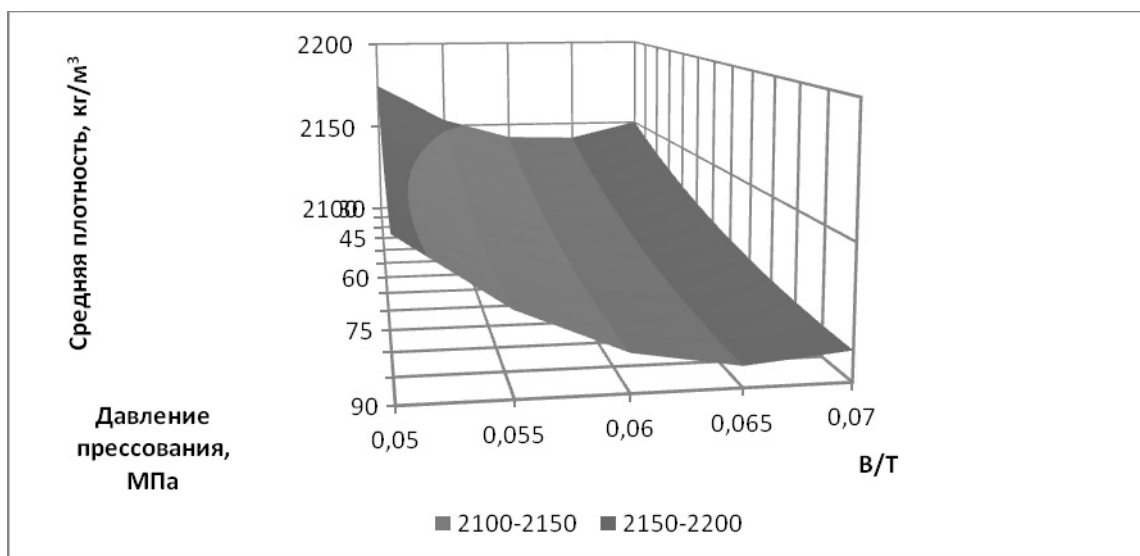


Рисунок 3. Влияние давления прессования и водотвердого отношения на среднюю плотность безобжигового гипсового модифицированного камня

Определенному гранулометрическому составу смеси соответствует определенное водотвердое отношение, при котором прочность получаемого материала достигает максимального значения вследствие пластифицирующего действия воды. Оптимальное водотвердое отношение для модифицированного состава гипсовой сырьевой смеси по показателям прочности и структурных характеристик составляет 0,065. Композиционный гипсовый материал оптимального состава характеризуется средней плотностью 2150 кг/м³ и прочностью при сжатии в возрасте 28 суток – 63 МПа.

Литература

1. Петропавловская В.Б., Белов В.В., Новиченкова Т.Б. Малоэнергоемкие гипсовые строительные композиты: монография / Тверской государственный технический университет. Тверь, 2014. 136 с.
2. Гаркави М.С., Артамонов А.В., Колодежная Е.В., Трошкина Е.А. Цементы низкой водопотребности центробежно-ударного помола и бетоны на их основе // Технологии бетонов. 2014. № 10 (99). С. 25-27.
3. Пат. 2302394 Российская Федерация, МПК С 04 В 11 02. Способ производства гипсового вяжущего / Долгих А.П., Рыжов А.В.; заявитель и патентообладатель закрытое акционерное общество "Самарский гипсовый комбинат". - № 2302394; заявл. 04.08.2005.
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. Лебедев А.Л. Кинетика растворения гипса в воде // Геохимия. 2015. № 9. С. 828.
6. Чернышов Е.М., Степанова М.П., Потамошнева Н.Д. Портландито-алюмосиликатные контактно-конденсационные системы твердения и композиты на их основе: оптимизация определяющих условий и факторов технологии // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2012. № 3. С. 96-105.
7. Петропавловская В.Б., Полеонова Ю.Ю. Модифицированные безобжиговые гипсовые композиты с повышенными эксплуатационными характеристиками // Инновации и моделирование в строительном материаловедении и образовании: материалы Международной заочной научно-технической конференции. 2014. С. 105-108.

