

**V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ**

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

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

КАЗАНЬ, 08-10 сентября 2010

УДК 536.2
ББК Н113.6

**МАТЕРИАЛЫ V МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ «ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И
ИЗДЕЛИЙ»/ Под научной редакцией А.Ф. Бурьянова**
Отпечатано в типографии «Алвиан»,
115183, Москва, ул. Генерала Белова, д. 26.
2010г., 290 стр.

Сборник содержит труды V 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.

Уважаемые участники конференции!

Рад приветствовать Вас на гостеприимной земле Татарстана! На Пятой международной научно-практической конференции «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий».

Республика Татарстан по праву считается одним из лидеров по развитию строительного комплекса. Из года в год руководство Татарстана последовательно занимается решением проблем строительной отрасли, в том числе и в сфере производства строительных материалов. Татарстан обладает развитой базой, которая включает более 500 предприятий. В целом промышленность строительных материалов в республике является самодостаточной и на основе имеющейся минерально-сырьевой базы обеспечивает строительный комплекс необходимыми материалами и изделиями.

В республике имеется три предприятия по переработке гипсового камня. Они играют важную роль, выпуская экологически чистые строительные материалы, которые с каждым годом находят все более широкое применение не только при возведении жилых домов, но и в строительстве объектов социального назначения. С их помощью решается задача повышения качества и удешевления строительства.

Современные вызовы социально-экономического развития требуют поиска и реализации инновационных инструментов эффективного и устойчивого экономического роста. Именно этим объясняется высокая представительность конференции, на которую собрались представители федеральных органов власти, специалисты городов Приволжского федерального округа, а также российские и международные эксперты по вопросам повышения эффективности.

Уверен, что Пятая международная конференция по гипсу окажет заметное влияние на повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий в строительстве, наметит практические меры по их внедрению на территории всей Российской Федерации, а также поможет наладить прочные партнерские отношения с целью достижения нового качества в развитии строительной индустрии. Хочу пожелать всем участникам успешной и плодотворной работы.

М.Ш. Хуснуллин

Министр строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан

08.09. 2010

ОРГАНИЗАТОРЫ

Российская Гипсовая Ассоциация

Российское научно-техническое общество строителей

Московский государственный строительный университет

ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова

Научно-исследовательский институт строительной физики

ГУП «НИИМосстрой»

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

14050, Московская обл.,

П. Красково, ул. К. Маркса,117

ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова

Телефоны: (495) 557-30-11, (8442) 49-34-80

gips@rescom.ru

rosgips@rosgips.ru

www.rosgips.ru

СПОНСОРЫ

Генеральные спонсоры



Официальные спонсоры

Группа компаний “АЛТЫН”



Спонсоры



GEBR. PFEIFFER AG
Наша традиция - прогресс



Gypotech

 **BANG & BONSONER**

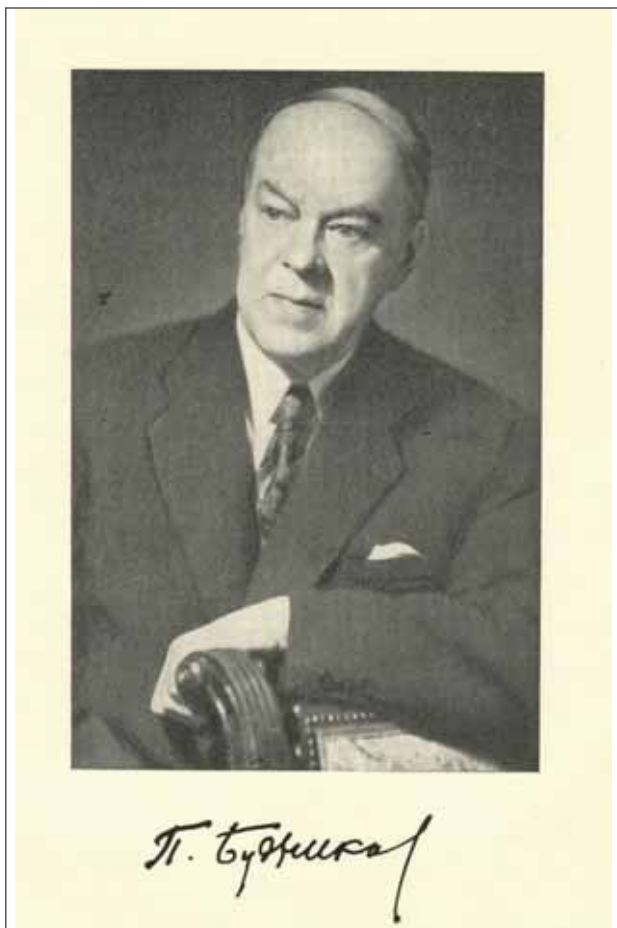


Генеральный информационный спонсор

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®**

**Научно-технический
журнал**

Петр Петрович Будников – выдающийся ученый, талантливый организатор, прекрасный педагог.



125- летию со дня рождения посвящается

О РАСШИРЕНИИ НОМЕНКЛАТУРЫ ГИПСОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рахимов Р.З., Халиуллин М.И.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Республика Татарстан располагает одним из крупнейших в России месторождений гипсового сырья, которое является одной из разновидностей национального богатства республики. Начиная с 70-х годов прошлого столетия в ведущих технически развитых странах наблюдается бум по развитию производства и применения строительных материалов на основе гипсового сырья, которые отличаются низкими энергозатратами на производство и экологической безопасностью по сравнению с цементными. По утверждению западных специалистов расширение объемов производства и применения гипсовых материалов позволило их странам добиться революционных успехов в повышении производительности труда в строительной отрасли. С учетом этого в доперестроечные времена разрабатывались Российская и Республиканская программы по развитию производства и применения гипсовых строительных материалов, которые, однако, не были реализованы. Определенный сдвиг в этом направлении происходит в последнее десятилетие в целом по России и в Татарстане.

На Аракчинском гипсовом заводе повышена марочная прочность производимого строительного гипса и освоено производство гипсокартона.

Вместе с тем Россия в целом и Татарстан, в частности, существенно отстает от других технически развитых стран как по объемам, так и по номенклатуре производимых и применяемых гипсовых строительных материалов. По объемам производства на душу населения в 5-6 раз, а по номенклатуре материалов на их основе в десятки раз. В ФРГ производство гипсовых вяжущих составляет 25-27% от общего объема минеральных вяжущих, что позволяет снизить объемы использования портландцемента, производство которого связано с высокими энергозатратами и выбросами побочных продуктов в окружающую среду. В России объем производства гипсовых вяжущих в общем объеме производства минеральных вяжущих составляет около 5%.

В Республике Татарстан из гипсового сырья производится незначительный объем строительного гипса марок Г-5 – Г-4 и гипсокартонных листов. При этом Республика Татарстан отстает от ряда регионов России по объемам и номенклатуре производимых гипсовых строительных материалов (Московской, Свердловской областей, Краснодарского края и др.). Даже значительная часть относительно небольшого объема производства строительного гипса отправляется в другие регионы России для производства сухих строительных смесей. В

другие регионы России поставляется и более 70% добываемого в РТ гипсового камня.

Известная в мире номенклатура гипсовых материалов включает весьма широкий перечень. Организация в Республике Татарстан производства хотя бы части широкой номенклатуры гипсовых материалов, производимой в других странах и регионах России, позволит приблизиться в определенной мере к мировым достижениям повышения технико-экономической эффективности строительной индустрии.

Номенклатура строительных материалов, которую можно производить на основе местного гипсового сырья включает следующие разновидности:

- плиты, профильные и малые архитектурные изделия для внутренней отделки зданий, получаемые распиловкой и обработкой природного гипсового камня;
- гипсовые вяжущие – строительный, высокопрочный, формовочный, медицинский, гипсоангидритовые и ангидритовые вяжущие, многофазовые и композиционные гипсовые, гипсоангидритовые и ангидритовые вяжущие низкой водопотребности, разработанные на кафедре строительных материалов Казанского ГАСУ и в Московском ГСУ, отличающиеся повышенной прочностью и водостойкостью [1];
- строительные изделия на основе гипсовых вяжущих - стеновые и перегородочные изделия, подоконные плиты, санитарно-технические кабины, панели и блоки с вентиляционными каналами, плиты и панели перекрытий и покрытий, отделочные, архитектурно - декоративные, акустические, огнезащитные материалы и изделия, конструкционно-теплоизоляционные, теплоизоляционные и акустические материалы и изделия;
- сухие строительные смеси - штукатурные, шпаклевочные, монтажные, для устройства полов.

В ведущих зарубежных технически развитых странах производство гипсовых вяжущих включает основные виды: строительный гипс, ангидритовые и гипсоангидритовые вяжущие, высокопрочный гипс. Гипсовой промышленностью России производится 95% строительного гипса и около 5% - высокопрочного гипса.

Ангидритовые, гипсоангидритовые и смешанные гипсовые вяжущие производятся в незначительных объемах.

Последние от строительного гипса отличаются повышенными показателями механических свойств, водостойкости и долговечности. Разработки их и материалов на их основе в нашей стране велись с 40-х

годов прошлого столетия в различных НИИ, вузах, в том числе в Казанской высшей строительной школе.

Кафедра строительных материалов Казанского государственного архитектурно-строительного университета в течение последних двух десятилетий ведет систематические исследования в части повышения физико – технических свойств вяжущих на основе и с применением гипсового сырья и разработку строительных материалов и изделий на их основе. Часть разработок защищена патентами на изобретения.

В результате проведенных исследований разработаны составы и технология изготовления:

- многофазовых и композиционных гипсовых, гипсо-ангидритовых и ангидритовых вяжущих низкой водопотребности, обладающих повышенной прочностью (марки до 400-500) и водостойкости, сухих строительных смесей и изделий на их основе [2, 3];

- газо – и пеногипсовых конструкционно-теплоизоляционных и теплоизоляционных материалов [4].

Развитие производства и применения перечисленных выше вяжущих позволяет обеспечить не только собственные потребности Республики Татарстан, но и экспорт в другие регионы России и страны.

Кроме того, это позволит снизить потребности строительного комплекса Республики Татарстан в портландцементе, который полностью ввозится из других регионов и зарубежных стран.

На предприятиях строительной индустрии РТ выпущены опытно-промышленные партии разработанных материалов.

Литература

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

2. Халиуллин М.И., Алтыкис М.Г., Рахимов Р.З. Композиционное ангидритовое вяжущее повышенной водостойкости// «Строительные материалы». 2000, №12, с.34-36.

3. Алтыкис М.Г., Халиуллин М.И., Морева И.В., Рахимов Р.З. Сухие растворные смеси для высококачественной отделки зданий и сооружений// «Известия вузов. Строительство». 2002, №4 , с. 60-63.

4. Халиуллин М.И., Алтыкис М.Г., Рахимов Р.З. Теплоизоляционный и стеновые материалы на основе пеногипсобетонов// Журнал «Строительные материалы». 1998, №9, с.29.

ФТОРАНГИДРИТОВАЯ КОМПОЗИЦИЯ НА ОСНОВЕ СВЕРХЛЕГКИХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ

Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Серебрякова Н.Н., Бурьянов А.Ф., Маева И.С., Кеведо Р., Ижевский государственный технический университет, ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова

Техногенный ангидрит (фторангидрит) является отходом производства плавиковой кислоты из флюорита посредством обработки его серной кислотой. Фторангидрит при активации известными химическими соединениями способен проявлять вяжущие свойства [1]. Применение фторангидрита в качестве вяжущего для приготовления легких бетонов [2] позволяет уменьшить стоимость изделий в несколько раз за счёт отсутствия клинкерных составляющих в составе материала и упростить технологию производства.

При проектировании и строительстве зданий актуальным является вопрос снижения массы отдельных конструкций и всего здания в целом [3]. В конструкциях зданий должны применяться экологически безопасные, низкоэнергоемкие строительные материалы, изготавливаемые по малозатратным технологиям на базе преимущественного использования продуктов переработки техногенных отходов и местных природных сырьевых ресурсов [4, 5]. Применяемые для теплоизоляции строительных конструкций плиты из пенополистирола обеспечивают необходимые теплофизические свойства, но в тоже время они имеют недостатки, ограничивающие их широкое использование, такие как низкая прочность, горючесть, недостаточная прочность в нем химических связей, обуславливающее его химическую деструкцию в процессе эксплуатации. Эти недостатки в значительной степени можно снизить или устранить, используя пенополистирол в виде вспученных

гранул в качестве заполнителя в легких бетонах, известных по работам [6, 7] и бесцементную матрицу.

Таким образом, разработка легких бетонов на основе ангидритовой матрицы с применением вспученных гранул пенополистирола является одним из приоритетных направлений, которое позволяет решать одновременно экологические проблемы и получать энергосберегающие технологии производства эффективных теплоизоляционных материалов.

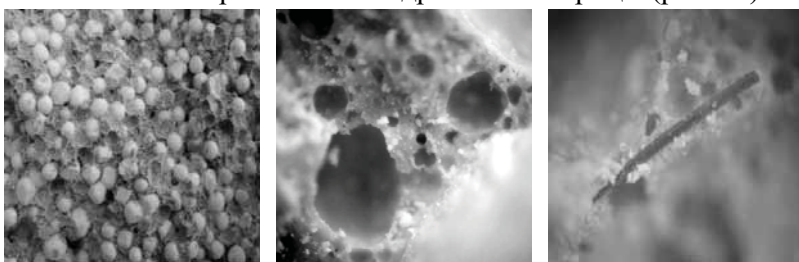
Используемый фторангидрит - порошкообразный отход производства ООО «Галоген» при производстве плавиковой кислоты, содержит в своем составе, согласно [8], более 92 % безводного сульфата кальция CaSO_4 . Фторангидрит подвергался помолу до удельной поверхности $2800 \text{ см}^2/\text{г}$.

Для приготовления ангидритового теплоизоляционного композиционного материала в качестве легкого заполнителя использовались шарообразные вспененные пенополистирольные гранулы размером от 2 до 5 мм и плотностью $15 \text{ кг}/\text{м}^3$.

В качестве армирующей добавки в состав разрабатываемого композита добавлялось «рубленное» базальтовое волокно длиной 10 – 12 мм и средним диаметром 4,5 мкм. Исходное базальтовое волокно состоит из волокон длиной 70 - 120 мм. Базальтовые волокна обладают высокой прочностью и химической стойкостью в щелочной среде, которая преобладает в составе ангидритового композита.

Основной проблемой получения качественного полистиролбетона на ангидритовой вяжущей матрице является оптимизация соотношения между его плотностью и необходимой прочностью в проектном возрасте. Одним из условий формирования более прочных контактов в данной системе является создание промежуточных слоев из тонких пленок, обеспечивающих хорошую адгезию [9, 10] полистирольных гранул к вяжущей матрице посредством применения поверхностно-активных добавок.

При проведении экспериментов в качестве такой добавки использовалась смола древесная омыленная (СДО) [11] в количестве 0,3 %. Кроме того, СДО выступает в качестве пластифицирующей и воздухововлекающей добавки, способствуя улучшению удобоукладываемости смеси и повышению пористости ангидритовой матрицы (рис. 1а).



а)

б)

в)

Рис. 1. Структура скола полистиролбетона - (а), поризованная структура ангидритовой матрицы - (б), характер сцепления фторангидритовой матрицы с базальтовым волокном - (в) при 200-кратном увеличении

Дополнительная поризация ангидритовой матрицы в составе пенополистиольной бетонной смеси достигается за счет химического взаимодействия активатора твердения с компонентами фторангидрита, обеспечивая вспучивание ангидритовой матрицы (рис. 1б). При этом отмечается снижение средней плотности, повышение паро- и газопроницаемости и улучшение адгезии органического заполнителя с минеральной матрицей.

Изучение микроструктуры полистиролбетона на ангидритовом вяжущем на поляризационном микроскопе МИН-8 показало, что микроструктура его характеризуется хорошей адгезией ангидритовой матрицы к вспененным полистирольным гранулам и базальтовому волокну (рис. 1в).

Анализ микроструктуры под растровым электронным микроскопом EVO 50 фирмы ZEISS показал в ангидритовой матрице наличие кристаллических новообразований традиционной структуры с пластинчатым гипсом и наличием

аморфной фазы (рис. 2а). Присутствие двухводного гипса подтверждается рентгенофазовым исследованием ангидритового бетона (рис. 2б).

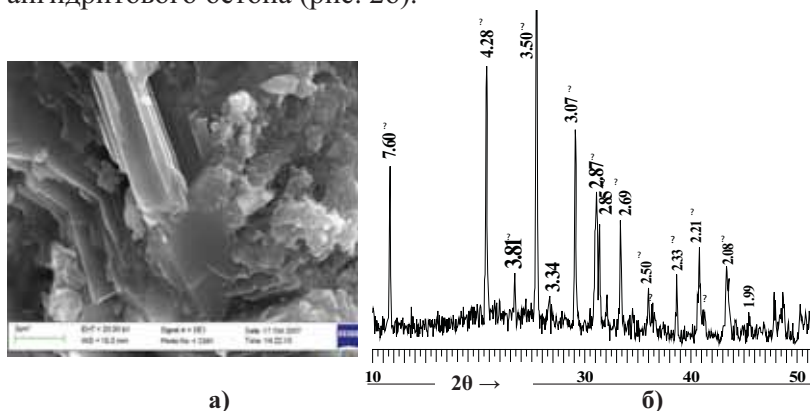


Рис. 2. Микроструктура ангидритовой матрицы - (а), рентгенограмма ангидритовой матрицы в полистиролбетоне - (б)

Как видно из рентгеновского спектра в ангидритовой матрице наряду с отражениями ангидрита CaSO_4 (d_α , Å = 3.50; 2.85; 2.33) присутствуют сильные отражения, соответствующие двухводному гипсу $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (d_α , Å = 7.60; 4.28; 3.07; 2.87; 2.69; 2.21).

Механические испытания образцов с размерами 100x100x100 мм показали достижение средней плотности 690 кг/м³ при прочности на сжатие до 1,86 МПа.

Водопоглощение полистиролбетона при этом не превышало 8 %, коэффициент размягчения составил 0,68. Анализ водородного показателя среды в свежеприготовленной полистиролбетонной смеси показал величину pH > 11, что предопределяет возможность использования для армирования стальной арматуры в полистиролбетоне.

Учитывая, что каждая гранула пенополистирола покрыта ангидритовой матрицей, необходимо ожидать отсутствие химической деструкции полистирола в процессе длительной эксплуатации полистиролбетона и повышение его пожарной

безопасности вследствие выделения двуводным гипсом при термическом воздействии паров воды.

Полученный легкий бетон имеет марку по плотности D700, обладает хорошей паро- и газопроницаемостью, пожаробезопасен, предотвращает деструкцию полистирола при эксплуатации и имеет достаточную прочность для приготовления изделий в виде теплоизоляционных плит и блоков.

Таким образом, использование фторангидрита в качестве вяжущей матрицы в полистиролбетоне позволяет существенно снизить стоимость получаемого материала за счет исключения дорогостоящего портландцемента из состава композита и улучшить экологическую обстановку в местах расположения отвалов.

Литература

1. Будников П.П., Зорин С.П. Ангидритовый цемент. Гос. Изд-ство литературы по строительным материалам, Москва, 1954. – 92 с.
2. Серебрякова Н.Н., Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Бурьянов А.Ф., Керене Я., Мачюлайтис Р. Полистиролбетон на основе фторангидрита // Строительные материалы, № 11, 2008. – С. 70 - 72.
3. Журба О.В. Легкие бетоны на основе регенерированного пенополистирольного сырья. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Улан-Удэ, 2007. – 18 с.
4. Ходжаев Н., Яковлев Г.И., Тулаганов Б., Низамова Ю., Алиев А. Теплоизоляционный пеноарболит // Тезисы докладов Межвузовской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Теплоизоляционные строительные материалы: состояние и развитие». Ташкент – Самарканд, 2007. - С. 159-172.
5. Plechanova T.A., Kerienė J., Gailius A., Yakovlev G.I. Structural, physical and mechanical properties of modified

- wood-magnesia composite. In: *Construction and Building Materials*, Vol. 21, Is. 9, 2007, pp. 1833-1838.
6. Звездов А.И., Ярмаковский В.Н. Легкие бетоны нового поколения в современном строительстве. // Журнал «Строительный эксперт». № 16, 2005.
 7. Laukaitis A., Zurauskas R., Keriene J. The effect of foam polystyrene granules on cement composite properties // *Cement & Concrete Composites* 27 (2005), p. 41-47.
 8. ТУ 6-00-05807960-88-92. Нейтрализованный отход производства фтористого водорода (фторангидрит). Технические условия.
 9. Дерягин Б.В., Кротова Н.А., Смигла В.П. Адгезия твердых тел. М.: Наука, 1973. – 278 с.
 10. Журба О.В., Архинчеева Н.В., Щукина Е.Г., Константинова К.К. К вопросу об адгезии цемента к пенополистиролу. // Межд. науч.- практ. Интернет-конф. Проблемы и достижения строительного материаловедения. Сб. докл., Белгород, 2005. - С. 74-77.
 11. ТУ 13-0281078-02-93 Смола древесная омыленная (СДО). Технические условия.

МНОГОФАЗОВЫЕ ГИПСОВЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НЕРАСТВОРИМОГО АНГИДРИТА И ПРОДУКТОВ ТЕРМООБРАБОТКИ ГИПСА

Клименко В. Г., Елистраткин М.Ю., БГТУ им. В.Г. Шухова

По данным «Инфолайн» производство модифицированных сухих строительных смесей (ССС) на основе гипса в последние годы является одним из наиболее динамично развивающихся секторов рынка строительных материалов [1]. Если в 2004 году на их долю в общероссийском выпуске СССР приходилось менее 25 %, то по итогам 2008 года – уже более 40 %. Большинство СССР, выпускаемых в России, на 95 % состоят из композиций вяжущих веществ (портландцемент, гипс, известь), различных минеральных и органических наполнителей и добавок. Около трети мирового производства строительного гипса составляет многофазовый гипс [2]. Он содержит α - и β - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, растворимый ангидрит (β - CaSO_4 III) в количестве от 30 до 60 мас. %, а также нерастворимый ангидрит (CaSO_4 II) с температурой образования от 300 до 700°C и выше. Регулируя соотношения отдельных фаз, достигают желательных свойств.

Для дальнейшего наращивания объемов применения сухих гипсовых смесей в нашей стране значительный практический интерес представляет расширение их номенклатуры, в том числе за счет использования в составах нерастворимого ангидрита, и получения вяжущих с изменяющимся фазовым составом. В настоящее время, при получении СССР, отечественные производители не используют высокообжиговые модификации гипса (CaSO_4 II, эстрих-гипс). Кроме того, сведения о влиянии различных фаз сульфата кальция на свойства вяжущих веществ часто противоречивы и не систематизированы, отсутствуют критерии проектирования составов таких вяжущих, что затрудняет их производство. Все это и определяет актуальность работ по получению отечественных ангидритосодержащих многофазовых гипсовых вяжущих и СССР на их основе.

Цель работы. Расширение номенклатуры и повышение эффективности гипсовых СССР за счет использования многофазовых гипсовых систем, содержащих нерастворимый ангидрит и продукты термообработки гипса.

Научная гипотеза работы. Промежуточные высокоактивные фазы сульфата кальция могут выступать в качестве активаторов твердения нерастворимого ангидрита, т.к. они имеют большую, чем у двухводного гипса растворимость, поляризуют молекулы воды, изменяя кислотность среды, содержат одноименные с CaSO_4 II ионы; являются центрами кристаллизации вторичного двухводного гипса.

В связи с этим, с помощью рентгенофазового, дифференциально-термического и потенциометрического методов анализа изучены природ-

ные гипсы различных месторождений, а также техногенные гипсы – гипс марки х.ч., цитрогипс, витаминный гипс, воскресенский фосфогипс; продукты их термообработки и повторной гидратации.

Нерастворимый ангидрит получали обжигом гипса в муфельной печи при 300...800 °С; остальные модификации – обжигом в сушильном шкафу изотермически при 160 °С. В качестве активаторов твердения CaSO_4 II в работе использован $\beta\text{-CaSO}_4$ III и продукты термообработки гипса (Гх), содержащие $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ и β -обезвоженный полугидрат сульфата кальция, с количеством остаточной гидратной воды, масс. %: 0,7 ($\Gamma_{0,7}$); 1,6 ($\Gamma_{1,6}$); 3,5 ($\Gamma_{3,5}$); 5,8 ($\Gamma_{5,8}$). Физико-механические характеристики вяжущих веществ изучались по стандартным методикам.

Анализ научно-технической литературы и исследования, выполненные нами ранее, позволили предложить при проектировании многофазовых гипсовых систем (МГС) следующие основные параметры: кислотно-основные характеристики сульфата кальция (рН, рСа), его генезис, фазовый состав, количество гидратной воды. Регулировать эти параметры можно, изменяя температуру и время обжига гипсового сырья и его гранулометрию.

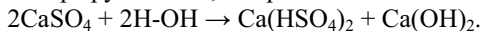
На начальном этапе работы потенциометрическим методом, позволяющим определить области существования всех форм сульфата кальция, исследованы продукты термообработки гипсового сырья различного генезиса [3]. Получены зависимости величины рН суспензий сульфата кальция от температуры термообработки гипса, позволяющие прогнозировать их каталитическую активность. Минимумы на кривых изменения кислотности соответствуют участкам максимальной активности сульфата кальция, а максимумы характеризуют область устойчивого существования тех или иных его форм. Абсолютное значение рН суспензий сульфата кальция зависит от генезиса гипса, природы и количества примесей, режима термообработки.

Установлено, что в зависимости от преобладания сорбционных центров кислотной или основной природы, продукты термообработки гипса можно разделить на две группы. Первую группу составляют продукты термообработки гипса в интервале температур 100...500°С, с преобладающими электроноакцепторными свойствами поверхности. Вторую группу составляют продукты термообработки гипса в интервале 500...1100°С, с преобладающими электронодонорными свойствами. Соотношение кислотно-основных центров у продуктов термообработки техногенных и природных гипсов различно, особенно в интервале температур 200...500°С.

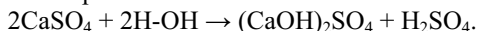
При соприкосновении с водой продукты термообработки двухводного гипса по-разному поляризуют молекулы воды, изменяя кислотность среды. Можно выделить два типа поляризации молекул воды. Если поляризация воды происходит за счет свободных орбиталей иона Ca^{+2} , образующихся при неполном разрыве водородных связей, то суспензия вяжущего подкис-

ляется. В случае поляризации воды ионами SO_4^{2-} , образующимися при полном разрыве водородных связей, суспензии вяжущего приобретают щелочную среду.

Устойчивые фазы сульфата кальция поляризуют воду за счет неподеленных электронных пар групп SO_4^{2-} , с отрывом ионов H^+ по схеме:



Активные фазы сульфата кальция поляризуют воду за счет свободных орбиталей ионов Ca^{+2} с отрывом ионов OH^- по схеме:



За счет образования слабых электролитов, в первом случае, в суспензиях уменьшается концентрация ионов SO_4^{2-} , а во втором – ионов Ca^{+2} . Поэтому, активаторы, являющиеся донорами электронных пар, должны содержать избыток ионов SO_4^{2-} и щелочную среду, а активаторы, являющиеся акцепторами электронных пар – избыток ионов Ca^{2+} и кислую среду.

Процессы, происходящие при гидратации и твердении гипсовых вяжущих, наглядно и информативно отображаются на кинетических кривых изменения рН и рСа. Форма кинетических кривых изменения рН и рСа зависит от фазового состава сульфата кальция, который определяется температурой и продолжительностью термообработки гипса и количеством остаточной гидратной воды. Различные фазы сульфата кальция имеют разную форму кинетических кривых рН и рСа. Предложен потенциометрический метод контроля процессов гидратации и твердения вяжущих веществ, основанный на исследовании кинетики изменения рН и рСа твердеющих гипсовых систем.

Для выяснения влияния генезиса гипсового сырья на дефектность кристаллической решетки и свойства продуктов его термообработки предложен способ и показатели (показатель совершенства структуры (K_g) и показатель идентичности (K_i)), позволяющие ранжировать гипсовое сырье с учетом генезиса и структурных характеристик и прогнозировать свойства гипсовых вяжущих и материалов на их основе [4]. Установлено, что для природных гипсов $K_g = 0,42-0,46$, а для техногенных гипсов – $0,560-0,903$. Чем выше значение K_g , тем менее совершенна кристаллическая структура гипса. Величина K_i зависит от размеров микроблоков структуры гипсового сырья. Для крупнокристаллических гипсов $K_i = 0,612-0,746$, для мелкокристаллических гипсов – $0,312-0,488$. При получении гипсовых вяжущих нужно стремиться к тому, чтобы K_g их был как можно ближе к K_g природного гипса, а K_i находился в интервале $0,38-0,41$. В этом случае вяжущие вещества имеют наибольшую прочность.

Выявлен характер влияния количества остаточной гидратной воды у продуктов термообработки природных гипсов на свойства гипсовых систем, что позволило выбрать оптимальные параметры термообработки гипсового сырья для получения продуктов с определенным соотношением фаз

сульфата кальция и заранее заданными свойствами при проектировании составов ангидритовых вяжущих.

Установлено, что максимальную прочность имеют продукты термообработки природного гипса с количеством гидратной воды 0,8–1,5 и 5,5–6,6 мас. %. Первые – на 85–90 мас. % состоят из β - $\text{CaSO}_4 \cdot \text{III}$, а вторые – содержат 80 мас. % β - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ и 20 мас. % двухводного гипса. Показано, что продукты термообработки гипса с количеством остаточной гидратной воды 2,0–3,5 мас. % гидратируются не полностью, имеют удлиненные сроки схватывания и более низкую прочность. Прочность гипсовых вяжущих зависит от температуры термообработки, количества и природы примесей и в меньшей степени от генезиса гипсового сырья. Продукты термообработки гипса, соответствующие участкам подъема рН на потенциометрических кривых, имеют близкие значения механической прочности на сжатие. На участках падения величины рН продукты термообработки гипса скачкообразно увеличивают свою прочность.

Улучшение характеристик монофазных вяжущих наблюдается для температур термообработки соответствующих максимумам на потенциометрических кривых. Обжиг сульфата кальция при более высоких или более низких температурах ухудшает характеристики вяжущих. Все фазовые переходы сульфата кальция происходят в области максимальной концентрации положительных сорбционных центров. Поэтому при проектировании комбинированных вяжущих необходимо подбирать такие вещества, которые имели бы на своей поверхности избыток отрицательных сорбционных центров.

Исследования свойств продуктов термообработки гипсового сырья различного генезиса, позволили предложить их в качестве активаторов твердения $\text{CaSO}_4 \cdot \text{II}$. Практически все ангидритогипсовые композиции в зависимости от состава, имеют по два максимума прочности. Первый максимум соответствует количеству добавки продуктов термообработки 20–30 мас. % и связан с оптимальным количеством активатора твердения ангидрита. Второй максимум прочности связан с оптимальным количеством An II в составе гипсового вяжущего. Небольшие добавки An II в составе гипсовых вяжущих, гидратируются полностью до двухводного гипса, улучшая структуру материала. Для гипсов различного генезиса величина и количество максимумов прочности не постоянны.

Установлено, что прочностные характеристики ангидритовых вяжущих максимальны при количестве добавки Гх 30 мас. %. Поэтому для изучения активирующей способности продуктов термообработки гипса в качестве базового выбран состав 30 мас. % Гх + 70 мас. % $\text{CaSO}_4 \cdot \text{II}$.

Самым активным по отношению к $\text{CaSO}_4 \cdot \text{II}$ является сульфат кальция, содержащий 3,5 мас. % гидратной воды (табл. 1). Он состоит из β - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ и β -обезвоженного полугидрата сульфата кальция в соот-

ношении 1:1 и имеет состав $\text{CaSO}_4 \cdot 0,3\text{H}_2\text{O}$ ($\Gamma_{3,5}$). Величина pH ангидритовое вяжущее с таким активатором 10,1.

Т а б л и ц а 1

Характеристики ангидритовых вяжущих, активированных продуктами термообработки гипса, состава 30 мас. % Гх + 70% масс. CaSO_4 II

№ состава	Фаза сульфата кальция	Рсж, 7 сут, МПа		Кр	Массовая доля		Величина показателя вяжущих	
		сухие	Водонасыщенные		ДГ	An II	Kg	Ki
1.	CaSO_4III	24,0	11,4	0,475	66,0	26,7	0,253	0,320
2.	$\Gamma_{0,7}$	33,0	17,2	0,521	66,0	26,7	0,047	0,218
3.	$\Gamma_{1,6}$	29,5	16,5	0,560	57,9	34,8	0,025	0,122
4.	$\Gamma_{3,5}$	38,0	17,0	0,447	81,7	11,0	0,266	0,340
5.	$\Gamma_{5,8}$	35,0	15,2	0,434	74,0	18,7	0,207	0,320
6.	$\Gamma_{9,9}$	20,0	8,5	0,425	65,0	27,7	0,067	0,145

Показатель совершенства структуры (Kg) ангидритовых вяжущих, активированных продуктами термообработки сульфата кальция, меньше Kg исходного природного гипса. Причем, его величина зависит от количества остаточной гидратной воды у продуктов термообработки гипса. Самое маленькое значение $Kg = 0,025$ у ангидритового вяжущего, активированного сульфатом кальция состава $\text{CaSO}_4 \cdot 0,123\text{H}_2\text{O}$ ($\Gamma_{1,6}$). По отношению к ангидриту он имеет более низкую активизирующую способность. Такое вяжущее характеризуется удлинёнными сроками схватывания, меньшей прочностью и содержит около 35 мас. % не гидратированного CaSO_4 II.

Самое большое значение $Kg = 0,266$ имеет ангидрит, активированный сульфатом кальция состава $\text{CaSO}_4 \cdot 0,3\text{H}_2\text{O}$ ($\Gamma_{3,5}$). Количество не гидратированного CaSO_4 II в нем минимально и составляет 11 мас. %, а количество $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ максимально – 81,7 мас. %. Прочность вяжущего также максимальна. Высокая активность двухводного гипса, получаемого гидратацией сульфата кальция, содержащего 3,5 мас. % гидратной воды, подтверждается низким значением Kg, равным 0,17. Этот продукт имеет нейтральную или слабокислую реакцию среды, большую интенсивность и площадь основных рефлексов двухводного гипса на рентгенограммах. Структура затвердевшего материала мелкокристаллическая ($Ki = 0,26$).

Повышенную каталитическую активность продуктов термообработки гипса с количеством остаточной гидратной воды 3,5 мас. % можно объяснить условиями его гидратации. Ангидритовое вяжущее с таким активатором представляет собой трехфазную систему, состоящую из $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, β -обезвоженного полугидрата сульфата кальция и CaSO_4II . При контакте с водой $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ быстро гидратируется до двухводного гипса. Переход β -обезвоженного полугидрата сульфата кальция в двухводный гипс проходит через образование $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, что

подтверждается наличием двух максимумов на кинетических зависимостях ρ_{Ca} . Двуводный гипс, образующийся при гидратации β - $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$, имеет низкую растворимость (2,05 г/л) и быстро формирует центры кристаллизации. Фазы сульфата кальция – β - $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$, β -обезвоженного полугидрата сульфата кальция и β - $CaSO_4$ III, имеющие более высокую растворимость (6,37-7,4 г/л), чем двуводный гипс, насыщают раствор ионами Ca^{+2} и SO_4^{2-} . Произведение концентраций ионов Ca^{+2} и SO_4^{2-} становится $> PR_{(CaSO_4)} = 2,5 \cdot 10^{-5}$ и сульфат кальция кристаллизуется. Этот процесс увеличивает скорость растворения и гидратации $CaSO_4$ II.

Меньшую прочность имеет нерастворимый ангидрит, активированный β - $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$, β -обезвоженного полугидрата сульфата кальция и β - $CaSO_4$ III. В первом случае, в системе образуется много центров кристаллизации, но не достаточна концентрация ионов Ca^{+2} и SO_4^{2-} из-за низкой растворимости двуводного гипса. Во втором случае, в системе наблюдается высокая концентрация ионов Ca^{+2} и SO_4^{2-} , но отсутствует достаточное количество центров кристаллизации.

Таким образом, лучшим активатором нерастворимого ангидрита, позволяющим получить ангидритовое вяжущее с механической прочностью на сжатие 35–40 МПа, является продукт термообработки природного гипса с количеством остаточной гидратной воды 3,5 мас. %. За счет особенностей фазового состава, выражающихся в формировании на начальном этапе гидратации трехфазовой системы, состоящей из $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, β - $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ и $CaSO_4$ II, и поляризации воды с отрывом ионов OH^- , он обеспечивает оптимальные условия растворения и гидратации нерастворимого ангидрита, и кристаллизации $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Полученное ангидритовое вяжущее рекомендуется использовать при получении сухих строительных смесей и материалов на их основе.

Литература

1. Семенов А.А. Российский рынок гипса: текущее состояние и перспективы развития [Текст] / А.А. Семенов // Строительные материалы – 2009. – февраль. – С. 79–81.
2. Шульце, В., Тишер В., Эттель В.П. Растворы и бетоны на нецементных вяжущих [Текст] / В. Шульце, В. Тишер, В.П. Эттель.– М.: Стройиздат, 1990.– 240 с. (Перевод с немецкого к.т.н. Т.Н. Олесовой, под редакцией д.т.н., проф. М.М. Сычева).
3. Клименко, В.Г. Влияние температурно-временных условий дегидратации природного гипса на его свойства [Текст] / В.Г. Клименко, А.С. Погорелова // Изв. вузов. Строительство. – 2005.– № 6.– С. 29–33.
4. Клименко, В.Г. Рентгенофазовый анализ гипсового сырья различного генезиса и продуктов его термообработки [Текст] / В.Г. Клименко, А.В. Балахонов // Изв. вузов. Строительство. – 2009.– № 10.– С. 26–31.

РЕАКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СИНТЕТИЧЕСКОГО АНГИДРИТА

Pflug, Chr.; Riechert, F.; Fischer, H.-B., Веймарский строительный университет

Введение и постановка задачи

Уже несколько десятилетий самонивелирующие эстрихи на основе вяжущего сульфата кальция успешно используются в строительстве. В качестве вяжущего в основном применяют термический ангидрит из REA гипса, альфа-полугидрат и природный ангидрит. Кроме этих вяжущих также используется синтетический ангидрит, получаемый в результате производства фтористой кислоты.

Исходными материалами для производства являются плавиковый шпат и серная кислота, которые во вращающихся печах при повышенных температурах образуют плавиковую кислоту. Побочным продуктом этой реакции является «фтористый» ангидрит. Способ нейтрализации «кислого» кускообразного фторангидрита заключается в измельчении его в шаровой мельнице совместно с обожжённой или гашённой известью. Часто добавляется также ускоритель K_2SO_4 .

В зависимости от режима работы печей на разных заводах реактивность синтетического ангидрита может значительно отличаться. В этой работе мы исследовали два синтетических ангидрита с разных заводов. Полученные на основе этих ангидритов самонивелирующие полы имели различные показатели прочности.

Целью настоящей работы является выяснение роли вяжущего в потере прочности.

Тонкость помола и распределение частиц

Для исследования полученный кускообразный ангидрит подвергался измельчению. С каждого ангидрита были получены две пробы: грубая и тонкая фракция, обозначение указано в таб. 1:

тонкий помол: $D_{50\%} \sim 4 \mu\text{m}$, $R_{90\mu\text{m}} < 1 \%$

грубый помол: $D_{50\%} \sim 25 \mu\text{m}$, $R_{90\mu\text{m}} > 30 \%$

Тонкость помола ангидрита характеризуется их удельной поверхностью (таб.1). Методами адсорбции азота (метод BET) и BLAINE (лишь для сравнения) была доказана большая удельная поверхность пробы В.

Эффект помола в шаровой мельнице характеризуется также следующим распределением частиц (рис.1). При одинаковой интенсивности и длительности помола, ангидриты отличаются по их размальваемости. Величина $D_{50\%}$ грубого помола ангидрита пробы А соответствует около 14 мкм, а для

пробы В – 5 мкм. При сравнении распределения частиц обеих проб можно установить, что до 25 мкм доля соответствующих фракций пробы В всегда выше. Это характерно как для тонкого, так и для грубого помола.

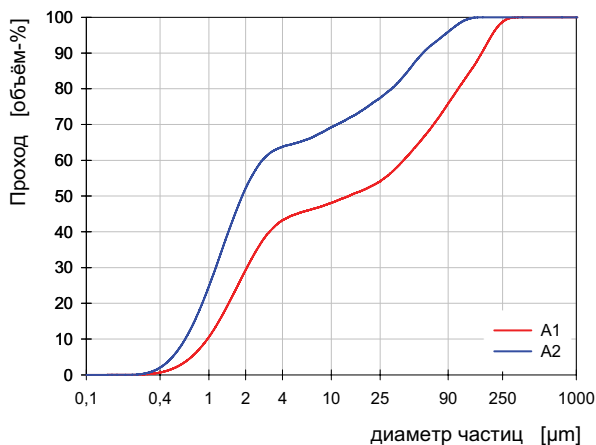
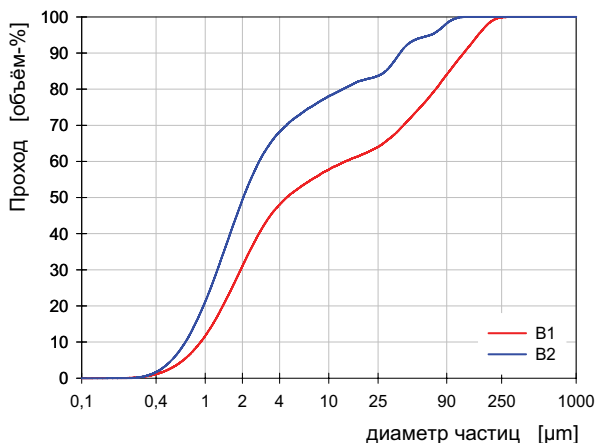


Рис. 1

Распределение частиц двух ангидритов А и В – объем в зависимости от общего количества прохода

Также были проведены электронномикроскопические исследования. При этом можно наглядно обнаружить выше описанные различия (рис. 2). После грубого помола проба А отличается присутствием очень крупных частиц. Ангидрит В имеет более плавный переход от мелких частиц к

более крупным. В этой пробе почти нет частиц свыше 20 мкм. Более сильная агломерация характерна для ангидрита А, особенно на поверхности сверхкрупных частиц. Такая же тенденция наблюдается и у тонкомолотых ангидритов.

Таблица 1

Удельная поверхность ангидритов по методам BET и BLAINE

	Удельная поверхность [см ² / г]			
	ангидрит А		ангидрит В	
	грубый помол	тонкий помол	грубый помол	тонкий помол
	А 1	А 2	В 1	В 2
метод BET	14 700	31 300	15 400	32 800
метод BLAINE	5 300	10 800	6 300	11 500

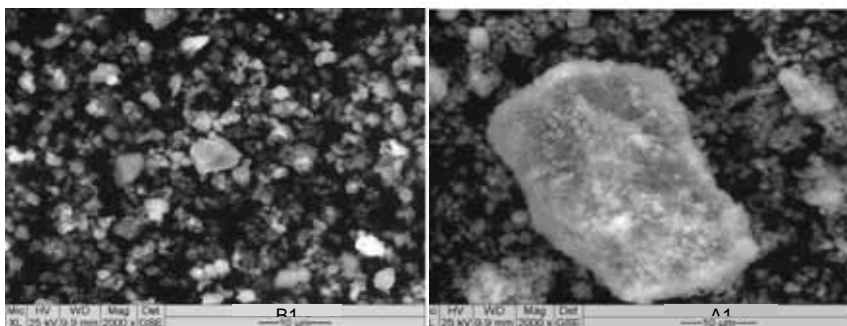


Рис. 2

Электронномикроскопические снимки после грубого помола. (слева ангидрит В, справа ангидрит А)

Гидратация и химический состав

Гидратационная способность чистых ангидритов оценивается при помощи степени гидратации. Ангидритовое тесто, полученное по водопотребности, после необходимой выдержки при 100 % влажности воздуха подвергалось сушке при 40 °С. Кристаллизационную воду удалили путём прокаливания при 350 °С. Полноту гидратации (степень гидратации) определили с помощью следующего уравнения:

$$\text{полнота гидратации (ПГ)} = \frac{m_{\text{воды}}(t)}{m_{\text{воды}}(\text{max})} \cdot 100 \%$$

где

- $m_{\text{воды}}(t)$ - масса связанной воды в момент t
- $m_{\text{воды}}(\text{max})$ - масса максимального количества связанной воды

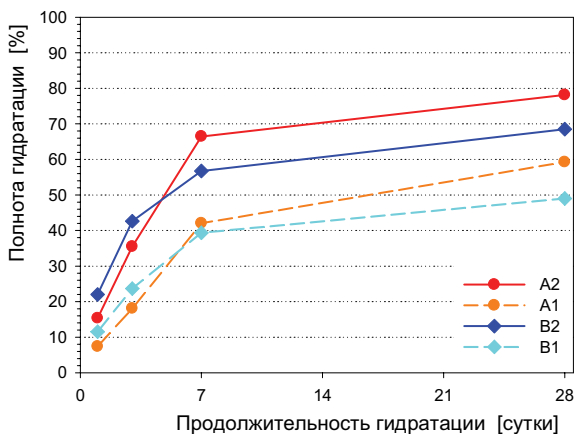


Рис. 3

Процесс гидратации ангидритов (без добавок) в зависимости от тонкости помола

Как и ожидалось у обоих ангидритов процесс гидратации происходит быстрее при тонком помоле. При сравнении ангидритовых проб было замечено, что в первые три дня проба А гидратирует медленнее, чем вторая проба. А при более поздних сроках (7 и 28 суток) ситуация меняется.

Пониженная реактивность ангидрита А была доказана также при помощи кривых электропроводности. Для этого была получена суспензия: 1 г ангидрита ввели в 100 мл дист. воды. Измерение электропроводности проводилось в течение 24 часов при 20 °С в закрытом сосуде. Перемешивание было обеспечено при помощи электромагнитной мешалки.

В таких суспензиях электропроводность зависит от количества растворённых ионов, что и характеризует процесс растворения. Результаты таких исследований (рис. 4) показали, что ангидрит В растворяется быстрее и при этом выделяется больше ионов. Размол ангидрита В на этот

процесс влияет незначительно. Тонкость помола имеет большее влияние у ангидрита А.

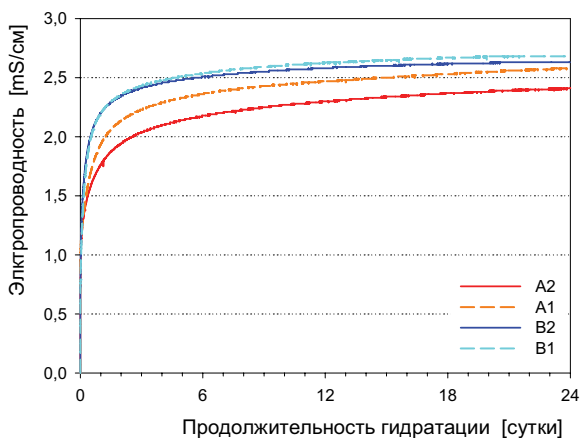


Рис. 4
Изменение электропроводности водных суспензий ангидритов

Неожидан был тот факт, что электропроводность при тонком помоле была ниже по отношению к крупной фракции. Этот, на первый взгляд противоречивый результат можно объяснить следующим образом: добавленная для нейтрализации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ находится на поверхности частиц, чем её больше, тем выше электропроводность. При помоле возникают новые поверхности с «кислым» характером, происходит процесс химического взаимодействия с гашённой известью. При этом образуются менее растворимые соединения и электропроводность снижается.

Это объяснение подтверждается результатами определения значений рН раствора (таб. 2).

Таблица 2
рН раствора разных ангидритов

	Значение рН	
	грубый помол	тонкий помол
ангидрит А	12,36	12,13
ангидрит В	12,31	12,14

По химическому составу были выявлены только некоторые отличия между ангидритами (таб. 3). Ангидрит В содержит больше Al_2O_3 , а для ангидрита А характерно повышенное содержание щелочей и MnO_2 . Особенное отличие представляет содержание оксидов фосфора в обоих ангидритах. Так как фосфатные составляющие в системах сульфата кальция воздействуют в качестве замедлителя, можно предполагать, что пониженная полнота гидратации ангидрита А связана именно с этим.

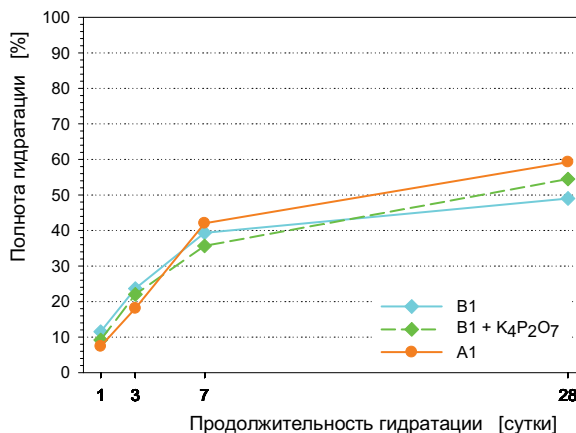
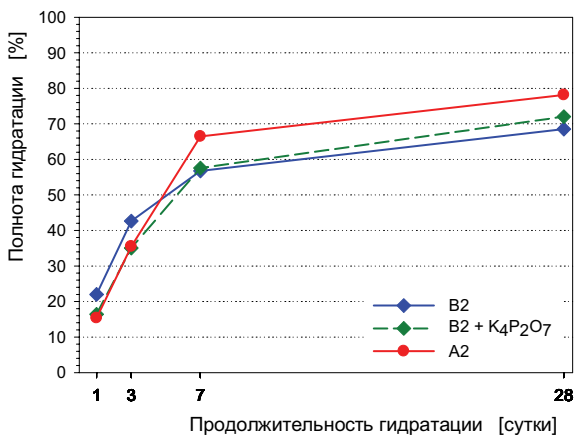


Рис. 5
Влияние пирофосфата калия на процесс гидратации ангидритов при тонком (верхнее изображение) и грубом (нижнее изображение) помолах

Таблица 3
результат химического анализа двух ангидритов

	Содержание [%]											
	H ₂ O	CaSO ₄	CaF ₂	Ca(OH) ₂	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P ₂ O ₅
A	0,08	96,8	1,65	0,89	0,03	0,10	0,04	0,08	0,04	0,06	0,010	0,014
B	0,23	95,5	2,49	0,70	0,02	0,18	0,14	0,07	0,01	0,02	0,002	0,001

Для подтверждения этого предположения мы исследовали влияние пирофосфата калия $K_4P_2O_7$ на процесс гидратации ангидрита В. С этой целью вовремя помола было добавлено 0,03 % $K_4P_2O_7$. Проведенные опыты (тонкий помол – рис. 5) показали, что действительно в первые три дня гидратации скорость реакции замедляется до уровня ангидрита А. При более поздних сроках это различие практически исчезает. При грубом помоле влияние фосфата на гидратационный процесс незначительно.

Заклучение

В результате проведенных опытов выявлены причины различия реактивности двух ангидритов. Содержание фосфатов в ангидрите А обуславливает замедление процесса гидратации в первые сутки. Кроме того, ангидрит А поддается хуже размолу. При одинаковой интенсивности и продолжительности размола у ангидрита А было зафиксировано менее плавное распределение частиц

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ ПОВЫШЕННОЙ ВОДОСТОЙКОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КЕРАМЗИТОВОЙ ПЫЛИ В КАЧЕСТВЕ АКТИВНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ

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

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Строительные материалы на основе гипсового сырья отличаются низкими энергозатратами при производстве и лучшими экологическими показателями по сравнению с цементными материалами аналогичного назначения.

Одним из актуальных направлений, позволяющим расширить номенклатуру и область применения материалов на основе гипсовых вяжущих, является повышение их водостойкости.

В работах А.В. Волженского, А.В. Ферронской и др., показано, что наиболее эффективным способом решения проблемы повышения водостойкости строительных материалов на основе гипсовых вяжущих является введение в состав вяжущего комплекса гидравлических и активных минеральных добавок [1, 2]. А.В. Ферронской, В.Ф. Коровяковым впервые разработано новое поколение водостойких композиционных гипсовых вяжущих, которые получают смешиванием гипсового вяжущего с органо-минеральным модификатором [2, 3].

Рядом исследователей показана эффективность использования для получения гипсовых вяжущих повышенной водостойкости тонкомолотого керамзита или керамзитовой пыли в составе комплексной гидравлической добавки [3, 4].

Утилизация керамзитовой пыли, которая собирается в системах пылеочистки при производства керамзитового гравия (пылеосадительных камерах, циклонах, фильтрах) является достаточно серьезной проблемой. На крупных керамзитовых заводах ежедневно образуется до 7-8 т керамзитовой пыли. В дальнейшем этот отход добавляют к сырой глине и возвращают в производство, но чаще вывозят в отвалы.

Исследователями Уфимского государственного нефтяного технического университета рассмотрено совместное введение добавок извести и керамзитового наполнителя, полученного помолом керамзитового гравия [4], в МГСУ - совместное введение добавок портландцемента и керамзитовой пыли – отхода производства керамзита [3].

Целью настоящей работы явилась разработка составов композиционного гипсового вяжущего повышенной водостойкости с применением керамзитовой пыли в качестве активной минеральной добавки, а также штукатурной гипсовой сухой смеси повышенной водостойкости на основе разработанного вяжущего.

В качестве вяжущего для проведения работы применялся строительный гипс Г5БП производства ООО «Аракчинский гипс», произведенный по ГОСТ 125-79.

В качестве компонента комплексной гидравлической добавки применялась известь негашеная третьего сорта производства ООО «Казанский завод силикатных стеновых материалов».

В качестве тонкомолотого активного минерального компонента комплексной гидравлической добавки применялась керамзитовая пыль – отход производства керамзита, отобранная на заводах керамзитового гравия Республики Татарстан, размолотая до удельной поверхности 150, 300 и 500 м²/кг.

Проведены исследования влияния добавки керамзитовой пыли различного минералогического состава (с различным содержанием глинистых минералов и аморфной фазы) при различной удельной поверхности, вводимой совместно с известью на основные показатели физико-технических свойств гипсового вяжущего.

Результаты рентгенофазового анализа исходных проб керамзитовой пыли, выполненные на кафедре минералогии и петрографии КГУ и в Аналитико-технологическом сертификационном испытательном центре ЦНИИГеолнеруд показали, что во всех образцах содержатся кристаллическая и аморфная фазы, относящиеся к минералам исходной глины и продуктам ее обжига.

Получены зависимости, характеризующие влияние количества и удельной поверхности добавки керамзитовой пыли различного минералогического состава, вводимой совместно с известью, на основные физико – технические свойства гипсового вяжущего.

С помощью рентгенофазового анализа модельных образцов искусственного камня, полученных при твердении составов: известь – молотая керамзитовая пыль различных проб, установлено образование низкоосновных гидросиликатов кальция (рис.1). Образование аналогичных продуктов при твердении гипсового камня с введением комплексной гидравлической добавки, включающей известь и молотую керамзитовую пыль, обеспечивает повышение прочностных показателей и водостойкости.

Установлено, что эффективность действия керамзитовой пыли как активной минеральной добавки повышается с увеличением в ее составе количества аморфной фазы и уменьшением суммарного количества глинистых минералов (рис.1, 2, 3).

Оптимальная величина удельной поверхности молотой керамзитовой пыли, при которой достигаются наибольшие показатели физико – технические свойства гипсового вяжущего, составляет 500 м²/кг

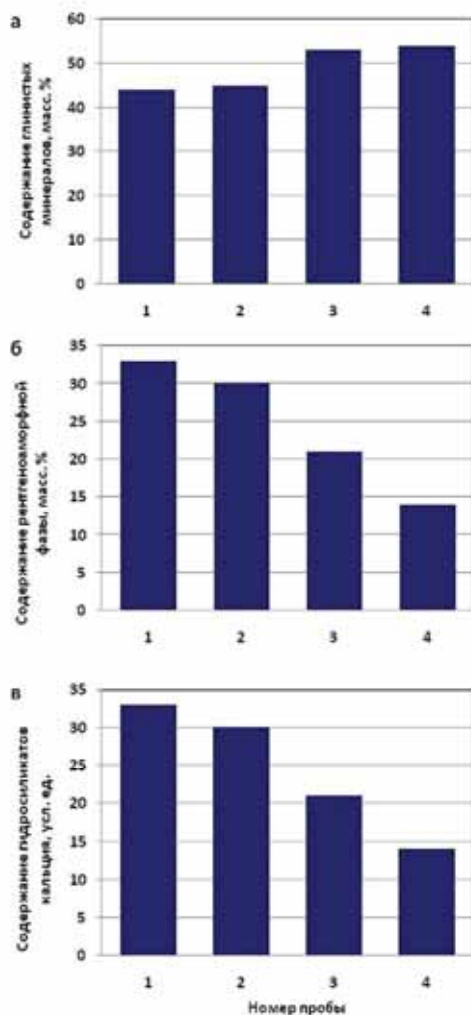


Рис. 1. Данные фазового состава по результатам рентгенографического анализа исходных проб керамзитовой пыли (а, б) и модельных образцов искусственного камня состава: известь – керамзитовая пыль (в): а - содержание глинистых минералов в исходных пробах керамзитовой пыли; б – содержание рентгеноаморфной фазы в исходных пробах керамзитовой пыли; в – содержание гидросиликатов кальция в модельных образцах искусственного камня состава: известь – керамзитовая пыль.

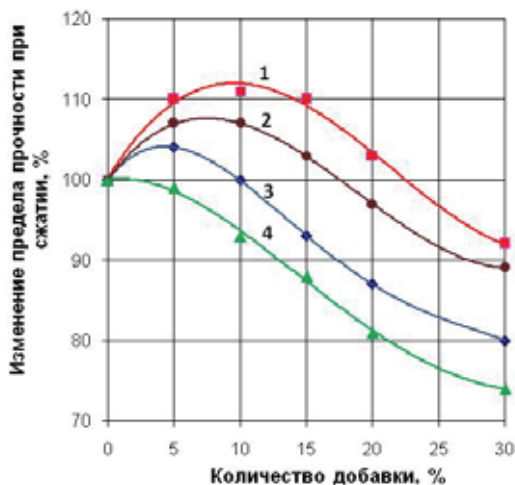


Рис. 2. Влияние количества добавки молотой керамзитовой пыли различного минерального состава при удельной поверхности $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ на изменение прочности при сжатии гипсового камня на основе композиционного гипсового вяжущего:

1 - проба №1; 2 - проба №2; 3 - проба №3; 4 - проба №4

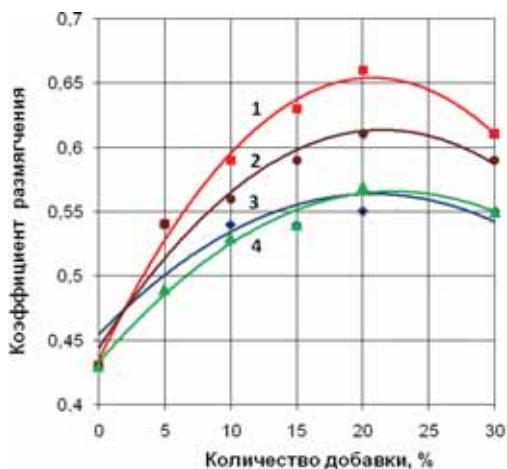


Рис. 3. Влияние количества добавки молотой керамзитовой пыли различного минерального состава при удельной поверхности $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ на коэффициент размягчения гипсового камня на основе композиционного гипсового вяжущего:

1 - проба №1; 2 - проба №2; 3 - проба №3; 4 - проба №4

Установлено, что при введении комплексной добавки, включающей известь в количестве 4-6% от массы гипсового вяжущего и керамзитовую пыль с оптимальной удельной поверхностью 500 м²/кг в количестве 10-30% от массы вяжущего, в зависимости от минералогического состава, коэффициент размягчения повышается до значений более 0,6, что соответствует гипсовым материалам повышенной водостойкости [2].

В зависимости от минерального состава керамзитовой пыли ее введение в количестве 5-20% от массы строительного гипса совместно с известью не приводит к снижению прочностных показателей гипсового камня. При введении до 10% керамзитовой пыли с относительно небольшим содержанием глинистых минералов и наиболее высоким содержанием аморфной фазы (проба №1) увеличение прочности гипсового камня составляет более 10% по сравнению с контрольным составом.

Увеличение в составе комплексной гидравлической добавки содержания извести свыше 6% и керамзитовой пыли свыше 30%, вследствие постепенного увеличения водопотребности, вызывает снижение показателей прочности и коэффициента размягчения гипсового вяжущего.

На основе разработанного композиционного гипсового вяжущего получена штукатурная гипсовая сухая смесь повышенной водостойкости.

В качестве водоудерживающей добавки для получения штукатурной сухой смеси применялась высокомолекулярный полиэтиленоксид (PEO-S) производства ОАО «Казаньоргсинтез».

В качестве добавки замедлителя схватывания применялась лимонная кислота по ГОСТ 908-79 производства ЗАО «Белгородский завод лимонной кислоты «Цитробел»».

Испытания растворных смесей и растворов на основе осуществлялось по ГОСТ 5802-86, ТУ 5745-001-61804221-2009. Подвижность штукатурных растворных смесей составляла 12-13 см по глубине погружения конуса СтройЦНИИЛа.

Определение коэффициента размягчения осуществлялось по ТУ 21-0284757-90.

Показатели основных физико – технических свойств разработанных штукатурных гипсовых сухих смесей повышенной водостойкости представлены в таблице.

Таблица

Показатели основных физико – технических свойств
штукатурных гипсовых сухих смесей повышенной водостойкости

Наименование свойств	Показатели свойств разработанных штукатурных гипсовых сухих смесей	Средние показатели свойств промышленных аналогов
Начало схватывания, мин	30 - 90	30-120
Водоудерживающая способность, %	98	не менее 95
Прочность при сжатии, МПа	5 - 7	4-7
Прочность сцепления с основанием, МПа	0,5 - 0,6	0,4 - 0,8
Коэффициент размягчения	0,65 - 0,7	0,3 - 0,45

По показателям основных физико- технических показателей штукатурные гипсовые сухие смеси повышенной водостойкости отвечают нормативным требованиям, соответствуют или превосходят существующие аналоги.

Разработанные композиционные гипсовые вяжущие повышенной водостойкости являются конкурентоспособными в ценовом отношении, благодаря применению в их составе активной минеральной добавки - отхода промышленности строительных материалов керамзитовой пыли при снижении расхода более дорогостоящего строительного гипса.

Литература

1. Волженский А.В., Роговой М.И., Стамбулко В.И., Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие материалы и изделия, М.: Госстройиздат, 1960. - 162 с.
2. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В.Ферронской. – М.: Издательство АСВ, 488 с.
3. Баженов Ю.М., Коровяков В.Ф., Денисов Г.А. Технология сухих строительных смесей. - М: Издательство АСВ, 2003. – 96 с.
4. Разработка конструкций гипсобетонных блоков повышенной долговечности для объектов жилищно – гражданского строительства: отчет о НИР (заключ.) : 946-83 / Уфимский нефтяной институт ; рук. Парфенов В.И.; исполн.: Капитонов С.М. [и др.]. – Уфа., 1983. – 108 с. – № ГР 01830063394. – Инв. № 02840916932.

ГИПСОШЛАКОВЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Мирсаев Р.Н., Ахмадулина И.И., Бабков В.В., Недосеко И.В., Юнусова С.С., Гаитова А.Р.

ОАО «Полиэф», Уфа, Управление капитального строительства Республики Башкортостан, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Промышленность строительных материалов Республики Башкортостан и смежных регионов ежегодно потребляет сотни тысяч тонн доменных гранулированных шлаков Магнитогорского, Нижнетагильского, Ашинского и Белорецкого металлургических комбинатов в традиционной технологии производства шлакопортландцемента. Данные шлаки, относящиеся большей частью к нейтральным и слабокислым (усредненный химический и фазовый состав приведен в табл. 1, 2), могут быть с большей эффективностью использованы при получении низкоэнергоемких безбужимых известковошлаковых (ИШВ) и сульфатношлаковых (СШВ) вяжущих с применением в качестве активаторов твердения известьсодержащих и сульфатосодержащих отходов ряда предприятий химической промышленности [1]. Усредненный химический состав известьсодержащих и сульфатных отходов приведен в табл. 3, 4.

В технологии производства ИШВ представляет значительный интерес замена дорогостоящей извести известьсодержащими отходами. В частности, на ОАО «Сода» (г. Стерлитамак, РБ) имеется значительные накопления многотоннажных дисперсных отходов с содержанием гидроксида кальция в пределах 5-35 % (табл. 3). Это, прежде всего, твердые остатки содового производства (ТОС), мелкие остатки гашения извести (МОГ) и цементная пыль (ЦП).

При смешивании отхода со шлаком наряду с активатором – известью и состав сырьевой смеси вносится определенное количество инертной фазы – наполнителя (карбонаты или др.), что, безусловно, снижает активность вяжущего. Поэтому, повышение содержания известьсодержащего отхода в составе сырьевой смеси до достижения оптимальной концентрации извести, с одной стороны, содействует повышению активности получаемого смешанного вяжущего, а с другой – торможению прироста прочности из-за неизбежного повышения концентрации вносимой инертной фазы. Следовательно, для каждого из названных отходов, необходимо определение их оптимальных концентраций в составе вяжущей композиции, в зависимости от требуемой марочности.

Экспериментальные исследования показывают, что при использовании достаточно богатых по содержанию извести (25-35 %, кривые 2, 3 рис. 1) мелких остатков гашения извести (МОГ, ОАО "Сода") при их содержа-

нии в сырьевой смеси до 40-50 % и помолу вяжущего до $S_{уд} = 3500 \text{ см}^2/\text{г}$ достигается получение ИШВ с прочностью на сжатие до 15-25 МПа по результатам испытаний стандартных образцов (балочки 4x4x16 см) нормально-влажностных условий твердения.

Применительно к низкоконцентрированным по извести дисперсным отходам (ЦП, ТОС) СШВ, безусловно, являются более предпочтительным вариантом вяжущего по сравнению с ИШВ, так как в состав СШВ известь входит в достаточно малой концентрации (до 1-2 % по $CaO_{акт}$) и достижение данной концентрации (в отличие от ИШВ) не сочетается с внесением большого количества инертной фазы отхода. При этом оптимальная концентрация сульфатного компонента в составах СШВ должна определяться тем, что, во-первых, сульфата кальция должно быть достаточно для максимального связывания содержащихся в составе шлака алюминатов, а во-вторых, его не должно быть более необходимого количества для решения первой задачи, так как это обусловит повышение содержания инертной фазы в вяжущем и снизит его активность. Эксперименты показывают, что концентрация ЦП и ТОС составляет в сульфатно-шлаковых композициях оптимальных составов около 10 %, а МОГ около 5 % (рис. 1, кривые 5, 6). При этом следует отметить, что использование фосфогипса вместе с известьсодержащими отходами позволяет произвести эффективную нейтрализацию фосфогипса от кислых примесей (P_2O_5 , F) уже на стадии приготовления вяжущего без дополнительных дорогостоящих технологических операций, связанных с промывкой и обезвоживанием фосфогипса, необходимых при производстве на его основе гипсового вяжущего.

В изученных составах сульфатно-шлаковых вяжущих наиболее дорогостоящим компонентом является доменный гранулированный шлак, так как его получение связано с определенными затратами на строительство и эксплуатацию установок грануляции (не учитывая существенных затрат на помол гранулированного шлака, как самого трудноразмельяемого ингредиента в составе вяжущего), остальные же компоненты вяжущего являются отходами сопутствующих производств и соответственно затраты на их получение ничтожно малы и связаны только их транспортировкой к месту переработки. Поэтому, учитывая большую потребность строительной индустрии, связанную с постоянно возрастающими объемами строительства объектов малой и средней этажности, в дешевых вяжущих композициях низких и средних марок имеется необходимость производства шлаковых вяжущих с пониженным содержанием доменного шлака и, соответственно, повышенным содержанием отходов производства, которые также необходимы в дорожном, сельскохозяйственном и ряде других областей строительства [2]. При этом, повышение содержания извести или известьсодержащих отходов в составах шлаковых вяжущих приводит к неизбежному ухудшению их свойств, связанному не только со спадом прочности, но также и с неравномерностью изменения объема, низкой водостойко-

стью и рядом других отрицательных моментов, присущих вяжущим с повышенным содержанием извести в их составах. Таким образом, с технической точки зрения особый интерес представляют вяжущие с повышенным содержанием сульфатного компонента в составе сырьевой смеси, который в данном случае используется не только в качестве активатора, но и как наполнитель смешанного вяжущего.

Полученные результаты (рис. 2) свидетельствуют о возможности получения вяжущих М 50-100 при содержании фосфогипса в его составе на уровне 50-75 %. При этом следует отметить, что показатели водостойкости данных вяжущих ($K_p = 0,6-0,7$) (рис. 3) значительно превосходят соответствующие показатели стандартных гипсовых и ангидритовых вяжущих, что позволяет рекомендовать их для использования в подстилающих слоях дорожных одежд, фундаментных и стеновых конструкциях, эксплуатирующихся при повышенной влажности окружающей среды.

С целью снижения капитальных и текущих затрат для производства изделий массового назначения значительный интерес представляет применение способа полусухого прессования. Исследования показали, что прессование жестких смесей (водотвердое отношение В/Т = 0,15-0,2), содержащих 70-80 % фосфогипса и 20-30 % сульфатно-шлакового вяжущего под давлением 5-20 МПа, дает возможность получать стеновые и перегородочные изделия с пределом прочности при сжатии 5 МПа и более. Организация производства изделий на основе фосфогипса способом полусухого прессования не требует больших капитальных вложений, при этом возможно использование оборудования, выпускаемого отечественными предприятиями машиностроения для прессования грунтоблоков и других подобных изделий, а также применение простаивающих технологических линий на заводах по производству силикатного кирпича [3]. Технологический процесс производства отличается простотой и включает в себя дозирование исходных компонентов (фосфогипс с естественной влажностью, подсушенный фосфогипс, нейтрализующая добавка, шлаковое вяжущее), приготовление формовочной смеси и формование изделий в пресс-формах под давлением. Технология изготовления мелкоштучных стеновых изделий на сульфатно-шлаковой основе апробирована в г. Уфа на установке РК-250 для формования грунтоблоков.

В настоящее время также возможно и целесообразно существенное увеличение выпуска стеновых изделий на гипсовой и гипсошлаковой основах на базе как природного сырья, так и промышленных отходов [4]. Кроме того, расширение производства низкомарочных изделий позволит оптимизировать структуру потребления строительных материалов и более рационально использовать высокомарочные изделия.

Литература

1. Бабков В.В., Комохов П.Г., Недосеко И.В. и др. Сульфатно-шлаковые вяжущие на основе сырья и отходов Урало-Башкирского региона.// Цемент. - 1993 - № 4. - С. 40-42.
2. Бабков В.В., Недосеко И.В., Мирсаев Р.Н. Опыт производства и применения гипсовых вяжущих в Республике Башкортостан.// Тр. Второй всероссийской конференции «Гипс и его применение». – Уфа, 2003. - С. 196-200.
3. Мирсаев Р.Н., Бабков В.В., Юнусова С.С., Недосеко И.В. Фосфогипсовые отходы химической промышленности в производстве стеновых изделий. М.: Химия. 2004. 173с.
4. Опыт производства и эксплуатации гипсовых стеновых изделий /Мирсаев Р.Н., Бабков В.В., Недосеко И.В., Печенкина Т.В. // Москва: Строительные материалы – 2008. - № 3. - С. 78-81.

Таблица 1 - Химический состав шлаков, мас. %

Шлаки	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	$\frac{MnO}{TiO_2}$
Ашинский	37,20	10,00	33,40	16,05	0,78	0,47	-	1,30
Белорецкий	37,00	16,00	39,30	3,00	0,62	1,00	-	1,00
Магнитогорский	35,68	14,32	40,09	5,54	1,17	-	0,84	0,80
Нижнетагильский	36,00	13,60	36,90	7,20	0,60	0,80	-	0,80

Таблица 2 - Модульные характеристики шлаков

Шлаки	Модуль основности	Модуль активности	Коэффициент качества
Ашинский	0,98 ... 1,20	0,20 ... 0,39	1,23
Белорецкий	0,78 ... 1,00	0,38 ... 0,51	1,58
Магнитогорский	0,90 ... 1,05	0,40 ... 0,45	1,66
Нижнетагильский	0,97 ... 1,27	0,30 ... 0,42	1,6

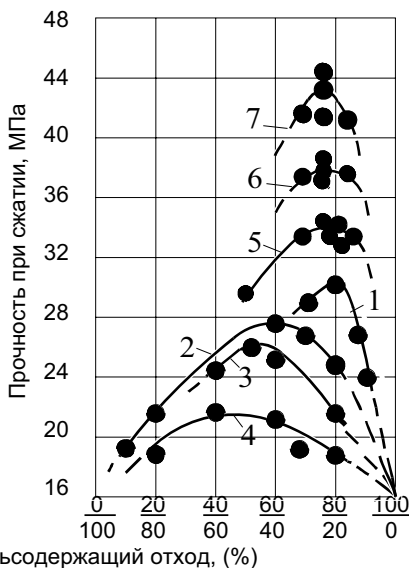
Таблица 3 - Химический состав известьесодержащих отходов ОАО «Сода»

Отход	Содержание основных окислов, масс. %							активных CaO+ MgO	Cl
	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O +Na ₂ O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃		

Твердый остаток содового производства	5-12	40-50	1,8-2,6	0,2-1	2,8-4,7	1-3	1-5	5-12	3-12
Мелкие отходы гашения извести	2-4,5	58-62	1-2,5	0,15-0,25	2	1,3-4	2-3	22-35	0,3-0,5
Цементная пыль	13-15	42-45	2-3	1-1,5	3-6	2,5-4	0,7	6-7	0,3-0,5

Таблица 4 - Химический состав сульфатных отходов, мас. %

Продукт	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	P ₂ O ₅	R ₂ O ₅	MgO	F
Фосфогипс	0,39	0,12	36,4	0,08	51,92	1,52	0,42	0,15	0,48
Гипсовая мелочь АО "Сода"	-	0,24	32	-	46,76	-	0,42	-	-



шлак / известьсодержащий отход, (%)

Рис. 1. Зависимости прочности образцов шлаковых вяжущих нормально-влажностных условий твердения на основе Магнитогорского доменного гранулированного шлака от содержания в сырьевой смеси отходов-активаторов: 1- ИШВ на бездобавочной гашеной извести (акт. $CaO+MgO=59\%$) при удельной поверхности $S=3500 \text{ см}^2/\text{г}$; 2 – тоже, на известьсодержащем отходе МОГ, акт. $CaO+MgO=35\%$; 3 - тоже на МОГ, акт. $CaO + MgO = 23\%$; 4 - тоже на ТОС, акт. $CaO + MgO = 7\%$; 5 - СВШ составов Ш : ФГ : МОГ - (50...83) : (45...12) : 5% при $S=3500 \text{ см}^2/\text{г}$; 6 - тоже, $S=4500 \text{ см}^2/\text{г}$; 7 - тоже, $S=5800 \text{ см}^2/\text{г}$.

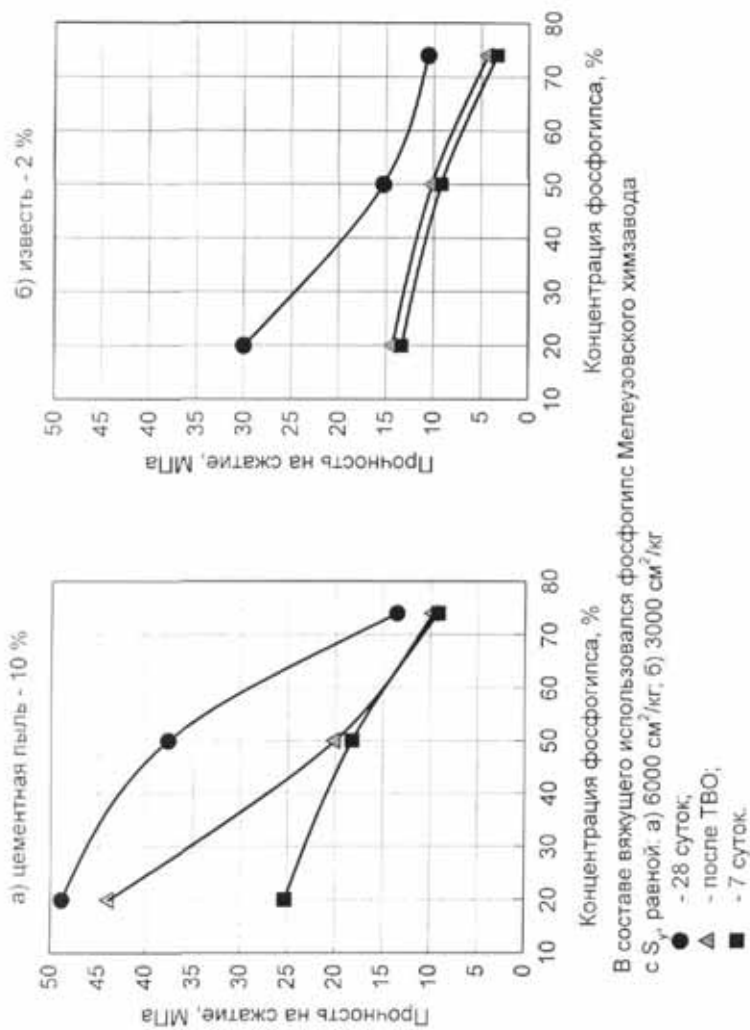


Рис. 2. Прочностные характеристики СШВ с повышенным содержанием сульфатного компонента при использовании шлака Нижнетагильского металлургического комбината ($S_y=4000 \text{ см}^2/\text{г}$)

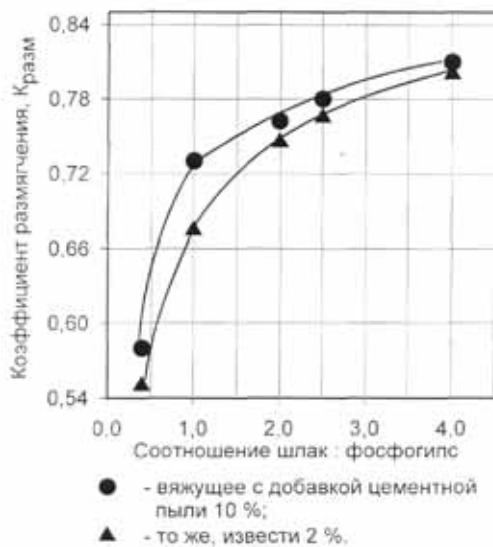


Рис. 3. Зависимости водостойкости цементного камня на основе СШВ от содержания нейтрализованного фосфогипса

ВЛИЯНИЕ ГИДРОСИЛИКАТОВ МАГНИЯ НА ТВЕРДЕНИЕ И СВОЙСТВА ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ

Панферова А.Ю., Трунилова Д.С., Шленкина С.С. Гаркави М.С.,
Магнитогорский государственный технический университет

Обеспечение строительства эффективными, ресурсосберегающими, экологически чистыми материалами и изделиями является главной задачей промышленности строительных материалов. Одним из путей успешного решения этой задачи является расширение применения в строительстве материалов и изделий из вяжущих на основе сульфата кальция (гипсовых и ангидритовых). Их положительной особенностью является разнообразная номенклатура, что позволяет широко использовать их как в новом строительстве, так и при реконструкции и модернизации старых зданий и сооружений.

Поскольку свойства материалов определяются их структурой, то за счет ее направленного изменения можно добиться существенного улучшения физико-механических и эксплуатационных характеристик материалов. Среди относительно новых модификаторов структуры гипсовых и ангидритовых материалов следует отметить ультрадисперсные добавки с нанометровыми размерами, которые способны существенно улучшить физико-технические свойства. Ультрадисперсные модификаторы с нанометровыми размерами могут быть введены в состав композиции в виде нанотрубок и пластинок нанометровой толщины, которые способны стимулировать кристаллизацию новообразований за счет структурной ориентации по своей поверхности [1]. В качестве таких модификаторов структуры различных композиционных материалов широко используются гидросиликаты магния, как естественного, так и искусственного происхождения [2].

Среди природных гидросиликатов магния особого внимания заслуживают широко распространенные хризотил и тальк, близкие по своему химическому составу.

Природный хризотил – это минерал группы серпентина с трубчатой волокнистой структурой и представляет собой слоистый силикат. Для хризотила характерны два вида пор – цилиндрические капилляры внутри волокон и капилляры между волокнами радиусом 13...20 нм. Тальк представляет собой распространенный минерал подкласса слоистых силикатов с частями пластинчатой формы [3].

Целью данной работы является изучение влияния добавок хризотила и талька на твердение и физико-механические свойства вяжущих на основе сульфата кальция – строительного гипса и ангидритового цемента. Выбор данных вяжущих обусловлен различием в механизме и скорости их твердения.

В данной работе использовался гипс строительный β – модификации марки Г4 производства Челябинского гипсового завода, из которого готовилось тесто с $V/\Gamma = 0,48$, и природный ангидрит Порецкого месторождения (Чувашия) с содержанием сульфата кальция 85,47%. В качестве активатора твердения применялась воздушная известь в количестве 3% от массы ангидрита. Водотвердое отношение при изготовлении ангидритовых образцов составляло 0,45.

Выполненное электрофизическое исследование процесса твердения гипсового вяжущего с добавками хризотила (0,2% от массы вяжущего) и талька (0,2% от массы вяжущего) показало, что эти добавки практически не изменяют характера твердения исследуемой системы (рисунки 1 и 2).

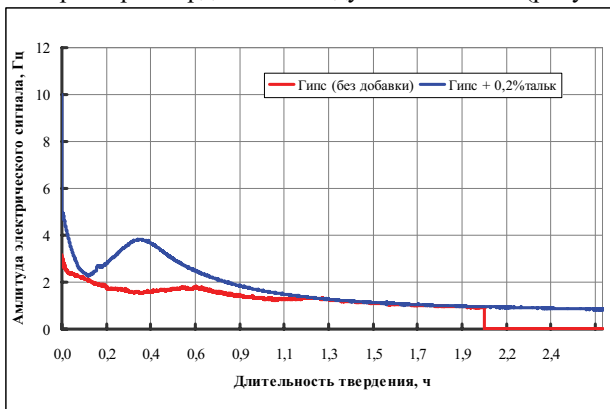


Рис. 1. Кинетика изменения электрического сигнала при твердении гипсового вяжущего с добавкой талька

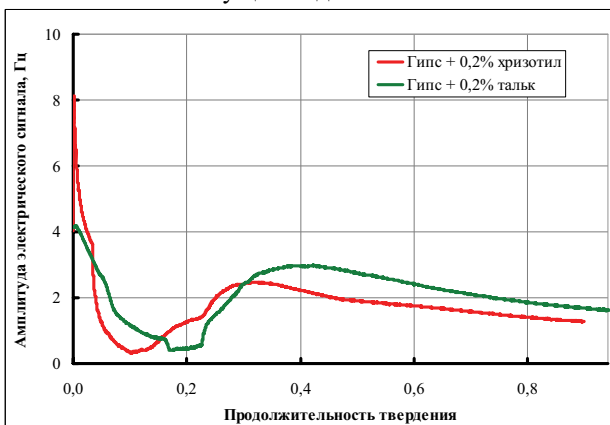


Рис. 2. Кинетика изменения электрического сигнала при твердении гипсового вяжущего с добавками хризотила и талька

Следует отметить, что амплитуда электрического сигнала в системах с добавками хризотила и талька значительно выше, что связано с увеличением числа носителей заряда. Это обусловлено большим количеством поверхностных активных центров на указанных добавках. На этих центрах осуществляется диссоциативная адсорбция молекул воды, что и проводит к возрастанию числа свободных носителей заряда и соответственному росту амплитуды электрического сигнала. При этом происходит и ускорение формирования структуры гипсового камня и увеличение его прочности на 10% (рисунок 3).

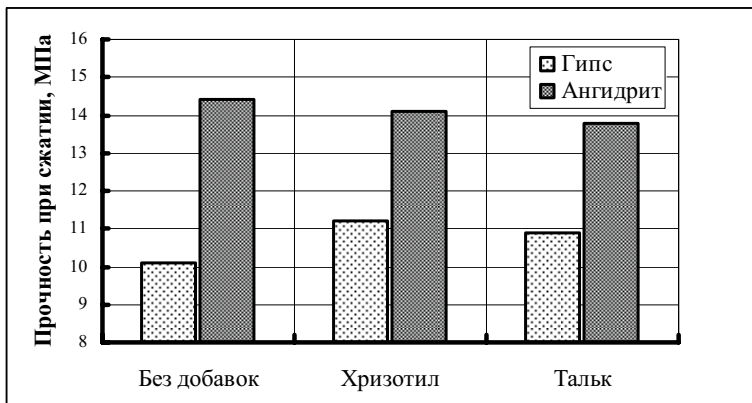


Рис. 3. Влияние гидросиликатов магния на прочность гипсового (в сухом состоянии) и ангидритового камня (в возрасте 7 суток)

Как следует из данных рисунка 3 введение малых добавок хризотила и талька в состав ангидритового вяжущего не приводит к росту прочности образующегося искусственного камня. Однако, как показано в работе [4], при больших дозировках гидросиликатов магния (до 6,5 % от массы вяжущего) происходит увеличение прочности ангидритового камня более, чем на 50%.

Повышение прочности связано, с одной стороны, со структурированием межфазных граничных слоев, образующихся на контакте вяжущей дисперсии и наполнителя. Согласно [1], при определенном содержании наполнителя осуществляется фазовый переход вяжущей дисперсии из объемного в пленочное состояние, 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 двухводного гипса, которые образуются на активных поверхностных центрах гидросиликатов магния [5]. При этом происходит увеличением плотности нарастания кристаллов новообразованного дву-

водного гипса на минеральной подложке из гидросиликатов магния, что и приводит к приросту прочности ангидритового камня.

Следует отметить, что при использовании мелкодисперсных гидросиликатов магния, которые представляют собой природные наносистемы (тубулярного и пластинчатого 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 ангидритовое вяжущее углеродных нанотрубок [1].

Таким образом, проведенные исследования показали, что ведение в вяжущие системы на основе сульфата кальция в качестве минерального наполнителя гидросиликатов магния способствует уплотнению структуры искусственного камня и повышению его прочности.

Литература

1. Яковлев Г.И. и др. Поризованные ангидритовые композиции, модифицированные углеродными наноструктурами // Технологии бетонов. – 2007. - №6. – С. 20-22.

2. 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.

3. Иванов В.В., Чемякина Н.А. Использование хризотилового волокна в пенобетонах // Экспозиция. – 2007. - №9 (29). – С. 6-7.

4. Трунилова Д.С., Шленкина С.С., Гаркави М.С. Особенности твердения ангидрита в присутствии извести и асбеста // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Строительство и архитектура. -2010. - №15. – С. 54-55.