ГИПСОСОДЕРЖАЩИЕ ВЯЖУЩИЕ ИЗДЕЛИЯ НА МОРСКОЙ ВОДЕ

Шамис Е.Е., Присяжнюк М.И., Иванов В. Д.

Технический Университет Молдовы, Одесская Государственная академия строительства и архитектуры, ЕРМIS (Молдова)

Гипсоцементно-пуццолановое вяжущее было предложено А.В. Волженским. ГЦПВ сохранил прекрасное свойство гипса - быстрое схватывание, но одновременно приобрёл качество водо- и атмосферостойкости. Это не замена гипса или портландцемента в качестве вяжущего, а новый материал, имеющий свою область применения. Это принципиальная установка исследования. У гипса есть своя сфера применения, но не возбраняется использовать его в составе других материалов, каким и является ГЦПВ, то есть гипсу-гипсовое, а ГЦПВ-гцпвиное. Если подходить к ГЦПВ с таких позиций, то это и есть новый материал, имеющий свою область применения.

В частности он был предложен в 1961 г в Кишинёве для производства объёмных блоков санузлов и инженерных коммуникаций и применяется до настоящего времени. Он был испытан в семидесятых годах для изготовления блок-комнат. Причём блок-комната размерами в плане 6×3 м выдержала по контуру давление в 100 т. Успешно проведены также исследования на пожаростойкость и транспортабельность. Исследования проводились в НИИСК (г. Киев). В Молдове уже было принято решение на высшем уровне руководства республики об организации производства объёмных блоков из ГЦПВ, но наступила перестройка, а главным стала борьба с пьянством при идиотском уровне организации, но с начавшемся развалом экономики страны. Где уж тут до индустриального строительства и проблемы ветхого жилья, а шанс был, но упущен. Кстати, о долговечности ГЦПВ как нового материала. Когда производство объёмных санузлов в Кишинёве было прекращено, как идеологически не соответствующее новым веяниям в политике, часть оставшихся блоков распродали.

Мы проверяли. В частности, 4 блока (без покраски), установленные на садовом участке. Они были смонтированы на склоне (ну что выделяют по 6 соток- читатели догадываются) в январе 1992 г. Итого, на сегодня более, чем 24 года, а блокам хоть бы что. Как будто их только что мама родила. Откололи кусочек- живой и здоровый при толщине 4 см, причём арматура как новенькая. Вот и получился опытно- промышленный эксперимент размером почти в четверть века.

Однако во всех случаях для получения материала необходима пресная вода, а её запас составляет всего 9% от мирового объёма воды, причём 85% от этого количества пресной воды содержится в ледниках, но

почти нереально, так что войны за пресную воду могут стать по-настоящему реальными.

Применение морской воды, в которой находится 3,0 % минеральных солей для материалов, содержащих гипс, не практиковалось. Для портландцементных бетонов положительный опыт у нас имеется, закреплённый патентом на изобретение.

Всё это определило актуальность настоящей разработки.

Исследования направлены на возможность использования морской воды для производства ГЦПВ, других вяжущих и изделий, содержащих гипс, преимущественно в промышленности строительных материалов. Это позволит изготавливать стеновые изделия, в частности, промышленные объёмные элементы по типу блок-комнат.

Придать ГЦПВ новые свойства позволяет введение в его состав активных минеральных добавок. Однако в морской воде содержится значительное количество окиси кальция, что несколько видоизменяет его состав, но сущность методики остаётся прежней. Поэтому подбор добавок и их количество производилось по официальной апробированной методике МИСИ, разработанной А.В. Воложенским и его коллегами.

Предложенные научно-инженерные физические методы производства формовочных смесей позволили в лабораторных условиях получить новый материал на основе гипса с применением морской воды. Использовался гипс строительный Г-5, вода морская неактивированная и активированная с помощью гибких концентраторов излучений физического поля, а также в качестве облегчающей добавки алюмосиликатные микросферы.

В результате образцы-балочки $4 \times 4 \times 16$ см, высушенные до постоянной массы, были испытаны и показали результат: на сжатие на неактивированной морской воде 3,93 МПа, на активированной 5,62 МПа, с алюмосиликатными микросферами- 9,14 МПа.

В исследованиях различных материалов по разработанной авторами методике акформикс-технологий с морской водой рост прочности на сжатие составил на 25-29% на изгиб, с микросферами- на 25-27%.