5. Дистлер Г.И. Электрическая структура реальных поверхностей твердых тел и формирование граничных слоев с особыми свойствами, обеспечивающими передачу дальнего действия влияния твердых тел // Исследования в области поверхностных сил. – М., 1967. – С. 245-261.

ВЛИЯНИЕ СУПЕР - И ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ НА ВОДОПОТРЕБНОСТЬ И ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАТВЕРДЕВШЕГО КАМНЯ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ВЯЖУЩЕГО

Василик П.Г., ЗАО «ЕвроХим-1», Бурьянов А.Ф., Гонтарь Ю.В., Чалова А.И., ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова

Комплексное вяжущее на основе гипса все больше и больше находит применение при производстве напольных покрытий – самовыравнивающихся полов. Возможность применения в таких составах строительного β -гипса резко снижает себестоимость конечного продукта. Кроме того, материалы на таком вяжущем отличаются более высокой водостойкостью (1).

Пластификаторы работают со всеми компонентами системы гипс/цемент/минеральные добавки. Поэтому тип пластификатора необходимо подбирать с учётом свойств минералов, составляющих систему.

Ввиду актуальности проблемы была проведена исследовательская работа по сравнению влияния пластификаторов разных типов и на сокращение водопотребности и на повышение прочности, как на сжатие, так и на изгиб при постоянной подвижности раствора.

В работе использованы следующие материалы:

1. Гипсовое вяжущее Г5 (ООО «Волма-Воскресенск», г. Воскресенск)
2. СЕМ II/A-K(Ш-П) 32,5Б – портландцемент быстротвердеющий с комплексной минеральной добавкой – шлак (11%) + пуццолан (8%) (ЗАО «Мальцовский портландцемент», г. Фокино)
3. Винная кислота Т-040 (Bonollo S.p.A., Италия)
4. Melment F15G сульфомеламинформальдегид (BASF Construction Polymers GmbH, Германия)
5. Melflux 1641 – поликарбоксилатный эфир 2-го поколения (BASF Construction Polymers GmbH, Германия)
6. Melflux 2651- поликарбоксилатный эфир 3-го поколения (BASF Construction Polymers GmbH, Германия)
7. Melflux 5581- поликарбоксилатный эфир 4-го поколения (BASF Construction Polymers GmbH, Германия)
8. VP STQ 6- новый поликарбоксилатный эфир 5-го поколения (BASF Construction Polymers GmbH, Германия)

На базе указанных материалов приготовлен контрольный состав, содержащий гипсовое вяжущее в количестве 79,9% по массе, быстротвердеющий портландцемент с комплексной минеральной добавкой 20% и винную кислоту -0,1%. Фазовый состав гипса представлен в таблице №1.

Фазовый состав гипсового вяжущего чрезвычайно важен при производстве сухих строительных смесей. (2)

Цемент был выбран быстротвердеющий с высоким содержанием активных минеральных добавок. Это позволило приблизить скорости роста кристаллогидратов гипса и продуктов гидратации цемента, что уменьшило внутренние напряжения в матрице конечного материала. А наличие пуццоланоактивной добавки в цементе обеспечило связывание свободного Са и уменьшение образования этtringита и расширения системы.

Винная кислота является кислотным замедлителем как для гипса, так и для цемента. При этом эффективность данного замедлителя при щелочном рН очень высока (3)

Определена подвижность раствора по методике EN 12607 с использованием латунного цилиндра с внутренним диаметром 30мм и высотой 50мм.

Таблица №1. «Минералогический состав гипса ООО «Волма-Воскресенск»

Минерал	Содержание в %
Дигидрат $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,2
Полуводный $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	82,4
Ангидрид CaSO_4	5,4
Доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	7
Кварц SiO_2	2,5
Брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$	1,5
Остальное	1

Подобрано водотвёрдое отношение таким образом, чтобы растекаемость раствора была постоянной и составляла 14 см. Для сравнения с контрольным составом были приготовлены опытные композиции сухих смесей с использованием пластификаторов разных типов (Таблица №2)

Дозировки химических добавок были взяты с избытком, для получения максимального эффекта по снижению водопотребности.

Эффективные же дозировки начинаются для Melment F 15 G от 0,5 %, а для гиперпластификаторов торговой марки Melflux с 0,04% от массы вяжущего.

Из приготовленных растворных смесей вышеуказанных составов были отформованы образцы-балочки размером 4x4x16 см, которые испытаны на прочность при сжатии по ГОСТ 31376-2008 «Смеси сухие строительные на гипсовом вяжущем. Методы испытания». Результаты испытаний отображены в таблице №3, диаграммы №1,2.

Таблица №2. «Водопотребность различных составов при постоянной подвижности раствора (14 см по EN 12607)».

Состав	Содержание, %	В/Т
Контрольный		
Гипс	79.9	0.54
Цемент	20	
Винная кислота	0.1	
№1 Контрольный + Melment F 15 G		
Гипс	78.5	0.35
Цемент	20	
Винная кислота	0.1	
Melment F 15 G	1.4	
№2 Контрольный + Melflux 1641F		
Гипс	79.5	0.32
Цемент	20	
Винная кислота	0.1	
Melflux 1641F	0.4	
№3 Контрольный + Melflux 2651F		
Гипс	79.5	0.31
Цемент	20	
Винная кислота	0.1	
Melflux 2651F	0.4	
№4 Контрольный + Melflux 5581F		
Гипс	79.5	0.29
Цемент	20	
Винная кислота	0.1	
Melflux 5581F	0.4	
№5 Контрольный + VP STQ 6		
Гипс	78.5	0.26
Цемент	20	
Винная кислота	0.1	
VP STQ 6	1,4	

Таблица №3. «Прочность при сжатии и изгибе образцов с различными пластификаторами на 7 сутки по ГОСТ 31376-2008»

Состав	В/Т отношения	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при сжатии, МПа
Контрольный	0,54	5,52	16,34
№1 Контрольный + Melment F 15 G	0,35	2,90	25,50
№2 Контрольный + Melflux 1641F	0,32	5,00	23,20
№3 Контрольный + Melflux 2651F	0,31	4,80	25,20
№4 Контрольный + Melflux 5581F	0,29	4,90	28,70
№5 Контрольный + VP STQ 6	0,26	5,85	31,40

Диаграмма №1 «Влияние различных добавок и В/Т на прочность на изгиб образцов из комплексного вяжущего»

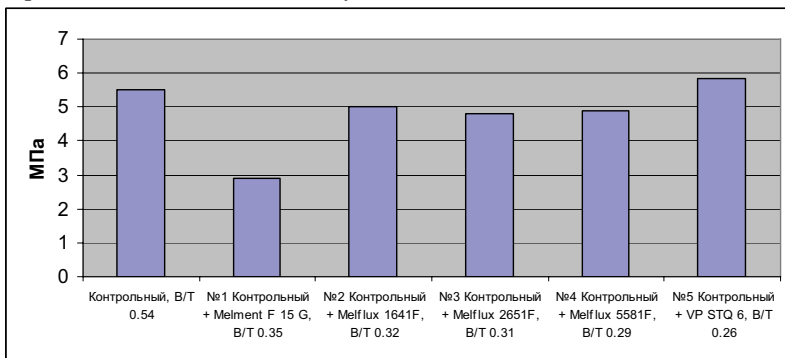
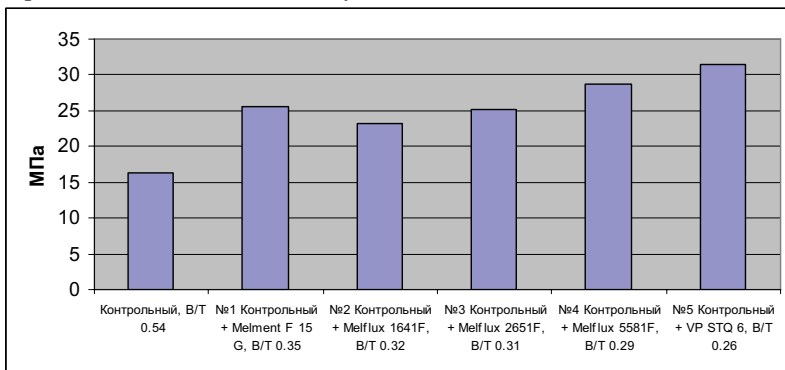


Диаграмма №2 «Влияние различных добавок и В/Т на прочность сжатия образцов из комплексного вяжущего»



Для напольных покрытий важными показателями являются, как прочность на сжатие, так и прочность на изгиб (DIN 18560). Как видно из результатов состава №1-4 показали более низкую прочность на изгиб, чем контрольный.

При изгибе на балку действует сразу две силы: растяжение и сжатие.

Прочность при сжатии возрастает при использовании как сульфомеламинформальдегидного пластификатора Melment F15 G при снижении В/Т до 0,35, так и при использовании поликарбоксилатов Melflux 1641 и Melflux 2651 (В/Т 0,32 и 0,31 соответственно), В тоже время, прочность на изгиб образцов при использовании суперпластификатора Melment F15 G ниже и контрольного и составов №2,3. Это говорит о значительном снижении прочности на разрыв. Снижение прочности на разрыв возможно происходит в следствии изменений в кристаллической структуре материала- нарушается процесс сращивания кристаллогидратов.

Прочность на разрыв можно повысить как введением в состав редуцируемых порошков, так и за счёт армирования высокомолекулярным волокном (4)

Применение редуцируемого порошка удобно, но для получения высокого упрочнения на разрыв дозировки этой добавки должны быть достаточно велики – более 2 % от массы всей системы. Это приводит к повышенному воздухоовлечению, необходимости введения антипенывателя, что вместе даёт сильное удорожание рецептуры.

Использование же волокна в напольных составах не всегда возможно - это связано с трудностями как при введении в смесь, так и при перемешивании готового раствора.

Выход был найден в новом материале BASF Constructin Polymers VP STQ6. Как видно из результатов исследования данный пластификатор положительно влияет как на прочность на сжатие, так и на прочность на изгиб, что позволяет получить напольное покрытие с более высокими показателями по трещиностойкости.

Литература

1. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф. Эксплуатационные свойства бетонов на основе композиционного гипсового вяжущего. /Строительные материалы, 1998, №6
2. Василик П.Г. Голубев И.В. Новые эфиры целлюлозы для производства гипсовых штукатурок./ Строительные материалы, 2009, №1

3. Голубев И.В. Василик П.Г. Модифицирующие добавки для ССС на основе гипсовых вяжущих /2-ой международный семинар «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий» Уфа, 2004
4. М.И. Халиуллин, М.Г.Алтыкис, Р.З.Рахимов, Эффективные сухие гипсовые смеси с добавками полимерных волокон УДК 691.55 Казанская государственная архитектурно-строительная академия

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНОКСИДОВ В КАЧЕСТВЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩИХ ДОБАВОК В ШТУКАТУРНЫХ ГИПСОВЫХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЯХ

Гайфуллин А.Р., Халиуллин М.И., Балапаев А.А., Балапаева А.В.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

При изготовлении сухих строительных смесей может применяться до тридцати пяти видов модифицирующих добавок. Одним из необходимых компонентов штукатурных сухих смесей является водоудерживающая добавка, в качестве которой часто применяются эфиры целлюлозы [1].

В работе исследовано влияние менее дорогих, по сравнению с традиционными добавками эфиров целлюлозы, добавок производства ОАО «Казаньоргсинтез» – полиэтиленоксидов с различными молекулярными массами на основные физико-технические свойства штукатурных гипсовых сухих смесей, с целью определения возможности их применения в качестве водоудерживающей добавки.

В качестве вяжущего вещества использовался строительный гипс Г5БП производства ООО «Аракчинский гипс» произведенный по ГОСТ 125-79, в качестве замедлителя сроков схватывания – лимонная кислота по ГОСТ 908-79 производства ЗАО «Белгородский завод лимонной кислоты «Цитробел»», в качестве водоудерживающей добавки полиэтиленоксиды производства ОАО «Казаньоргсинтез» РЕО-S (высокомолекулярный), ПЭГ35 и ПЭГ 9 (низкомолекулярные).

Для сравнения рассмотрена водоудерживающая добавка эфира целлюлозы Mecellose FMC 7150, применяющаяся в базовых промышленно производимых составах штукатурных гипсовых сухих смесей.

Результаты проведенных исследований (рис. 1-3) показывают, что эффективность применения рассмотренных полиэтиленоксидов, как водоудерживающих добавок возрастает с увеличением их молекулярной массы.

Установлено, что наиболее эффективной является добавка высокомолекулярного полиэтиленоксида РЕО-S.

При введении добавки РЕО-S до 2,5% по массе водопотребность гипсовой растворной смеси незначительно увеличивается, что связано с увеличением вязкости системы, сроки схватывания несколько замедляются.

При введении оптимального количества добавки РЕО-S 1,5-2% по массе водоудерживающая способность растворной смеси увеличивается с 91% до 98-98,5%, прочность сцепления гипсового раствора на отрыв с кирпичным основанием, увеличивается в 3 раза по сравнению с контрольным составом без введения добавок, приближаясь к показателям смесей с введением оптимального количества эфира целлюлозы (рис. 1, 2).

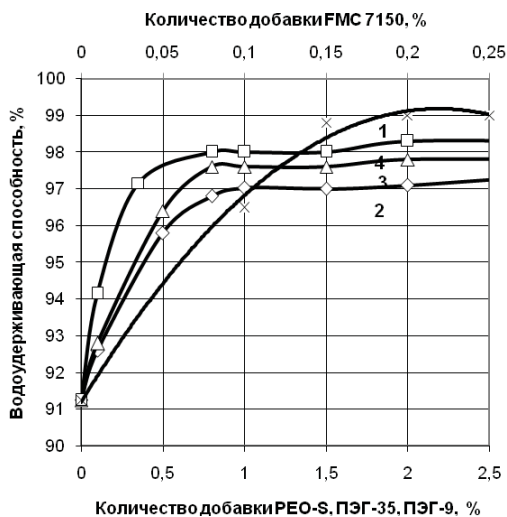


Рис.1. Влияние добавок водорастворимых полимеров на водоудерживающую способность гипсовой растворной смеси:
 x- ФМС 7150 ; ◇ - ПЭГ 9 ; △ - ПЭГ 35 ; □ - РЕО-S

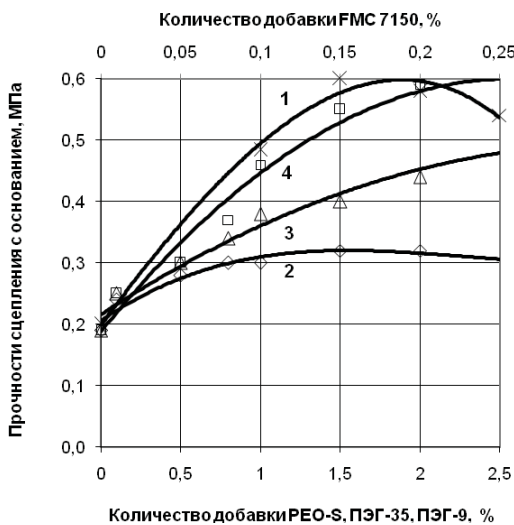


Рис.2. Влияние добавок водорастворимых полимеров на прочность сцепления с основанием гипсовых растворов:
 x- ФМС 7150 ; ◇ - ПЭГ 9 ; △ - ПЭГ 35 ; □ - РЕО-S

Предел прочности при сжатии растворов с введением до 2,5% добавки РЕО-S несколько снижается по сравнению с контрольным составом без введения добавки, что связано с увеличением водопотребности, но не столь значительно, как при введении эфира целлюлозы (рис. 3).

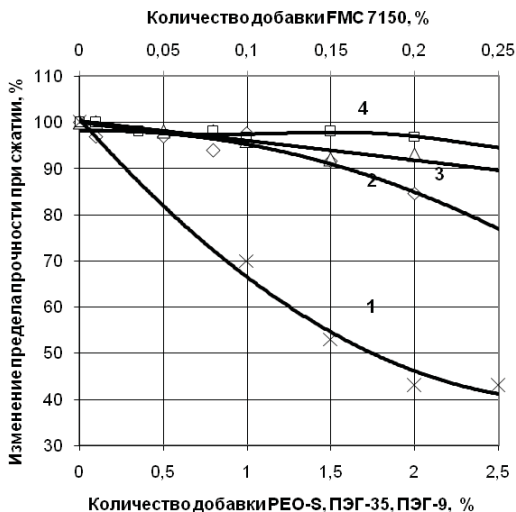


Рис.3. Влияние добавок водорастворимых полимеров на изменение предела прочности при сжатии гипсовых растворов: x- ФМС 7150 ; \diamond - ПЭГ 9 ; Δ - ПЭГ 35 ; \square - РЕО-S

Таким образом, в результате выполненных исследований получены зависимости, характеризующие влияние количества добавок полиэтиленоксидов с различной молекулярной массой на основные физико-технические свойства штукатурных гипсовых сухих смесей. Установлена возможность применения высокомолекулярного полиэтиленоксида РЕО-S в количестве 1,5-2% по массе в качестве водоудерживающей добавки в штукатурных гипсовых сухих смесей с заменой более дорогостоящих водоудерживающих добавок на основе эфиров целлюлозы.

Литература

1. Безбородов В.А., Белан В.И., Мешков П.Н. и др. Сухие смеси в современном строительстве. – Новосибирск: Новосибирский Государственный строительный архитектурный университет, 1998. - 94 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ДИСПЕРСНЫХ ГИПСОВЫХ СИСТЕМ

Новиченкова Т.Б., Тверской государственный технический университет

Современные мировые тенденции направлены на разработку и внедрение технологий, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение. Для этого необходимо создавать материалы нового поколения, отвечающие всем современным требованиям и с точки зрения его свойств, и с точки зрения технологий.

По мнению многих зарубежных авторов будущее именно за гипсовыми вяжущими, материалами и изделиями на их основе, т.к. их производство по сравнению с цементными обуславливается в 2-3 раза более низкими капиталовложениями и металлоемкостью оборудования и в 4-5 раз меньшими расходами энергоресурсов. Гипсовые вяжущие и материалы на их основе являются экологически чистыми по сравнению с цементными, имеют более выгодные показатели по: пониженной плотности, тепло- и звукопроводности; повышенной пожаростойкости и декоративности, обеспечению благоприятного микроклимата в помещениях. [1,2].

Для гипсовых материалов нового поколения характерно выстраивание внутренней структуры за счет регулирования процессов протекающих на молекулярном уровне: растворение, срастание кристаллов, перенос вещества от одной поверхности к другой и др. Обеспечение высокой прочности образующейся структуры достигается за счет подбора зернового состава сырьевой смеси.

Подбор зернового состава осуществляется из условия получения наиболее плотной упаковки частиц в составе полидисперсных сыпучих систем с точки зрения установления баланса действия поверхностных сил и сил гравитации, а также выяснения наилучшей модели упаковки систем с непрерывным зерновым составом в границах применимости физических законов упаковки [3,4].

Тонкость помола и зерновой состав вяжущего так же определяют строение порового пространства материала, а значит и основные физико-механические показатели [5,6]. Получение более плотной упаковки в дисперсной системе связано с использованием смесей разных фракций, что позволяет повысить прочность структуры гидратационного типа. В тоже время, установлено, что прочность дисперсных систем определяется также и прочностью частиц, образующих материал, и числом контактов между частицами твердой фазы, и средней прочностью отдельного контакта [3]. Число контактов, в свою очередь, зависит от размера частиц и способа их упаковки.

Образования кристаллизационных контактов в дисперсной системе негидратационного твердения возможно при выполнении условий:

- сближение частиц на расстояние действия близкодействующих сил;
- наличие в системе частиц, обладающей разной растворимостью;
- однородность новообразования и подложки;
- наличие приповерхностного слоя раствора, концентрация которого определяется размером частиц.

Учитывая, что не все контакты между частицами двуводного техногенного гипса образуют кристаллическую структуру, т.е. являются «эффективными», количество «эффективных» – кристаллизационных контактов определяется соотношением размеров сближившихся частиц и количественным содержанием частиц разного размера в составе дисперсной системы. Необходимо использовать бинарные смеси определенного типа, позволяющие получать максимальное количество контактов крупных и мелких частиц в упаковке.

Целью данной работы являлась разработка топологической модели внутренней структуры дисперсной системы негидратационного твердения, в виду того, что именно топология обеспечивает наиболее рациональную организацию в пространстве взаимодействующих объектов.

В работе исследована бинарная дисперсная система, состоящая из частиц твердого материала сферической формы. В качестве объекта моделирования выбрана смесь порошков, полученных на основе двух монофракций двуводного техногенного гипса. Соотношение размеров (диаметров) элементарных частиц в составе бинарной системы колеблется от 1 до 16, согласно теории негидратационного твердения. Задача решалась путем создания математической модели, описывающей распределение твердых частиц в единице объема (элементарной ячейке) с учетом образования максимального количества «эффективных» контактов, отвечающих теории негидратационного твердения – мелкая частица должна располагаться в промежутке между двумя крупными частицами.

Количество контактов, образующихся на поверхности крупной частицы рассчитываем по формуле

$$B = \frac{S_{\text{пов.кр.ч.}}}{d_{\text{мал.ч.}}^2} = \frac{4\pi R^2}{d_{\text{мал.ч.}}^2},$$

где B – количество контактов малых частиц на всей поверхности крупной частицы; S – площадь поверхности крупной частицы; R – радиус крупной частицы; d – диаметр малой частицы.

Количество контактов мелких частиц на единичной поверхности крупной частицы определяем по формуле

$$F = \frac{l_{\text{кр.ч.}}}{2r_{\text{мал.ч.}}} = \frac{\pi D_{\text{кр.ч.}}}{d_{\text{мал.ч.}}} = \frac{\pi(m d_{\text{мал.ч.}} + d_{\text{мал.ч.}})}{d_{\text{мал.ч.}}},$$

где F – количество контактов мелких частиц на единичной поверхности крупной частицы; l – длина единичной поверхности крупной частицы; r – радиус малой частицы; D – диаметр крупной частицы; d – диаметр малой частицы; m – соотношение диаметров частиц, определяемое по формуле:

$$m = \frac{D_{кр.ч.}}{d_{мал.ч.}}$$

В результате проведенной статистической обработки экспериментальных данных по исследованию топологической модели внутренней структуры дисперсной системы негидратационного твердения получено уравнение:

$$y = 3,2418x^2 - 0,4426x + 0,3906$$

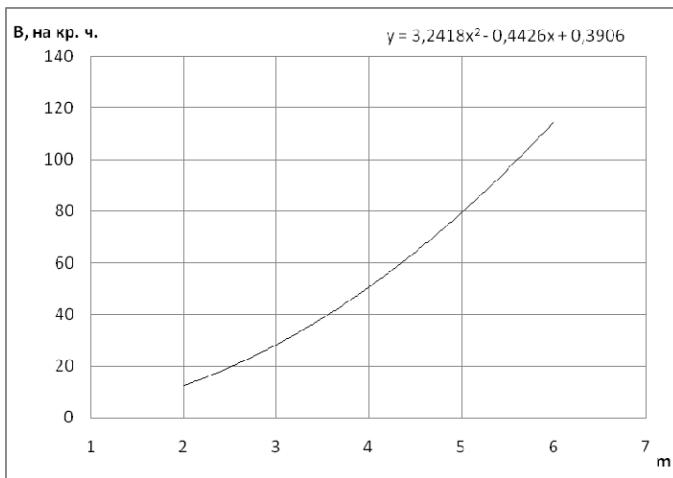


Рис. 1. Топологическая модель внутренней структуры дисперсной системы негидратационного твердения

Распределение частиц в расчетной ячейке представлено на рис. 2. Частицы различного размера под действием сдвигового течения соударяются и образуют в дисперсной среде временные агломераты частиц (рис. 3). Частицы в расчетной ячейке распределяются случайным образом. Для разработки топологической модели была использована компьютерная модель, описывающая процесс формирования внутренней структуры дисперсной системы негидратационного твердения в единичном объеме (рис. 4).

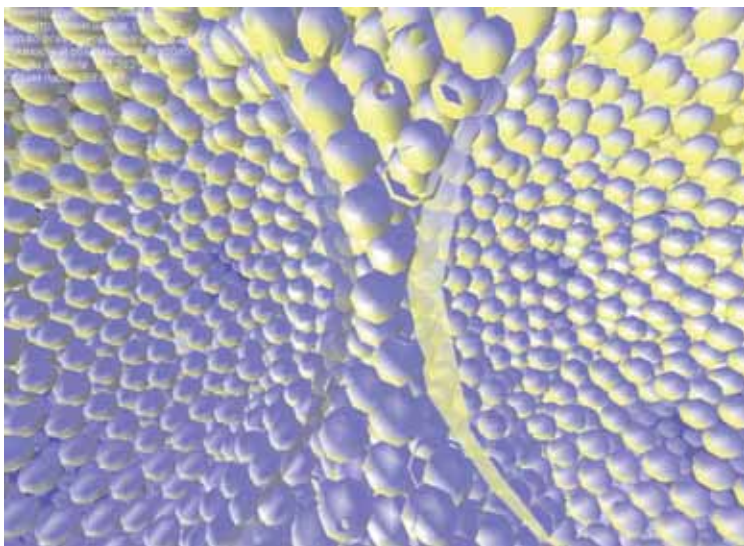


Рис. 2. Фрагмент внутренней структуры дисперсной системы негидратационного твердения в разрезе



Рис. 3. Формирование агломератов в бинарной сырьевой смеси двуводного техногенного гипса

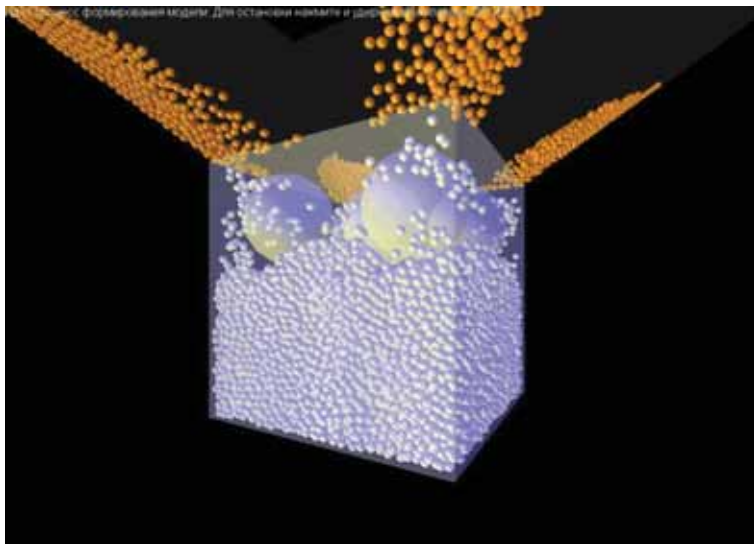


Рис. 4. Моделирование процесса формирования внутренней структуры дисперсной системы негидратационного твердения в единичном объеме

Оптимальная структура с точки зрения количества "эффективных" контактов формируется при условии наличия одного зерна с малым d между зернами с большими размерами D . Образование структуры такого типа возможно в бинарной смеси при соотношении диаметров $D/d \geq 16$. При таком соотношении размеров зерен бинарную смесь квазибазального типа можно получить при минимальном времени перемешивания, поскольку зерна с размерами d заполняют объем пустот подобно жидкости, т.к. они свободно проходят между зернами больших размеров. В этом случае фракция с размерами d расходуется на заполнение межзерновых пустот фракции с размерами зерен D (рис.3.4.2).

При соотношении диаметров $D/d \geq 16$, можно провести расчет для определения количества контактов мелких частиц на всей поверхности крупной частицы ($B = 803,84$), количество контактов мелких частиц на единичной поверхности крупной частицы ($F = 53,38$).

Таким образом, полученная топологическая модель внутренней структуры дисперсной системы негидратационного твердения позволяет проводить расчеты реальных бинарных смесей для получения оптимальной структуры

Из полученных данных явно прослеживается, что с увеличением соотношения в размерах частиц возрастает количество

кристаллизационных контактов. Такое положение вещей, а именно увеличение суммарного количества контактов, должно приводить, в частности, к увеличению прочности материалов, полученных на основе бидисперсных систем.

Литература

1. Гусейнова Р.П. Безобжиговые гипсовые облицовочные плиты [Текст] /Р.П. Гусейнова // Строительные материалы. 1976. №11. С.35.
2. Денисов Г.А. [Текст] Заводы ССС, безотходные ТЭС, экологически чистые технологии /Г.А. Денисов// Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2003. №2. С.28.
3. Белов В. В. Оптимизация гранулометрического состава композиций для изготовления безобжиговых строительных конгломератов // Вестник МГСУ. 2009. № 3. С.117–125.
4. Калашников В. И. Перспективы использования реакционно – порошковых сухих бетонных смесей в строительстве // Строительные материалы. 2009. №6. С.59–61.
5. Вальцифер В. А., Зверева Н.А. Компьютерное моделирование реологического поведения суспензии// Матем. моделирование. 2004. Т. 16. С. 57-62
6. Вальцифер В. А. Внутренняя структура полифракционных дисперсных систем // Матем. моделирование. 2006. №2. С.113–119.

О ВЛИЯНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ ДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА АКТИВНОСТЬ ПОЛИМЕР-МОДИФИЦИРОВАННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Доманская И.К., Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б.

Согласно сложившейся на сегодняшний день терминологии, основными составляющими сухих строительных смесей являются:

- вяжущее вещество;
- заполнитель;
- наполнитель;
- модифицирующие добавки.

Независимо от вида вяжущего, в качестве мелкого заполнителя в сухих смесях обычно используют песок для строительных работ, требования к которому регламентируются ГОСТ 8735, а размер частиц зависит от назначения сухой смеси.

В качестве наполнителей применяют дисперсные материалы с размером частиц менее 0,16 мм [1]. Назначение наполнителей состоит в экономии вяжущего и, в определенной степени, регулировании реологических и механических свойств. Это могут быть измельченные горные породы (известняк, мрамор, кварц, гранит, тальк), в том числе специально подготовленные в виде асфальтового порошка; промышленные порошкообразные отходы, например, микрокремнезем, золы ТЭС и др. Для цементных строительных смесей исследования влияния минеральных наполнителей на их свойства описаны в литературе [2-3 и др.]. Для гипсовых смесей подобных публикаций практически не встречается. Документов, регламентирующих качество наполнителей с учетом назначения сухой смеси и вида вяжущего, на сегодняшний день не существует, и производители смесей вынуждены ориентироваться на рекомендации импортеров модифицирующих добавок, предлагающих готовые рецептуры строительных смесей, включающих обычно карбонатные порошки, или делают выбор в пользу наиболее экономичного варианта.

Среди многочисленных модифицирующих добавок наиболее интересными, на наш взгляд, являются полимерные вещества, поскольку они обладают самостоятельными вяжущими свойствами. При твердении вяжущих веществ в присутствии полимерных добавок изменяется механизм взаимодействия их с водой, что отражается на степени кристалличности гидратных фаз, и, как следствие, на прочности затвердевшего камня. В более сложных системах, содержащих кроме неорганического вяжущего и полимерных добавок, дисперсные наполнители, закономерности изменения прочностных свойств могут меняться в зависимости от вида и дисперсности минеральных порошков.

Цель данной работы состояла в изучении влияния некоторых видов наполнителей на прочность гипсового камня, твердеющего в присутствии полимерных модификаторов.

Исследование проводили на примере строительного гипса ООО ПКП «Красноуфимский завод строительных материалов». В качестве наполнителей использовали мраморную (ММ) и кварцевую (КМ) муку, а также золу-унос Рефтинской ГРЭС. Удельная поверхность порошков составляла 350-400 м²/кг по ПСХ-2. В качестве модификаторов использовали редиспергируемый полимерный порошок (РПП) сополимера винилацетата/этилена торговой марки DAIREN 3510 и продукт переработки природного полимера - эфир целлюлозы торговой марки Rutocel 60RT-20000, широко применяемый, как и другие эфиры целлюлозы, в качестве водоудерживающей добавки. Расход добавок составлял 1% для РПП и 0,2% для эфира целлюлозы от массы сухой смеси.

Для проверки вяжущих свойств полимерных модификаторов были заформованы образцы-кубики 2х2 см из равноподвижного теста, получаемого смешиванием сухого наполнителя, полимерной добавки в указанных выше количествах и воды. Воду подбирали таким образом, чтобы подвижность двухкомпонентной системы «полимер— минеральный наполнитель» соответствовала консистенции цементного теста нормальной густоты по прибору Вика. Прочность образцов определяли после сушки до постоянной массы при температуре 100⁰С.

Установлено, что эфир целлюлозы в количестве 0,2% и РПП в количестве 1% от массы минерального наполнителя, взятые в отдельности, обладают пленкообразованием и формируют искусственный камень прочностью 0,05-0,10 и 0,15-0,30 МПа, соответственно. При этом совместное использование модификаторов позволяет в 10-25 раз повысить прочность аналогичных составов (рис.1).

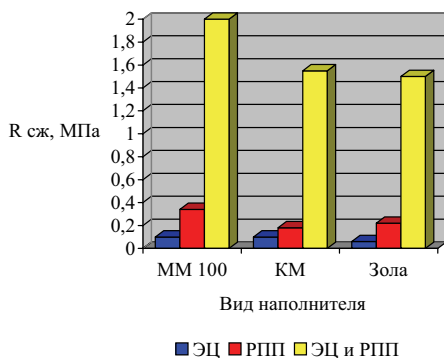


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности при сжатии образцов на основе полимерных связующих от вида наполнителя

Изучение двойных систем «гипс—полимерный модификатор», «гипс—минеральный наполнитель» и сложной системы «гипс—минеральный наполнитель—полимерные модификаторы (эфир целлюлозы +РПП)» проводили при постоянном расходе воды, равном 56% и соответствующем нормальной густоте гипсового теста. Определение активности гипсовых вяжущих проводили аналогично описанному выше способу, но температура сушки образцов составляла 60⁰С.

Замена минеральных наполнителей гипсовым вяжущим, несмотря на более высокую подвижность теста, обеспечила увеличение прочности образцов, содержащих полимеры, независимо от их вида, практически в 100 раз, но при этом она была ниже, чем прочность немодифицированного гипса (на 20 % в случае добавки эфира целлюлозы; на 7 % - в присутствии РПП; на 28 % - при их совместном введении) (табл.1).

Таблица 1 – Состав и свойства гипсовых композиций

Но- мер	Расход компонентов, %						R _{сж} , МПа
	гипс	модификаторы, (сверх 100%)		мрамор- ная мука	кварце- вая мука	зола	
		эфир цел- люлозы	РПП				
1	100	-	-	-	-	-	4,1
2	50	0,2	-	-	-	-	3,3
3	50	-	1,0	-	-	-	3,8
4	50	0,2	1,0	-	-	-	3,0
5	50	-	-	50	-	-	3,5
6	50	-	-	-	50	-	3,2
7	50	-	-	-	-	50	2,6
8	50	0,2	1,0	50	-	-	1,2
9	50	0,2	1,0	-	50	-	1,3
10	50	0,2	1,0	-	-	50	2,1

Для смешанных гипсовых вяжущих, содержащих 50% наполнителей, минимальное падение прочности, равное 15%, по сравнению с контрольным составом, характерно для состава, содержащего мраморную муку, а максимальное, более 30% - для золы.

Прочность смешанных вяжущих в присутствии полимерных модификаторов снижается еще больше, но при этом закономерности ее изменения не сохраняются: минимальное для этой серии опытов падение прочности в 50% (по сравнению с контрольным составом) наблюдали в случае золы, а максимальное, до 70% - в случае мраморной и кварцевой муки.

Таким образом показано, что полимер-модифицированные гипсовые смеси, содержащие минеральные наполнители, являются очень сложными, недостаточно изученными системами, при подборе рецептур которых надо учитывать вклад в механизм твердения композиции каждого компонента и возможность проявления синергетического эффекта при их комбинировании.

Полученные результаты могут представлять интерес для производителей сухих смесей при выборе минеральных дисперсных наполнителей для гипсовых шпатлевок и штукатурок, а также для полимерных шпатлевок, не содержащих минеральных вяжущих.

Литература

1. Строительные материалы: уч-справ. пособие / Г.А.Айрапетов [и др.]; под ред. Г.В.Несветаева.- Изд.3-е, - Ростов н/Д: Феникс, 2007.- 620 с.
2. Эффективные сухие строительные смеси на основе местных материалов / В.С.Демьянова, В.И.Калашников, Н.М. Дубошина и др. М.: АСВ, Пенза: ПГАСА, 2001г. – 209 с.
3. Макаревич М.С.Сухие строительные смеси для штукатурных работ с тонкодисперсными минеральными добавками. Автореф. дис. на соиск. уч.степени. к.т.н. Томск, 2005.-22 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИПСОВЫХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Петропавловская В.Б., Белов В.В., Шлапаков Ю.А.,
Тверской государственный технический университет

Быстрый прогресс в области производства строительных материалов (в том числе и гипсовых) и выход на передовые позиции (обеспечение конкурентоспособности материалов на внутреннем и внешнем рынке) возможны только на базе современных наукоемких и высоких технологий, основанных на научно обоснованных методиках проектирования и оптимизирования составов строительных материалов. Такой подход должен обеспечить высокое качество продукции, ее экологическую безопасность, эффективное использование всех видов сырья, в первую очередь - вторичного, экономию энергии, возможность применения высокодисперсных наполнителей, улучшающих структуру материала и экономящих самый дорогой компонент – вяжущее при одновременном улучшении эксплуатационных свойств [1]. Решение данной проблемы встречает определенные трудности в связи с недостаточностью сведений по данному направлению и других объективных и субъективных факторов.

Кроме того, многие регионы, в том числе и Тверской, не имеют хорошо налаженных дилерских связей с гипсовыми заводами, единичные же поставки из-за высоких транспортных расходов значительно удорожают гипсовое вяжущее, что не дает возможности гипсу в этих регионах конкурировать с цементом, а значит, гипсовые изделия не производятся и мало используются. В отличие от соседних (Московской, Ленинградской, Тульской и др.) областей номенклатура гипсовых материалов на Тверском рынке ограничивается только сухими смесями и гипсокартонными листами фирм КНАУФ и ВОЛМА.

Однако применение техногенного гипса – отхода многих производств, как и высокодисперсных фракций природного гипсового камня, имеющегося на гипсовых комбинатах, позволило бы заполнить образовавшуюся нишу и насытить рынок строительных материалов многих регионов страны дешевыми и экологически безопасными изделиями. Вовлечение в производство не востребованных в настоящее время гипсовых отходов многих отечественных производств путем создания новых малоэнергоёмких производств отвечает современным требованиям внутреннего и внешнего рынка [2].

В работе исследовалась возможность получения гипсовых изделий по литьевой технологии непосредственно из природного сырья – гипсового камня.

Если рассмотреть характер физических процессов происходящих в смеси после затворения, то можно сказать, что роль влажностного фактора в самоорганизации структуры смеси довольно велика [3]. При определенном увлажнении системы роль капиллярных сил становится настолько велика, что возможно сближение частицы двуводного гипса на расстоянии, при которых начинается образование первичных контактов и срастание кристаллов в последующем. Капиллярные силы становятся настолько значительными, что их преобладание способствует оттоку воды из плёнок в капилляры и пустоты, имеющиеся в материале, и соответственно уменьшаются толщины плёнок. Необходимо отметить, что при полном увлажнении системы капиллярные силы сходят на нет. Если ввести в сырьевую смесь на основе двуводного гипса органическую модифицирующую добавку, то происходит образование большого числа водородных связей, возможно их взаимодействие с гидроксильной группой вяжущего, и так как их число очень велико, это усиливает соединение на приграничной зоне с поверхностью кристалла. Таким образом, возникает эффект «внутреннего пресса», что может позволить получить новый материал без использования внешнего давления.

В качестве основного сырьевого материала использовался гипсовый камень Новомосковского месторождения Тульской области. В качестве модификатора, обеспечивающего условия формирования кристаллизационной структуры, использовали органоминеральную комплексную добавку [4]. Образцы, изготовленные из подвижной сырьевой смеси на основе двуводного гипса нормированного состава и модифицирующей добавки, твердели во влажных условиях в течение 7 суток, после чего испытывались на сжатие на гидравлическом прессе по стандартной методике.

Для исследования зависимостей прочности и средней плотности получаемого гипсового материала от водотвердого отношения и содержания модифицирующей органоминеральной добавки был выбран двухфакторный эксперимент.

В результате проведенной статистической обработки экспериментальных данных (табл.1) было получено уравнение, описывающее совместное влияние входных параметров на прочность получаемого материала:

$$R_{сж} = 6,8 + 0,38 \cdot X_1 - 0,008 \cdot X_2 + 0,01 \cdot X_{12} + 0,73 \cdot X_1 \cdot X_2 - 1,29045 \cdot X_{22}.$$

Таблица 1. Зависимость прочности гипсовых образцов от варьируемых факторов

№ п/п	X ₁ (В/Т)	X ₂ (сод.доб., %)	R _{СЖ} , МПа
1	-1	-1	5,5
2	+1	-1	5,1
3	-1	+1	3,75
4	+1	+1	6,3
5	-1	0	7,5
6	+1	0	7,6
7	0	-1	6,0
8	0	1	6,5
9	0	0	5,4

Анализ полученных результатов показал, что зависимость прочности от содержания добавки носит экстремальный характер, максимальное значение 7,4 МПа соответствует содержанию добавки в количестве 0,8 % от массы двуводного гипса.

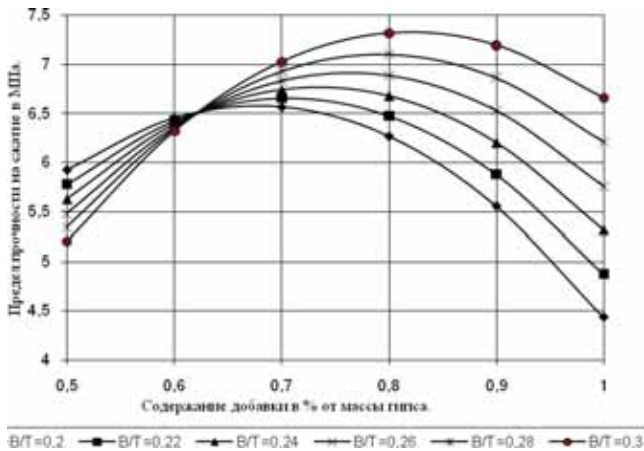


Рис. 1. Зависимость прочности материала на основе природного гипса от процентного содержания модифицирующей добавки и водотвёрдого соотношения

Таблица 2. Зависимость средней плотности гипсовых образцов от варьируемых факторов

№ п/п	X ₁ (В/Т)	X ₂ (сод.доб., %)	ρ, г/см ³
1	-1	-1	1,39
2	+1	-1	1,37
3	-1	+1	1,19
4	+1	+1	1,50
5	-1	0	1,38
6	+1	0	1,39
7	0	-1	1,39
8	0	1	1,25
9	0	0	1,31

Уравнение, выражающее зависимость плотности от содержания добавки и водотвердого отношения имеет вид:

$$\rho = 1,324 + 0,05 \cdot X_1 - 0,04 \cdot X_2 + 0,06 \cdot X_{12} + 0,08 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,01 \cdot X_{22}.$$

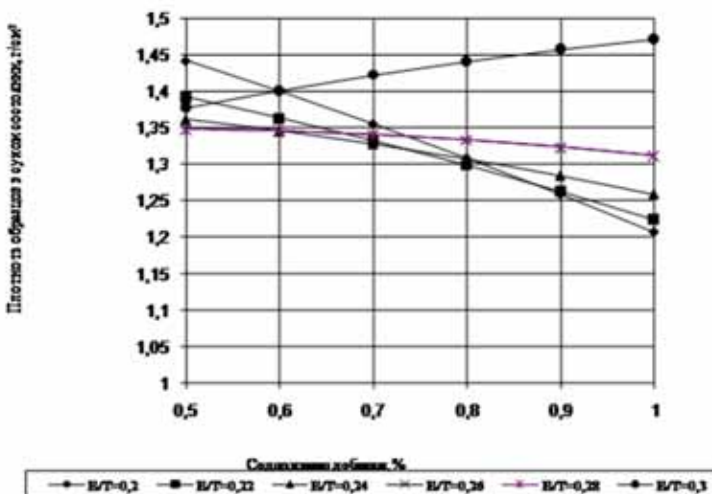


Рис. 2. Зависимость плотности материала на основе природного гипса от процентного содержания модифицирующей добавки и водотвёрдого соотношения

Двухфакторный эксперимент зависимости плотности образцов на основе природного гипса от совместимых некоррелированных факторов, где переменными факторами являлись водотвёрдое соотношение и содержание модифицирующей добавки от массы двуводного гипса (табл. 2), показал, что плотность материала изменяется под влиянием добавки практически линейно (рис.2).

С точки зрения механизма действия применяемой модифицирующей добавки полученные результаты подтверждают образование дополнительных стягивающих усилий за счет действия капиллярных сил, что способствует сближению частиц двуводного гипса и образованию кристаллизационных контактов в гипсовой системе негидратационного твердения. Приведённая ниже микроструктура гипсового камня подтверждает данный вывод.

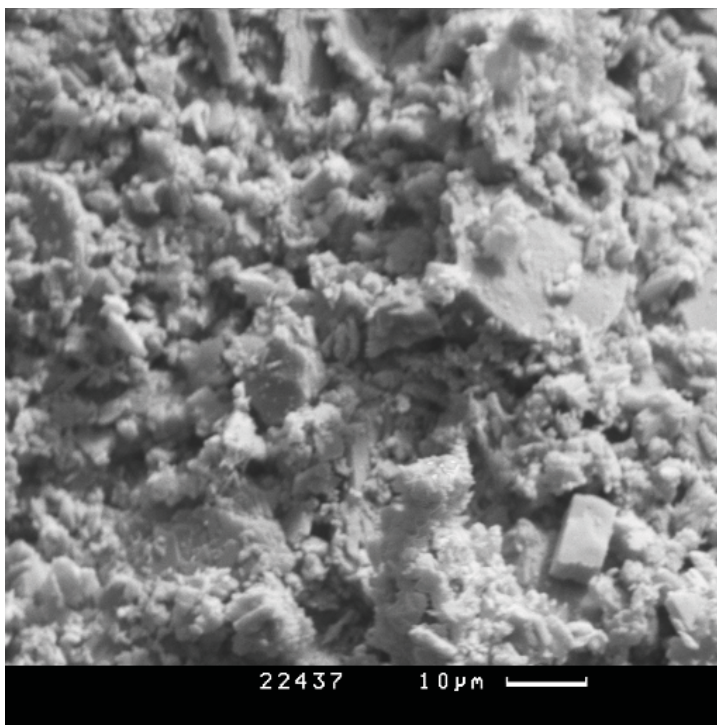


Рис. 3. Структура гипсового камня, полученного на основе двуводного природного гипса и модифицирующей добавки по литевой технологии

Таким образом, использование органо - минеральной добавки позволит снизить энергоёмкость производства гипсовых изделий негидратационного твердения. Полученные материалы могут быть использованы в качестве теплоизоляционных, отделочных и звукоизоляционных материалов, отвечающих современным требованиям по пожарной и экологической безопасности, что решит проблему создания комфортных и безопасных объектов жилищного и гражданского строительство.

Литература

1. Алтыкис, М. Г. Развитие теоретических основ и создания нового поколения высококачественных, экономичных и экологически чистых материалов: учебник / М.Г. Алтыкис, Р.З. Рахимов, М.И. Халиуллин. КГАСУ: Казань,

2. Мирсаев Р.Н., Бабков В.В., Юнусова С.С., Кузнецов Л.К., Недосеко И.В., Габитов А.И. Фосфогипсовые отходы химической промышленности в производстве стеновых изделий. – М.: Химия, 2004. – 176 с.

3. Перцев В.Т. Изучение формирования структуры дисперсто-зернистых материалов при действии влажности. [Текст] / В.Т. Перцев, П.А. Головинский, Д.Ю. Золотрубов// Седьмые академические чтения РААСН: Современные проблемы строительного материаловедения. – БГТУ, Белгород.

4. Петропавловская В.Б., Белов В.В., Бурьянов А.Ф. Твердеющие кристаллизационные системы на основе порошков двуводного гипса // Строительные материалы. 2007. № 12. С.46–47.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ АНГИДРИТОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Маева И.С., Изряднова О.В., Коныгин Г.Н., Пислегина А.В., Фишер Х.-Б., Ижевский государственный технический университет, Веймарский строительный университет

Ангидритовые вяжущие используются для формирования изделий исходя из того, что потеря их прочности при увлажнении происходит значительно меньше, чем у гипсовых материалов. Изделия из литой ангидритовой смеси обладают высокой точностью размеров, устойчивостью объема, изоляционными свойствами по отношению к теплу и ударному шуму, а также относительно низкой плотностью [1, 2].

Известно, что твердение ангидритовых вяжущих происходит в присутствии растворимых сульфатных или/и щелочных активаторов [3], а также при использовании ультра- и нанодисперсных добавок [4, 5]. Вместе с тем подбор комплексной активации для композиций на основе фторангидрита во многом зависит от химического и минералогического состава исходного сырья.

Для создания прочного и водостойкого композиционного материала необходимо предварительное измельчение и классификация исходных компонентов.

В данном исследовании использовался фторангидрит - порошкообразный отход производства ООО «Галоген», который содержит в своем составе более 92 % безводного сульфата кальция CaSO_4 .

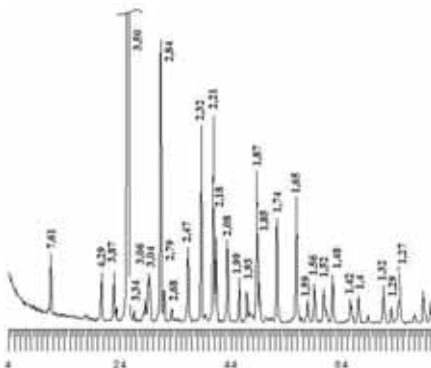


Рис.1. Рентгенограмма исходного сырья – фторангидрита

Минералогический состав фторангидрита представлен в основном нерастворимым ангидритом $\beta\text{-CaSO}_4$ (основная линия d_{α} , Å = 3,50), растворимым ангидритом $\gamma\text{-CaSO}_4$ (основная линия d_{α} , Å = 3,02), присутствует в небольшом количестве флюорит CaF_2 (основная линия d_{α} , Å = 1,93) и кальцит CaCO_3 (основная линия d_{α} , Å = 3,04) (рис. 1).

Активация процессов гидратации фторангидритового вяжущего достигалась путем смешанной активации за счет применения сульфатного и щелочного компонента. Использовались водорастворимые сульфатные соли NaSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, соли вводились в состав композита вместе с водой затворения.

В качестве щелочного компонента использовался портландцемент ПЦ 400-Д0 в количестве 5% от массы фторангидрита.

Концентрация сульфатных активаторов составляла до 3% от массы вяжущего. Использование более высоких концентраций сопровождалось интенсивным высолообразованием по поверхности образцов и, как следствие, деструкцией материала.

Для оценки влияния активаторов проводились испытания на прочность стандартных образцов-балочек $4 \times 4 \times 16$ согласно ГОСТ 310.4-81.

Результаты механических испытаний приведены на рисунке 2.

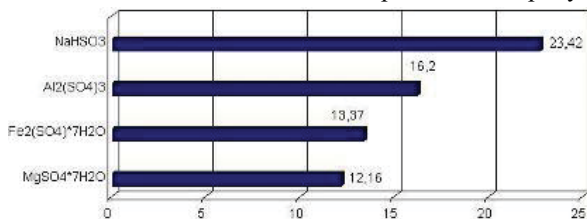
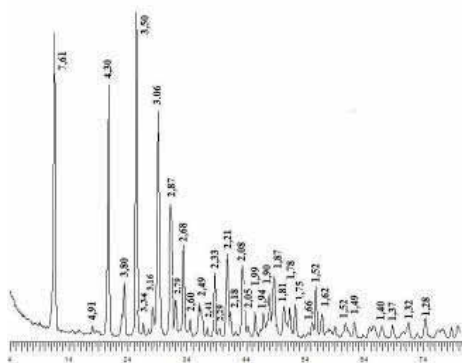


Рис. 2. График зависимости прочности на сжатие в возрасте 7 суток от разновидности сульфатного активатора (результаты приведены в МПа)

Таким образом, при использовании смешанной активации в возрасте 7 суток, возможно получение композиционного материала с прочностью на сжатие от 12,16 МПа до 23,42 МПа в зависимости от вида используемого активатора твердения.

Для анализа процессов активации, происходящих при твердении фторангидритовой композиции, проводился рентгенофазовый анализ образцов с оптимальными показателями механической прочности (рис. 3, 4).



Из рисунка 5 видно, что при введении гидросульфита натрия в состав композита на основе фторангидрита образуется плотная мелкокристаллическая структура, предопределяющая повышение механической прочности материала.

Для анализа влияния компонентов на прочностные показатели ангидритовой смеси проводился полный трехфакторный двухуровневый эксперимент.

Условия проведения эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1

Факторы	X_1 , активатор твердения	X_2 , портландцемент	X_3 , пластификатор
Основной уровень	10	17,5	2
Шаг варьирования	5	7,5	1
Верхний уровень	15	25	3
Нижний уровень	5	10	1

В качестве факторов воздействующих на процесс были выбраны:

X_1 , активатор твердения, параметры варьирования от 1 до 3% от массы вяжущего;

X_2 , портландцемент, параметры варьирования от 2 до 5% от массы вяжущего;

X_3 , пластификатор, параметры варьирования от 0,2 до 0,6 % от массы вяжущего.

Обработка результатов эксперимента проводилась с помощью программного продукта для обработки статистических данных Statistica 6.0. Результаты приведены на рисунке 6.

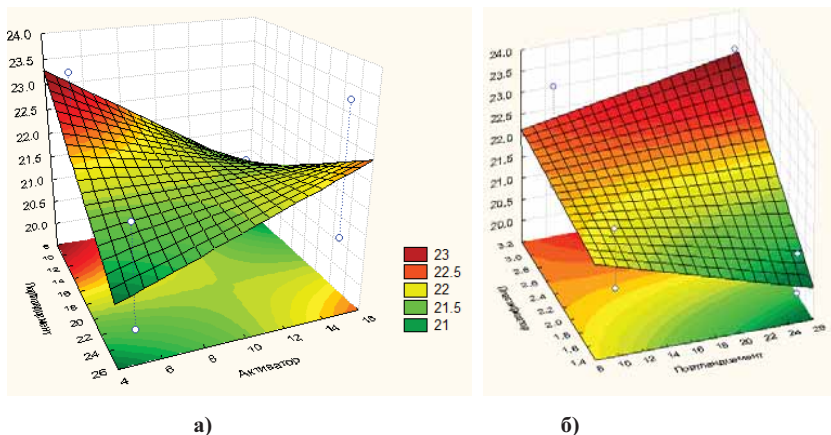


Рис. 6. График зависимости прочности (в МПа) образцов в возрасте 7 суток:
(а) – от количества активатора и портландцемента,
(б) – от пластификатора и портландцемента

Проанализировав статистические данные по подбору контрольного состава можно сделать вывод, что достижение наилучшего результата возможно при использовании минимального количества портландцемента и активатора (рис. 6а) и максимальном количестве пластификатора (рис. 6б).

Таким образом, смешанная активация ангидритовых композиций является перспективным направлением при получении материала на основе фторангидрита. Основным компонентом активации являются сульфатные соли, применение которых дает возможность получить материал с прочностными показателями от 12,16 МПа до 23,42 МПа в возрасте 7 суток в зависимости от разновидности активатора. Оптимальным является использование гидросульфата натрия в количестве 1%, 2% портландцемента, и 0,6% пластификатора от массы вяжущего в качестве активаторов процессов гидратации фторангидрита, максимальное содержание портландцемента.

Литература

1. Федорчук Ю.М. Техногенный ангидрит, его свойства, применение. Томск: ТГУ, 2003. – 108 с.
2. Anhydrite Floors for Civil Construction // In 14. Internationale Baustofftagung "Ibausil". Tagungsbericht-Band 2. Weimar, 2000. – S. 0865 - 00870.
- 3.. Ангидритовый цемент. М., Промстройиздат, 1954.
4. Токарев Ю.В., Яковлев Г.И., Первушин Г.Н. Композиционные ангидритовые вяжущие с использованием алюмохромового катализатора // Международная конференция «Техническая химия. От теории к практике». Пермь, 2008. - С. 351-355.
- 5.G. Yakovlev, Ja. Kerient, T. Plechanova, V. Krutikov Nanobewehrung von Schaumbeton. In: Beton- und Stahlbetonbau, Vol. 102, Is. 2 , 2007, pp. 120 – 124. ISSN 0005-9900

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ АНГИДРИТОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Токарев Ю.В., Ижевский государственный технический университет

Введение

Ангидритовые вяжущие, обладая рядом положительных свойств, требуют повышения физико-механических показателей. Имеются различные способы улучшения свойств минеральных матриц. Наиболее простой и эффективный способ – введение различных добавок, позволяющих изменять условия гидрато- и структурообразования вяжущей системы. Авторами [1] предложена следующая классификация добавок: добавки, изменяющие растворимость; добавки, ведущие к образованию труднорастворимых соединений; добавки, являющиеся кристаллическими «затравками» и «центрами кристаллизации»; поверхностно-активные вещества. К этой классификации можно добавить ультрадисперсные активные наполнители, которые отличаются от вышерассмотренных групп принципом действия, и наноструктуры, затрагивающие более глубокие механизмы структурообразования.

Известно [2], что для ускорения гидратации ангидритового вяжущего необходимо использование активизаторов твердения, позволяющих значительно повысить физико-механические показатели, но они имеют определенный предел действия. В связи с этим, для достижения наилучших свойств ангидритовыми композициями, необходимо использование комплексных добавок. Эффективными являются ультрадисперсные активные порошки, способные изменять структуру жидкой фазы, с достижением интенсификации взаимодействия между растворяющимися порошками и водой с последующим повышением физико-механических показателей материала.

В работе изучалось влияние ультрадисперсных глиноземистых наполнителей на свойства и структуру ангидритового вяжущего.

Материалы и методы

В качестве основного материала использовалась ангидритовая порода Ергачевского месторождения (Кунгурский район, Пермский край). Химический состав ангидритового камня (в % по массе): CaO – 33,40-37,30; SO₃ – 37,20-42,50; Al₂O₃ – 0,27-0,40; Fe₂O₃ – 0,13-0,24; MgO – 1,22-5,54. Минералогический состав ангидритового камня (в % по массе): β-CaSO₄ – 80; CaSO₄×2H₂O – 15; CaMg(CO₃)₂ – 1,80; SiO₂ – 0,50; др. (глина, полевые шпаты) – 2,70.

В качестве ультрадисперсных добавок использовались алюмохромовый катализатор, глиноземистая смесь и ставролит. В химическом составе ультрадисперсных порошков преобладает оксид

алюминия, содержание которого колеблется от 50 до 70 %. Алюмохромовый катализатор (АХК) – ультрадисперсный порошок со средним размером частиц 3-5 мкм, образующийся в процессе дегидрирования изобутилена на нефтехимическом предприятии. Глиноземистая смесь (СГ) – ультрадисперсный порошок с размером частиц 2-3 мкм, образующийся в качестве отхода на металлургическом предприятии. В составе добавок АХК и СГ присутствует аморфная фаза. Ставролит – порода метаморфического происхождения с химической формулой $\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{Al}_2\text{SiO}_5$ и удельным весом 3,70-3,95 г/см³.

Для определения физико-механических показателей проводились испытания на прочность, водостойкость и водопоглощение. Для изучения структуры применялись рентгенофазовый, дифференциально-термический, ИК-спектральный и микроструктурный анализы.

Результаты исследования

При использовании АХК, СГ и ставролита достигалось значительное повышение прочностных характеристик (более чем в 2 раза) при оптимальных значениях добавок 3-4 %. На рис. 1 приводятся результаты влияния глиноземистой смеси и ставролита на механические показатели материала.

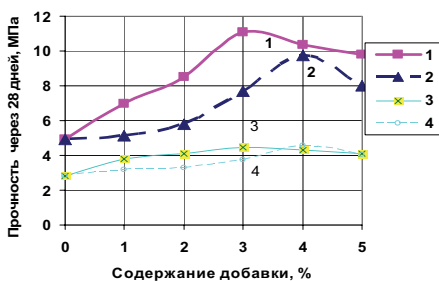


Рис. 1. Влияние ультрадисперсных порошков на прочность минеральной матрицы на основе ангидрита через 28 дней твердения: 1, 3 – прочность на сжатие и изгиб с добавлением глиноземистой смеси; 2, 4 – прочность на сжатие и изгиб с добавлением ставролитового порошка

Известно, что композиционные материалы, состоящие как минимум из 2-х компонентов: связующего и наполнителя, способны образовывать структуры и приобретать свойства, не присущие компонентам в отдельности. То есть при их введении проявляется так называемый синергетический эффект [3], при котором происходит не обычное наложение свойств, а их многократное усиление.

Ультрадисперсные частицы, равномерно распределенные в объеме ангидритовой матрицы, начинают взаимодействовать между собой, влияя на ангидритовую матрицу, изменяя ее состояние. То есть происходит переход ангидритовой матрицы из объемного состояния в

пленочное, которое характеризуется повышенной плотностью и прочностью. Кроме того, по поверхности вводимых частиц будет происходить формирование упорядоченных кристаллогидратных структур двухводного гипса.

Когда ультрадисперсных частиц становится много (более 3-4 %), происходит снижение прочности, что связано с недостатком связующего для покрытия всей поверхности введенных частиц, т.е. в этом случае добавка является примесью, способствующая появлению дефектов, снижающих прочность.

В таблице приводятся результаты испытаний минеральных матриц на долговечность при оптимальных значениях ультрадисперсных добавок в составе композиционного материала. Из таблицы можно видеть, что коэффициент размягчения возрастает с 0,30 до 0,48, т.е. водостойкость увеличивается в зависимости от вида ультрадисперсной добавки на 20 - 60 %. Водопоглощение материалов при введении добавок снижается с 12,70 до 10,40 %.

Таблица

№	Содержание компонентов, %					Свойства композиционного материала		
	Ангидрит	Активатор	АХК	СГ	Ставролит	Отношение количества воды к ангидриту, В/А	Коэффициент размягчения, К _р	Водопоглощение, W, %
1	100	0,60	–	–	–	0,20	0,30	12,70
2	100	0,60	3	–	–	0,20	0,37	12,20
3	100	0,60	–	3	–	0,20	0,48	10,40
4	100	0,60	–	–	4	0,20	0,39	11,50

Анализ дифрактограмм (рис. 2) показал, что в минеральной матрице с добавлением алюмохромового катализатора значительно снижается интенсивность дифракционных отражений, соответствующих ангидриту и увеличивается интенсивность линий двухводного гипса. Аналогичные изменения происходят при введении глиноземистой смеси и ставролита. Это позволяет сделать вывод о том, что при добавлении ультрадисперсных порошков создаются лучшие условия для растворимости ангидритового связующего и кристаллизации двухводного гипса, что ведет к повышению физико-механических характеристик минеральных систем на основе ангидрита.

На ИК-спектрах (рис. 3 и 4) при добавлении ультрадисперсных наполнителей увеличивается относительная интенсивность полос, связанных с наличием ионов SO_4^{2-} , интенсивность деформационных колебаний адсорбированной воды ($1600-1700\text{ см}^{-1}$) и симметричных и асимметричных валентных колебаний ОН-групп в молекулах воды ($3200-$

3800 см^{-1}). Кроме того, при введении ультрадисперсных добавок отмечается сдвиг частот, соответствующих ионам SO_4^{2-} , который объясняется тем, что изменяются условия образования связи с участием гидроксильной группы и добавка принимает непосредственное участие в формировании кристаллогидратных структур.

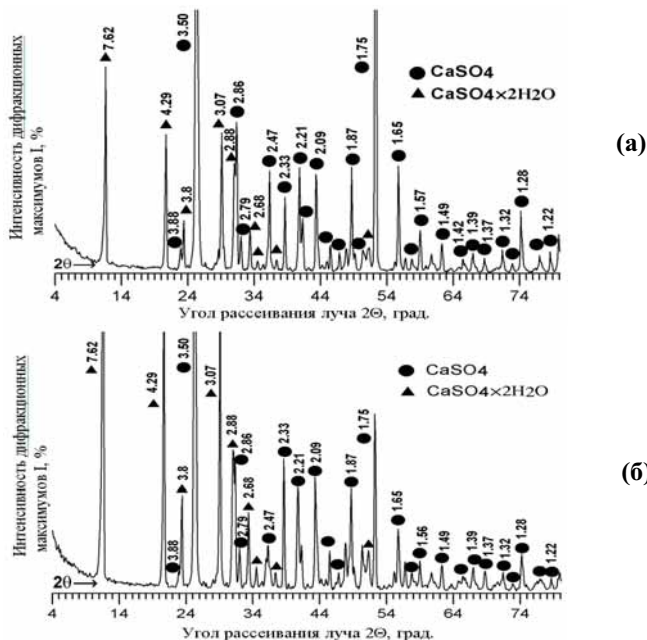


Рис. 2. Дифрактограммы минеральной матрицы на основе ангидрита: (а) – без добавки; (б) – с добавлением алюмохромового катализатора

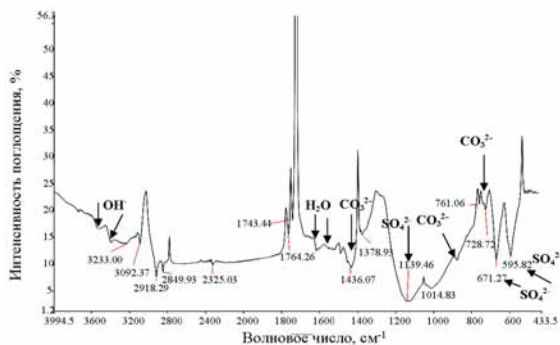


Рис. 3. ИК-спектр минеральной матрицы на основе ангидрита без добавки

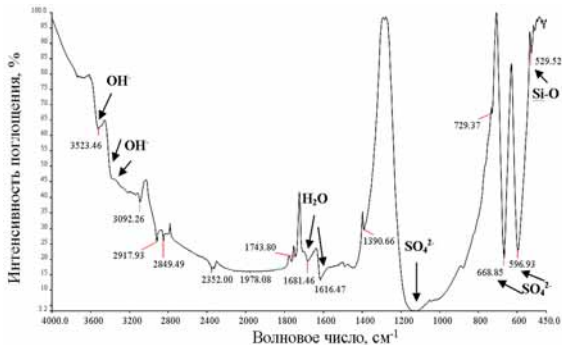


Рис. 4. ИК-спектр минеральной матрицы на основе ангидрита с добавлением алюмохромового катализатора

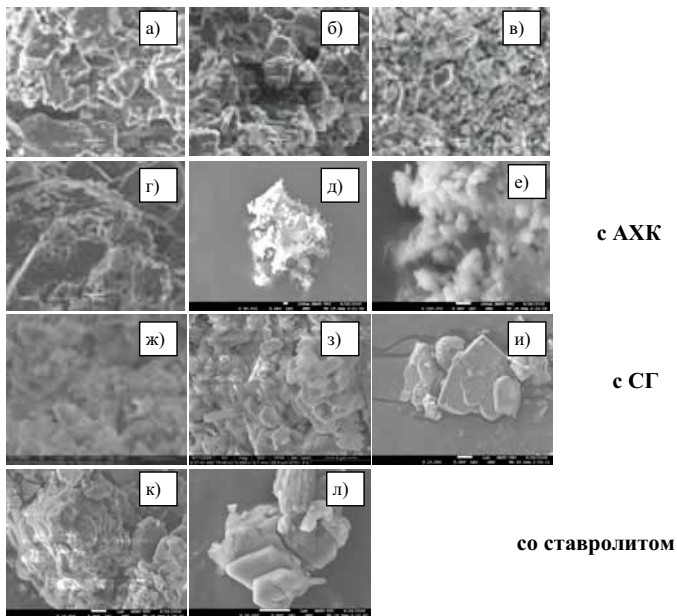


Рис. 5. Микроструктура минеральной матрицы на основе ангидрита: (а) – без добавок ($\times 3000$); (б) – с алюмохромовым катализатором ($\times 3000$); (в) – с глиноземистой смесью ($\times 3000$); (г) – аморфная масса на поверхности кристаллов ($\times 3000$); (д) - аморфные новообразования ($\times 30000$); (е) - аморфные новообразования ($\times 100000$); (ж) – с содержанием 1 % ($\times 5000$); (з) - с содержанием 3 % ($\times 5000$); (и) – при увеличении ($\times 10000$); (к) - ($\times 10000$); (л) - ($\times 20000$)

На рис. 5 приводятся снимки микроструктуры образцов без добавок и с добавками при различных увеличениях. При отсутствии добавок (рис. 5а) формируется неупорядоченная структура с крупными кристаллами, что способствует появлению дефектов, повышению пористости и снижению прочностных показателей. С использованием добавок (5 б-л) формируется упорядоченная однородная мелкокристаллическая структура с плотной упаковкой кристаллов, что способствует снижению пористости и увеличению площади межфазной поверхности и обеспечивает повышение физико-механических свойств ангидритовых композиций. При использовании алюмохромового катализатора выявлены нанометровые аморфные новообразования (рис. 5 д, е), дополнительно усиливающие ангидритовую матрицу как в пустотах так и между кристаллами.

Заключение

Таким образом, с использованием ультрадисперсных глиноземистых наполнителей в ангидритовых матрицах при оптимальном содержании 3-4 %, достигается прирост прочности до 100 %, повышение водостойкости и снижение водопоглощения. Улучшение физико-механических свойств материала связано со структурированием ангидритовой матрицы с формированием упорядоченной мелкокристаллической структуры с большим количеством плотноупакованных кристаллогидратных структур.

Литература

1. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. М.: Стройиздат, 1973. 188 с.
2. Будников П.П., Зорин С.П. Ангидритовый цемент. М.: Промстройиздат, 1954. 90 с.
3. Бобрышев А.Н., Козомазов В.Н., Авдеев Р.И., Соломатов В.И. Синергетика дисперсно-наполненных композитов. – М.: ЦКТ, 1999. – 252 с.

УТИЛИЗАЦИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ БЕЗВОДНОГО СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ

Сычугов С.В., Маева И.С., Ижевский государственный технический университет

Основу современного строительного производства составляют клинкерные вяжущие вещества и известь. Технологические процессы получения цемента и извести являются энергозатратными. Для их производства требуются высокие капиталовложения, в связи с чем, ведутся поиски применения более дешёвых строительных материалов, не уступающих им по качеству.

Использование ангидритовых вяжущих в строительстве является целесообразным, так как они обладают рядом ценных свойств: хорошей огнестойкостью, экологичностью, прочностью, а по сравнению с гипсовыми – малой деформативностью [1, 2].

Широкое применение ангидритового вяжущего, выпуск строительных изделий и материалов на его основе сдерживается из-за недостаточной изученности свойств. Получение ангидритового вяжущего, возможно посредством обжига двухводного гипса или природного ангидрита [3], а также – помолом природного ангидрита с добавлением для интенсификации твердения щелочных активаторов гидратации и твердения ангидрита.

Известно, что твердение ангидритовых композиций протекает значительно медленнее, чем гипсовых [3, 10], в связи с чем, вызвана необходимость в использовании активаторов и ускорителей твердения.

В данной статье рассматривается возможность использования в качестве активаторов гальванические шламы, так как в них присутствуют соединения способствующие ускорению гидратации.

Материалы и методы исследования

В качестве вяжущего использовался ангидрит Ергачёвского месторождения Пермского Края. В соответствии с техническими требованиями ангидрит должен иметь характеристики, приведённые в табл. 1. При проведении исследований ангидритовый порошок просеивался через сито № 008 по ГОСТ 9128-78, остаток домальвался на лабораторном истирателе ИД 200. Удельная поверхность частиц, средний диаметр определялись при помощи лазерного анализатора марки “HORIBA LA-950” данные представлены на рис. 1.

Для повышения степени активности, и проявлению способности вступать во взаимодействие с продуктами гидратации ангидрита и не снижать прочность твердеющего камня, исследуемый шлам подвергался обжигу в оптимальном интервале температур $800 \div 1000$ °С [8]. При обжиге исходный кальцит CaCO_3 подвергается разложению до оксида кальция CaO и диоксида углерода CO_2 .

После обжига порошки подвергались рентгенофазовому (рис. 2а, 2б), дифференциально-термическому (рис. 3а, 3б), микроскопическому анализам (рис. 4а, 4б), определялся минералогический состав обожженного шлама. Для определения рН – водной вытяжки, исследования проводили с помощью прибора рН 150МИ. Технические данные исследуемых порошков представлены в таблице 2.

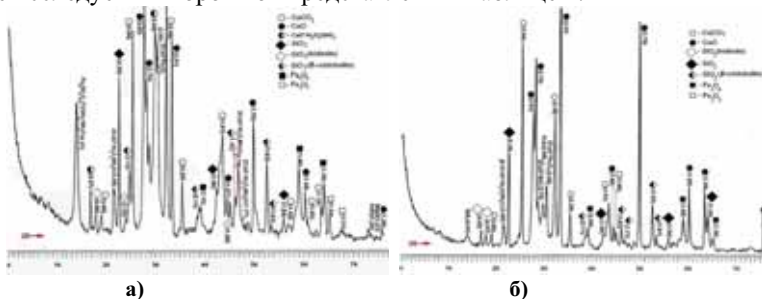


Рис. 2. Рентгенограмма гальванического шлама после обжига:
(а) – при $T = 800$ °С; (б) – при $T = 1000$ °С.

Качественный рентгенофазовый анализ обожженного шлама при 800 °С, проведенный с использованием дифрактометра ДРОН-3 показал, что в минералогическом составе кроме образовавшегося CaO ($d_\alpha = 2,82; 2,78; 2,41; 1,87; 1,70; 1,45; 1,20$ Å), шпинели Fe_3O_4 ($d_\alpha = 2,10; 1,48; 1,38$; Å) присутствует аморфная фаза оксида кремния в области $2\theta = 21 \div 64$ °. Имеется исходный неразложившийся кальцит ($d_\alpha = 3,85; 3,04; 2,48; 2,28; 1,91; 1,52; 1,43; 1,39$ Å), а так же карбиды магния и железа (рис. 3а). При повышении температуры обжига до 1000 °С, имеются незначительные линии интенсивности кальцита CaCO_3 ($d_\alpha = 3,86; 3,04; 2,48; 2,28; 1,91$; Å), основная часть которого, разложилась на CO_2 и CaO . На рентгенограмме присутствуют линии интенсивности оксида кремния SiO_2 , шпинели магнетита Fe_3O_4 , оксида железа Fe_2O_3 и его модификаций.

Анализ дериватограммы обжига гальванического при температуре 800 °С показывает наличие экзотермического эффекта фиксирующегося началом при температуре 41 °С с максимумом приблизительно при 47 °С, что соответствует согласно [9] кристаллизации высокомолекулярного соединения – акрилатной сополимерной эмульсии.

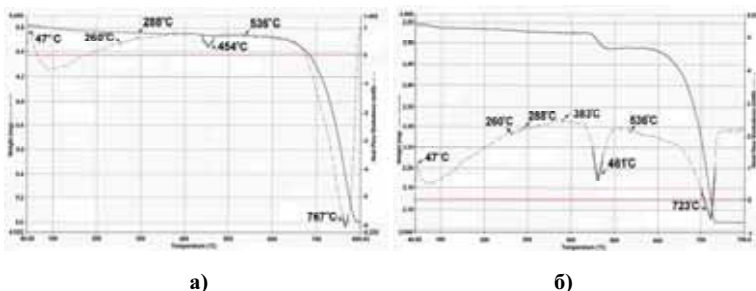


Рис. 3. Дериватограмма гальванического шлама после обжига:
(а) – при $T = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$; (б) – при $T = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

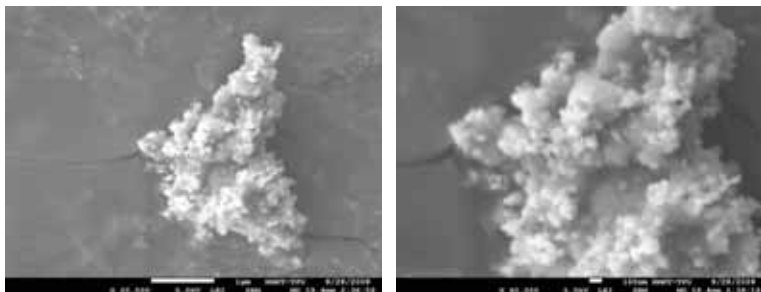
Аналогичный эффект наблюдается при обжиге шлама, при $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, изменяется характер кривых – скорость протекания процесса кристаллизации в последнем случае выше, чем в первом, явное тому подтверждение – высота (амплитуда) и форма пиков кривой.

Слабовыраженные экзотермические эффекты $\sim 260\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\sim 288\text{ }^{\circ}\text{C}$ на диаграмме соответствуют в первом случае окислению магнетита Fe_3O_4 до маггемита $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, во втором – окислению вюстита FeO до $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Экзотермический эффект, наблюдаемый при температуре $454\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответствует переходу лепидокрокита ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) в устойчивую модификацию $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, при котором удаляется химически связанная вода. Аналогичные эффекты наблюдаются и при $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ обжиге, форма кривой нагрева и характеристика пиков свидетельствуют о более высоких скоростях протекающих процессов – площадь пика соответствующего переходу лепидокрокита в $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, при $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ обжиге в 2,5-3 раза больше, чем при обжиге $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом наблюдается значительная потеря массы, фиксирующаяся на термогравиметрической кривой (TG).

Температурный максимум соответствующий значению $\sim 536\text{ }^{\circ}\text{C}$ на дериватограммах обжига при $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ свидетельствует о переходе маггемита $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ в гематит $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Данный эффект относится к экзотермическому.

Эндотермический эффект, соответствующий в первом случае $766\text{ }^{\circ}\text{C}$, а во втором – $723\text{ }^{\circ}\text{C}$ характеризуется распадом вторичного кальцита на монооксид кальция и диоксид углерода. Процесс декарбонизации вторичного кальцита смещается в область низких температур, за счёт наличия примесей магния и дисперсностью частиц шлама.

Для исследования структуры порошков, обожженных при различных температурах, проводилось исследование микроструктуры частиц при различных увеличениях с помощью оптического микроскопа МИН – 8 и растрового электронного микроскопа FEI Quanta 200.



(а)

(б)

Рис. 4. Микроструктура шлама после обжига при температуре 800 °С: (а) – фрагмент агрегированных частиц при 20000-кратном увеличении; (б) – частицы при 40000-кратном увеличении

Таблица 2**Технические характеристики гальванического шлама**

№ обр.	T _(обж.) , °С	Уд-ая пов-ть A _{уд.} , см ² /г / K _p	pH	Плотность, г/см ³
1	800	7838 ± 0,250 / 0,99848	8,90	0,54
2	1000	8586 ± 0,135 / 0,99963	9,51	0,58

В результате анализа частиц шлама выяснилось, что их структура рыхлая, неплотная она представлена кристаллами различной величины, поверхность покрыта мелкими группами кристаллов. Известно, что свойства оксида кальция: плотность, размер кристаллов, скорость твердения (гидратации) зависят от температуры диссоциации. Обожженный шлам использовался для активации ангидритового вяжущего при различных его концентрациях. Основываясь на данных [10, 11], содержащиеся в составе шламов соединения CaO, SiO₂, FeO и Fe₂O₃, а также их модификации в высоко дисперсном состоянии способны создавать эффект упорядочения структуры. Он заключается в способности дисперсных частиц при сближении мгновенно конденсироваться в камневидное вещество, с образованием структурных связей.

Для приготовления смеси ангидритовое вяжущее подвергалось механохимической активации совместно с гидросульфатом натрия, взятого в отношении 2% по массе в истирателе ИД 200. Для затворения смеси использовалась вода, соответствующая ГОСТ 23732 – 79.

Для улучшения технологических свойств смеси: повышения подвижности, пластичности, водоудерживающей способности, удобоукладываемости, а также для регулирования сроков схватывания, использовался суперпластификатор С-3, его содержание составляло 0,2% от массы вяжущего. Применение С-3 повышает растворимость

ангидрита, способствует кристаллизации образующегося гипса, приводит к понижению пористости и повышению общей плотности камня. Пластификатор добавлялся в сухом виде в воду, совместно с обожженным порошком шлама, после тщательного перемешивания образовывалась суспензия.

При затворении вяжущего водной суспензией достигалась однородность смеси. Смесь укладывалась в формы и уплотнялась. Для определения физико-механических характеристик изготавливались образцы-кубики с размерами 20x20x20мм, образцы-балочки 40x40x160мм. Из-за отсутствия в настоящее время специального ГОСТ-а на методы испытания сухих строительных смесей при исследовании технических показателей растворных смесей на ангидритовых вяжущих были использованы ГОСТ 5802 – 86 Строительные растворы. Методы испытаний, ГОСТ 23789 – 79 Вяжущие гипсовые. Методы испытаний. При испытании образцов были получены значения пределов прочности на сжатие и изгиб образцов-балочек в возрасте 14 суток, данные сведены в таблицу 3.

Таблица 3

Физико – механические характеристики закладочных смесей

Показатели свойств для составов		Наименование показателей			
		Т _{обж.} 800 °С		Т _{обж.} 1000 °С	
		Плотность, г/см ³	Предел прочн. R _{ск} /R _{изг} , МПа	Плотность, г/см ³	Предел прочн. R _{ск} /R _{изг} , МПа
К	-	1653	3,46 / 0,44	1653	3,46 / 0,44
1	0,002	1672	3,82 / 0,50	1680	4,16 / 0,63
2	0,004	1670	4,67 / 0,51	1682	5,36 / 0,95
3	0,006	1661	4,58 / 0,73	1673	4,85 / 0,97
4	0,008	1655	4,23 / 0,92	1670	4,05 / 1,00
5	0,010	1670	4,45 / 1,04	1664	4,50 / 1,11
6	0,012	1653	4,63 / 1,28	1659	4,52 / 1,34
7	0,014	1653	4,80 / 1,37	1660	4,71 / 1,83
8	0,016	1650	5,09 / 1,65	1656	5,18 / 2,08
9	0,018	1651	5,29 / 2,12	1652	5,37 / 2,25
10	0,02	1649	6,10 / 2,40	1650	6,70 / 2,70

Выводы

В результате модификации ангидритовых вяжущих гальваническими шламами, подвернутыми термической обработке при повышенных (до 1200°С) происходит повышение физико-механических показателей, в первую очередь прочности при сжатии. Это происходит за счёт формирования более плотной структуры камня вследствие

структурирования ангидритовой матрицы ультрадисперсным порошком обожженного шлама.

В ходе исследования, выяснилось, что оптимальной температурой обжига шлама является температура 1000 °С, при которой достигаются наивысшие прочностные характеристики.

Составы смесей № 9, 10, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 6428-83, обожжённые при 1000°С можно рекомендовать для производства плит-перегородок пазогребневой конструкции.

Литература

1. Будников П.П. Гипс, его исследование и применение. – М.: Стройиздат, 1951. – 418с.
2. Будников П.П., Зорин С.П. Ангидритовый цемент. // Учебное издание – М.: Промстройиздат, 1954. – 93 с.
3. Микульский В.Г., Сахаров Г.П. и др. Строительные материалы (Материаловедение. Технология конструкционных материалов). // Учебное издание. – М.: Из-ство АСВ, 2007. – 520 с.
4. Волженский А.В., Ферронская А.В. Гипсовые вяжущие и изделия. – М.: Стройиздат, 1974. – 328с.
5. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. // Учебник для вузов. Изд. 2–е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1973. – 480 с.
6. Шыхарева Л.В., Зырянов В.В. Сульфат натрия. Свойство и производство. // Технология минеральных солей 4-ое изд., Л.: Химия: 1974. – 240с.
7. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгенографический и электронооптический анализ. Изд. 2–е, перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1970. – 366с.
8. Пашенко А.А., Сербин В.П., Старчевская Е.А. Вяжущие материалы. Учебник для вузов. – Киев: Вища школа, 1985. – 439с.
9. Елисева В.И. Полимерные дисперсии. М.: Химия, 1980. – 296с.
10. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф. Контактноконденсационные гидравлические вяжущие вещества // Строительство и архитектура. – Киев, 1975, вып. 9. – С. 31-34
11. Боженов П.И., Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф. Эффект упорядочения структуры // Материалы конференции ЛИСИ – Л., 1983 – С. 42-58

ЭКОПОРОБЕТОН НА ОСНОВЕ ВЫСОКОПРОЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ГЦПВ

Д.Г. Сагдатуллин , Н.Н. Морозова, В.Г. Хозин, КГАСУ

Одна из задач промышленности строительных материалов на современном этапе является обеспечение строительства эффективными и экологичными материалами отечественного производства, среди которых в Республике Татарстан особое место занимают гипсовые. В программах РФ «Жилище» и «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» одним из направлений является переход на малоэтажное, в т.ч. индивидуальное, быстровозводимое и безопасное строительство [1]. В последние годы возрос интерес к традиционным стеновым материалам, прежде всего, к таким как: облицовочный и высокопустотный кирпич, керамзитобетонные блоки, а также стеновые и перегородочные гипсобетонные изделия [2-3] В тоже время, для обеспечения комфортного микроклимата в жилых помещениях, снижения затрат на отопление в зимнее время и перегрева в летний период наружные ограждающие конструкции зданий должны обладать соответствующим требуемым сопротивлением теплопередаче в зависимости от градусо-суток отопительного периода соответствующего района строительства [4], а также отвечать требованиям по огнестойкости и пожаробезопасности.

Применяемые в настоящее время эффективные теплоизоляционные материалы, хотя и относятся к классу трудносгораемых, самозатухающих, все же при пожаре сгорают и выделяют токсичные вещества. Поэтому в качестве ограждающих конструкций в жилых зданиях необходимо применение абсолютно индифферентного к огню материала, каковым является гипс и изделия на его основе. Ко всему прочему гипсовые изделия характеризуются легкостью, относительно низкими тепло- и звукопроводностью, способствуют поддержанию комфортного микроклимата в помещениях, благодаря хорошим показателям паро- и воздухопроницаемости, способности поглощать влагу из воздуха и отдавать ее при снижении влажности [5]. Однако, при всех технологических, эксплуатационно-технических и экономических преимуществах затвердевшие гипсовое вяжущее имеет «генетически» обусловленные недостатки – низкие водостойкость и морозостойкость, невысокую прочность и большую ползучесть (особенно во влажном состоянии). Это ограничивает область его применения в строительстве – в основном для декоративно-отделочных и изоляционных изделий в воздушно-сухих условиях эксплуатации, а применение их в качестве ограждающих конструкций в полной мере не видится возможным.

Известно [5], что наиболее эффективным способом повышения водостойкости гипсовых вяжущих является введение в него веществ, вступающих с ним в химическое взаимодействие с образованием

водостойких и твердеющих в воде продуктов гидратации. К таким относятся гипсоцементнопуццолановые и гипсошлакопуццолановое вяжущие, созданные еще в 30-40^х годах прошлого века Волженским А.В. и его школой. Развитием этого направления стали гидравлические композиционные гипсовые вяжущие низкой водопотребности (Ферронская А.В., Коровяков В.Ф. – конец 90^х годов XX века).