Конечно, это предварительные результаты, исследования продолжаются. Но положительный итог возможен

Новизна исследований заключается в следующем:

- *Использование морской воды для затворения смеси.
- *Использование алюмосиликатных микросфер.
- *Применение акформикс- технологии для гипса.

Литература

1. Волженский А.В. Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия /Волженский А.В, Ферронская А,В, Стамбулко В.И.-М.: Стройиздат,1960.-168 с.
2. Волженский А.В. Гипсовые вяжущие и изделия (технологии, свойства, применение/ Волженский А.В, Ферронская А.В.-М.: Стройиздат,1974.-328 с.
3. Шамис Е.Е. Строительство XXI- инновационные идеи совершенствования индустриальных методов/ Е.Е. Шамис.- Кишинёв: «Technica-info», 2010, 262 с.
4. MD №3703 G2.2008.09.30. Procedeu de preparare a amestecului de constructie pe baza de liant mineral. Патент на изобретение/ Е.Е. Шамис, Т.Г. Лупашку, Я.А. Зубрилина.- Депозит 2005.11.24.
5. Шамис Е.Е. Научно- инженерные физические методы конструирования и изготовления формовочных смесей. Акформикс-технологии / Шамис Е.Е., Иванов В.Д., Присяжнюк М.И. – Кишинёв: INCERCOM, 2015, 172 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОГИПСА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ С НЕСУЩИМ КАРКАСОМ ИЗ ОБЛЕГЧЕННЫХ СТАЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Шигапов ¹ Р.И. Недосеко ², И.В.

¹ Уфимская гипсовая компания

² Уфимский государственный нефтяной технический университет

Планами развития строительного комплекса страны на ближайшую перспективу предусматривается существенное увеличение объемов вводимого малоэтажного и индивидуального жилья. Это обуславливает рост потребления строительных и отделочных материалов на гипсовой основе. Однако в большинстве регионов рост объемов производства и потребления гипсовых строительных материалов касается только отделочных материалов (гипсокартон, штукатурные и шпаклевочные смеси), а производство стеновых изделий на гипсовой основе (за исключением производства пазогребневых перегородочных плит) остается крайне незначительным.

На наш взгляд решить данную проблему поможет увеличение темпов строительства малоквартирных жилых домов индустриальными методами, в частности с использованием каркасной основы и заполнения наружных стен пеногипсом. Это позволяет механизировать наиболее трудоемкие технологические операции на строительной площадке, что существенно удешевляет стоимость квадратного метра и ускоряет сроки сдачи вводимого жилья. Уфимская гипсовая компания имеет многолетний положительный опыт монолитно-каркасного строительства в Уфимском районе одноэтажных зданий (с деревянным каркасом) с использованием модифицированного пеногипса [1,2].

Однако, кроме безусловных положительных сторон (невысокая стоимость, хорошие теплофизические свойства наружных стен) выявился и ряд нерешенных проблем. Главной проблемой является недостаточная степень огнестойкости здания, не смотря на то, что стены из пеногипса негорючие, а деревянные элементы каркаса (брус, доски), несмотря на все возможные варианты их обработки огнезащитными составами все равно являются горючими. Решать данную проблему крайне необходимо, так как в пригородной зоне крупных городов при дефиците земли обеспечить необходимые противопожарные разрывы (20-25 метров для деревянных зданий) не предоставляется возможным.

Возможным решением названных проблем является использование не деревянного каркаса, а легких стальных

оцинкованных профилей (тонкостенные гнутые стальные профили типа ЛСТК). Это обеспечит не только существенное повышение категории огнестойкости здания (до второй степени огнестойкости, как у монолитного железобетона, или кирпичной кладки), снизит трудоемкость строительства (ЛТК-профили автоматизированно раскраиваются на предприятиях), а также, как показали результаты проведенных натуральных испытаний, значительно повысит несущую способность стен и перекрытий

Литература

1. Бабков В.В., Латыпов В.М., Ломакина Л.Н., Шигапов Р.И. Модифицированные гипсовые вяжущие повышенной водостойкости и гипсокерамзито-бетонные стеновые блоки для малоэтажного жилищного строительства на их основе // Строительные материалы. 2012. № 7. С. 4-8.
2. Мирсаев Р.Н., Недосеко И. В., Бабков В. В., Гаитова А. Р., Кузьмин В.В. Гипсошлаковые композиции из отходов промышленности в строительных технологиях // Строительные материалы. 2010. № 7. С. 4-6.