Нами на кафедре ТСМИК Казанского ГАСУ разработано высокопрочное композиционное гипсоцементнопуццолановое вяжущее на основе низкомарочного полуводного гипса с повышенными физико-техническими свойствами [6], основные характеристики которого приведены в табл.1. Компонентами этого вяжущего явились: гипс строительный марки Г-6 Аракчинского гипсового завода РТ; портландцемент марки ПЦ500Д0 производства ОАО «Вольскцемент», смесь активных минеральных добавок: микрокремнезема МК-85 Липецкого металлургического комбината и термически активированной цеолитсодержащей породы (ЦСП-т) Татарско-Шатрашанского месторождения РТ и комплекса водоредуцирующей добавки. Содержание гипса составило более 50% от общей массы вяжущего, количество цемента и АМД рассчитывали из условия пуццолановой активности минеральной добавки.

Таблица 1

Сравнительные характеристики минеральных вяжущих

№ пп	Маркировка вяжущего	Прочность на сжатие, МПа, через 28 сут при нормальных условиях твердения	Коэффициент размягчения	Морозостойкость, циклы	Стойкость к водонасыщению-высушиванию, циклы	Водопоглощение, %	Собственные деформации, % «->»усадка, «+»расширение	Сроки схватывания, мин.	
								нач.	кон.
1	КГЦПВ	60	0,98	150	40	2	-0,08; +0,05	18	22
2	ПЦ500Д0	≥ 90	≥ 1	≥ 150	-	≤ 2	-0,6	45	≥ 90
3	ВКГВ	35	0,82	75	30	13	-0,1; +0,25	4	5
4	ГЦПВ	17	0,65	25	-	24	-	8	10
5	Гипс Г-6	6 (ч/з 2 часа)	0,45	-	-	32	-	5	7

Как видно из табл. 1, КГЦПВ по прочности и водостойкости приближается к значениям порландцемента, который используется для получения бетонов в среднем около 20-25% по массе. Разработанное вяжущее стало основой для получения так называемого экопоробетона. В качестве заполнителя для него мы использовали легкие гранулы из вспененного стекла фракции до 15 мм под торговым названием «Экопор» с плотностью 100-150 кг/м³ и теплопроводностью не более 0,06-0,08 Вт/м·°С.

Основные физико-технические свойства легкого теплоизоляционного экопоробетона представлены в табл. 2 и на рис. 1, твердеющего в нормально-влажностных условиях ($\phi=95-98\%$ и $t=25\div 27^{\circ}\text{C}$). Оценку свойств экопоробетона проводили на образцах размером 7х7х7 см, изготовленных из теста с распылом 180÷220 мм по Суттарду.

Таблица 2

Сравнительные характеристики материалов

№ состава	Вид материала	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С	Температура применения, °С	Прочность на сжатие, МПа
1	Экопоробетон	300÷350	0,12÷0,16	до 1000	0,5÷0,8
2	Кирпич керамический пустотелый	750÷900	0,15÷0,21	до 1000	7,5÷15
3	Пенобетон	300-÷1200	0,13÷0,35	-	1÷15
4	Пенополистирол	20÷60	0,04÷0,06	от -80 до +75	0,1÷3,0
5	Плиты минеральноватные	75÷225	0,05÷0,06	От -60 до+400	0,01÷0,1



Рис. 1. Фотография образцов из экопоробетона

Как видно из табл.2, по своим основным физико-техническим характеристикам экопоробетон не уступает широко используемым в строительстве материалам. Полученный материал хорошо режется. Для получения ровной лицевой поверхности изделий из экопоробетона можно использовать высокопрочное композиционное ГЦПВ, которое характеризуется высокой водостойкостью и морозостойкостью.

Таким образом, разработано высокопрочное быстротвердеющее вяжущее и получен эффективный теплоизоляционный бетон для возведения стен ограждения жилых и общественных зданий.

Литература

1. В.Ф. Коровяков Эффективные строительные материалы для малоэтажного строительства. // Материалы IV Всероссийский семинар с международным участием «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий, Волгоград,2005, С. 17-22.
2. Баженов Ю.М., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. и др. Ограждающие конструкции на основе каркасного керамзитобетона для производственных зданий (структурообразование, технология, расчет и конструирование. Уч. Пос. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 252 с.
3. Недосеко И.В., Бабков В.В., Алиев Р.Р., Кузьмин В.В. Применение конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона в малоэтажном строительстве. // Жилищное строительство, 2008, №3. – С. 26-28.
- 4.Шишин С.А., Маракулин С.П. Эффективность применения порогипсобетона в строительной-технологической системе «Гитор» // Материалы IV Всероссийский семинар с международным участием «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий, Волгоград,2005, С. 26-29.
5. Волженский А.В., Стамбулко В.И., Ферронская А.В. Гипсоцементнопуццолановые вяжущие, бетоны и изделия. М.: Стройиздат, 1971. – 317с.
6. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Высокопрочное гипсоцементноцеолитовое вяжущее. // Строительные материалы, 2010, №2 – С.53-55.

ПОРИЗАЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ФТОРАНГИДРИТА

Хазеев Д.Р., Первушин Г.Н., Макарова И.С., Пудов И.А.,

Ижевский Государственный Технический Университет

В настоящее время потребность в высокоэффективных теплоизоляционных материалах, применяемых для возведения многослойных ограждающих конструкций, обеспечивается цементными пенобетонами, имеющими ряд существенных недостатков. Автоклавные цементные пенобетоны и газобетоны обладают высокой стоимостью и низкой прочностью. Основным недостатком цементных пено- и газобетонов является постоянный рост цен на портландцемент.

Альтернативой портландцементу является использование ангидритового вяжущего. Энергозатраты на его производство приблизительно в 12 раз ниже по сравнению с энергозатратами на изготовление такого же количества портландцемента и в 3 раза ниже по сравнению со строительным гипсом [1]. При этом прочностные показатели материалов на основе ангидрита сравнимы с портландцементом. Ангидритовое вяжущее получают помолом природного ангидрита или фторангидрита (техногенного отхода производства плавиковой кислоты) с последующей активацией солями щелочных металлов [2]. При этом использование фторангидрита в качестве вяжущего позволяет решить экологическую проблему, связанную с утилизацией техногенного материала.

Для приготовления ячеистого бетона в качестве вяжущего использовали: порошкообразный фторангидрит, соответствующий ТУ5744-132-05807960-98. Используемый фторангидрит является порошкообразным отходом производства ПО «Галоген». Содержит в своем составе более 92 % безводного сульфата кальция CaSO_4 , остальное представлено фтористым кальцием CaF_2 и карбонатом кальция. Минералогический состав применяемого фторангидрита приведен в таблице 1.

Таблица 1

CaO	CaF ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃
35,0÷36,5	2,2÷5,0	2,6÷3,4	0,5÷0,7	0,2÷0,95	46,65÷59,5

При производстве газобетона, в качестве газообразователя применяли алюминиевую пудру [3]. Содержание алюминиевой пудры не превышало 0,2 - 0,3 % от массы вяжущего.

При изготовлении пенобетона на основе фторангидрита использовались синтетические пенообразователи типа ПБ-3000, ПБ-2000, ПГ, в состав которых входят синтетические анионоактивные и неионогенные ПАВ. В качестве активатора твердения ангидритового вяжущего применялась сульфатная соль щелочных металлов.

Известно, что для повышения прочности и улучшения структуры пор в ячеистых бетонах возможна модификация материала углеродсодержащими наносистемами, при вводе которых возникает эффект армирования и структурирования вяжущей минеральной матрицы [4].

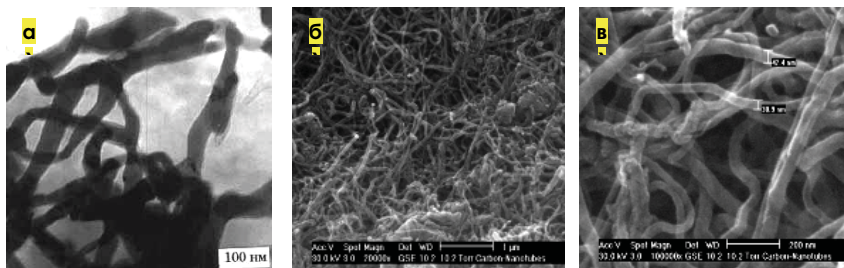


Рис. 1. Микроструктура нанодисперсных образований: (а) - полученных из ароматических углеродов методом стимулированной дегидрополиконденсации и карбонизации; (б), (в) - полученных каталитическим пиролизом [6]

При изготовлении модифицированного газобетона использовались углеродные наносистемы, заполненные медью, кобальтом и никелем, получаемые методом стимулированной дегидрополиконденсации и карбонизации (рис. 1а) [5-6].

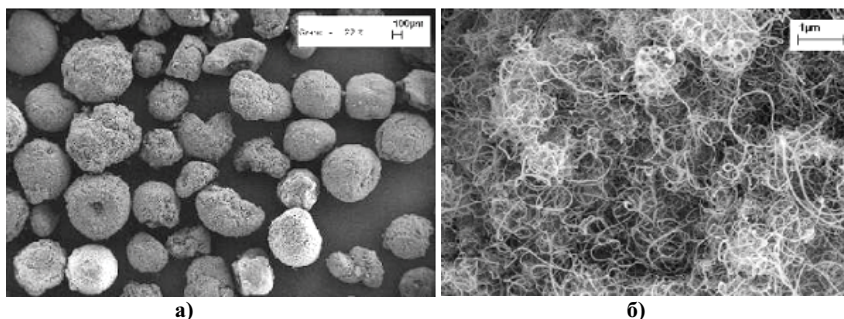


Рис. 2. Многослойные углеродные нанотрубки (MWCNT) Graphistrength™: (а) – общий вид гранул с нанотрубками со средним размером частиц 400 мкм, (б) – углеродные нанотрубки при 20000-кратном увеличении [7]

При изготовлении пенобетона на основе фторангидрита, в качестве модификатора применялась водная суспензия с углеродными многослойными нанотрубками (MWCNT) Graphistrength™ фирмы Arkema. Общий вид используемых углеродных нанотрубок представлен на рис. 2.

Введение модифицирующих углеродных наноструктур в ангидритовую матрицу при изготовлении газобетона не превышало 0,05 % от массы вяжущей матрицы, при приготовлении пенобетона – 0,01%.

При введении углеродных нанотрубок в ангидритовую матрицу происходит ее структурирование вокруг частиц модификатора, что сопровождается изменением морфологии новообразований с формированием плотной и прочной «оболочки» по поверхности наноструктур. Потребность в столь незначительных концентрациях наносистем зачастую связано с изменчивостью матрицы (рис. 3). Чем активнее матрица, тем больше вероятных структур она воспринимает, в большей степени она подвержена изменению при воздействии сверхмалых концентраций наноструктур [6].

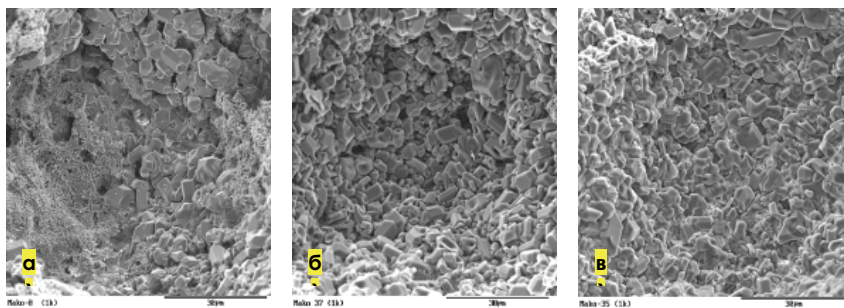
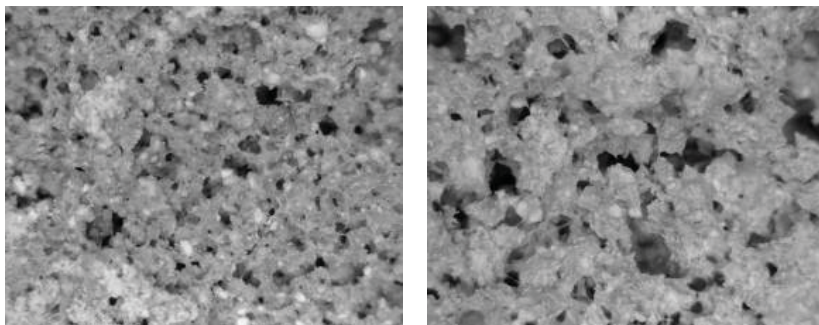


Рис. 3. Микроструктура поверхности стенок пор поризованной фторангидритовой композиции: (а) – контрольного образца без модифицирующих наносистем; (б) - модифицированного наносистемами, полученными методом стимулированной дегидрополиконденсации и карбонизации, заполненные атомами никеля, (в) – модифицированные нанотрубками, полученными каталитическим пиролизом (увеличение $\times 1000$) [6]

Как видно из рис. 3, структура газоангидрита становится плотнее, и снижается показатель перколяции стенок пор. Наличие углеродных наносистем во фторангидритовой матрице упорядочивает и стабилизирует структуру композиции (рис. 3б). Распределяясь в объеме поризованной фторангидритовой матрицы, углеродные наночастицы приводят к уменьшению перфорированности стенок пор, обеспечивая ее сплошность и непрерывность (рис. 3б, в).

При изготовлении пенобетона на основе фторангидрита ставилась задача получения теплоизоляционного с плотностью до 400 кг/м^3 и теплоизоляционно-конструкционного с плотностью до 600 кг/м^3 пенобетона. Пенобетон со средней плотностью 400 кг/м^3 имел прочность на сжатие 0,9 МПа и на изгиб 0,6 МПа, прочность теплоизоляционно-конструкционного пенобетона со средней плотностью 600 кг/м^3 на сжатие составил 3,3 МПа, на изгиб 2,2 МПа. Микроструктура пенобетона

характеризуется наличием крупных сообщающихся пор однородной структуры с размером до 0,6 мм при плотности 600 кг/м³ (рис. 4а) и до 1,2 мм при плотности 400 кг/м³ (рис. 4б). Полученные результаты сопоставимы с ранее проведенными исследованиями, представленными авторами в работе [8].



а)

б)

Рис. 4. Микроструктура пенобетона на основе фторангидрита при 50-кратном увеличении: (а) – при плотности 600 кг/м³, (б) – при плотности 400 кг/м³

Таким образом, доказана возможность получения ячеистых бетонов на основе фторангидрита, поризуемых с использованием газо- и пенообразователей. Получаемый материал может быть использован для теплоизоляции строительных конструкций или, при повышении средней плотности, для изготовления конструкционно-теплоизоляционных изделий. Отмечено, что введение модифицирующих углеродных наносистем позволяет улучшить структуру поризованного материала, повысить однородность пор и увеличить прочность за счет упрочнения стенок пор.

Литература

1. Второв Б., Фишер Х.-Б. Влияние активизаторов твердения на свойства ангидритовых вяжущих // Материалы Второго международного научно-технического семинара: Нетрадиционные технологии в строительстве, Томск, ТАСУ, 2001 г. - С. 371-376.
2. Будников П.П., Зорин С.П. Ангидритовый цемент.- М.: Промстройиздат, 1954. – 93 с.
3. Селезнев Г.Я. Возможность использования гипсосодержащего отхода производства в получении ячеистого бетона. Пермь, ППИ, 1987. – С. 119-120.

4. Yakovlev G.I., Kerienĭ Ja., Plechanova T.A., Krutikov V.A. Nanobewehrung von Schaumbeton. In: Beton- und Stahlbetonbau, Vol. 102, Is. 2, 2007, S. 120 – 124.

5. Бабушкина С.Н., Кодолов В.И., Кузнецов А.П., Николаева О.А., Яковлев Г.И. Способ получения углеродметаллсодержащих наноструктур. Патент РФ на изобретение № 2169699. Опубл.: БИ, 2001, №18.

6. Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Крутиков В.А., Макарова И.С., Керене Я., Фишер Х-Б., Бурьянов А.Ф. Газобетон на основе фторангидрита, модифицированный углеродными наноструктурами // Строительные материалы. 2008, №3. – С. 70 – 72.

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

8. Халиуллин М.И., Алтыкис М.Г., Рахимов Р.З. Теплоизоляционные и стеновые материалы на основе пеногипсобетонов // Строительные материалы, 1998, №9. – С. 29.

ВЯЖУЩИЕ НА ОСНОВЕ СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ ДЛЯ ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ

F. Song; S. Nowak; H.-B. Fischer, Веймарский строительный университет

1 Введение

Для получения штукатурочного раствора обычно смешивают высоко обжиговый материал (ангидрит II) и строительный гипс (бетаполугидрат) и в итоге получают вяжущее на основе сульфата кальция с требуемым фазовым составом. На практике обе фазы составляют примерно одинаковый объём. Реже применяется обжиг на колосниковой решётке, где обезвоживаются одновременно разные фракции гипсового камня [1].

На различных предприятиях для производства вяжущих на основе сульфата кальция используют часто только один агрегат (вращающаяся печь или котёл). Поэтому стоит обдумать вопрос, можно ли получить в таком оборудовании, подходящие к производству гипсовой штукатурки вяжущие, с уменьшенными энергозатратами по отношению к обжигу на колосниковых решётках.

Целью настоящей работы является исследование влияния режима обезвоживания на фазовый состав вяжущего и различия между природным гипсовым камнем и дигидратом, полученным при очистке дымовых газов ТЭЦ (REA-гипс).

2 Применяемый материалы и методы исследования

Для получения вяжущих на основе сульфата кальция применяли разные исходные материалы (дигидрат сульфата кальция): два вида природного гипсового камня и REA-гипс. REA-гипс - это мелкозернистый материал, который также использовали для получения отпрессованных тел (с добавлением 5 % воды) длиной примерно 2 см и диаметром 2 см.

Таблица 1: Важные характеристики применяемых материалов

	шплит из гипс. камня N3	шплит из гипс. камня N4	REA- гипс
Свободная влажность [%]	0.10	0.08	0
Кол-во крист. воды [%]	20,4	18,4	20,3
Количество дигидрата [%]	97,5	87,7	97,9
Уд. плотность [г/ см ³]	2,33	2,36	2,32

Природный гипсовый камень применялся в виде мелкого щебня (шплит - 5... 10 mm). Пробы различались степенью загрязнения. Важные характеристики исходных материалов указаны в таблице 1.

Целенаправленным выбором вида гипсового камня, размера зёрен, а также температуры и продолжительности обжига можно достигнуть нужный фазовый состав вяжущего для гипсовой штукатурки. По [2] он должен колебаться в таких пределах (в присутствии отставков дигидрата): полугидрат 10... 30 %, ангидрит III (растворимый): 15... 20 %, ангидрит II (нерастворимый): 50... 75 %.

Чтобы получить фазовый состав, соответствующий гипсовой штукатурке, было изучено влияние различных тепловых нагрузок. Пробы в тиглях подвергались обжигу в заранее ненагретой муфельной печи при температурах 300 °С, 350 °С и 450 °С, и продолжительность при этом составляла 2 часа, 4 часа и 6 часов. Количество материала было всегда одинаково – примерно 50 г.

Фазовый состав вяжущих определяли по методике фирмы Кнауф [3]. Для труднорастворимого ангидрита (А II s) характерна гидратация в течение 72 часов. «Нерастворимый» ангидрит (А II u) превращается в дигидрат только после 72-часовой гидратации. В рамках этих исследований загрязнение исходного материала учитывалось как негидратизированный материал, т.е. входит в количество А II u.

3 Результаты исследования

Сначала обжигали мелкозернистый REA-гипс. Из-за типично узкого распределения зёрен по их габаритам (величине), нельзя было ожидать выявления разных фаз в значительном количестве. Рисунок 1 подтверждает правильность этого предположения. Уже первый режим обжига (при температуре 300 °С и продолжительности 4 часа) показывает, что нельзя получить при использовании таких мелких частиц (в основном 50... 70 μm) одновременно полугидрат и ангидрит А II в один обжиг.

Поэтому из мелкозернистого REA-гипса были получены отпрессованные образцы для изучения последствий укрупнения (рис. 2). Такие образцы размером примерно 2 см в каждом направлении нагревались медленнее и фазовый состав немного «улучился». Доля полугидрата осталась незначительной к сожалению.

Тенденция выявлена «укрупнением» REA-гипса проверяли при помощи крупнозернистого гипсового камня (шплит). Применяли гипсовый шплит двух месторождений. Из-за разного содержания дигидрата (проба N4 меньше N3) можно было ожидать различия в процессе обезвоживания.

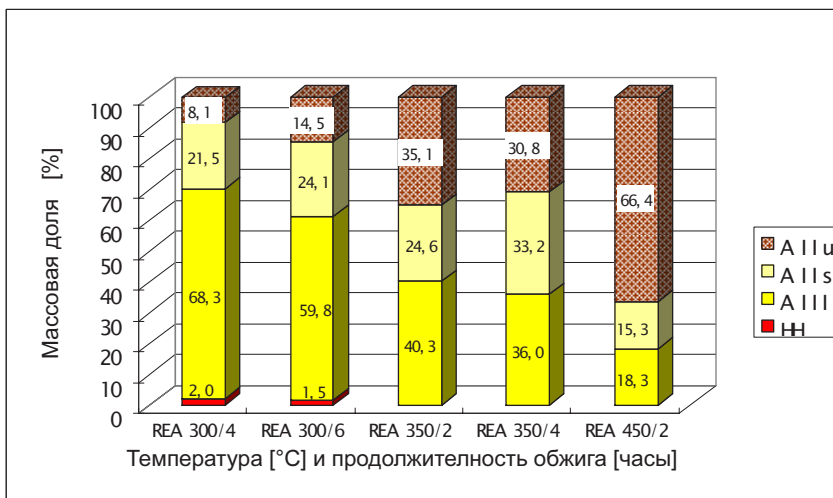


Рис. 1
Фазовый состав вяжущих в зависимости от режима обжига мелкозернистого REA-гипса

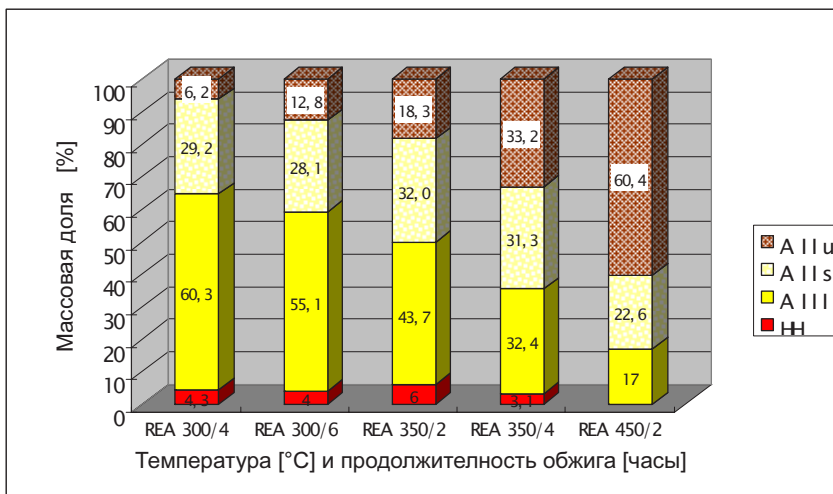


Рис. 2
Фазовый состав вяжущих в зависимости от режима обжига отпрессованных образцов из мелкозернистого REA-гипса

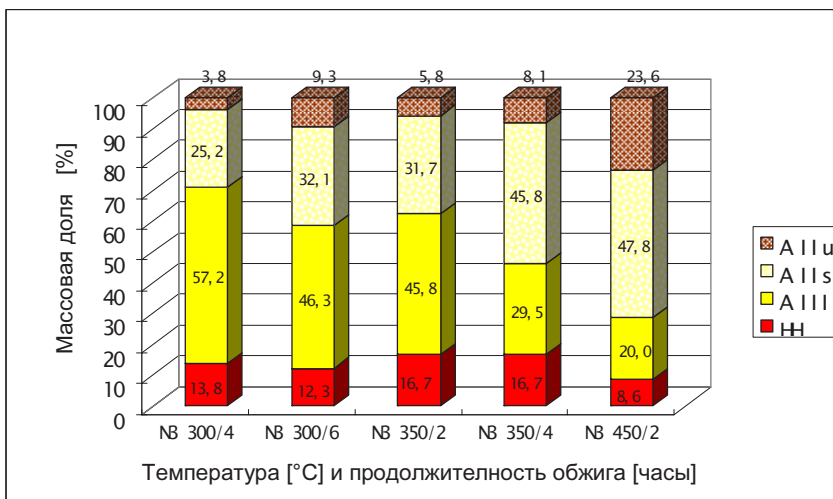


Рис. 3
Фазовый состав вяжущих в зависимости от режима обжига природного гипсового камня N 3 (0,5 - 1,0 см)

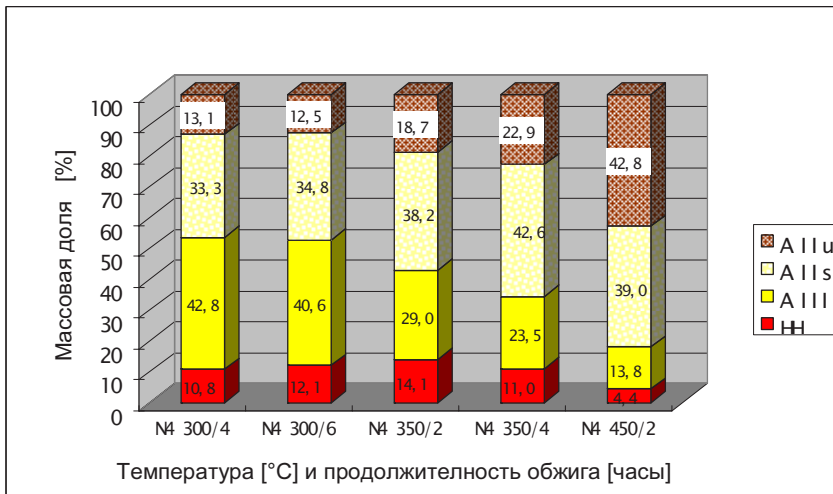


Рис. 4
Фазовый состав вяжущих в зависимости от режима обжига природного гипсового камня N 4 (0,5 - 1,0 см)

Сравнение рисунков 3 и 4 показывает, что при большем содержании дигидрата в гипсовом камне требуется больше энергии для обезвоживания и таким образом возникает меньшая доля высокотемпературных фаз А II.

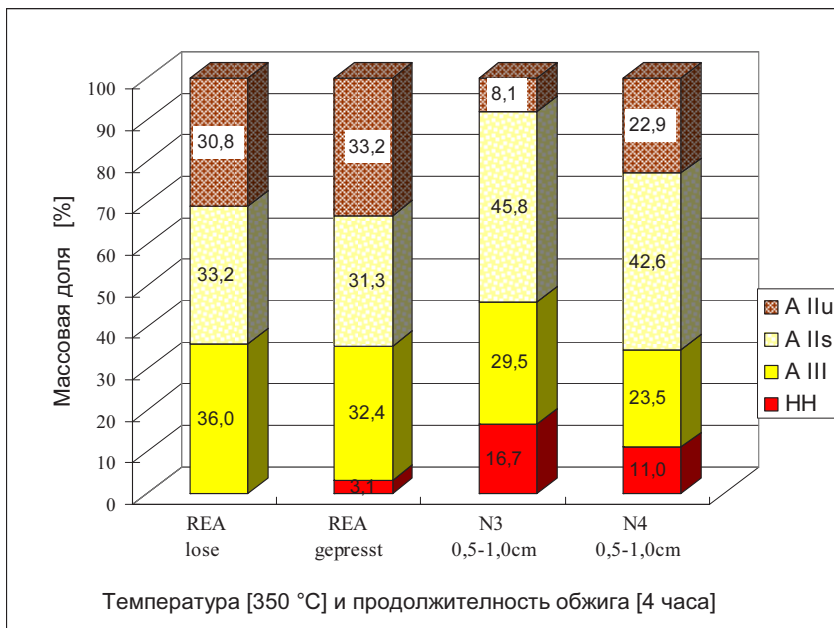


Рис. 5:
Фазовый состав вяжущих, полученных при 350 °C в течении 4 часов в зависимости от исходных материалов

Сравнение фазового состава вяжущих полученных при тепловой нагрузке 4 часа и 350 °C из разных материалов изображено на рис. 5. Видно, что принципиально возможно получение необходимого для гипсовых штукатурок фазового состава при использовании крупнозернистого материала и относительно низких энергозатрат. Для этого требуются дальнейшие исследования при более низких температурах.

4 Резюме

Проведенные исследования показали, что примерно нужный для гипсовых штукатурок фазовый состав вяжущего может быть получен подбором режима тепловой обработки и размера зёрен с учётом качества гипсового камня.

Литература

1. Schwiete, H. E.; Knauf, A. N. Alte und neue Erkenntnisse in der Herstellung und Anwendung der Gipse
2. Bader, H.-J; Sgoff, D.: Nur ein wenig Wasser, NiU-Chemie 7, 1996/32, S.34-36
3. Gravimetrische Phasenanalyse. – Werkstandard Knauf Gips KG

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СУШКИ ГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Шленкина С.С., Гаркави М.С.,
Магнитогорский государственный технический университет

Сушка гипсовых изделий является одной из наиболее ответственных технологических операций. При сушке удаляется избыточная влага, наличие которой обуславливает большие деформации и ползучесть гипсовых материалов и изделий. Поскольку при удалении влаги изменяется ее энергия связи с материалов, то это, согласно [1,2], способствует развитию процесса структурообразования за счет внешнего стока жидкой фазы. Вариацией скорости обезвоживания, т.е. мощности стока влаги, можно поддерживать любую заданную скорость структурообразования в гипсовой системе.

Обычно при сушке различных материалов за счет изменения внешних воздействий стараются поддерживать постоянную скорость сушки [2]. Для структурообразующих систем, у которых одна стадия структурного состояния сменяется другой, это условие может быть удовлетворено только для каждого отдельного структурного состояния. Для всего процесса обезвоживания с учетом того, что сушка – это осуществление внешними воздействиями процесса структурообразования, условие стационарности массообмена с окружающей средой должно быть заменено условием стационарности структурообразования:

$$J_n = \frac{dn}{dt} = \text{const} \quad (1)$$

Условие (1) выполнимо только при равномерном протекании структурообразования по сечению изделия. При сушке гипсовых изделий, как показано в работах [3,4], влажностные характеристики не зависят от координаты сечения, следовательно, имеет место равномерное структурообразование. Это позволяет использовать условие (1) для построения режима сушки гипсовых изделий. Как показано в работах [5,6], структурообразование гипсового камня при сушке идентично структурообразованию системы «глина-вода», что позволяет использовать схему структурных состояний этой системы при $\varphi < 1,03$ для построения режима сушки гипсовых изделий.

При разработке режима сушки следует учитывать, что температура изделий не должна превышать 60°C, что предотвращает дегидратацию двугидрата сульфата кальция. Температура теплоносителя, используемого в туннельных сушилках, находится в интервале 95...110°C. С целью сокращения технологического цикла построим рациональный режим сушки с продолжительностью активной сушки, равной 24 ч (рисунок 1).

Как следует из работ [6,7], степень завершенности структурообразования к началу сушки изделий равна 0,65 (точка Ф, рисунок 1), а к

окончанию сушки, т.е. через 24 ч процесс структурообразования должен достигнуть степени завершенности $\eta = 1$ (точка С, рисунок 1). Соединив точки Ф и С прямой, получаем график, отражающий стационарный процесс структурообразования. На полученную прямую, исходя из схемы структурных состояний системы «глина – вода» [3,6], наносим точки, соответствующие тем значениям ψ и η , при которых происходят структурные превращения гипсового камня при его обезвоживании.

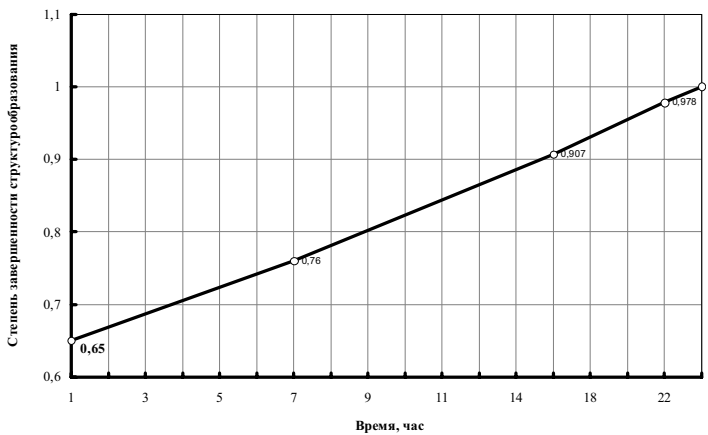


Рис. 1. Продолжительность сушки гипсовых изделий по стационарному режиму

Температурный режим нагрева изделий должен быть выбран с учетом особенностей структурного состояния, структурно-механических характеристик, усадочных явлений и быть различным для разных структурных состояний гипсового камня. Согласно [8,9], для материалов с псевдоконденсационной структурой скорость их нагрева не должна превышать 3 град/ч, следовательно, в момент времени, соответствующий точке В, температура гипсового изделия должна быть 40°C (рисунок 2).

Изучение структурно-механических характеристик гипсовых материалов в процессе сушки показало [10], что в интервале $\psi = 1,03...1,005$ наблюдается их интенсивная усадка. Следовательно, в этом структурном диапазоне целесообразна изотермическая выдержка. После точки В усадочные явления затухают и прекращаются в точке С', поэтому в данном интервале можно осуществлять подъем температуры со скоростью не более 5 град/ч до температуры 60°C. При этой температуре изделия выдерживают до достижения конечного влагосодержания.

Исходя из значений степени завершенности структурообразования, соответствующих структурным превращениям гипсового камня в процессе сушки, рассчитано его влагосодержание (рисунок 3). Из данных рисунка 3

следует, что условие стационарности процесса структурообразования в процессе сушки гипсового камня выполняется при его обезвоживании с увеличивающейся скоростью.

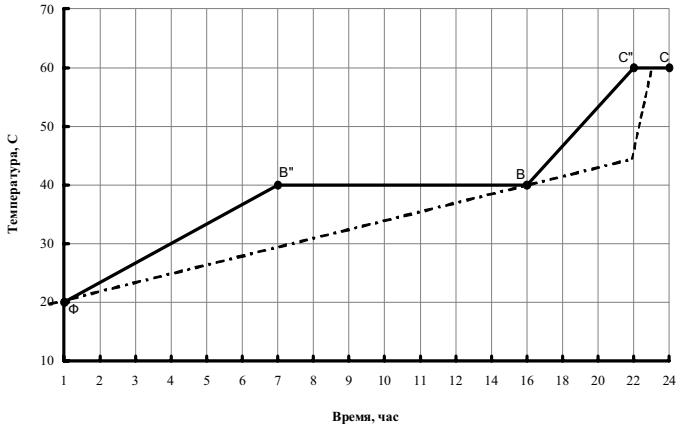


Рис. 2. Температурные параметры процесса сушки гипсовых изделий

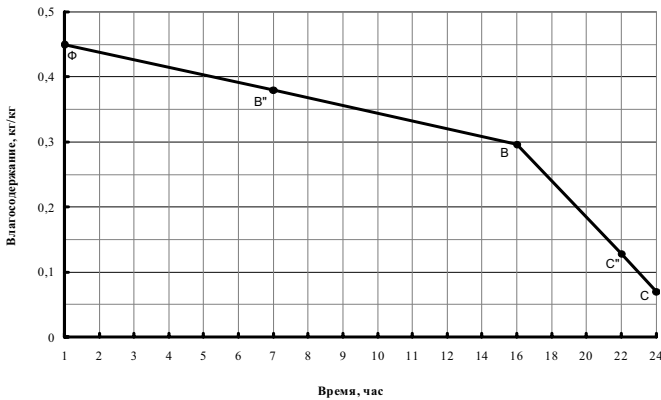


Рис. 3. Изменение влагосодержания гипсовых изделий в процессе сушки

На рисунке 2 показаны различные расчетные режимы сушки гипсовых изделий, обеспечивающие соблюдение условия стационарности процесса структурообразования и достижение необходимого конечного влагосодержания изделий. При этом режим, показанный сплошной линией, является предельным. После достижения заданного влагосодержания

гипсовых изделий процесс активной сушки прекращается и начинается охлаждений изделий.

При эксплуатации гипсовых изделий энергия связи влага с материалом должна быть не менее $1,16 \cdot 10^3$ Дж/моль, что при температуре 293К соответствует переходу в типичное капиллярно-пористое состояние [3]. Этому значению энергии связи соответствует общее относительное давление равновесного водяного пара $\psi = 0,6$. Именно до этого значения должны быть высушены все гипсовые изделия, т.к. при таких условиях можно избежать явлений ползучести гипсовых изделий. Так как в гипсовых системах с пластификаторами достигаются к моменту сушки меньшие значения потенциала оводнения, то это позволяет использовать более интенсивные режимы сушки. Это обусловлено, тем необходимый диапазон изменения потенциала оводнения в указанных системах можно достичь за более короткий срок. Кроме того, как показано выше, использование пластификаторов позволяет в значительной степени снизить начальное влагосодержание, что также приводит к уменьшению энергозатрат при сушке гипсовых изделий.

Литература

1. Волженский А.В., Ферронская А.В. Гипсовые вяжущие и изделия. – М., 1974. – 328 с.
2. Моркуне В.А. и др. Некоторые особенности начального периода гидратации вяжущих веществ // Гидратация и твердение вяжущих. – Уфа, 1978. – С. 119 – 120.
3. Цимерманис Л.Б. Термодинамические и переносные свойства капиллярно-пористых тел. – Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1971. – 202 с.
4. Цимерманис Л.Б., Гаркави М.С. О термодинамическом анализе роста прочности твердеющего вяжущего // Сборник трудов. – Челябинск, 1977. – 136 с.
5. Цимерманис Л.Б. и др. Термодинамический анализ твердения минерального вяжущего в закрытой системе // VI Международный конгресс по химии цемента. – М.: Стройиздат, 1976. – т.2. – кн.2. – С.25 – 28.
6. Цимерманис Л.Б. Термодинамика влажностного состояния и твердения строительных материалов. – Рига: Зинате, 1985. – С. 247.
7. Шленкина С.С. Совершенствование технологии и повышение качества гипсовых изделий с использованием пластификаторов различной природы. // Дисс. ... канд. техн. наук. – Магнитогорск, 2007. – 120 с.
8. Будников П.П. Реакции в смесях твердеющих веществ. – М.: Стройиздат, 1971.- 488 с.

9. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1973. – 504 с.
10. Генкин А.Р. Потенциалометрический метод исследования процессов структурообразования при твердении цементов // Дисс. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 1977. – 190 с.

ГИПСОСОДЕРЖАЩИЕ КОМПОЗИТЫ НА ТЕХНОГЕННОМ СЫРЬЕ ДЛЯ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Чернышева Н.В., Нарышкина М. Б.,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

Стратегия развития промышленности строительных материалов РФ на период до 2020 г. направлена на расширение номенклатуры и снижение энергоемкости производства строительных материалов. Этим требованиям в полной мере отвечают гипсовые композиционные материалы. Их применение позволяет не только снизить дефицит стеновых материалов, но во многих случаях заменить энергоёмкие цементные бетоны и значительно сократить сроки возведения зданий (рис. 1).

По составу природный гипс является экологически безопасным веществом, не токсичен, при производстве гипсовых вяжущих не выделяется в окружающую среду CO_2 и другие вредные компоненты [1].

Композиционные гипсовые вяжущие (КГВ) известны как материалы, регулирующие влажность окружающего воздуха и обеспечивающие этим благоприятный для здоровья человека микроклимат в помещении, имеют низкую удельную эффективную активность естественных радионуклидов, что является существенным дополнением к целому ряду других, экологически положительных и защитных качеств [2].



Рис. 1. Рациональные области использования гипсосодержащих композитов

Для повышения рентабельности использования гипсосодержащих композитов в строительстве возможно применение техногенного сырья – отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов, отходов дробления кварцитопесчаника и др.

В связи с этим целью работы являлась разработка гипсосодержащих композиционных строительных материалов с использованием техногенного сырья. Исходными материалами для получения гипсосодержащих композитов, рекомендуемых для стеновых материалов, являются: композиционное гипсовое вяжущее, полученное в результате совместного помола активной минеральной добавки, портландцемента ЦЕМ I 42,5 Н (ЗАО « Белгородский цемент») и суперпластификатора, с последующим смешиванием с гипсовым вяжущим марки Г-5Б II (Астраханский гипсовый комбинат), совмещенным с кратковременным помолом; керамзитовый гравий (ОАО «Завод ЖБК-1»); химические добавки: цитратный фильтрат (ЦФ), суперпластификатор С-3; вода Белгородского водопровода.

В данной работе было предложено использовать в качестве активных кремнеземсодержащих добавок высокодисперсные наполнители, получаемые тонким измельчением глауконитового песка а (Брянской месторождение), а также промышленных отходов (отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов - ММС, отсев дробления кварцитопесчаника Лебединского ГОКа). Химический состав минеральных добавок представлен в табл.1.

Таблица 1

Химический состав используемых наполнителей

Наименование материала	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Feоб (Fe ₂ O ₃ FeO)	P ₂ O ₅	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O+ K ₂ O	SO ₃	TiO ₂	п.п.п
Кварцитопесчаник	94,32	2,61	(0,42, 0,81)	-	-	0,46	0,66	0,22+0,65	0,01	0,16	0,65
Глауконитовый песок	90,1	1,3	2,6	1,4	-	2,0	0,3	1,2	0,4	0,15	0,42
Отходы ММС	77,72	0,67	10,2 (7,12, 6,58)	0,025	-	1,67	2,26	-	0,127	-	-

Микродисперсные добавки получали помолом в шаровой мельнице – до удельной поверхности 600 м²/кг.

Для оценки свойств минеральных добавок определялась их активность по поглощению гидроксида кальция в твердеющей системе до регламентированных пределов (не выше 1,1 и 0,85 г/л - в пересчете на оксид кальция), соответственно, на 5-е и 7-е сутки (по ТУ 21-31-62-89 - Гипсоцементно-пуццолановое вяжущее).

Установлена концентрация СаО в растворах:

- с отходами ММС- через 5 суток до 0,75–1,03 г/л; через 7 суток до 0,64–0,82 г/л при обязательном отношении Д/Ц=1:1;

- с глауконитовым песком - через 5 суток до 0,9–1,1 г/л, через 7 суток до 0,74–0,85 г/л при обязательном отношении Д/Ц=1:1;

- с кварцитопесчаником через 5 суток до 0,98–1,13 г/л; через 7 суток до 0,79–0,86 г/л при обязательном отношении Д/Ц=1:2–2,5, что связано с образованием при измельчении на поверхности минеральных добавок нарушенного микрослоя, содержащего в очень ограниченных количествах аморфный SiO₂. Повышенная активность кремнеземистого компонента и его механическая деструкция ускоряют гидролиз клинкерных минералов путем связывания Ca(OH)₂ с образованием дополнительных порций CSH(B) за счет частиц наноразмерного уровня, которые играют роль зародышей кристаллизации новых фаз, способствуют существенному увеличению количества активных центров в единице объема материала, что позволяет управлять процессом образования этtringита, приводит к синтезу специфической морфологии новообразований. Все это обеспечивает существенный прирост прочности композитов, повышает их водостойкость [3].

Учитывая полученные данные, рекомендуется применять следующие составы КГВ (% по массе): гипсовое вяжущее 50–70, портландцемент 10–20, кремнеземистая добавка 10–30. Составы КГВ и результаты исследования их основных свойств приведены в табл.2.

Таблица 2
Влияние удельной поверхности минеральных добавок на физико-механические свойства КГВ* (В/Вяз=0,5)

№ п/п	Вид кремнезем-содержащей добавки	Удельн. поверхн. добавки, м ² /кг	Подвижность, мм	Сроки схватывания, мин., сек.		Предел прочности при сжатии, МПа, в сроки				Коэфф. размяг., К _p
				нач.	кон.	2 ч.	7 сут.	28 сут.	сух.*	
1	Отходы ММС	300	190	9-30	12-30	5,1	12,15	15,2	21,5	0,72
		450	180	9-00	12-00	5,3	12,6	15,6	20,6	0,74
		600	175	9-00	12-00	5,5	12,75	16,8	22,0	0,78
		2000	160	9-00	12-00	5,82	14,56	20,3	24,3	0,78
2	Кварцитопесчаник**	600	180	8-30	11-30	3,72	10,12	15,59	21,3	0,75
3	Глауконитовый песок	300	155	4-50	8-26	4,2	8,87	9,3	20,5	0,71
		450	150	4-47	9-30	5,7	10,8	12,4	21,6	0,73
		600	144	4-47	10-33	7,3	13,06	13,12	22,1	0,75

Состав КГВ (% по массе): * Г:Ц:Д=70:15:15

*- в сухом состоянии

** Г:Ц:Д=64:12:24

Для обеспечения высоких показателей КГВ применена технология их приготовления, включающая тонкое измельчение кремнеземистой добавки до удельной поверхности 550...600 м²/кг с суперпластификатором и портландцементом с последующим перемешиванием с гипсовым

вяжущим, совмещенным с кратковременным помолом. По этой технологии была получена опытная партия КГВ (с отходами ММС) с маркой по прочности 15–20 МПа. Коэффициенты размягчения разработанных составов $K_p = 0,71 \dots 0,78$.

Сейчас в Белгородской области и в государстве в целом наблюдается рост малоэтажного строительства, т.к. эти проекты имеют инвестиционную привлекательность.

В связи с этим, для стеновых материалов на основе разработанных вяжущих были подобраны составы керамзитобетонов с использованием в качестве заполнителя керамзитового гравия Белгородского завода ЖБК-1. Как показали исследования и опыт изготовления изделий из КГВ роль активной минеральной добавки может выполнять керамзит, особенно его мелкие фракции. Для подтверждения этих соображений была определена способность дробленного керамзита снижать концентрацию СаО. Снижение концентрации СаО до требуемых пределов достигается при соотношении КГВ: дробл. керамз. гравий-1:2.

Составы керамзитобетона и основные показатели его свойств приведены в табл. 3.

Таблица 3

Определение состава керамзитобетона

№	Расход материалов, кг/м ³					В/В	ОК, см	Средняя плотность, кг/м ³		Предел прочности при сжатии, МПа		
	КГВ	Кер.*	Вода	ЦФ (1%)	С-3**			бетонной смеси	бетона в 28 суток	в 28 сут	сух	Класс бетона
на недробленном керамзитовом гравии												
1	375	564	320	3,75	-	0,85	4	1260	1120	5,5	8,3	B5
2	420	544	335	4,20	-	0,80	5	1300	1150	6,4	9,1	B5
3	460	520	345	4,60	-	0,75	6	1330	1180	7,8	9,9	B7,5
4	410	560	310	4,10	-	0,76	6	1270	1170	7,5	9,4	B5
на дробленном керамзитовом гравии												
5	425	550	300	4,25	-	0,71	5	1240	1120	7,5	9,2	B7,5
6	380	550	284	3,8	-	1,75	4,5	1210	1090	6,6	8,7	B5
7	345	565	285	3,45	-	0,83	4	1200	1070	5,6	7,4	B5
8	442	538	294	4,42	-	0,67	3,5	1260	1140	8,4	10,1	B7,5
9	432	548	274	4,32	2,75	0,65	4,5	1260	1100	8,7	10,8	B7,5
10	362	590	265	3,62	2,3	0,75	6	1230	1060	6,9	7,4	B5

Примечание: * фракция 0-20; ** - раствор С-3 40% концентрации, л/м³.

На недробленном керамзитовом гравии получены бетоны класса B5 и B7,5. Для бетона класса B5 (ОК= 4 см) расход КГВ составляет 375 кг/м³. С увеличением прочности бетона расход вяжущего возрастает, составляя для класса B7,5–460 кг/м³.

При использовании дробленного керамзитового гравия для получения указанных выше марок бетона (ОК=3–6 см) расход КГВ находится примерно в тех же пределах (345 и 442 кг/м³) (табл.3, рис.2). К 28-ми

суткам естественного твердения влажность бетона не превышает 10% при его средней плотности 1070–1150 кг/м³. Кроме этого имеется возможность снижения В/Вяз отношения и получения из менее подвижных бетонных смесей легкого бетона класса В10 при расходе КГВ до 450 кг/м³.

Значения ранней прочности тем выше, чем больше содержание гипсового компонента в составах используемых вяжущих. При этом, высокие абсолютные значения ранней прочности керамзитобетона указывают на возможность распалубки изделий уже через 3–4 часа твердения, а возможно даже их частичное или полное загрузку эксплуатационной нагрузкой. Керамзитобетон на портландцементе в возрасте 3 ч реальной прочности не имеет.

Стойкость керамзитобетонов к воздействию увлажнения и в водной среде (способность к гидравлическому твердению) исследовалась в течение 1 года по показателям их прочности на сжатие.

Установлено, что предел прочности бетонов и коэффициенты размягчения со временем несколько повышаются (с 0,67 до 0,72).

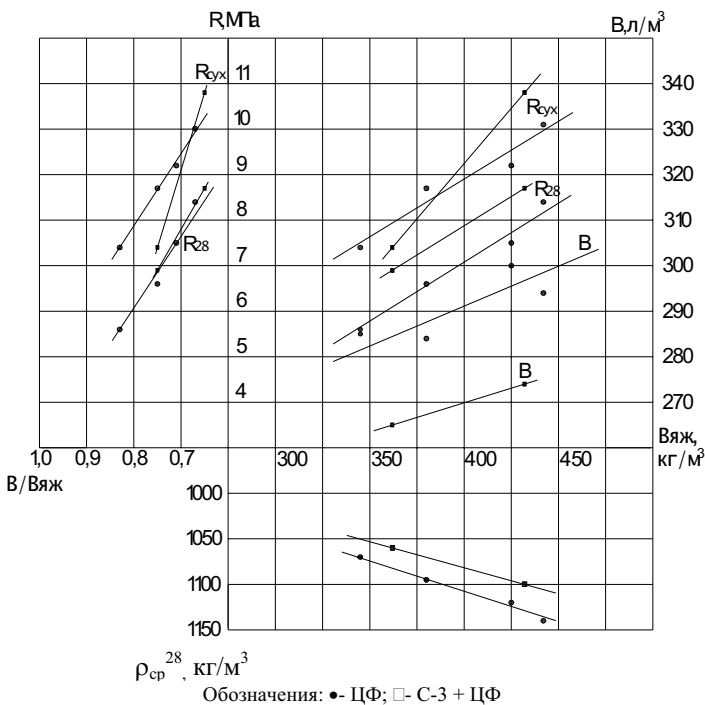


Рис. 2. Зависимость прочности, средней плотности керамзитобетона, а также водосодержания бетонной смеси от расхода КГВ и В/Вяз (на дробленном керамзитовом гравии)

Керамзитобетон классов В5 и В7,5, средней плотностью 1100 кг/м³, рекомендуемый для изготовления наружных стеновых конструкций, был подвергнут испытаниям на морозостойкость в соответствии с ГОСТ 10060.1. Для керамзитобетона класса В5 установлена марка по морозостойкости F25, для бетона класса В7,5–F35. Образцы на чистом гипсовом вяжущем не морозостойки.

В работе определялись прочностные и деформативные характеристики, используемые в расчете конструкций – призмная прочность, модуль упругости и коэффициент Пуассона. Керамзитобетон классов В5 и В7,5 средней плотностью в сухом состоянии 1000 кг/м³ испытан при влажности образцов 3–5 %. В 28-ми суточном возрасте величина модуля упругости составила 4800–6300 МПа, коэффициент Пуассона – 0,20–0,22. Показатели деформаций усадки керамзитобетона в помещении находятся в пределах требований нормативов и составляют до 0,35мм/м, на открытом стенде – практически очень малы (0,11 мм/м).

Апробация результатов экспериментальных исследований в промышленных условиях на предприятиях г. Белгорода (ОАО «Завод ЖБК-1», ООО «Экостройматериалы») подтвердило экономическую целесообразность применения разработанных составов керамзитобетонов на КГВ. Экономический эффект от реализации данного проекта составит около 19 млн. руб. в год.

Литература

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В. Ферронской.-М.: Издательство АСВ, 2004, – С.488., с илл.
2. Коровяков В.Ф. Повышение водостойкости гипсовых вяжущих веществ и расширение областей их применения. «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века», № 3, 2005.
3. Чернышева Н.В., М.Б. Нарышкина Исследование влияния активных минеральных добавок на свойства композиционного гипсового вяжущего, входящего в состав сухих строительных смесей // Материалы 1 международной научно-практической конференции «Проблемы строительного производства и управления недвижимостью».– г. Кемерово, 2010. – С.64-66.

СПЕКТРЫ ЭПР И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКТОВ ОБЖИГА ГИПСА

Хасанов Р.А., Низамутдинов Н.М., Хасанова Н.М., Салимов Р.И., Винокуров В.М., Abdul Razak Al-Soufi,

ФГУП «ЦНИИГеолнеруд», Казань, Казанский федеральный университет, Al-Baath University, Homs, SYRIA

Гипс является широко распространенным природным минералом, продукты обжига которого используются во многих отраслях промышленности: химической, машиностроительной, цементной, текстильной, винодельческой, керамической, а также в медицине и сельском хозяйстве. Гипс является также объектом фундаментального научного исследования, направленного на выяснение особенностей кристаллизации продуктов дегидратации.

Продукты термического обжига гипса («марьино стекло» с Камско-Устьинского рудника Республики Татарстан) методом ЭПР изучались авторами в ряде работ [1,2]. В работе [1] сообщались результаты анализа спектров ЭПР продукта обжига гипса при 150С. Было установлено наличие одного вида локализации атомарного водорода и двух видов ион-радикалов типа SO_3^- ($SO_3^-(I)$ и $SO_3^-(II)$) в продуктах обжига гипса при температуре 150С. В [2] были изучены кривые изменения интенсивности линий спектров ЭПР вышеназванных парамагнитных центров в зависимости от температуры обжига в диапазоне 90 - 700С и от времени после рентгеновского облучения. Было установлено, что в продуктах обжига происходят одновременно процессы рекомбинации зарядов (переход центров из парамагнитного состояния в диамагнитное) и преобразование центров.

Вид спектра ЭПР парамагнитных центров в производных дегидратации гипса зависит от условий регистрации. Для фиксации обзорного спектра ЭПР (рис.1) запись проводилась при развертке сканирующего поля 900 Гс с центром 3260 Гс, амплитуде 10 кГц-модуляции, равной 200 мГц и времени развертки 200 сек. Узкие линии, близко расположенные друг другу, при такой записи сливаются, и регистрируется только их обобщенная форма линий. С целью выявления формы и числа составляющих линий необходимо детальное изучение обзорного спектра; каждая его линия регистрируется при малой развертке магнитного поля, малой амплитуде 10 кГц-модуляции и при отсутствии эффектов насыщения. В работах [1,2] при детальной регистрации линий спектров ЭПР использовалась развертка магнитного поля 45 Гс, а амплитуда модуляции – 15 мГц. Однако такая детальная регистрация при изучении спектра ЭПР атомарного водорода была проведена только после обжига при 150С.

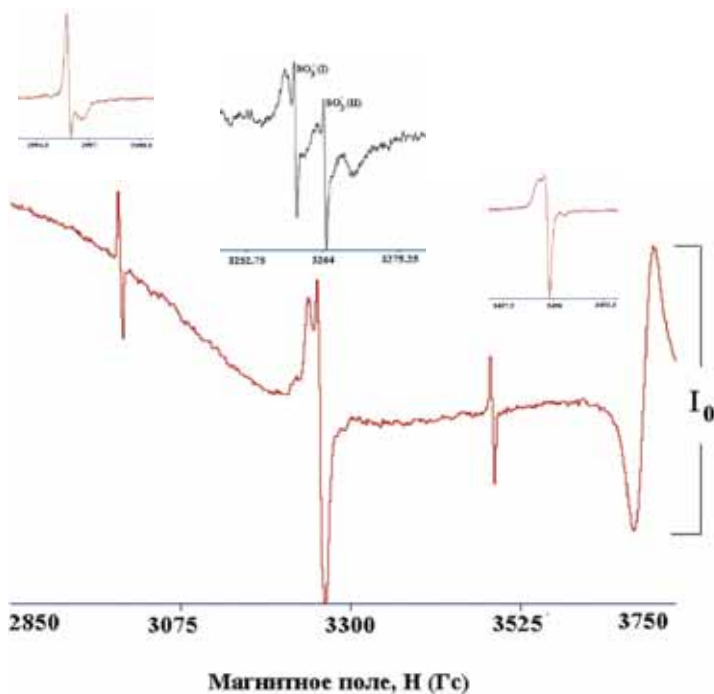


Рис.1. Обзорный спектр ЭПР продукта обжига гипса при 150С и последующего рентгеновского облучения при комнатной температуре. Развертка магнитного поля 900 Гс с центром 3260 Гс, на вставке – 45 Гс для центральной части спектра и 10 Гс для каждой линии водорода. I_0 – линия эталона ($Cr^{3+} : Al_2O_3$).

В процессе последующего исследования обнаружилась необходимость расписывания линий ЭПР атомарного водорода после каждой фиксированной температуры обжига, изменения шага отжига и подбора других условий регистрации.

В настоящей работе представлены результаты изучения спектров ЭПР атомарного водорода и ион-радикалов $SO_3^{\cdot -}$, обнаруженных в дегидратированных продуктах гипса («марьино стекло») в зависимости от температуры изохронного обжига.

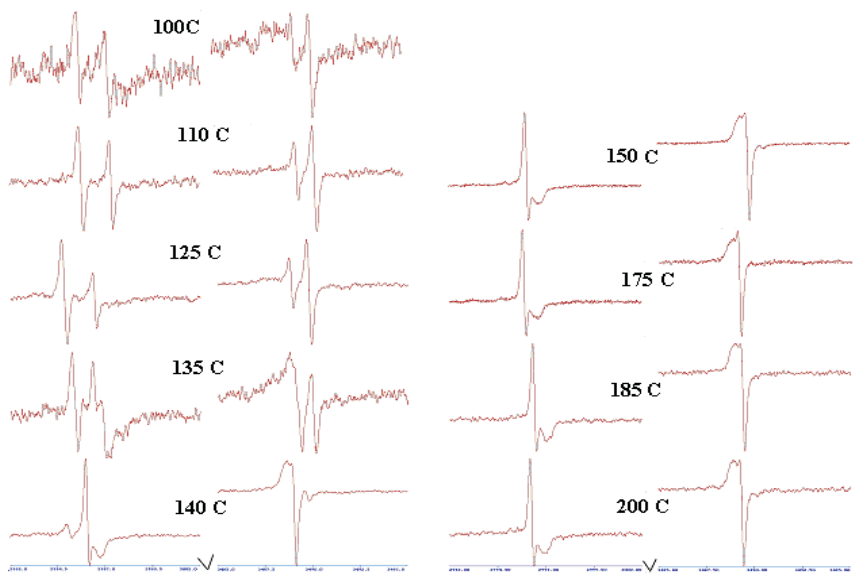
Процедура исследования образцов включала в себя: 1- предварительное размельчение монокристалла гипса до размеров 0,5-1,0 мм; 2- нагрев жарового пространства электропечи СУОЛ (0,15 2/12MP) до необходимой температуры; 3- обжиг измельченного гипса, помещенного в кварцевую ювету, в течение 30 мин; 4 – истирание остывшего образца в агатовой ступке до размеров ~0,05 мм; 5 - рентгеновское облучение пригото-

ленного порошка в течение 1 часа при комнатной температуре; 6 – отбор и взвешивание навески для исследования. Регистрация спектров ЭПР осуществлялась при комнатной температуре на спектрометре 3 см диапазона ПС-100Х (СКБ «Аналитприбор» при Белорусском государственном университете г. Минск). Для получения надежной информации запись каждой линии атомарного водорода проводилась в режиме накопления $n = 9$ при развертке 10 Гс, времени развертки 60 сек, амплитуде модуляции 4 мГс, положение аттенуатора 200. Регистрация спектров ион-радикалов из-за быстрой их рекомбинации выполнялась без накопления при развертке 45 Гс, времени развертки 200 сек, амплитуде модуляции 15 мГс, положение аттенуатора 200.

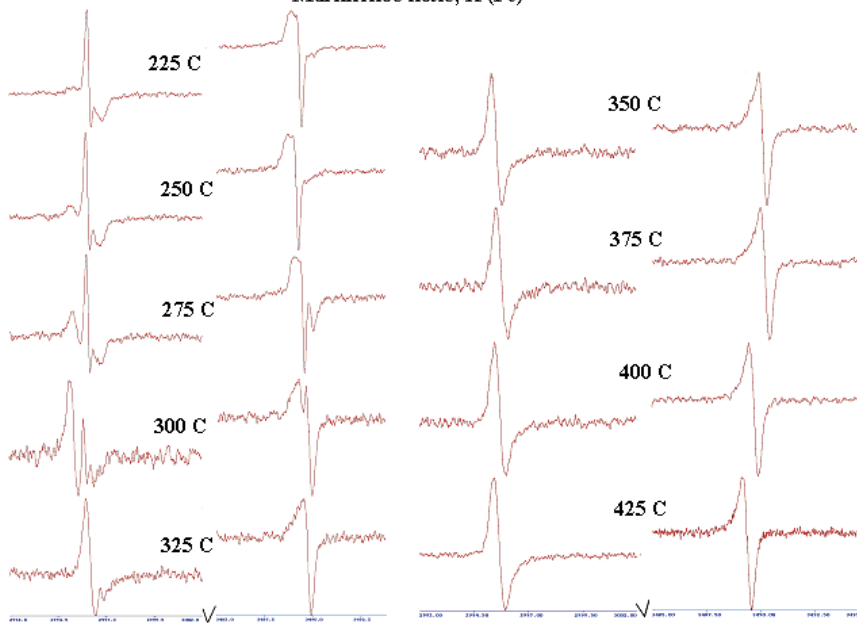
На рис. 1 крайние линии спектра, удаленные друг от друга на расстоянии $\Delta H = 507$ Гс, принадлежат атомарному водороду ($S = \frac{1}{2}$, $I = \frac{1}{2}$). На вставках представлены формы этих линий, указывающие на слабую их анизотропию и на наличие одного вида локализации атомарного водорода в кристаллической структуре производной дегидратации гипса. Центральная линия обзорного спектра представляет собой сумму широких и двух узких линий с шириной $\sim 0,3$ Гс ион-радикалов $SO_3^-(I)$ [3] и $SO_3^-(II)$ [1]. Появление узких линий свидетельствует об образовании γ -ангидрита и бассанита при отжиге 150С. Широкая линия, на фоне которой расположена линия $SO_3^-(I)$ радикала, принадлежит ион-радикалу SO_3^- в структуре исходного гипса [3] и показывает наличие гипсового компонента в исследуемом продукте. Вторая широкая линия, на фоне которой расположена линия радикала $SO_3^-(II)$, образуется в гипсе, сформированном в процессе гидратации бассанита при комнатной температуре.

Уже при 100С обжига надежно наблюдается два различных спектра атомарного водорода (рис.2). Такая картина линий сохраняется до 135С. В интервале температуры отжига от 140С до 200С наблюдается только одна узкая линия, т.е. спектр ЭПР представляет уже один вид атомарного водорода. В интервале 225 - 325С происходит перестройка спектра – слева от сильной узкой линии в слабополевой области спектра появляется широкая линия, которая преобразуется в узкую сильную линию. Одновременно уменьшение правой широкой линии сопровождается возникновением узких в последствии исчезающих линий. При этом происходит существенное уменьшение интенсивности узкой исходной линии.

В области 350-425С спектр ЭПР состоит из двух слегка асимметричных линий. Установлено, что такая картина сохраняется до температуры обжига 700С.



Магнитное поле, Н (Гс)



Магнитное поле, Н (Гс)

Рис.2. Спектры ЭПР атомарного водорода при температуре изохронного обжига в интервале от 100 до 140, от 150 до 200, от 225 до 325 градусов и от 350 до 425 градусов

По изменению числа и формы линий спектра ЭПР атомарного водорода можно сделать вывод, что в интервале 25-425С происходит образование пяти различных продуктов дегидратации гипса: крайними членами, которых являются гипс и ангидрит. Этот вывод подтверждается изменением интенсивности ЭПР ион-радикалов $SO_3^- (I)$ и $SO_3^- (II)$ (рис.3).

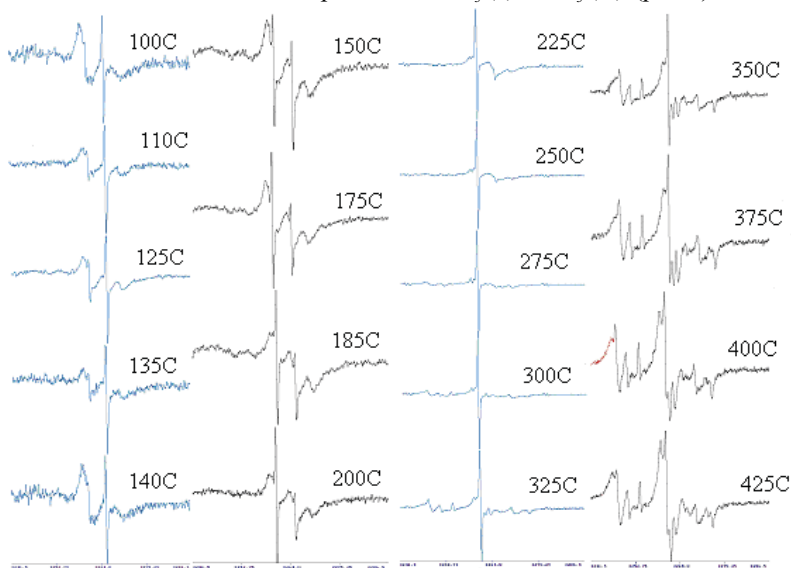


Рис.3. Спектры ЭПР в области радикала (развертка 45 Гс) в зависимости от температуры обжига гипса

На рис. 3 видно, что широкие линии, приписанные нами ион-радикалам типа SO_3^- , образованные в структуре гипса, не регистрируются выше 250С. Это является следствием того, что гипсовый компонент в продуктах обжига отсутствует. Выше 250С надежно регистрируются спектры ЭПР ион-радикалов, характерные для структуры природного ангидрита. Интенсивность линий спектров ЭПР новых парамагнитных центров увеличивается в интервале обжига 275-350С и становится стабильной при температуре обжига выше 375С.

При температурах обжига выше 250С наблюдается существенное уменьшение интенсивности линий спектров ЭПР атомарного водорода. Полное исчезновение спектра ЭПР происходит только при обжиге 700С. Это показывает, что процесс образования стабильного ангидрита сопровождается абсорбцией молекул воды в этом интервале температуры.

Литература

1. Низамутдинов Н.М., Хасанова Н.М., Хасанов Р.А., Царевский С.С., Кадыров Р.И., Винокуров В.М. ЭПР продуктов термического отжига гипса//VII национальная конференция «Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии» РСНЭ-НБИК 2009. 16-21 ноября 2009 года. Тезисы докладов. ИК РАН-РНЦ КИ, Москва, 2009.

2. Хасанов Р.А., Низамутдинов Н.М., Хасанова Н.М., Булка Г.Р., Кадыров Р.И., AbdulRazak Al-Soufi, Винокуров В.М. Получение атомарного водорода в системе структурных нанотрубок производных дегидратации гипса//Материалы X международной научной конференции «НАНОТЕХ» 2009, с.307-312.

3. Хасанов Р.А., Низамутдинов Н.М., Хасанова Н.М., Губайдуллин А.Т., Винокуров В.М. Низкотемпературная дегидратация монокристаллов гипса/Кристаллография. Т.53, №5, 2008, с.853-858.

МОДИФИКАЦИЯ ФОСФОГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Евстигнеев С.А. Сеньков А.Н.

Саратовский государственный технический университет

Использование промышленных отходов в производстве строительных материалов является наиболее перспективным направлением и заключается в расширении сырьевой базы производства за счет использования многотоннажного отхода – фосфогипса, разработке способа получения строительных материалов энергоэффективным способом. Это позволяет предположить возможность создания на основе вяжущего из фосфогипса смешанных систем твердения путем химической активации примесей.

Получение фосфатных цементов (клеев-связок) основано на способности к отверждению и адгезии продуктов взаимодействия фосфорной кислоты или ее солей с различными оксидами и гидроксидами металлов постоянной и переменной валентности, а так же с самими металлами.

Причины твердения данных систем связаны с постоянным переходом коллоидных фаз в кристаллические. Отмечено что оксиды содержащие катионы с высоким значением ионного потенциала (SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 , Al_2O_3 , MnO_2 и др.) образуют фосфатные цементы только при нагреве. Например, алюмофосфатные связки получают следующим образом: молотый гидроксид алюминия смешивают с фосфорной кислотой и нагревают до $60 \dots 80^\circ\text{C}$ около одного часа. В зависимости от степени нейтрализации получают различные виды алюмофосфатов. Алюмофосфатные связки с нейтрализацией менее 30% - прозрачные, вязкие, липкие растворы; связки с нейтрализацией 30...70% - молочно-белые вязкие, клейкие суспензии. Высушенные при нагревании эти продукты представляют собой твердые вещества белого цвета, содержащие по данным рентгенофазового анализа, алюмофосфорную кислоту ($\text{AlH}_3(\text{PO}_4) \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$). Для придания необходимой прочности и водостойкости алюмофосфатные связки необходимо нагревать до температуры 300°C .

Оксиды, содержащие катионы с более низким значением ионного потенциала (Y_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , NiO , CuO и др.) взаимодействуют с фосфорной кислотой в нормальных условиях до полного затвердивания. При дальнейшем понижении значений ионного потенциала катиона образуются быстросхватывающиеся цементы (La_2O_3 , ZnO , CdO , и др.) и в ряде случаев чрезмерные интенсивные реакции получению эффекта твердения (BaO , SrO). Изучение совместимости различных фосфатных систем твердения с гипсовым вяжущим показало, что наиболее приемлемыми характеристиками обладает связка на основе фосфата меди. Так сроки схватывания медьфосфатного цемента при температуре 20°C составляют 30 минут, конечным продуктом твердения является практически водонерастворимый $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$. Поэтому медьфосфатные цементы обнаруживают высокую во-

достоичность после выдержки в воде в течение 28 суток. Следует отметить, что процессы твердения протекают независимо от величины влажности образца.

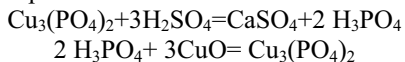
По химическому составу (таблица 1) фосфогипс, можно классифицировать как многокомпонентный продукт, содержащий дигидрат сульфата кальция более 90%. Примеси, например неразложившейся апатит, соли кремнефтористоводородной, фосфатной и серной кислоты определяют его кислотные свойства.

Таблица 1

Химический состав фосфогипса

CaO	SO ₄	P ₂ O ₅	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	F
27,3-31,02	54,15-65,40	0,98-1,19	0,55-0,68	0,35-0,44	0,18-1,7

Предполагалось, что при применении металлосодержащей добавки должны пройти следующие реакции, с образованием фосфатов металлов (CuO, AlO, Zn), например



Введение добавки осуществлялось по отдельной технологии. Соотношение серная кислота/оксид меди выдерживалось в соответствии с данными таблицы 2.

Таблица 2

Состав добавки, в % от массы вяжущего

№ композиции	1	2	3	4
Количество H ₂ SO ₄	3,00	4,00	5,00	6,00
Количество CuO	2,21	2,96	3,70	4,46

Установлено, что применяемая добавка сокращает сроки схватывания и обладает порогом эффективности: начиная с 7% серной кислоты дальнейшее увеличение количество ускорителя на сроках твердения практически не сказывается. Исследование физико-механических характеристик таблица 3 гипсового камня показывает, что наибольший прирост прочности обеспечивается при введение 5% серной кислоты и 3,7% оксида меди.

Таблица 3

Физико-механические характеристики композитов

№ композиции	Образец	1	2	3	4
Плотность г/см ²	1,23	1,24	1,27	1,28	1,27
R _{изг}	4,20	4,36	4,56	4,51	4,21
R _{сж}	6,34	7,75	9,50	8,25	7,17
K _в	0,42	0,48	0,51	0,52	0,49
pH	6,50	5,81	5,75	5,48	5,31

Установлено, что применение комплексной добавки приводит к росту водостойкости гипсового камня и снижению pH водной вытяжки. Рост

прочностных характеристик и водостойкости композиций объясняется образованием фосфатного цемента, чьи водонерастворимые элементы коагулируют поры гипсового камня, препятствуя растворению кристаллизационных контактов.

Исследования методом РСА показали, что наряду с основной фазой гипсового камня ($d=3,008; 4,322; 7,729$) наблюдается присутствие фосфата меди (II) ($d=2,123; 2,182; 2,340$), а также пятиводного сульфата меди ($d=2,406; 3,718; 4,734$) и безводного сульфата меди ($d=1,779; 3,558; 4,185$).

Введение добавок на основе сульфатов магния и железа снижает показатели рН водной втяжки модифицированного гипсового камня. При этом обнаруживается корреляция с данными по изменению прочностных характеристик. Наиболее вероятным объяснением является то, что серная кислота не полностью реагирует с пассивирующими примесями. Косвенным подтверждением этого может служить тот фактор, что показатель рН гипсового камня, модифицированного добавкой серная кислота-оксид меди (II) изменяются в меньшей степени при большем содержании добавки. Не прореагировавшая с примесями серная кислота взаимодействует с оксидом меди с образованием сульфата меди. ДТА показывает, что дегидратация гипсового камня с указанным модификатором происходит при более высоких температурах, чем дегидратация гипсового камня с добавками сульфат металла-серная кислота. Из-за большого количества проявлений свойств вяжущих систем структурно-механические характеристики полученного камня могут изменяться в широких пределах.

ВОДОСТОЙКОЕ ГИПСОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦЕОЛИТОВЫХ ПОРОД

О.И. Матвеева, А.Т. Винокуров, В.Ф.Коровяков, (ОАО «ЯкутПНИИС», г. Якутск), ФГУП «НИИ Мосстрой», г. Москва

В Якутии приступили к освоению богатейшего месторождения цеолитов «Хонгуруу» еще в начале 90-х годов 20-го столетия, однако крупномасштабная добыча природного ископаемого так и не достигнута. В связи с этим в 2003 г. по поручению Президента РС (Я) В.А. Штырова вновь были начаты исследования по разработке технологий производства продукции с использованием цеолитов, в том числе строительных материалов, в первую очередь, вяжущих: портландцемент и водостойкого гипсового вяжущего с добавкой цеолита.

Анализ информационных данных показал, что объемы добычи природных цеолитов в мире составляли в 2006 г. 4,2 млн. т, в т.ч. в России около 100 тыс.тонн. Наиболее крупными странами потребителями цеолитов является Китай, Япония и Корея (табл. 1).

Таблица 1. Добыча натуральных цеолитов в 2005 году по странам /1/

Страна	Китай	Республика Корея	Япония	США	Куба	Венгрия	Турция	Словакия	Новая Зеландия	Болгария	Южная Африка	Австралия	Грузия	Канада	Италия	СНГ	Греция	Эквадор
Производство, тыс.тонн	1500 2000	150	140-160	65,5	37,5	30	30	25	18	15	15	10 12	6	4	4	4	3	2,0 7

Основными потребителями цеолитов в Китае являются цементные заводы для производства пуццолановых цементов. К причинам низкого потребления цементов в России можно отнести:

- малочисленность разработок до уровня технологий, готовых для внедрения;
- недостаточность технико-экономических обоснований использования цеолитов, и, следовательно, не очевидность целесообразности крупномасштабного освоения и применения цеолитов;
- малотоннажность потребления в традиционных областях использования цеолитов: в сельском хозяйстве (кормовые добавки), водоочистке и т.д.

Идентификационным признаком цеолитовых пород является их всплывание при быстром нагреве до термопластического состояния или расплавления. Другой особенностью пород является его структура характеризующаяся сетью каналов на уровне кристаллической решетки, что и обуславливает уникальные свойства цеолитов, а именно:

молекулярно-ситовый эффект, высокую ионообменную способность, высокую сорбционную способность.

Рост объемов строительства, наблюдаемый в последние годы в России, обуславливает увеличение объемов потребления в строительстве гипсового вяжущего, способствует замене портландцемента на гипсовое вяжущее в низкомарочных бетонах, отделочных растворах (штукатурных растворах, самовыравнивающих растворов для полов). Применение бетонов и растворов на гипсовом вяжущем в строительстве зданий и сооружений сдерживается из-за низкой водостойкости гипсовых материалов и изделий. Однако, исследования последних лет, в том числе исследования, проведенные в ОАО «ЯкутПНИИС», указывает на возможность получения водостойкого гипсового вяжущего с широкой областью применения.

Мировой опыт применения гипса показывает, что его потребление растет из года в год: в 2005 г. потребление природного гипса в мире составляет 110 млн.т., в 2007 г. – 120 млн.т.

Крупнейшими потребителями и производителями природного гипса являются страны Северной Америки (38,3 млн.т., 2007), Западной Европы (31,5 млн.т., 2007), Юговосточной Азии (30,4 млн.т., 2007) /2/. Несмотря на то, что половина разведанных запасов гипса (более 6 млрд.т) находятся на территории России (по данным геологов более 180 крупных месторождений), здесь потребляется менее 5,5 млн.т. природного гипса, что в 10 раз ниже объемов выпуска цемента.

К преимуществам гипса относятся низкая себестоимость и энергопотребность при его производстве. По сравнению с цементом на изготовление 1 т. Гипса энергии расходуется в 6 раз ниже, а себестоимость гипсового вяжущего ниже себестоимости портландцемента в 5 раз. Поэтому задача получения водостойкого гипсового вяжущего имеет высокую актуальность и народнохозяйственную значимость.

В ОАО «ЯкутПНИИС» при участии ФГУП «НИИМосстрой» были выполнены теоретические и экспериментальные исследования, свидетельствующие о возможности получения композиционного водостойкого гипсового вяжущего (коэффициент водостойкости 0,74...0,83), состоящего из гипсового вяжущего марки ГЗ...Г4, полученного из природного гипса Олекминского месторождения, цеолитов месторождения «Хонгуруу» (Сунтарский улус, Республика Саха (Якутия), портландцемента производства ОАО ПО «Якутцемент» и химических добавок, выпущена опытно-промышленная партия композиционного водостойкого гипсового вяжущего (КГВ), изготовлены опытные партии изделий из КГВ. Разработаны технологические регламенты производства КГВ и изделий из них, составлен бизнес-план организации производства КГВ в Республике Саха (Якутия).

На первоначальном этапе были проведены исследования цеолитовых пород, оценена их активность. Было показано, что

особенностью цеолитов месторождения «Хонгуруу» является довольно значительное содержание активных компонентов SiO_2 актив, Al_2O_3 и щелочных оксидов, что определяет их гидравлическую активность. Была проведена оценка качества цеолитовых пород и показано ее соответствие всем требованиям ТУ 21-26-11-90, предъявляемым к активным минеральным добавкам.

Экспериментальные исследования композиционных гипсовых вяжущих показали принципиальную возможность получения водостойкого вяжущего марок 150 и 200 со степенью водостойкости «повышенная водостойкость» и «водостойкая».

По результатам экспериментальных исследований были разработаны композиции водостойкого гипсового вяжущего для выпуска опытно-промышленных партий КГВ в производственных условиях с механохимической активацией. Для проведения опытно-производственных испытаний по получению водостойкого гипсового вяжущего был выполнен поиск предприятия с комплектом технологического оборудования, в составе которого содержались помольные, сушильные и смесительные установки.

При участии ФГУП «НИИМосстрой» в качестве опытно-производственной базы было определено предприятие ООО «Эволит-пром» (г. Курское), укомплектованное различным помольным оборудованием:

- шаровая мельница МШР-400, изготовленная ООО «Конкрет-Плюс» (г. Москва);

- стержневая мельница СММ-82, изготовленная в ОАО «ВНИИСТРОМ» им. П.П. Будникова;

- дезинтегратор, позволяющий получать измельченный продукт с удельной поверхностью до $1100 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Для выпуска опытных партий КГВ использовались:

Гипсовое вяжущее марки Г-5 производства ОАО «Гипсобтон» (г. Москва) со следующими характеристиками: - тонкость помола – остаток на сите 02-28 %; удельная поверхность – $510 \text{ м}^2/\text{кг}$; - нормальная густота – 0,57; - начало схватывания – 4,5 мин.; - конец схватывания – 7,0 мин.; - предел прочности при изгибе, через 2 ч-3,4 МПа; - предел прочности при сжатии через 2 ч – 5,5 МПа.

Портландцемент ПЦ400-ДО производства ОАО ПО «Якутцемент» со следующими характеристиками:

- остаток на сите 008 – 11 %; - удельная поверхность – $320 \text{ м}^2/\text{кг}$; - прочность при изгибе (28 сут.) – 6,0 МПа; - то же, при сжатии – 39,8 МПа; - нормальная густота – 0,27.

Цеолитовая порода месторождения «Хонгуруу» немолотая с влажностью до 14 %:

Химические добавки: - суперпластификатор СП1 (С-3) производства ООО «ПОЛИПЛАСТ Новомосковск», соответствующий ТУ 5870-00558042865-05 и суперпластификатор С-3 производства ООО

«Суперпласт» (г. Владимир) по ТУ 5745-001-97474489-2007;- микрокремнезем Новокузнецкого завода ферросплавов (поставщик ООО «Спектр»), отвечающий требованиям ТУ 14-106-709-2004.

Опытно-промышленные партии КГВ изготавливались по трем технологическим схемам:

- одностадийное приготовление КГВ помолом компонентов вяжущего в стержневой мельнице;
- двухстадийное приготовление КГВ, предусматривающее приготовление органо-минерального модификатора (ОММ) в дезинтеграторе (первая стадия) и помол гипсового вяжущего с ОММ в шаровой мельнице (вторая стадия);
- приготовление КГВ в смесителе для производства сухих строительных смесей.

В процессе промышленной апробации были откорректированы и выбраны оптимальные составы вяжущего, режимы производства вяжущего, разработан технологический регламент для производства опытно-промышленной партии вяжущего.

В таблице 2 приведены результаты испытаний опытной партии водостойкого вяжущего

Таблица 2. Физико-механического свойства опытной партии композиционного гипсового вяжущего с добавкой цеолита

№№ п/п	Наименование показателя	Ед.измерения	Величина
1	Удельная поверхность вяжущего по ПСХ	м ² /кг	750
2	Водопотребность при расплаве цилиндра 185 мм		0,34
3	Сроки схватывания Начало конец	мин	41 51
4	Прочность при сжатии через 2 ч после формирования	МПа	7,4
5	То же при изгибе	МПа	1,2
6	Прочность после ТВО (8ч), высушенных до постоянной массы: При сжатии При изгибе	МПа	19,6 3,9
7	Прочность при сжатии водонасыщенных образцов	МПа	15,6
8	Прочность через 7 суток твердения в нормальных условиях: При сжатии При изгибе	МПа	13,4 2,3
9	Прочность через 28 суток твердения в нормальных условиях (при естественной влажности): При сжатии При изгибе	МПа	19,4 3,8

10	Прочность на сжатие образцов 28 суточного хранения, высушенных до постоянной массы водонасыщенных	МПа	21,7 18,0
11	Коэффициент размягчения		0,83
12	Водопоглощение образцов в течение 2 ч	% по массе	5...10,5

Примечание: коэффициент вариации по средней плотности и прочности полученного вяжущего колеблется в пределах 10-12 %, что связано с несовершенным производственным оборудованием.

По результатам опытно-промышленного выпуска выбран основной способ производства КГВ, разработаны технические условия и технологический регламент на производство водостойкого гипсового вяжущего на вяжущем опытно-промышленной партии, разработаны составы керамзитобетона и арболита, изготовлены опытные партии стеновых бетонных камней в производственном цехе ООО «Стройиндустрия» (г. Якутск). Результаты квалификационных испытаний стеновых камней, представленные в табл. 3, указывают на возможность их применения в малоэтажном (до 3 этажей) и каркасном домостроении в климатических условиях Якутии.

Таблица 3. Физикомеханические свойства стеновых камней из легких бетонов на КГВ (по данным квалифицированных испытаний)

№ п/п	Материал камня	Плотность материала в сухом состоянии, кг/м ³	Марка по плотности	Предел прочности камня МПа	Марка камня по прочности	Марка помола
1	Керамзитобетон	1080	Д1000	7,0	М50	F50
2	Арболит	854	Д850	3,19	М25	F50

Организация выпуска водостойкого гипсового вяжущего в Якутии будет способствовать активному развитию жилищного строительства и рациональному использованию портландцемента, что особенно важно при реализации программы социально-экономического развития Республики Саха (Якутия) с наименьшими инвестиционными затратами.

Литература

1. В.А. Лазарев. Цеолиты. Оценка рынка. Merchant Research and consulting, Ltd, 2006/
2. В.Ф. Коровяков. Перспективы производства и применение в строительстве водостойких гипсовых вяжущих и изделий. «Строительные материалы», № 3, 2008, С.65.

ТОНКОМОЛОТЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ SILVERBOND В СОСТАВАХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Пустовгар А.П., Нефёдов С.В., Московский государственный строительный университет

Тонкомолотый наполнитель является одним из важнейших компонентов сухих строительных смесей. Содержание тонкомолотого наполнителя в различных группах ССС может составлять от 5 до 98,% что оказывает существенное влияние на физико-механические и реологические показатели конечного продукта, а также на его себестоимость.

На данный момент рынок тонкомолотых наполнителей для сухих строительных смесей в основном заполнен карбонатными наполнителями, такими как известняковая, мраморная и доломитовая мука в значительно меньшем объёме представлены кварцевые наполнители. При использовании этих наполнителей производитель может столкнуться с рядом проблем. В случае использования карбонатных наполнителей это содержание в них примесей, присутствие в муке оксида железа может повлиять на цвет конечного продукта, а содержание органических примесей на усадку. Кварцевые тонкомолотые наполнители до недавнего времени были представлены только в виде кварцевой муки производимой как не основной продукт, некоторыми песчаными карьерами с использованием устаревшего помольного оборудования. Использование такой кварцевой муки связано с рядом проблем, непостоянство гранулометрического состава, наличие примесей и неконтролируемая влажность, может приводить к ухудшению реологических свойств, нестабильному водопотреблению смесей и как следствие к снижению прочности, росту усадочных деформаций, изменению цвета продукции в процессе применения и эксплуатации.

В сентябре 2009 года компания SIBELCO RUSSIA на производственной площадке Раменского горно-обогатительного комбината запустила линию по производству тонкомолотых наполнителей Silverbond. Тонкомолотые наполнители Silverbond это кварцевая мука, производимая из обогащённого кварцевого песка путем его дробления в шаровой мельнице и последующей классификацией на марки различной дисперсности. Данная технология гарантирует стабильность химического состава и исключает увеличение содержания Fe_2O_3 после помола. Стабильность гранулометрического состава обеспечивается специальным аэро классификатором.