КОМПАНИЯ «ПАМИБРО»- В СТРЕМЛЕНИИ К СОВЕРШЕНСТВУ!

Шутак И.Д.

ООО «Памибро», Украина

Общество с ограниченной ответственностью Украинско-российское совместное предприятие “Памибро” создано в декабре 1996 г. и является первым в Украине предприятием по производству бумажных мешков для строительной, нефтехимической, пищевой и других отраслей хозяйства.

Производство предусматривает изготовление многослойных мешков, открытых или клапанных разных размеров, с разным нанесением цветов, ламинированными либо полиэтиленовыми вставками, с перфорацией.

Продукция Компании соответствует экологическим нормам, мировым требованиям, ДСТУ 2226-88 и ТУ производителя. Кроме этого, Компанией было проведено обучение сотрудников и внедрена система управления качеством, в соответствии с требованиями ISO 9001-2008.

Несмотря на наличие мощных конкурентов, Памибро демонстрирует впечатляющую динамику объемов продаж своей продукции за счет повышения активности на экспортных рынках.

Сейчас Компания экспортирует продукцию в Россию, Беларусь, Молдову, Литву, Казахстан и тому подобное.

К сильным сторонам и конкурентных преимуществ Памибро можно отнести следующие:

- Высокое качество мешка. Качество продукции представляет собой безусловную ценность и цель внедрения постоянных изменений и усовершенствований для компании: как касающихся производственного оборудования (его дооборудования, модернизации), так и принадлежащих к оптимизации и эффективного протекания производственных процессов (соблюдение условий ISO 9001-2008, внедрение документированных процедур и т.д.), а также подбор поставщиков сырья

- Тщательность в соблюдении контрактных условий при работе с заказчиком. Такое свойство, воплощенная топ-менеджментом Памибро, вместе с высоким качеством продукции, дает возможность выстраивать долгосрочные партнерские отношения с заказчиками, формировать категорию постоянных покупателей, в конечном счете приносят наибольшую добавленную стоимость бизнеса компании

- Высокая маркетинговая активность. Компания находится в постоянном поиске новых покупателей, рынков и потребителей. Кроме больших, Памибро работает также с мелкими заказчиками, что позволяет удовлетворять локальный спрос. Работа с большим количеством покупателей и потребителей предоставляет Компании более широкое и ясное представление об истинных объемах и структуре рынка, его

динамику и тенденции развития, позволяет эффективно выживать в конкурентной борьбе и расти

- Сильное руководство и команда менеджмента. Господин Шутак Илья Дмитриевич, являющийся председателем Наблюдательного Совета и совладельцем компании, активно участвует в формировании стратегии развития и повседневной жизни Памибро; он постоянно создает мотивацию для своих людей для достижения исключительных результатов даже в сложных обстоятельствах. Ключевые менеджеры компании работают бок о бок уже много лет, имеют чрезвычайное профессиональный опыт работы на уровне европейских стандартов, формируется в постоянной работе с крупными иностранными контрагентами, обладают проницательным видением рынка и направления развития бизнеса. Бизнес-процессы в компании построены на очень высоком уровне. При этом состав персонала Компании увеличивается в том числе за счет молодых специалистов. Компания представляет собой престижное место работы для местных жителей, является фактором, способствующим повышению эффективности человеческого труда.

Компания имеет 20-летний опыт работы в производстве бумажных мешков.

Бумажные мешки (крафт-мешки) - современный экологический вид тары, может быть применен для различных видов продукции: строительной, нефтехимической, сельскохозяйственной, пищевой и других. Экологичность мешков для пищевых продуктов достигается за счет использования экологически чистой бумаги, красок на основе воды и клея из картофельного крахмала.

Бумага изготавливается из природного полимера - целлюлозы (возобновляемого сырья), и является экологически приемлемым. Продолжительность его распада в естественных условиях 1-2 года; токсичные вещества при этом не выделяются.