В докладе рассмотрены вопросы применения тонкомолотых наполнителей Silverbond в составах шпатлёвок, затирок, а также в самоуплотняющихся составах для устройства полов на основе гипсового

вяжущего.

Для оценки влияния тонкомолотых наполнителей в составах гипсовых шпатлёвок была выбрана экспериментальная рецептура (таб.1). Стоит отметить, что исследования проводились на рецептуре средней ценовой категории, не высокое содержание химических добавок в такой системе позволяет наиболее ярко увидеть влияние тонкомолотого наполнителя на свойства конечного продукта. Для получения сопоставимых данных в рецептуре заменялся только тонкомолотый наполнитель, все остальные компоненты оставались неизменными.

Наименование компонентов	Содержание, %
1. Гипс Г-5 (Видное)	60
2. Известь гашёная (Экстор)	2
3. Эфир целлюлозы Vermocol CCA 698	0,2
4. Редиспергируемый порошок Elotex ST2400	1
5. Замедлитель Винная кислота T040	0,06
6. Тонкомолотый наполнитель	36,74

Таб.1. Экспериментальная рецептура шпатлёвки на гипсовом вяжущем.

Прочность сцепления с основанием для ТМКН имеет выраженную зависимость от величины дисперсности Silverbond 50>30>15>4 и 3, показатели адгезии для марок Silverbond 20 и 10 несколько выпадают из указанной зависимости, однако так же повторяют тенденцию к снижению адгезии с уменьшением размера частиц. (рис.1)

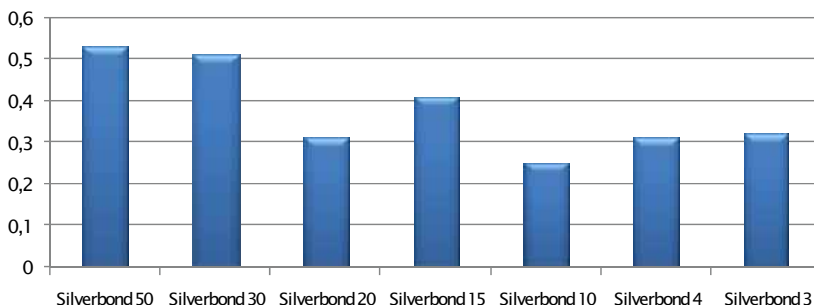


Рис.1. Гипсовые шпатлевки. Прочность сцепления с бетонным основанием, МПа.

Прочность на сжатие и на растяжение при изгибе не имеет ярко выраженной зависимости от дисперсности ТМКН, можно лишь констатировать наличие минимальных прочностных показателей при использовании марок Silverbond 50, применение других тонкомолотых наполнителей дает достаточно ровную картину по прочности на сжатие и при изгибе

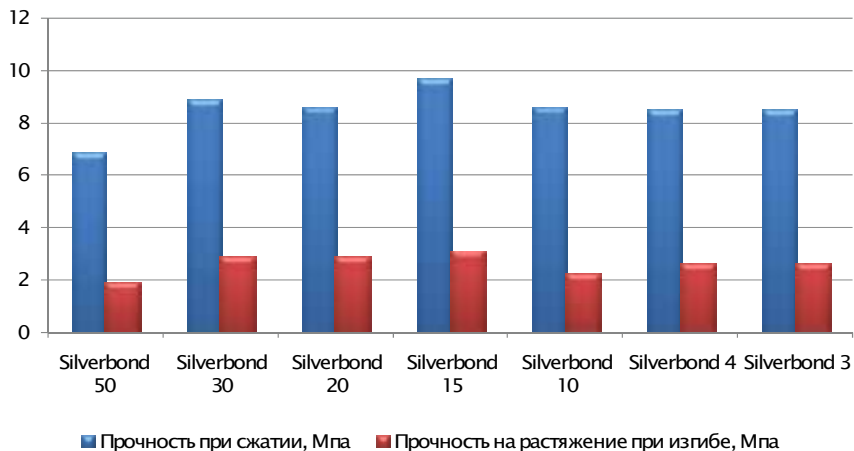


Рис.2. Гипсовые шпатлевки. Прочностные показатели, МПа.

Рекомендации: Вне зависимости от марки тонкомолотого наполнителя максимальная толщина наносимого слоя составляет 20 мм, что свидетельствует об отсутствии усадочных деформаций в составах гипсовых шпатлевок с использованием тонкомолотых наполнителей Silverbond. Наиболее предпочтительным тонкомолотым наполнителем для гипсовых шпатлевок является Silverbond 15. Неплохие результаты были получены при применении Silverbond 20. При использовании данных продуктов, составы обладают хорошей реологией и прочностными характеристиками.

Для оценки влияния тонкомолотых наполнителей в составах гипсовых затирок, была выбрана следующая экспериментальная рецептура. Для получения сопоставимых данных в рецептуре заменялся только тонкомолотый наполнитель, все остальные компоненты оставались неизменными.

Наименование компонентов	Содержание, %
1. Гипс Г-5 (Видное)	50
2. Известь гашёная (Экстор)	2
3. Эфир целлюлозы Methocel 254	0,15
4. Редиспергируемый порошок Elotex ST2400	1
5. Замедлитель Винная кислота T040	0,05
6. Тонкомолотый наполнитель	46,8

Таб.2. Экспериментальная рецептура шпатлёвки на гипсовом вяжущем.

Наибольшая величина адгезии для ТМКН наблюдалась при использовании в составах марок Silverbond 20, 15, 10.

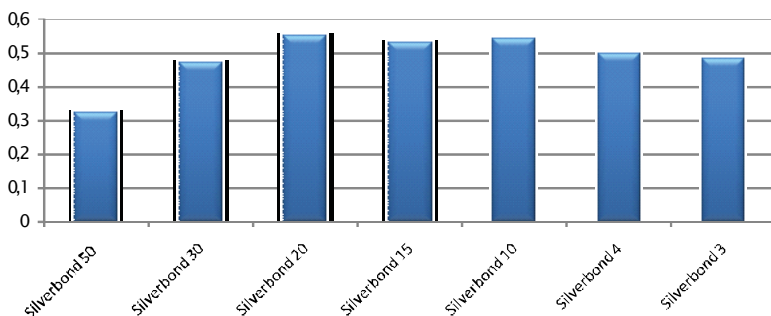


Рис.3. Гипсовые затирки. Прочность сцепления с бетонным основанием, МПа.

Прочность при сжатии находится на достаточном уровне для составов со всеми видами использованных наполнителей. Усадка отсутствует для всех составов.

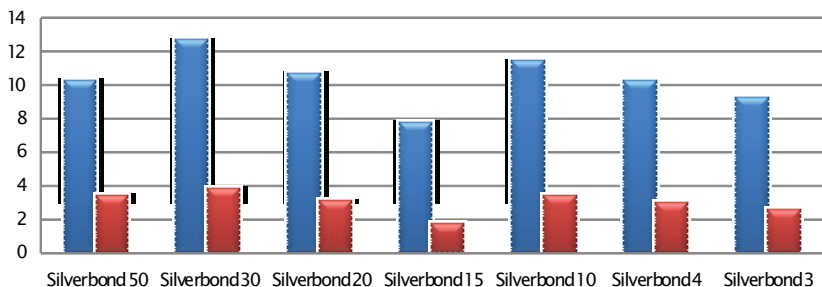


Рис.4. Гипсовые затирки. Прочностные показатели, МПа.

Рекомендации: Наиболее предпочтительными тонкомолотыми наполнителями для гипсовых затирок являются Silverbond 30 и 20.

Для оценки влияния тонкомолотых наполнителей на самоуплотняющиеся составы для полов на основе гипсового вяжущего, была выбрана экспериментальная рецептура (таб.1). Для получения сопоставимых данных в рецептуре заменялся только тонкомолотый наполнитель, все остальные компоненты оставались неизменными.

Наименование компонентов	Содержание, %
1. Гипс Г-5 (Аракчинский)	50
2. Белый портландцемент (Щурово)	5
3. Кварцевый песок марка ПБ-150-1 (РГОК - SIBELCO)	19,47
4. Эфир целлюлозы Vermocol E230X	0,1
5. Редиспергируемый порошок Elotex Flowkit 74	0,7
6. Пеногаситель Delform DKT	0,1
7. Замедлитель "Ретардпрем"	0,1
8. Тонкомолотый наполнитель	24,53

Таб.3. Экспериментальная рецептура пола на гипсовом вяжущем.

Подвижность гипсовых полов 140 мм достигается при использовании всех выбранных для исследования наполнителей. Наилучшие показатели сохраняемости подвижности были достигнуты при использовании в качестве наполнителя Silverbond 3, 15, 10. (рис.5)

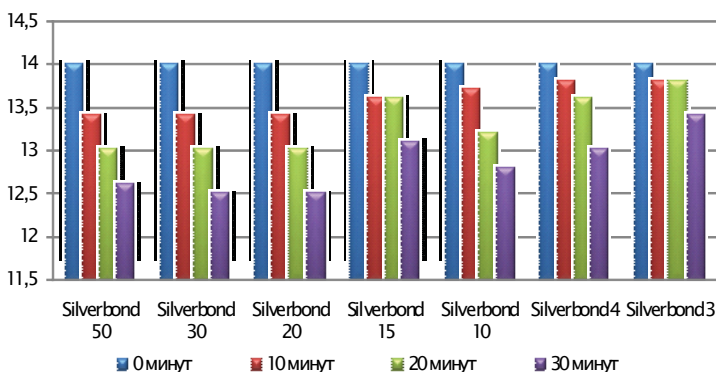


Рис.5 Подвижность гипсовых полов с различными тонкомолотыми наполнителями.

Стоит отметить, что особенно сильное влияние в самоуплотняющихся составах для устройства полов на основе гипсового вяжущего тонкомолотый наполнитель оказывает на водопотребление. Можно наблюдать прямую зависимость снижения водопотребления от увеличения дисперсности наполнителя (рис.6).

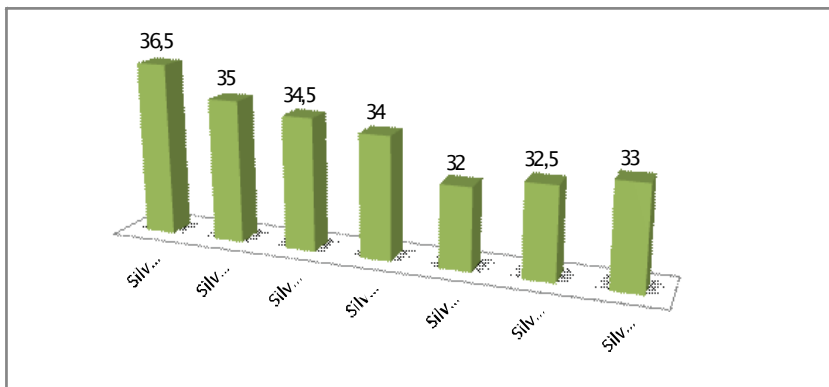


Рис.6 Водопотребление гипсовых полов с различными тонкомолотыми наполнителями.

Снижение водопотребление приводит к повышению прочности в составах с наиболее мелкодисперсными тонкомолотыми наполнителями (рис.7). Прочность сцепления с основанием для составов гипсовых полов с различными видами тонкомолотых наполнителей превышает 1 МПа.

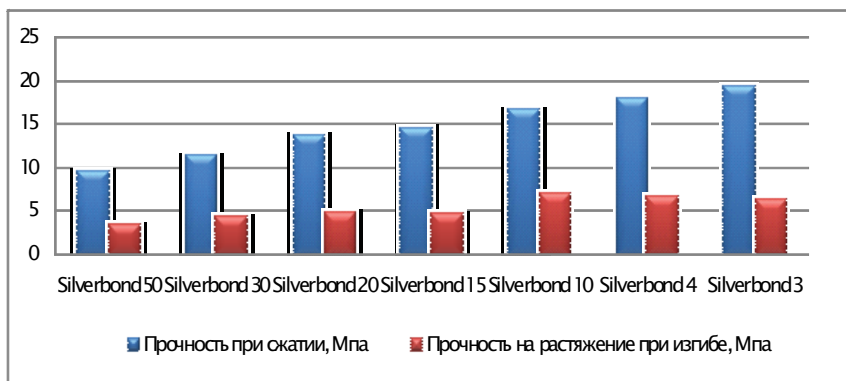


Рис.7 Прочностные показатели гипсовых полов с различными тонкомолотыми наполнителями.

Рекомендации: Поскольку потеря подвижности при использовании в составах всех тонкомолотых наполнителей не превышает 15% за 20 минут, рекомендации по их применению основаны на прочностных характеристиках. Наиболее предпочтительными тонкомолотыми наполнителями для составов гипсовых полов являются наполнители Silverbond 3 и 10. Прочность на сжатие составов, в которых использованы данные наполнители, достигает 20 МПа. Неплохие результаты получены для составов с наполнителем Silverbond 15 и 20. Показатели прочности на сжатие при использовании данных наполнителей достигают 15 МПа. Применение в качестве тонкомолотых наполнителей, Silverbond 30 и 50 в составах гипсовых полов допустимо, но приводит к потере прочностных показателей. Показатели прочности на сжатие для этих составов достигают значения 12 МПа и 9МПа, соответственно.

	Silverbond 50	Silverbond 30	Silverbond 20	Silverbond 15	Silverbond 10	Silverbond 4	Silverbond 3
Гипсовая шпатлёвка							
Гипсовая затирка							
Гипсовые полы							

Таб. 4. Рекомендуемые марки. Сводная таблица.

Основные выводы и рекомендации.

Данное исследование проводилось на рецептурах сухих строительных смесях средней ценовой категории, это связано с несколькими причинами, основной из которых является низкое содержание модифицирующих добавок в данном сегменте ССС. В данных обстоятельствах влияние тонкомолотых наполнителей проявилось наиболее ярко. Полученные результаты сведены в таблицу (таблица №4). Хотелось бы отметить, что к данным результатам стоит подходить как к базовым и воспринимать рекомендованную марку как отправную точку, ведь при создании более дорогих продуктов, или смесей специального применения, технологам стоит попробовать разные марки Silverbond, в некоторых случаях наилучшего результата можно добиться при сочетании нескольких марок. Если производитель, из-за особенностей производственной линии не имеет возможности иметь широкую номенклатуру тонкомолотых наполнителей, то выбрав Silverbond 20, он получит универсальный инструмент, который позволит достигать хороших физико-механических и реологических показателей, во всех выпускаемых видах сухих строительных смесей.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИПСОВЫХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВЯЖУЩИХ – ВЕРНЫЙ ПУТЬ УСКОРЕНИЯ ТЕМПОВ СТРОИТЕЛЬСТВА МАССОВОГО ЖИЛЬЯ И СНИЖЕНИЯ ЕГО СТОИМОСТИ

Коровяков В.Ф., ГУП НИИМосстрой.

Обеспечение рядовых граждан России дешевым комфортабельным жильем и в, как можно, короткие сроки – основная задача региональных властей и строителей на ближайшую перспективу. Для решения этой проблемы нужно разработать проекты энергоэффективных жилых зданий, простых и дешевых в эксплуатации, организовать производство долговечных недорогих материалов. Здания могут быть многоквартирными 3 – 5 этажными и многоквартирными до 2 –3 этажей.

В настоящее время для их строительства применяют самые различные традиционные строительные материалы: дерево, штучные стеновые материалы (кирпич, блоки из ячеистого бетона, стеновые бетонные камни и др.), реже – индустриальные изделия (панели, крупные блоки) и монолитный бетон.

Материалы для жилищного строительства должны обладать требуемыми конструктивными и эксплуатационными характеристиками. Большое значение имеют и теплофизические свойства (теплопроводность, паропроницаемость и др.). Этим требованиям в полной мере отвечают гипсовые материалы. Применение их позволяет не только снизить дефицит в стеновых материалах, но во многих случаях заменить энергоемкие цементные бетоны без какого-либо ухудшения эксплуатационных свойств, но и значительно (не менее, чем в 2 раза) сократить сроки возведения зданий.

Эффективность гипсовых материалов обусловлена, прежде всего, простотой и экономичностью производства гипсовых вяжущих. К примеру, на производство 1 т этого вяжущего требуется соответственно в 4 - 5 раз меньше топлива и электроэнергии, чем на производство тонны поргландцемента. Сырье для производства гипсовых вяжущих достаточно широко распространено – это и природный гипсовый камень и гипсосодержащие отходы.

Гипсовые материалы и изделия относятся к прогрессивным строительным материалам, благодаря простоте, экономичности и малой энергоемкости производства гипсовых вяжущих. Страна располагает достаточными запасами природного гипсового сырья и огромными количествами гипсосодержащих отходов.

Изделия из гипсовых вяжущих отличаются легкостью, достаточной прочностью, относительно низкими тепло- и звукопроводностью. Они легко и быстро отливаются любой архитектурной формы, могут приобретать любой цвет. Кроме того, гипсовые материалы огнестойки, способствуют

поддержанию комфортного микроклимата в помещениях благодаря хорошим показателям по паро- и воздухопроницаемости, способности поглощать лишнюю влагу из воздуха и отдавать ее при снижении влажности.

Основные направления использования гипсовых материалов и изделий в строительстве

Отечественный и зарубежный опыт применения гипсовых материалов в строительстве и результаты научно-исследовательских разработок в этой области позволяют выделить следующие эффективные и перспективные направления использования их в строительстве (табл.1).

Таблица 1. Перспективные направления использования гипсовых материалов

На основе неводостойких гипсовых вяжущих	Состояние применения	На основе модифицированных водостойких гипсовых вяжущих	Состояние применения
Изделия для внутренних перегородок (плиты, панели) в помещениях с относительной влажностью воздуха до 60 %	±	Растворы и смеси для устройства стяжек и оснований пола, в том числе и в виде сухих смесей	±
Гипсокартонные листы, гипсоволокнистые плиты для устройства перегородок, подвесных потолков и отделки помещений с относительной влажностью до 75 %	+	Монолитное строительство малоэтажных зданий, в том числе и при зимнем бетонировании из легких, в том числе ячеистых, бетонных и растворных смесей	-
Шпаклевки, клеи, отделочные и штукатурные растворы, в том числе в виде сухих строительных смесей, для внутренней отделки помещений	±	Санитарно-технические кабины и вентиляционные блоки	+
Фосфогипс и вяжущие из него в дорожном строительстве для оснований автомобильных дорог и в качестве доба-	-	Стеновые материалы (кирпич, камни, блоки, панели) из различных бетонов	±

вок в асфальтобетонные смеси			
Теплоизоляционный пено- или газогипс в виде плит, скорлуп, блоков, камней, заливочных масс	-	Элементы несущих конструкций малоэтажных зданий из тяжелого и мелкозернистого бетонов	-
Производство водостойких гипсовых вяжущих	±	Шпаклевки, клеи, отделочные и штукатурные растворы, в том числе в виде сухих строительных смесей для внутренней и наружной отделки помещений	±
Производство декоративных плит для внутренней облицовки стен и устройства подвесных потолков на основе гипсового вяжущего, модифицированного полимерными добавками	±	Торкрет смеси для монолитного возведения энергоэкономичных конструкций системы "ГИТОР"	±

Примечание: "±" - применение недостаточное; "-" – практически не применяется; "+" – применяется.

Как видно из приведенных данных, области применения гипсовых вяжущих в строительстве обширны. Фактическое же использование их далеко от их потенциальных возможностей.

Долгое время широкое применение гипсовых материалов в строительстве сдерживалось отсутствием комплектной поставки на объекты всех необходимых элементов конструкций, низким уровнем применяемого инструмента и оборудования, недостаточной квалификацией рабочих-строителей. В настоящее время эти отрицательные факторы практически устранены и традиционные гипсовые материалы и изделия (гипсокартонные и гипсоволокнистые листы, перегородочные плиты и панели, шпаклевки, штукатурные составы) достаточно широко применяются в отечественном строительстве, в основном, внутри помещений с относительной влажностью воздуха не более 70 %.

Это обусловлено рядом отрицательных свойств как гипсовых вяжущих, так и изделий на их основе. Так вяжущие на основе β -полугидрата сульфата кальция (строительный гипс) обладают высокой водопотребностью (50...70 %), низкой водостойкостью, а изделия из них характеризуются значительной ползучестью при увлажнении, ограниченной прочностью, малой морозостойкостью, необходимостью длительной сушки изделий при их производстве и др.

Недостаточное применение материалов из неводостойких гипсовых вяжущих даже в условиях, в которых они могли бы успешно применяться, связаны как с названными недостатками, так и вытекающей из этого боязнью потребителей.

Причины недостаточной водостойкости гипсовых вяжущих веществ

Причина недостаточной водостойкости ГВ, по которой в основном сдерживается широкое использование его в строительстве, объясняется исследователями по-разному [1 -7].

По мнению П.П. Будникова и др., основная причина низкой водостойкости гипсовых изделий — относительно высокая растворимость гипса, составляющая 2,04 г/л CaSO_4 при 20°C. При увлажнении в порах изделий за счет растворения кристаллов двугидрата образуется насыщенный раствор сульфата кальция, вследствие чего связь между кристаллами ослабевает, и прочность изделия снижается. П.А. Ребиндер и некоторые другие ученые полагают, что причиной снижения прочности затвердевшего ГВ при увлажнении является адсорбция влаги внутренними поверхностями микрощелей и возникающее при этом расклинивающее действие водных пленок, в результате которого отдельные микроэлементы кристаллической структуры разъединяются. При этом адсорбционный эффект усугубляется пористостью гипсовых материалов. Можно полагать, что низкая водостойкость гипсовых изделий объясняется одновременным воздействием этих основных факторов.

Обобщая выше сказанное, можно заключить, что низкая водостойкость ГВ обусловлена высокой растворимостью двугидрата сульфата кальция, его высокой проницаемостью и расклинивающим действием молекул воды при проникании в межкристаллические полости. Структура затвердевшего гипса характеризуется высокой сообщающейся пористостью с размером пор в пределах 1,5...3 мкм, удлинненными кристаллами двугидрата сульфата кальция, которые имеют между собой точечные соединения, имеющие тенденцию к разрыву при небольших напряжениях. Кроме того, двугидрат сульфата характеризуется достаточно большим объемом межплоскостных (межкристаллических) пространств (полостей), в которые проникает вода, ослабляя связи и вымывая гипс. Все это и приводит к значительному снижению прочности и размыванию гипсовых отливок под действием воды.

Пути повышения водостойкости гипсовых вяжущих

Анализ работ по повышению водостойкости гипсовых вяжущих позволяет определить следующие тенденции в исследованиях по улучшению технических свойств гипсовых вяжущих:

- повышение плотности изделий за счет их изготовления методом трамбования и прессования из малопластичных смесей;

- повышение водостойкости гипсовых изделий наружной и объемной гидрофобизацией, пропиткой изделий веществами, препятствующими проникновению в них влаги;

- применение химических добавок, в том числе пластифицирующих, позволяющих модифицировать различные свойства гипсобетонов;

- уменьшение растворимости в воде сульфата кальция и создание условий образования нерастворимых соединений, защищающих двугидрат сульфата кальция, сочетанием ГВ с гидравлическими компонентами (известью, портландцементом, активными минеральными добавками).

В настоящее время доказано, что одним из основных путей повышения водостойкости гипсовых вяжущих является введение в него веществ, вступающих с ним в химическое взаимодействие с образованием водостойких и твердеющих в воде продуктов.

Длительными исследованиями и практика применения показали, что наиболее долговечной является композиция, состоящая из гипсового вяжущего (полугидрата сульфата кальция), портландцемента и надлежащего количества активных минеральных добавок, которая называется - гипсоцементно-пуццолановые вяжущие (ГЦПВ).

Комплексные исследования по повышению эффективности гипсоцементных композиций позволили получить ВГВ нового поколения - гидравлические композиционные гипсовые вяжущие низкой водопотребности (КГВ) и бетоны на их основе [9 - 12 и др.].

Технология их производства основана на достижениях в области механо-химической активации материалов с учетом особенностей твердения гипсоцементно-кремнеземистых вяжущих, позволяющих получать качественно новый уровень свойств материалов, ранее не достигаемый.

Новые вяжущие представляют собой гомогенную активированную смесь любого гипсового вяжущего с гидравлическим компонентом, предварительно получаемым совместной механохимической активацией портландцемента, кремнеземистой добавки и суперпластификатора. Этот гидравлический компонент является органо-минеральным модификатором (ОММ) гипсовых вяжущих и может быть приготовлен заранее и использован по мере необходимости [10]. Применение механохимической активации при получении ОММ содействует повышению скорости и степени гидратации портландцемента при твердении КГВ и увеличению активности кремнеземистых компонентов, повышению реакционной способности трехкальциевого алюмината и других минералов, что способствует образованию этtringита в начальный период твердения. В дальнейшем исчезают условия образования этtringита ввиду израсходования алюминатных составляющих клинкера и резкого понижения концентрации гидроксида кальция за счет его связывания активированным кремнеземом. Это способствует образованию нового типа структуры, обеспечивающей высокие по-

казатели свойств разработанных вяжущих, повышение прочности и долговечности.

Производство ОММ включает следующие переделы: дозирование и совместный помол портландцемента, кремнеземистой добавки и пластификатора и других добавок при необходимости. Готовый модификатор вводится либо в смеситель при приготовлении формовочной массы, либо смешивается с гипсовым вяжущим с получением модифицированного гипсового вяжущего. Смешивание гипсового вяжущего с ОММ осуществляется с дополнительным помолом или без него. Производство может быть организовано на гипсовых заводах, в цехах по производству сухих строительных смесей или на специально выделенных участках при реконструкции предприятий, в том числе, на заводах сборного железобетона.

Вяжущие, получаемые по данной технологии, и бетоны на их основе характеризуются новым уровнем технологических и технических свойств по сравнению с ранее известными водостойкими гипсовыми вяжущими и бетонами и отличаются улучшенными эксплуатационными свойствами - водопотребность от 0,22 до 0,32, прочность при сжатии после 28 сут. твердения во влажных условиях от 15 до 55 МПа, коэффициент размягчения от 0,74 до 0,88

На основе КГВ получены различные бетоны: тяжелые - классов В7,5...В35, мелкозернистые, в том числе золобетон, - В5...В35 (в зависимости от состава и способа уплотнения), легкие на пористых заполнителях В2,5...В10 при средней плотности от 700 до 1300 кг/м³, опилкобетон - В2...В5 при средней плотности 600...900 кг/м³, пенобетон - В0,5...В3,5 при средней плотности 400...800 кг/м³.

Всесторонние исследования свойств и технологии водостойких гипсовых вяжущих и бетонов из них, включая эксплуатационные характеристики, выполнены в МГСУ и НИИМосстрое (Ферронская А.В., Коровяков В.Ф., Чумаков Л.Д. и др.) Эти исследования показали, что такие бетоны по своим свойствам несколько не уступают аналогичным бетонам на портландцементе, а по скорости твердения превосходят в несколько раз.

Практикой строительства доказано, что из монолитного бетона на основе ВГВ можно возводить стены, перегородки, перемычки, перекрытия, включая сборно-монолитные, выполнять различные архитектурные детали. При наличии качественной опалубки и смесителя возведение двухэтажного жилого дома на одну семью возможно всего за 3...5 дней, после чего производится внутренняя и наружная отделка смесями на основе быстротвердеющих гипсовых смесей. Применение ВГВ низкой водопотребности позволяет изготавливать стеновые изделия литьевым способом непосредственно на стройплощадке и выполнять из них кладку стен уже через 20...30 мин после формования.

Для повышения тепло- и звукоизоляции ограждающих конструкций могут применяться изделия из ячеистого бетона на ВГВ с плотностью 400...900 кг/м³.

Изготовление стеновых камней и блоков в зависимости от условий эксплуатации можно производить из различных бетонов (тяжелого, легкого на пористых заполнителях, арболита, опилкобетона, ячеистого и т.д.) на основе водостойких или неводостойких гипсовых вяжущих. Причем эти бетоны обладают требуемой морозостойкостью.

Для изготовления стеновых камней и блоков применяют различное оборудование и бортоснастку. Бетоны на ВГВ низкой водопотребности предпочтительны для литьевой технологии формования изделий. В этом случае формы могут быть изготовлены из любого материала – дерева, фанеры, металла, пластика. Основное условие – исключить прилипание формовочной массы к поверхности форм. Можно применять формовочные станки, работающие на принципе вибропрессования. Во всех случаях не требуется тепловая обработка изделий.

Производство и применение изделий из бетонов на основе КГВ, при сохранении положительных свойств гипсовых вяжущих, характеризуются рядом преимуществ перед изделиями из бетонов на других вяжущих, в том числе и на портландцементе, а, именно:

- *изготовление изделий осуществляется без тепловой обработки;*
- *увеличивается оборачиваемость формовочного оборудования (бортоснастки, опалубки, форм) в несколько раз, т.к. уже через 15...20 мин может осуществляться распалубка;*
- *не требуется искусственная сушка изделий;*
- *снижается себестоимость за счет использования местного сырья и техногенных отходов с одновременным решением экологических проблем.*

Литература

1. Ребиндер П.А. Физико-химические основы водопроницаемости строительных материалов. – М., Госстройиздат, 1953. -184 с.
2. Будников П.П. Гипс, его исследование и применение. – М.: Стройиздат, 1951. – 418 с.
3. Волженский А.В., Ферронская А.В. Гипсовые вяжущие и изделия. - М.: Стройиздат, 1974.- 328 с.
4. Ферронская А.В. Долговечность гипсовых материалов, изделий и конструкций. - М.: Стройиздат, 1984, -286 с.

5. Логгинов Г.И., Элинзон М.П. О природе ползучести гипса. //Материалы и конструкции в современной архитектуре, 1948, № 2.- с.18-19.
6. Sattler H. Beitrag zur Klärung des Festigkeits- und Verformungsverhaltens abgebundener Stuckgipsmassen bei einachsiger Druckbelastung. Dresden, Techn. Univ., 1970, (Diss).
7. Матвеев М.А., Ткаченко К.М. Водоустойчивость гипсовых стройизделий и ее повышение. М.: Промстройиздат, 1951. - 94 с.
8. Коровяков В.Ф., Ферронская А.В., Чумаков Л.Д., Иванов С.В. Быстротвердеющие композиционные гипсовые вяжущие, бетоны и изделия. //Бетон и железобетон.-1991.- № 11.- С. 17-18.
9. Баженов Ю.М., Коровяков В.Ф. Универсальные органоминеральные модификаторы гипсовых вяжущих веществ. /Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 1999, № 7-8, с. 18-19.
10. Патент РФ на изобретение № 2381191. Органо-минеральный модификатор гипсовых вяжущих, строительных растворов, бетонов и изделий на их основе. Бюл. №4, 2010.
11. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф., Мельниченко С.В., Чумаков Л.Д. Водостойкие гипсовые вяжущие низкой водопотребности для зимнего бетонирования. / Строительные материалы, 1992, № 5, с.15-17.
12. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф. Бетоны на многокомпонентных гипсовых вяжущих. - //В сб. Материалы 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона.- Москва, Стройиздат, 2001.с.333-336.

ЦЕЛИ И УСЛОВИЯ ВНЕДРЕНИЯ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИПСОБЕТОНОВ

Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю., Лосева Г.П.,
СТИ НИТУ МИСиС (г. Старый Оскол)

Посвящается памяти А.В. Ферронской

Официальная ориентация в Национальной программе доступного и комфортного жилья на малоэтажное строительство является победой не только здравого смысла, но и назревшей объективной необходимостью создать достойную архитектурно-строительную среду для граждан России.

Планируется до 80% жилья строить малоэтажным. А это десятки миллионов квадратных метров общей площади жилья. Социально-экономические, политические, демографические, градостроительные и другие позитивные последствия - очевидны. Но ответ на вопрос: «из чего строить?» - не так очевиден, как может показаться на первый взгляд.

Существующие строительные системы (СС) многоэтажного жилья, основанные на применении «тяжелых», энергозатратных материалов, изделий и технологий, тяжелой подъемной техники малопригодны для малоэтажного строительства по критериям экологичности, энергоэффективности, экономичности (принцип 3-Э). Это касается конструкций стен, перекрытий, покрытий и других элементов зданий. Данное утверждение связано с тем, что в малоэтажном жилищном строительстве плотность материалов (материалоемкость) несущих и ограждающих конструкций остова (стен, перекрытий, крыши) может быть в среднем значительно ниже $1\text{т}/\text{м}^3$, что ведет к снижению трудозатрат в 2-3 раза по всей технологической цепочке, и что практически неосуществимо в многоэтажном строительстве. При этом обеспечиваются все нормативные и расчетные требования к конструкциям остова дома (прочности, жесткости, строительной физики и др.). В малоэтажном строительстве широкое применение, к примеру, тяжелого железобетона, каменных и иных материалоемких конструкций возможно полностью исключить на этапах выше нулевого цикла. Для этого необходимо использовать СС с более «легкими» экологичными, энергоэффективными, экономичными конструкциями стен, перекрытий и других элементов зданий. Такие инновационные СС разработаны и активно внедряются. К ним можно отнести СС типа: Экопан, Сталдом, Радослав, Изодом, дома из газосиликата, дерева и др. Однако их общая доля на строительном рынке

пока незначительна (не больше 10%) из-за слабости инновационной индустриальной базы. Общим недостатком указанных СС является невысокая капитальность конструкций остова здания (ниже III-го класса). Имеются различные отклонения от принципа 3-Э. На рынке жилья эти СС пока не вызывают доверия у консервативного потребителя, даже при их относительно невысокой себестоимости по отношению к каменному остову.

Эти недостатки устранены в разработанной СС «Экодом» с конструктивным остовом стен, перекрытий, покрытий, крыши, перегородок на основе применения композиционных гипсобетонов. Остов зданий полностью удовлетворяет требованиям идеологии 3-Э и технологии строительства, имеет второй либо третий класс капитальности конструкций малоэтажных жилых домов в гипсомонолитном исполнении конструктивных решений /1/.

Стены, перекрытия, покрытия остова дома представляют сборно-монолитные конструкции с несъемной опалубкой из листов ГВЛВ и каркасом из термопрофилей, с наполнением из легких композиционных гипсобетонов, что является альтернативой конструкциям на цементном вяжущем. Высокая механоооруженность труда рабочих (а в перспективе и автоматизация) создает условия для высокой производительности труда строителей. Здания строятся без применения тяжелых монтажных механизмов. При приоритете внедрения технологии на основе "сухих" смесей, обеспечится высокая скорость возведения зданий, с учетом быстросхватывающихся свойств гипсовых вяжущих /2/.

Подтверждением тому является 4-х летнее наблюдение и испытания конструкций промышленного образца остова индивидуального жилого дома, построенного на основе СС «Экодом» в г. Старый Оскол (2006-2010 гг.). Общий вид дома представлен на рис. 1. (2008 г.).



Рис. 1

Опыт строительства, наблюдения и эксплуатации конструкций остова жилого дома полностью подтвердил расчетные и ожидаемые технико-экономические, прочностные, теплотехнические и др. показатели.

Некоторые технико-экономические показатели построенного дома:

- Строительный объем - 1400м^3 ;
- Общая площадь - 220м^2 ;
- Жилая площадь - 118м^2 ;
- Площадь застройки - 230м^2 .

Себестоимость остова (фундаменты, стены, перекрытия) - 7000 руб/м² (на конец 2008 г.).

Приведенные показатели расхода основных строительных материалов на 1 м² общей площади дома.

- Водостойкое гипсовое вяжущее - 105 кг;
- Гипсоволокнистый лист 2.85 м^2 ;
- Термопрофили - 13.6 кг;
- Легкий наполнитель - 0.275 м^3 .

Трудоемкость строительства остова (фундаменты, стены, перекрытия) с использованием средств механизации труда (бетономеситель, бетононасос, шуруповерты, электропилы и др.) и с учетом бесперебойного материально-технического обеспечения составляет около 0.82 чел/дней на 1 м² общей площади.

Натурные испытания гипсокерамзитобетонных плоских и арочных перекрытий с жесткой арматурой из термопрофилей, с загрузением на нормативные и расчетные нагрузки (более 5 кПА с собственным весом) показали высокие жесткостные, трещиностойкие, прочностные свойства конструкций.

Оценка сопротивления теплопередачи наружных гипсобетонных стен толщиной 320мм, выполненная в феврале 2010г., составила 3.25 м² °С/Вт, что соответствует нормативным требованиям энергоэффективности стен для региона строительства. На рис.2 показана схема испытаний с помощью прибора ИТП-МГ4.03-100.

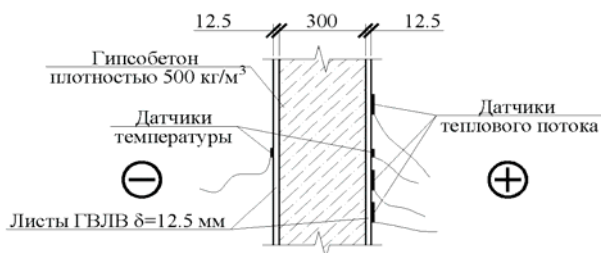


Рис. 2

В строительной лаборатории определялись «кубиковая» прочность, коэффициенты теплопроводности гипсобетонов различных составов для контроля качества материалов (до 10 составов). Выполнялся косвенный контроль паро-воздухопроницаемости, теплоустойчивости наружных стен, температурно-влажностный режим помещений в отопительный осенне-зимний период. Полученные показатели и наблюдения соответствуют расчетным, проектным данным.

Наружная и внутренняя отделка поверхностей стен, перекрытий, перегородок выполнялась с применением специальных материалов повышающих трещиностойкость стыков несъемной опалубки, с

повышением её атмосферо- и биостойкости. Отделка осуществлялась в целом при незначительных по объему гипсоштукатурных и шпаклевочных работах. Применялись специальные материалы различных зарубежных и отечественных фирм, в том числе эластичные штукатурки, шпаклевки, краски.

Приобретенный опыт строительства и отделки имеет уникальное значение, содержит элементы ноу-хау как по материалам, так и по технологиям строительства и отделки.

Следует отметить важное преимущество конструкции, которое заключается в том, что отделочные работы возможно выполнять при полностью закрытых наружных проемах палубой из гипсоволокна (Рис.1). Создаются значительные удобства отделки в условиях непогоды, сильного ветра (особенно в осенне-зимний период) и имеющих также антивандальное назначение. С внутренней стороны перед отделкой проемы в стенах могут быть вскрыты и в них смонтированы наружные окна и двери. Наружные проемы вскрываются перед финишной отделкой наружных стен. (см. Рис.3).

В целом, выполненные инициативные исследовательские, опытно-конструкторские, технологические, патентные работы, натурные испытания промышленного образца жилого дома позволяют сделать вывод о создании инновационной индустриальной СС «Экодом» и возможности рекомендации её широкого внедрения в массовое строительство индивидуального и блокированного жилья. Дома будут востребованы на рынке из-за низкой энергозатратности, материалоемкости, себестоимости, высокой экологичности конструкций остова как при строительстве, так и при эксплуатации жилых домов. Тем самым заложен высокий позитивный потенциал конкурентоспособности. Даже в условиях освоения лишь нескольких процентов от существующего российского рынка строительства малоэтажного жилья общая площадь застройки составит миллионы квадратных метров.



Рис. 3

Однако существующий потенциал достигается только наличием в регионах индустриальной базы внедрения СС «Экодом», т.к. имеющаяся на сегодня индустриальная база ориентированна на другие строительные системы и малопригодна для широкого внедрения. В первую очередь фактически отсутствует выпуск водостойких гипсовых вяжущих и смесей, эффективных гидрофобных заполнителей, водостойких ГВЛ, требуемой номенклатуры термопрофилей, эластичных шпаклевок, красок и некоторых других материалов. Требуется развитие современных средств механизации производства (гипсобетононасосы, шпаклеватели, фрезерователи и др.).

Для быстрого создания, а главное внедрения индустриальной базы комплектации СС «Экодом» необходимыми материалами и изделиями в существующих рыночных условиях производства предлагается применить государственную политику кластерного подхода.

Суть построения кластера связана с необходимостью объединить в рамках целевой задачи строительства различные производственные бизнес-процессы индустриального и комплектного выпуска материалов, изделий, конструктивных элементов, высокотехнологичного монтажа,

отделки жилых домов по технологиям СС «Экодом». Кластер - это группа соседствующих взаимосвязанных и взаимодополняющих друг друга компаний и связанных с ними организаций (в том числе госкорпораций), характеризующихся общностью деятельности при достижении конечного результата – создания достойной архитектурно-строительной среды.

Без ведущей роли государства подобные кластеры создать невозможно, ибо требуется проведение единой градостроительной, научно-технической, технологической, кадровой, инвестиционной политики развития и модернизации существующих городов, поселков, сел, а также целевое строительство новых городов, поселков, сел (дирижерская модель кластера). При такой постановке задачи эффект будет многократный. Например, создание архитектурно-строительной среды вокруг целевой программы строительства стратегической, высокоскоростной магистрали Брест-Владивосток, для транзита товаров Запад-Восток (современный «шелковый путь»). Здесь уже требуются политические решения государства, и никакие «саморегулируемые» организации эти задачи не решат без главного координирующего органа (например, воссоздания министерства строительства РФ).

По нашим расчетам, экономический эффект и значение от применения гипсобетонов в малоэтажном строительстве может быть сравним с своевременным эффектом открытия алмазных месторождений в 50-е годы в нашей стране. Масштабное индустриальное применение гипсобетонов в СС малоэтажного строительства считаем аксиомой массовой застройки и создания достойной жилой среды на данном этапе развития страны. Быстрый прирост строительных мощностей в ближайшие годы из расчета 1 м² на человека (т.е. ежегодно будет нужно строить не менее 140 млн. м² жилья, по итогам 2009г. всего 60 млн. м²) реален и экономически целесообразен именно на основе применения гипсобетонов в разумных сочетаниях с другими строительными системами.

Литература

1. Гипс в малоэтажном строительстве» под редакцией профессора, д.т.н. Ферронской А.В., изд. АСВ, М., 2008).
2. Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю. Развитие и результаты внедрения инновационной индустриальной строительной системы с конструкциями стен и перекрытий из композиционных гипсобетонов. IV Всероссийский семинар «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий», Волгоград, 2008 г.

ВОЗВЕДЕНИЕ ЗДАНИЙ ИЗ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

Пустовгар А.П., Московский государственный строительный университет

Использование составов на основе гипсовых вяжущих обусловлено во многом совокупностью положительных свойств, присущих только данной группе вяжущих. В первую очередь, это отсутствие усадочных деформаций, быстрый набор прочности, хорошие тепло и звукоизолирующие свойства, хорошая огнестойкость. Так как применение составов ориентировано в основном на производство внутренних работ, то к привлекательным свойствам добавляются также хорошие экологические характеристики и высокая паропроницаемость.

Популярность гипсовых вяжущих возросла и в связи с принятием во многих странах мира ограничений по выбросам в атмосферу CO_2 , так как при производстве гипсовых вяжущих выбросы в атмосферу CO_2 до 10 раз меньше чем при производстве цемента.

Для России широкое использование гипсовых вяжущих при возведении и отделке зданий и сооружений особенно актуально, так как:

- половина запасов мировых разведанных месторождений гипса находится на территории России;
- себестоимость производства гипсового вяжущего более чем в 5 раз ниже себестоимости производства цемента ;
- на тонну продукции при производстве гипса расход энергии до 6 раз меньше, чем при производстве одной тонны цемента;
- использование материалов на основе гипсовых вяжущих создает более комфортные условия для пребывания человека в помещении в различных климатических зонах при большом диапазоне изменения температурно-влажностных параметров;
- сроки производства работ с использованием бетонов и растворов на основе гипсовых вяжущих в несколько раз ниже, чем при работе с аналогичными материалами на основе портландцемента.