Наиболее подходящей сырьем для изготовления бумажных мешков является мешочная бумага (также крафт-бумага) из целлюлозы хвойных пород древесины - сосны и ели. В нынешних условиях Украина импортирует почти 100% крафт-бумаги для изготовления качественных мешков.

Действующее оборудование позволяет Компании выпускать весь ассортимент бумажных мешков.

Всю продукцию Компании можно сгруппировать в восемь групп, из которых семь - самостоятельные группы, сформированные по технологическим признакам, и восьмая (Другие) объединяет остальные виды мешков, не вошедшие ни в одну из групп:

- I группа - клапанные; двухслойные;
1 слой белый + 1 слой полиэтилена (п / э), в т.ч .:

с клапаном п / э

с клапаном УЗК

- II группа - открытые; трехслойные;

1 слой коричневый

1 слой коричневый + 1 слой ламинированный

1 слой белый

1 слой белый с логотипом

1 слой белый + 1 слой п / э

1 слой белый + 1 слой ламинированный

- III группа - клапанные; двухслойные; коричневые;

1 слой белый

- IV группа - клапанные; трехслойные; коричневые;

1 слой белый

- V группа - клапанные; трехслойные;

1 слой коричневый

1 слой коричневый + 1 слой п / э

1 слой коричневый + 1 слой п / э + 1 слой ламинированный

- VI группа - клапанные; трехслойные; коричневые;

1 слой белый + 1 слой п / э

- VII группа - клапанные; двухслойные;

1 слой коричневый

1 слой коричневый + 1 слой п / э

- Другие.

В пределах групп продукция насчитывает разные размеры мешка, формируемых из конкретных спецификаций заказчика.

В связи с тем, что ключевыми потребителями выступают производители строительных материалов, а также в структуре клиентов присутствуют компании аграрного сектора, производство бумажных мешков имеет сезонный характер: пиковый период приходится на два последних месяца весны и лето, период спада - осень-зима. Эффективная работа планового и коммерческого отделов позволяет иметь лояльных клиентов, размещающих свои заказы заранее и на условиях предоплаты, что со своей стороны дает возможность Компании несколько сглаживать ярко выраженную сезонность бизнеса.

Приоритет Компании "Памибро" - абсолютное удовлетворение всех мыслимых потребностей клиента в плане логистики и своевременной

поставки, упаковки – бумажного мешка, качественных показателей как в конструкции самого мешка, так и в качестве нанесения печати.

Одним из главных приоритетов есть высококачественный метод обслуживания и постоянный поиск возможности удовлетворения желания потребителя, которые иногда идут в противоречие часовых размещений заказа.

Мы всегда стараемся найти компромисс и максимально удовлетворить интересы наших заказчиков – потенциальных партнеров.

Общество с ограниченной ответственностью Украинско-российское совместное предприятие “Памибро” - на сегодняшний день лучшие в странах центральной и восточной Европы по:

- качеству обслуживания и отношениями с клиентом
- качеству мешка
- видов сырья
- производственного оборудования

С 2017 года начнет работу вторая линия компании Windmüller & Hölscher KG (единственного и лучшего в мире производителя подобного оборудования) и самая современная флексомашина компании UTECO CONVERTING S.p.A. - DIAMOND HP 812.

Иными словами, в 2017 году компания удвоит свои производственные возможности как количественно, так и качественно.

Компания использует сырьё лучших производителей:

- бумаги – Billerud и Stora Enso (шведского), Horizon (эстонского) производства;
- полиэтиленовой плёнки – немецкого, итальянского производства
- клея немецкого производства
- концентратов – немецкого и швейцарского производства

Лучшие качество сырья и инвестиции в современное оборудование дают возможность компании оставаться лидером рынка в производстве бумажного мешка центральной и восточной Европы. Технологически мы можем производить все виды мешков, которые существуют:

- с ручкой;
- отрывной нитью;
- разными видами клапанов;
- перфорацией
- цветовой палитрой до 10 цветов с всеми оттенками

По согласию с потребителем, также практикуем ежегодное производство больших объемов мешка на наш склад, чтоб в разгар сезона, независимо от загрузки производства всех производителей мешка всегда обеспечить своевременную поставку.

Это с легкостью могут подтвердить наши постоянные партнёры – “Волма”, “Кнауф”, “Хенкель”, “Геркулес”, “Бергауф” и много других для которых мы производим на склад больше половины годового объема

продукции необходимого компаниям. Такой подход очень оправдан, в связи с тем, что как показывает практика и особенно учитывая экономическую нестабильность как в Украине и России, так и в целом мире.

Все производители упаковки неоднократно сталкиваются с разного рода техногенными ситуациями, которые временно дестабилизируют отрасль через отсутствие сырья. Все помнят техногенную ситуацию в Бразилии, которая имела место с сегежским ЦБК в части неопределенности и смены собственников, попытки некоторых монопольных предприятий для поднятия доходности через сокращения производства необходимого для упаковки сырья и тому подобное.

В связи с этим, все Вы кто был на нашем производстве имели возможность убедиться, что мы всегда имеем в запасе трех четырех месячный, запас сырья для производства мешка – бумаги разной ширины и плотности, клея и концентратов.

Хотелось подчеркнуть и уверить, что общество с ограниченной ответственностью Украинско-российское совместное предприятие “Памибро” – это долгосрочный и надёжный партнер.

Но несмотря на вышеупомянутые особенности и проблемы сектора, в производстве бумажных мешков, как и в большинстве других сегментах бизнеса, решающими факторами успеха остаются:

- высокая маркетинговая активность, эффективная работа с клиентами, формирование базы постоянных лояльных клиентов, вносят наибольший вклад в добавленную стоимость, создаваемая бизнесом;
- оптимальный набор современного оборудования;
- грамотное управление логистикой;
- стремление и воплощение конкретных мер по повышению эффективности, совершенствование продукции и процессов, внедрения инноваций и тому подобное

Именно все эти аргументы дают возможность оставаться одним из лидеров в производстве мешка в Украине и мощным игроком на рынках соседних стран.

ЕвроХим-1

настоящая
ХИМИЯ
будущего



ВСЕ ДОБАВКИ

ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

ИЗ ОДНИХ РУК

Замедлитель
схватывания гипса

Plastretard®

Mecellose®

Melment®

Melflux®

Optibent®

Vinnapas®

Kelco-Crete®

Esapon®

Vinapor®

Amitrolit®

Technocel®

Starvis®

Denka®

FPAC®
Panacea®

Винная кислота
Формиат Кальция
Карбонат лития

и многое
другое

 **CFF**

LOTTE
FINE CHEMICAL



SICIT2000 S.p.A.
компания Группы S.I.C.I.T. S.p.A.

WACKER

 **BASF**
We create chemistry

115432, г.Москва, ул.Трофимова, д.2а
тел.: (495) 781-66-56 факс: (495) 781-66-46
e-mail: mix@eurohim.ru www.chem.eurohim.ru еврохим1.рф

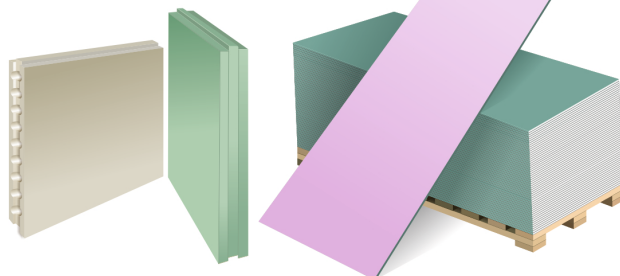
ВОЛМА

ОТ СЛОВ
К ДЕЛУ

№1*

СРЕДИ
ПРОФЕССИОНАЛОВ
В СООТНОШЕНИИ "цена-качество"

* ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ ООО «MAR CONSULT» «УРОВЕНЬ ЗНАНИЯ МАРК НА СТРОИТЕЛЬНО-ОТДЕЛОЧНОМ РЫНКЕ РФ» ДЕК.2015 Г. - ЯНВ. 2016 Г. В ВОЛГОГРАДЕ, КРАСНОДАРЕ, РОСТОВЕ-НА-ДОНУ, ОРЕНБУРГЕ, УФЕ, ЧЕЛЯБИНСКЕ, ВОРОНЕЖЕ, ОМСКЕ, САМАРЕ, САРАТОВЕ. WWW.VOLMA.RU



20 лет **ПАМИБРО**
опыта производства бумажных мешков