Однако в России сложилась парадоксальная ситуация с применением гипсовых вяжущих в строительстве. Во-первых, при огромных запасах природного гипса в России его потребление в несколько раз ниже чем в развитых зарубежных странах. Во-вторых, при более низкой себестоимости производства гипсового вяжущего его стоимость в России не намного ниже портландцемента. Например, в США средняя стоимость гипсового вяжущего в 2007 году при отпуске с завода производителя составляла 17,7 долларов США., что почти в 5 раз ниже стоимости портландцемента. В-третьих, в России практически не используются синтетический гипс и гипсодержащие отходы.

При данных условиях применение гипсовых вяжущих в России для большинства случаев становится экономически неоправданным, и, несмотря на большое количество преимуществ, гипсовые вяжущие используют в основном при производстве достаточно дорогой продукции гипсокартонных и пазогребневых плит, а также сухих строительных смесей для производства отделочных работ и устройства полов в помещениях с нормальным режимом эксплуатации.

Одним из сдерживающих факторов применения материалов на основе гипсовых вяжущих при возведении зданий и сооружений является также отсутствие информации об опыте эксплуатации материалов на основе гипсовых вяжущих в условиях воздействия влажности и знакопеременных температур. Результаты лабораторных испытаний в данном случае не могут побороть инертность строителей, у которых сформировалось отношение к материалам на основе гипсовых вяжущих как к материалам, не обладающим достаточной прочностью, водостойкостью и долговечностью. Даже в традиционных областях применения гипсовых вяжущих, таких как штукатурки и полы, среди строителей часто бытует мнение, что гипсовые материалы лучше не использовать.

Между тем в России имеется достаточный опыт широкого применения гипсовых вяжущих в конструкциях различного назначения и эксплуатации их в различных температурно-влажностных условиях в течение длительного времени.

Корифеем отечественной науки в области гипсовых вяжущих Ферронской А.В., в /1/ был обобщен многолетний опыт применения гипсовых материалов и изделий при строительстве зданий и сооружений, при этом многие проекты были реализованы при ее непосредственном участии и эксплуатируются до настоящего времени.

Примером длительной эксплуатации жилых домов из материалов на основе гипсовых вяжущих являются здания, возведенные в Республике Башкортостан в городе Стерлитамаке в 1942 году во время Великой Отечественной войны. В этот период там был построен жилой поселок для размещения рабочих эвакуированных производств. В основу конструктивных решений данных зданий положены несущие и ограждающие конструкции, изготовленные на основе гипсовых вяжущих. Многие дома были снесены после почти 50-летней эксплуатации из-за морального износа (коридорная система, отсутствие водопровода и канализации). Результаты обследований, приведенные в /2,3/, показывают, что за время эксплуатации материалы на основе гипсовых вяжущих сохранили высокие физико-механические показатели, и вместо планируемых 10-15 лет эксплуатации срок службы домов составил 50 и более лет. По отзывам жильцов, дома имели хорошую тепло-звукоизоляцию и достаточно комфортный микроклимат /3/.

В настоящее время в г. Стерлитамак в эксплуатации находятся несколько зданий, построенных в 1942 г. с использованием гипсовых вяжущих. Безусловно, за время длительной эксплуатации здания имеют место отдельные дефекты, но в основном причиной этих дефектов стала неправильная эксплуатация, ошибки проектирования и отдельные конструктивные недостатки зданий. Следует отметить, что в конструкциях домов использовались неводостойкие гипсовые вяжущие, имеющие невысокие прочностные характеристики. Как правило, коэффициент размягчения для таких материалов не превышает 0,4, а марочная прочность при сжатии 4-6 МПа.

Применение водостойких гипсовых вяжущих существенно расширяет возможности использования конструкций с использованием гипсовых вяжущих и повышает их конкурентную способность по сравнению с составами на основе портландцемента.

Низкая водостойкость материалов на основе гипсовых вяжущих определяется, прежде всего, достаточно хорошей растворимостью двухводного гипса в воде, а также значительной пористостью затвердевших растворов и бетонов на основе гипсовых вяжущих. Исходя из этого, основными направлениями повышения водостойкости данных составов является снижение растворимости двухводного гипса и пористости материала с одновременным закрытием пор для предотвращения доступа воды внутрь материала. Поэтому при проектировании состава используют компоненты, обеспечивающие максимально возможную водостойкость без снижения других строительно-технологических характеристик. Это достигается, в первую очередь, применением в качестве вяжущего ангидрита, α -полугидрата или совместного использования смеси ангидрита и α -полугидрата. Такой выбор связан с более плотной структурой и более низкой водопотребностью данных гипсовых вяжущих по сравнению с гипсом β -полугидратом. Правильно подобранный гранулометрический состав заполнителей и наполнителей также способствует снижению пористости затвердевшего раствора. Более плотная структура материала достигается и при использовании суперпластификаторов и пеногасителей, а использование гидрофобизирующих добавок и редиспергируемых порошков сополимеров винилацетата и акрилата препятствует распространению воды через поры.

Для снижения растворимости гипса используют добавки, при взаимодействии с которыми гипс образует соединения с более низкой растворимостью чем у двухводного гипса. В качестве таких добавок производители чаще всего используют вещества, имеющие общий ион с сульфатом кальция, либо гидравлические вяжущие совместно с активными минеральными добавками.

Однако практическое использование данных положений сопряжено с такими сложностями, как ограниченные объемы производства гипса а-

полугидрата и ангидрита, высокая стоимость используемых полимерных добавок, а также уменьшение прочности при использовании добавок, снижающих растворение гипса.

Одним из путей практического решения проблем прочности и водостойкости бетонов и растворов на основе гипсовых вяжущих является использование модификаторов гипсовых вяжущих серии МГ, разработанных в лаборатории «Новых строительных материалов и технологий» МГСУ.

Модификаторы гипсовых вяжущих представляют собой сочетание минеральных и органических компонентов, оптимизированных по составу и подвергнутых специальной обработке. Принцип действия данных модификаторов основан на создании условий для образования водоустойчивых соединений и формирования более плотной структуры и высокой дисперсности новообразований твердеющей системы при низком содержании воды.

Использование гипсовых вяжущих на основе бета полугидрата в сочетании с модификаторами МГ позволяет создавать составы сухих гипсобетонных смесей для устройства полов, а также мелкозернистые бетоны и поробетоны для несущих и ограждающих конструкций в диапазоне плотностей от 400 кг/м^3 до 1800 кг/м^3 и прочностью при сжатии до 20 МПа.

Испытания показали, что материалы ограждающих конструкций на основе гипсового вяжущего, производимые с использованием модификатора гипса, обладают механическими и эксплуатационными характеристиками, сопоставимыми с характеристиками материалов на основе портландцемента рис. 8,9. За счет снижения сроков набора распалубочной прочности рис. 10 увеличивается эффективность механизации работ при использовании гипсопоробетона в монолитных и сборно-монолитных ограждающих конструкциях.

Составы на основе модифицированных гипсовых вяжущих сохраняют традиционно хорошие санитарно-гигиенические свойства гипсовых материалов и высокую скорость набора прочности, но при этом они обладают достаточной водостойкостью и хорошими прочностными характеристиками. Сочетание этих свойств позволяет:

- повысить энергосбережение строящихся зданий;
- использовать материалы на основе модифицированного гипсового вяжущего в качестве несущих или ограждающих конструкций в зданиях различного назначения и этажности или применять как отделочные материалы в помещениях с различными режимами эксплуатации;
- широко применять механизированные технологии производства строительных работ без использования тяжелой строительной техники;
- в несколько раз сократить сроки возведения зданий, повысить оборачиваемость опалубки и снизить себестоимость строительства.

При этом сроки производства работ сокращаются до восьми раз при возведении монолитных и до 4 раз при возведении сборно-монолитных многослойных ограждающих конструкций.

С использованием модифицированных гипсовых вяжущих в настоящее время возведены 5 экспериментальных малоэтажных жилых домов с использованием различных конструктивных решений. Осуществляемый мониторинг эксплуатации зданий и состояния несущих и ограждающих конструкций, проводимый в течение 3 лет, позволил выявить недостатки отдельных конструктивных решений зданий и разработать рекомендации по проектированию несущих и ограждающих конструкций из материалов на основе модифицированных гипсовых вяжущих.

Опыт России в возведении зданий и сооружений из материалов на основе гипсовых вяжущих сегодня не является единичным. Например, в Австралии и Китае построены и находятся в эксплуатации более 100 зданий различного назначения. В Индии для реализации национальной программы по строительству социального жилья планируется построить миллионы квадратных метров жилья с применением гипсовых вяжущих. Экспериментальные малоэтажные здания из материалов на основе гипсовых вяжущих построены в США, где почти 60% гипсовых вяжущих производятся из импортного сырья.

Учитывая ситуацию, складывающуюся в цементной промышленности, рост цен на портландцемент и возможный дефицит его поставок, применение модифицированных гипсовых вяжущих может стать своевременным решением в выборе материала для различных видов строительных конструкций.

Широкое использование модифицированных гипсовых вяжущих при возведении ограждающих малоэтажных зданий уже сейчас может дать реальный вклад в реализацию национальной программы «Доступное и комфортное жилье». Прежде всего, это значительное снижение стоимости квадратного метра жилья за счет применения местных строительных материалов, к которым относятся гипсовые вяжущие, и эффективной механизации работ.

Литература

1. А.В. Ферронская, Опыт применения гипсовых материалов и изделий в строительстве (отечественный и зарубежный).//Материалы семинара «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». г.Уфа, 2-4 июня 2004г.
2. Г.В. Тэненбаум, Опыт строительства и эксплуатации жилых домов с применением гипсовых вяжущих в г. Стерлитамаке Республики

Башкортостан. //Материалы семинара «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». г.Уфа, 2-4 июня 2004г.

3. Бабков В.В., Недосеко И.В., Р.Н. Мирсаев, Опыт производства и применения гипсовых вяжущих в Республике Башкортостан. //Материалы семинара «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». г.Уфа, 2-4 июня 2004г.

КРУПНОРАЗМЕРНЫЕ ДЕКОРАТИВНЫЕ ПЕРЕГОРОДКИ И ОБЛИЦОВОЧНЫЕ ПЛИТЫ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОГО ГИПСА С ДИСПЕРСНЫМ АРМИРОВАНИЕМ

Баранов И.М., ООО «НТЦ ЭМИТ», г. Москва

Настоящая работа по разработке нового негорючего фибропенополимерминерального композиционного материала на основе гипса является попыткой создания материала для изготовления крупноразмерных декоративных перегородок и облицовочных плит с высокими физико-механическими свойствами, которые могли бы являться альтернативой древесностружечным, гипсоволокнистым и другим известным плитам.

В работе традиционные недостатки гипса (хрупкость, низкая водостойкость и др.) устраняли следующим образом:

– хрупкость разрабатываемого материала снижали применением дисперсного наполнителя (рубленого стекловолокна) и введением в состав комплексного полимерного связующего (акрилового сополимера и стабилизатора), обладающих высокой эластичностью;

– водостойкость материала повышали путем добавления комплексной минеральной добавки на основе цемента и введением комплексного полимерного связующего, обладающего после отвердевания и высыхания высокой водостойкостью.

Сроки затвердевания формовочной смеси регулировали количеством полимерных модификаторов структуры материала, а требуемую плотность материала ($700 \div 800 \text{ кг/м}^3$) получали путем подвспенивания формовочной смеси, которая имела консистенцию $8 \div 10$ см осадки конуса. Решение проблемы однородности распределения дисперсного волокна в формовочной смеси достигали за счет применения стабилизатора и увеличения вязкости смеси.

Физико-технические свойства разрабатываемого фибропенополимергипсового материала представлены в таблице.

Таблица 1.

Наименование показателей	Значения показателей:	
	фибропенополимергипса без компл. минеральн. добавки при ост. влажности 24%	дерева (ель и сосна 2 с.) при влажности 12%
1	2	3
Плотность образцов, кг/м^3 : – при ост.влажн. 24%; – при влажн. $8 \div 12\%$.	948 \div 1030 780 \div 860	– 500 \div 600

1	2	3
Прочность при изгибе, кг/см ² :		
– сухих образцов;	97,3 ÷ 116,5	$\frac{375 (R^{BP})}{270 (R^P)}$
– образцов в нас.водой состоянии.	27,6 ÷ 45,8	–
Прочность при сжатии, кг/см ² :		
– сухих образцов;	43,7 ÷ 64,1	$\frac{310 (R^{BP})}{230 (R^P)}$
– образцов в нас.водой состоянии;	21,6 ÷ 28,3	–
Водопоглощение, % по массе	31 ÷ 32	–

Фибропенополимергипсовый композиционный материал и оборудование для производства крупноразмерных декоративных плит разрабатывается в инициативном порядке. Плиты с одной или двух сторон облицовываются декоративным пластиком или имеют декоративное лаковое покрытие.

Размеры плит: 2700 × 1200 × 15÷25 мм.

Предназначены плиты для возведения перегородок в вагонах пассажирского транспорта, облицовки внутренних стен зданий и изготовления мебели.

Основные физико-механические свойства фибропенополимергипсового композиционного материала в сравнении с другими материалами представлена в таблице 2.

Таблица 2

Показатели	Фибропенополимерминеральные плиты	Асбестоцементные плиты	Гипсоволокнистые плиты	Древесностружечные плиты
Средняя плотность, кг/м ³	850	1800	1250	700
Прочность при изгибе, кг/м ²	95÷120	230÷250	46÷53	180
Ударная вязкость, кДж/м ²	1,5÷2	2÷2,5	–	–
Водопоглощение, % по массе	15÷20	–	–	–
Коэффициент размягчения	0,8	0,9	–	–

Анализ результатов испытаний фиброполимергипсового материала (см. табл.) показывает, что материал имеет сравнительного с другими строительными материалами одного класса высокую прочность при изгибе.

При этом фибропенополимергипс имеет повышенную деформативность, трещиностойкость и значительно меньшую хрупкость.

По санитарно-гигиенической оценке, фибропенополимергипсовый материал относится к экологически чистым материалам, а по пожарной опасности – к группе негорючих строительных материалов.

По предварительной оценке стоимость фибропенополимергипсового материала не будет превышать 12÷15 тыс. руб./м³.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ВКЛЮЧАЯ ГИПСОВЫЕ

Шамис Е.Е., Колтук П.Ф., Иванов В.Д., Юрков В.А.,
Технический университет Молдовы,
SolidStoneInternational (USA)

Технология изготовления формовочных смесей на основе минеральных вяжущих изначально содержит два противоречия:

- компоненты смеси должны быть тщательно отдозированы и перемешаны, а это качество хорошо обеспечивает оборудование с вековыми дозаторами и смесителями периодического действия;
- с другой стороны необходимы непрерывность работы и высокая скорость, а отсюда и значительная производственная мощность оборудования.

Конечно, есть немало и других сложных технологических вопросов, но сосредоточившись на первых, разработчики достаточно долго искали «золотую середину». При любых принятых к конкурентному проектированию методах производства индустриальных изделий на минеральных вяжущих – стендовом, поточно-агрегатном, конвейерном – приняты следующие исходные условия:

- смесительное устройство устанавливается в составе линии стационарно и работает в непрерывном режиме, а формы изделий последовательно перемещаются под ним в процессе укладки в них смеси;
- весовая дозировка исходных компонентов смеси, но с предварительным сухим перемешиванием их перед подачей в смеситель в комплекте;
- объёмная или объёмно-весовая дозировка компонентов формовочной смеси перед смешиванием с водой в непрерывном режиме;
- активация отдельных компонентов и самой формовочной смеси физическими методами с введением, по мере необходимости, корректирующих химических добавок;
- возможность равномерной укладки формовочной смеси при любом методе производства, причём при стендовом способе необходимы бетонораздатчики, работающие автономно;
- всё оборудование и формооснастка размещаются партерно компактно и лаконично, причём формы изделий взаимозаменяемы в зависимости от номенклатуры производимой продукции.

Перечисленные требования не относятся к категории суперсложных технологических условий. Главным звеном здесь является активация формовочных смесей и их компонентов физическими методами. Именно это позволяет экономить водные и энергетические ресурсы.

Важнейшим является также решение о непрерывном технологическом процессе приготовления формовочной смеси. Остановка смесительного устройства такого типа и новый запуск его в рабочий режим технически усложняет всё производство и, конечно, сказывается на формировании экономических характеристик готовой продукции.

Кроме того, данная технология, рассчитанная на использование любых минеральных вяжущих, предполагает двухстадийное приготовление конечной формовочной смеси – вначале производится активированная водная смесь вяжущего, а затем она перемешивается с заполнителями в отдельном агрегате. Такой подход создаёт возможность модернизации существующих предприятий, изготавливающих подобные строительные смеси, но с использованием смесителей периодического действия.

Представляемый производственный комплекс включает смесительный унифицированный технологический модуль второго поколения (УТМ-2). Комплекс с модулем первого поколения, разработанный и реализованный в Москве в конце 90-ых годов, предназначался для изделий из гипсовых смесей преимущественно на ГЦПВ [1,2]. УТМ-2 может изготавливать смеси на основе различных минеральных вяжущих [7].

Смеситель первого поколения за счёт активации компонентов физическими методами позволял получать формовочные смеси для материалов, которые на 70% превышали заводскую паспортную прочность на сжатие самого ГЦПВ. На линии (рис.1) производились блоки стеновых ограждений для многоэтажных домов (рис.2), плиты перегородок.

При этом в опытном порядке изготавливались плиты с добавками, защищающими от проникающих, прежде всего рентгеновских излучений. Плиты такого рода предназначены для перегородок и облицовки стен, к примеру, в рентгенкабинетах [5]. Пазогребневая конструкция плит не только облегчает монтаж, но и обеспечивает защиту от «прострела» излучения на стыках. Они тяжелее обычных плит - масса плиты доходит до 22 кг, но их свинцовый эквивалент составляет 0,7...3,0 мм – это хороший показатель.

В рамках московской городской программы «Базальт» экспериментально изготавливались композитные изделия на ГЦПВ с базальтовыми полуфабрикатами [3,4,6]. К сожалению, дефолт 1998-99 гг. не позволил продолжить научно-инженерные разработки. Линия была демонтирована.

Работы были продолжены в Кишинёве. В настоящее время в составе научно-технологического парка Академии наук Молдовы разработчики совместно с компанией SolidStoneInternational(USA) спроектировали и



Рис.1. Технологический комплекс по производству стройизделий из активированных формовочных смесей на ГЦПВ



Рис. 2. Стеновые блоки из активированных формовочных смесей на ГЦПВ

изготовили УТМ-2 (рис.3). Комплекс второго поколения проходит испытания. Получены первые успешные результаты, что поддерживает уверенность в правомерности выбранного направления [7]. Активация компонентов, в частности, позволила уже на сегодня получить хорошие показатели и для мелкозернистых бетонов на портландцементе (при цементе с прочностью на сжатие 40,0 МПа – прочность бетона составила 44,2 МПа на 28 день). Таким образом, технология срабатывает не только на гипсовых вяжущих.

Литература

1. Волженский А.В. Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия / А.В.Волженский, В.И. Стамбулко, А.В. Ферронская. - М.: Стройиздат, 1971. – 318 с.
2. Волженский А.В. Гипсовые вяжущие и изделия (технология, свойства, применение) / А.В.Волженский, А.В. Ферронская. - М.: Стройиздат, 1974. – 328 с.
3. Костиков В.И. Программа “Базальт”: изделия и технологии для строительства / В.И. Костиков, Л.Н. Смирнов, Е.Е. Шамис // Технологии строительства. – 1999. - №2. – С. 66.
4. Костиков В.И. Гипсобазальтовые строительные изделия и технологии / В.И. Костиков, Е.Е. Шамис, Л.Н. Смирнов (и др.) // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 1999, №3-4. – С. 42-43.
5. Шамис Е.Е. Технологии гипсобазальтовых строительных изделий / Е.Е. Шамис, В.Е. Зубко, Л.В. Игнатова (и др.) // Конверсия в машиностроении. – 1999. - №5. – С. 17-21.
6. Шамис Е.Е. Организационно – инженерные основы технологий гипсоцементно – базальтовых строительных материалов / Е.Е. Шамис, А.А. Избында, М.В. Оскирко // Доклады II–III международных НПК “Современные проекты, технологии и материалы для строительного, дорожного комплексов и жилищно – коммунального хозяйства”: сб. – Брянск: БГИТА, 2005. – С. 53–59.
7. Шамис Е.Е. Строительство XXI – инновационные идеи совершенствования индустриальных методов. Монография / Е.Е. Шамис– Кишинёв: Tehnika-info, 2010. – 262 с.

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Губская А.Г., Лебедева О.Н., ГП «Институт НИИСМ», г. Минск,
Меленько В.С., ОАО «Белгипс»

В результате появления новых конструктивно-технологических систем зданий и сооружений и конструкционных материалов, совершенствования технологических процессов в строительстве произошла существенная переоценка подходов к выбору материалов, используемых для отделочных и монтажных работ. Качество, надежность и долговечность – вот основные требования, которые предъявляются сегодня к строительным материалам. Этим требованиям полностью отвечают сухие смеси, которые становятся неотъемлемой частью современного строительства.

До недавнего времени белорусские строители применяли только импортные сухие смеси. Несмотря на то, что потребление сухих смесей на душу населения в Беларуси в 20-30 раз меньше, чем в странах Западной Европы, уже наблюдается устойчивая тенденция к улучшению положения. В начале 90-х г. белорусские производители сухих смесей начинали с очень узкой номенклатуры продукции: плиточных клеев, штукатурок, шпатлевок. При этом объем производства ежегодно увеличивался в 2,0-2,5 раза. В последние годы номенклатура выпускаемых отечественных сухих смесей существенно изменилась в сторону усложнения составов и, соответственно, расширения номенклатуры. Сегодня предприятия Беларуси производят различные защитно-отделочные штукатурки для наружных и внутренних работ, гидроизоляционные составы, самонивелирующие стяжки для полов, фуги и т.д.

В настоящее время производство сухих смесей в Беларуси становится отдельным направлением промышленности строительных материалов. Исходя из объемов ввода жилья, это ориентировочно 48 кг сухих смесей на 1 м² площади или 3 т сухих смесей на 1 квартиру площадью 70 м² (для сравнения: в Германии в новом строительстве используется 20 т сухих смесей на 1 квартиру площадью 70 м²). В перспективе объем выпуска сухих смесей в Беларуси может составить от 160 до 620 тыс. т в год.

Особое место среди сухих смесей принадлежит смесям на основе гипсового вяжущего. Использование гипсовых материалов для внутренней отделки зданий обеспечивает благоприятный климат в помещении за счет способности материалов «дышать», легко поглощать избыточную влагу и затем постепенно отдавать ее, поддерживая тем самым равновесную влажность

воздуха. Это положительно влияет на микроклимат всего помещения и создает комфортные условия для человека. Паропроницаемость и водородный показатель строительного гипса приближается к аналогичным показателям кожного покрова человека.

Следует подчеркнуть, что применение гипсовых материалов позволяет не только снизить дефицит материалов и изделий в жилищном строительстве, но и обеспечить сокращение сроков возведения зданий приблизительно в 2 раза; снизить массу возводимых зданий (по сравнению с кирпичом или бетонными изделиями); сэкономить транспортные расходы от их перевозки.

Одной из актуальных проблем жилищного строительства в Беларуси является снижение массы возводимых зданий. Необходимо отметить, что это актуально и для стран как ближнего, так и дальнего зарубежья. В настоящее время кирпичные здания имеют среднюю массу $2,5 \text{ т/м}^2$ общей площади, а панельные – $2,0 \text{ т/м}^2$, в то время, как в мировой практике, жилые и общественные здания, как правило, по этому показателю не превышают $1,0 \text{ т/м}^2$. Еще большее значение имеет проблема снижения массы здания в высотном строительстве, так как строящиеся, в настоящее время, здания в два и более раза массивнее зарубежных аналогов. В этой связи необходима замена ряда конструкций, выполненных из бетона, железобетона и кирпича на конструкции из более легких материалов, в частности, гипсовых. При этом в полной мере будут использоваться такие преимущества гипса, как меньший вес, более низкая стоимость по сравнению с цементными и керамическими материалами, экологичность и высокое качество поверхностей гипсовых материалов.

Несмотря на несомненные преимущества, гипсовые материалы имеют ограниченное применение в строительстве, не соответствующее их потенциальным возможностям. Причиной такого положения является как недостаточная осведомленность строителей об опыте производства и применения материалов и изделий на основе гипсовых вяжущих в отечественном и зарубежном строительстве, так и недостаточный ассортимент сухих смесей, выпускаемых белорусскими предприятиями.

Одной из причин для Республики Беларусь может служить дефицит гипсового вяжущего для их производства, что в свою очередь обусловлено отсутствием сырьевой базы – природного гипсового камня. На основе привозного гипсового сырья вяжущее выпускается на двух заводах: ОАО «Белгипс» и ОАО «Забудова». ОАО «Белгипс» выпускает строительный гипс со следующими характеристиками: марка вяжущего Г4, вяжущее имеет нормальные сроки схватывания (начало – 6-9 мин., конец – 12-15 мин.), степень помола (остаток на сите 02) 13-16%. ОАО «Забудова» выпускает высокопрочное гипсовое вяжущее со следующими свойствами: марка вяжущего от Г7 до Г16, вяжущее быстро схватывающееся (начало – 2,5-4 мин., конец – 5,5-

7 мин.), степень помола (остаток на сите 02) 0,4-0,8%, цвет вяжущего – белый.

Другой и, может быть, основной причиной, препятствующей более широкому использованию сухих смесей на основе гипсового вяжущего, является отсутствие нормативной базы на основные их компоненты. Это касается и свойств вяжущих (гипсового вяжущего, портландцемента, извести), а также заполнителей - песков. Попробуем их рассмотреть.

Необходимо уточнить область применения гипсового вяжущего и его маркировку. В ГОСТ 125-79 марка вяжущего определяется по результатам испытаний на предел прочности при сжатии и изгибе образцов-балочек в возрасте двух часов. Но ведь для самонивелирующихся стяжек и оснований полов будут использоваться медленно твердеющие вяжущие и данный показатель не будет определять качество вяжущего. То есть таблица по пределам прочностей должна быть значительно расширена: необходимо ввести в нее кроме прочности в возрасте двух часов и физико-механические свойства гипсового вяжущего в сухом состоянии.

Сроки схватывания. В ГОСТ все марки вяжущего разделены на три группы: быстротвердеющие, нормально твердеющие и медленно твердеющие. Возможно, для гипсового вяжущего для сухих смесей следует их конкретизировать.

Тонина помола вяжущего. Этот показатель для производителей сухих смесей очень важен и, в значительной степени, является определяющим при выборе вида гипсового вяжущего. ГОСТ определяет тонину помола по остатку на сите с размером ячеек в свету 0,2 мм. В соответствии с данным нормативным документом гипсовое вяжущее тонкого помола характеризуется остатком на сите не более 2%. Для производителей сухих смесей требуется вяжущее более тонкого помола: полное прохождение через сито 02 и 014 мм. Именно такая тонина помола была бы идеальной для производства шпатлевочных смесей.

ГОСТ не нормирует такой важный показатель для производителей сухих смесей как влажность гипсового вяжущего. Влажность гипсового вяжущего может колебаться в широких пределах (до 5-8%). Использование такого вяжущего может существенно снизить качество сухих смесей.

Может быть, в нормативном документе необходимо установить требования к объемному расширению гипсового вяжущего. В ГОСТ данный показатель нормируется только для формовочного гипса.

Вероятно, необходимо пересмотреть и требования и гарантийным сроком хранения гипсового вяжущего, гармонизировав этот показатель с гарантийными сроками хранения сухих смесей.

Может быть, у производителей сухих смесей есть и другие требования к качественным показателям гипсового вяжущего, которые также необходимо внести в новый нормативный документ. Пока данный документ не будет разработан у производителей сухих смесей всегда будут претензии к производителям вяжущего. Производители же гипсового вяжущего всегда могут ссылаться на то, что эти претензии не обоснованы, поскольку их нет в действующем нормативном документе. Естественно, для разработки нормативного документа необходимо финансирование, как на исследования, так и на разработку нормативного документа.

Необходимо также отметить, что такая же проблема существует и для наполнителей, в частности и песков, используемых для производства сухих смесей. Анализ ТНПА, действующих в странах ЕС и которые планируется ввести на территории Республики Беларусь, показывает, что и они не дадут ответа на большинство вопросов производителей сухих смесей, в частности смесей на основе гипсового вяжущего.

Теперь о проблеме ассортимента сухих смесей на основе гипсового вяжущего. В настоящее время заводы республики выпускают только несколько видов сухих смесей: шпатлевочные смеси для заделки швов при монтаже гипсокартонных листов, смеси для кладки гипсовых пазогребневых плит, некоторые виды декоративных смесей. Анализ рынка сухих смесей на основе гипсового вяжущего, производимых в Европе, показывает, что ассортимент гипсовых сухих смесей значительно шире.

Остановимся на новых совместных разработках Государственного предприятия «Институт НИИСМ» и завода производителя – ОАО «Белгипс».

Разработаны и внедрены в практику сухие смеси с вводом легкого заполнителя -перлита двух видов – декоративно-отделочные и теплоизоляционные композиции.

Перлит применяется в строительстве уже более полувека, но до сих пор, к сожалению, большая часть строителей все еще весьма слабо представляет себе его возможности и преимущества. В нашей республике незаслуженно мало применяется вспученный перлит в штукатурках. Особенно перспективно применение теплых перлитовых штукатурок в сельском и индивидуальном строительстве. Слой такой штукатурки толщиной 3 см по своим теплоизоляционным свойствам равноценен 15 см кирпичной кладки. Штукатурка наносится по кирпичу, бетону, шлакобетону, металлической сетке, дереву и без каких-либо дополнительных работ может быть окрашена, либо оклеена обоями. Ею могут быть утеплены как отапливаемые, так и не отапливаемые помещения.

Теплоизоляционные композиции, разработанные Государственным предприятием «Институт НИИСМ» выпускаются ОАО «Белгипс» следующих

плотностей: 300; 400; 500; 600; 700; 800 кг/м³. Свойства теплоизоляционных композиций приведены в таблице .

Наименование показателя	Значения для марок по плотности, кг/м ³					
	300	400	500	600	700	800
Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа, не менее	0,1	0,2	0,4	0,8	1,0	1,5
Предел прочности при изгибе в сухом состоянии, МПа, не менее	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
Прочность сцепления с основанием, МПа, не менее	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,14
Теплопроводность, Вт/м· ⁰ К, не более	0,12	0,14	0,16	0,26	0,26	0,32

Влажность теплоизоляционных композиций не более 0,5 %. Вододерживающая способность не менее 95 %

Практика работы строителей условиях низких температур вызвала необходимость корректировки составов композиции для монтажа пазогребневых гипсовых перегородочных плит, которые находят все большее применение в массовом строительстве. Необходимо разработать составы монтажного клея, позволяющие работать при отрицательных температурах: от 0 до – 5⁰С и от -5 до – 10⁰С.

С нашей точки зрения перспективным направлением для расширения номенклатуры сухих смесей на основе гипсового вяжущего является создание и внедрение составов для самонивелирующих стяжек для полов.

В основном для работ внутри здания до недавнего времени использовались традиционные цементно-песчаные и цементно-известково-песчаные составы. Применение вышеуказанных материалов снаружи зданий обусловлено их физико-механическими и эксплуатационными свойствами (высокой прочностью, водостойкостью, атмосферо- и морозостойкостью). Для внутренней отделки помещений данные показатели не имеют практического значения. Следует отметить, что в силу высокой плотности и низкой пористости цементно-песчаные материалы, в отличие от гипсовых, не способствуют созданию в помещении нормального влажностного режима. В отличие от цементных составов, гипсовые способны как поглощать влагу, так и выделять ее, сохраняя постоянную влажность в помещении. Кроме того, удельный расход гипсовой смеси в два раза меньше, чем цементно-песчаной.

Одной из основных проблем при использовании сухих смесей на основе гипсовых вяжущих является их низкая водостойкость. Для повышения водостойкости гипсовых составов необходимо снизить растворимость двуводного гипса и пористость материала. Применение гипсового вяжущего более

тонкого помола и правильно подобранный гранулометрический состав заполнителей и наполнителей способствует снижению пористости затвердевшего раствора. Более плотная структура материала достигается также при использовании суперпластификаторов и пеногасителей, а использование гидрофобизирующих добавок и редиспергируемых полимерных порошков препятствует проникновению воды через поры, что позволяет использовать их для самонивелирующих стяжек для полов.

Еще одним направлением для расширения номенклатуры сухих смесей на основе гипсового вяжущего может быть создание фуг, которые могут эксплуатироваться в условиях повышенной влажности – влагостойких или гидрофобных.

Перспективным направлением использования гипсового вяжущего могут стать отделочные материалы для наружной отделки зданий на основе полимергипса.

Таким образом, возможности использования гипсового вяжущего как сырьевого материала для производства сухих смесей в Республике Беларусь далеко не исчерпаны. Исследования по расширению номенклатуры сухих смесей на основе гипсового вяжущего в настоящее время проводятся Государственным предприятием «Институт НИИСМ».

ПРИМЕНЕНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Т.З. Лыгина, В.П. Лузин
ФГУП «ЦНИИГеолнеруд», г. Казань

Аннотация

Проведены исследования по выявлению новых видов естественных наполнителей, пригодных для производства гипсовых изделий различного назначения. Установлено, что в качестве наполнителей могут быть природные минеральные образования (мергель, маложелезистый асбест, необогащенный вулканический пепел), отходы добычи неслюдяного производства (мелкозернистый вермикулит) и блочного туфового камня, отходы обогащения слюдосодержащих каолинов (зернистый кварц), рудных песков (кварц-полевошпатовый песок) и железных руд. Эти наполнители могут быть альтернативными традиционным наполнителям (древесные опилки, древесная шерсть, стружки, камыш, шлаки, шлаковая пемза, керамзит, перлит, хризотил-асбест, стеклянные волокна, отходы из натурального шелка и хлопка и др.), которые применяются в производстве гипсовых изделий.

Ассортимент и объем гипсовой строительной продукции, производимой в настоящее время в России, не полностью удовлетворяет потребностям строительной индустрии. Поэтому значительная часть изделий из гипса завозится в Россию из более чем 16 стран, в том числе из Германии, Австралии, Италии, Китая, Канады и др. Такая обстановка вызвана не только применением устаревших технологий переработки минерального сырья, но и необеспеченностью строительной отрасли качественным сырьем. Однако, по нашему мнению, в этой области возможности не все еще исчерпаны и при рациональном использовании имеющейся минерально-сырьевой базы на основе передовых технологий можно получить конкурентноспособную гипсовую продукцию, не уступающую зарубежным аналогам. При этом следует учесть, что в мировой практике особенно широко используются и ценятся натуральные гипсовые вяжущие материалы и натуральные наполнители в производстве гипсовых изделий.

В этом направлении в ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» были проведены исследования по изысканию новых (нетрадиционных для отрасли) видов минерального сырья, которые можно было бы эффективно использовать в качестве эффективного наполнителя при производстве гипсовых изделий различного назначения.

При испытаниях в качестве вяжущего вещества был использован строительный гипс марки Г-4. Изготовление образцов гипсовых изделий осуществлялось с применением природных минеральных наполнителей и минеральных наполнителей, получаемых из отходов горно-обогатительного производства. Природные минеральные наполнители были представлены: кремнеземистым мергелем, раздробленным до класса крупности меньше 5,0 мм; маложелезистым асбестом; необогащенным вулканическим пеплом в виде зернистой массы с размером зерен $-1,0+0,0$ мм. Минеральными наполнителями из отходов горно-обогатительного производства являлись: мелкозернистый вспученный вермикулит из отходов класса $-0,63+0,0$ мм неслюдяного производства; отходы добычи туфов, раздробленные до класса крупности меньше 1,0 мм; отходы обогащения слюдяных каолинов, представленные зернистым кварцем класса $-0,63+0,05$ мм; кварц-полевошпатовый песок с размером зерен $-0,63+0,0$ мм, являющийся отходом обогащения рудных песков; полиминеральные отходы обогащения магнетитовых и руд мартит-магнетитовых руд в виде зернистой массы с размером частиц меньше 0,1 мм и представленные в основном хлоритом, пироксеном и магнетитом.

Гипсовые строительные изделия и материалы с применением природных минеральных наполнителей

Образцы строительных изделий на основе гипсового вяжущего и кремнеземистого мергеля имеют плотность $920-1060 \text{ кг/м}^3$, прочность при сжатии 5,1-11,25 МПа, что позволяет использовать их как звуко- и теплоизоляционный материал. Листовые гипсомергельные изделия могут быть применены в качестве сухой штукатурки. Плотность данных изделий в 1,2-1,4 меньше, чем плотность изделий, изготовленных из одного гипса (1300 кг/м^3) [1].

Образцы строительных изделий на основе гипсового вяжущего, кремнеземистого мергеля и маложелезистого асбеста имеют плотность $920-1060 \text{ кг/м}^3$, прочность при изгибе 6,0-6,28 МПа, при сжатии 5,0-5,81 МПа, теплопроводность $0,240-0,331 \text{ Вт/(м}^*\text{К)}$. Измерение теплопроводности производили с применением прибора ИТП-МГ4 «100». Строительные изделия с такими физическими свойствами могут быть использованы в качестве теплоизоляционных и строительных материалов [2].

Образцы строительных изделий на основе гипсового вяжущего и необогащенного вулканического пепла. Для технологических испытаний исходный пепел предварительно подвергали дроблению до крупности частиц $-1,0+0,0$ мм. Образцы гипсопепловых изделий, изготовленные способом формирования и твердеющие в естественных условиях, имеют плотность $1270-1420 \text{ кг/м}^3$, прочность при изгибе 5,34-6,6 МПа, при

сжатии 11,9-13,9 МПа, теплопроводность 0,289-0,438 Вт/(м*К). По техническим характеристикам изделия отвечают требованиям на гипсовые плиты, предназначенные для устройства перегородок в зданиях различного назначения с сухими и нормальными режимами помещений. Кроме того, по средней плотности и теплопроводности изделия удовлетворяют требованиям на камни эффективные (плотностью до 1400 кг/м³) и камни условно-эффективные (плотностью 1401-1650 кг/м³), которые применяются в основном при малоэтажном строительстве жилых, общественных, промышленных и сельскохозяйственных зданий [3].

Гипсовые строительные изделия и материалы с применением минеральных наполнителей из отходов горно-обогатительного производства

Образцы строительных изделий на основе гипсового вяжущего и вспученного мелкозернистого вермикулита имеют плотность 480-580 кг/м³, прочность при сжатии 0,85-3,3 МПа, теплопроводность 0,121-0,160 Вт/м*К. Строительные изделия могут применяться для тепловой изоляции строительных конструкций и оборудования [4]. Гипсвермикулитовая штукатурка в 2-4 раза легче обычной, имеет высокие звукоизоляционные, огнезащитные и декоративные свойства, обладает повышенной воздухопроницаемостью и не токсична при нагреве. Слоем в 19-25 см она обеспечивает огнестойкость стальных ферм и балок в течение 3-4 часов и лучше переносит так называемый «тепловой удар», чем моногипсовая. Так, если при резкой смене температур, например с 20 до 1000 °С, в моногипсовых изделиях образуется сеть открытых трещин, то в гипсвермикулитовых изделиях при таких же условиях отмечается появление более редкой сети закрытых трещин. При постепенном нагреве с 20 до 1000 °С у гипсвермикулитовых изделий трещин не возникает. Учитывая сказанное выше, можно сделать вывод, что гипсвермикулитовые изделия в виде сухой штукатурки являются более эффективными по сравнению с моногипсовыми немецкими изделиями, широко используемыми при евроремонте жилых и производственных помещений, а также с изделиями из пластика, деформация которых происходит при довольно невысокой температуре (около 200 °С). По плотности теплоизоляционные гипсвермикулитовые изделия являются альтернативными изделиям фирмы «ЮНИКОН» (плотность 250-350 кг/м³); трехслойным панелям с пенополистирольным утеплителем и конструктивными слоями из легкого и тяжелого бетонов (со средней плотностью 400-500 кг/м³); керамзитополыстиролбетонным блокам (плотность 700 кг/м³) и т.д. [5].

Образцы строительных изделий на основе гипсового вяжущего и туфовых отходов, изготовленные способом формования и твердеющие в

естественных условиях, имеют плотность 1360-1460 кг/м³, прочность при изгибе 4,97-7,96 МПа, при сжатии 13,0-13,8 МПа, теплопроводность 0,292 Вт/м*К. По величине средней плотности полученные изделия удовлетворяют требованиям на камни эффективные и камни условно-эффективные [6].

Образцы строительных изделий на основе гипсового вяжущего и зернистого кварца класса $-0,63+0,05$ мм имеют плотность 1630-1690 кг/м³, прочность при изгибе 2,81-2,85 МПа, при сжатии 5,72-5,93 МПа, водопоглощение 17-19 %. По технической характеристике они отвечают требованиям на типоразмеры камней СКГ-1 и СКГ-2 как по прочности на сжатие, так и по плотности.

Образцы строительных изделий на основе гипсового вяжущего и кварцево-полевошпатового песка класса $-0,63+0,0$ мм имеют плотность 1660 кг/м³, прочность при изгибе 3,2-3,5 МПа, при сжатии 7,8-8,3 МПа, водопоглощение 11,7 %. Они отвечают требованиям на типоразмеры камней СКГ-1 и СКГ-2 как по прочности на сжатие, так и по плотности. Такие строительные изделия по плотности относятся к тяжелым (плотность больше 1660 кг/м³).

Образцы строительных изделий на основе гипсового вяжущего и отходов обогащения магнетитовых руд имеют среднюю плотность 1380 кг/м³, прочность при сжатии 5,56 МПа, при изгибе 2,37 МПа, водопоглощение 21,8 %. По прочности на сжатие полученные изделия относятся к растворам марки М50, по средней плотности – к легким растворам, по назначению – к кладочным, штукатурным и облицовочным растворам. Одновременно, полученные затвердевшие изделия отвечают требованиям на полнотелые эффективные камни М50, применяемые в основном при малоэтажном строительстве.

Образцы строительных изделий на основе гипсового вяжущего и отходов обогащения мартит-магнетитовых руд имеют среднюю плотность 1500 кг/м³, прочность при сжатии 5,82 МПа, при изгибе 2,69 МПа, водопоглощение 19,5 %. По прочности на сжатие полученные изделия относятся к растворам марки М50, по средней плотности – к тяжелым растворам (1500 и больше кг/м³), по назначению – к кладочным, штукатурным и облицовочным растворам. Одновременно, полученные затвердевшие изделия отвечают требованиям на полнотелые условно-эффективные камни М50, применяемые в основном при малоэтажном строительстве.

Как известно, по теплозащитным, звукоизолирующим свойствам и огнестойкости гипсовые материалы превосходят материалы на основе цемента, а по декоративным, комфортным и экологическим показателям они не имеют себе равных в строительстве. Гипсовые материалы создают благоприятный микроклимат в помещениях за счет повышенной воздухопроницаемости, способности поглощать избыточную влагу и

постепенно отдавать ее, когда в помещении сухо; характеризуются хорошей гвоздимостью, огнестойкостью. Все это повышает комфортные и экономические показатели, а также сокращает материалоемкость строительства. Кроме того, при нагреве они не выделяют токсические продукты горения, что является особенно важным в случае пожаров. По этой причине (от токсических продуктов горения) в России число погибших при пожарах составляет больше 65 %. Следовательно, исследования по возможной замене горючих наполнителей, снижающих огне- и термостойкость гипсовых изделий, а также их экологичность, на негорючие (минеральные) наполнители являются вполне своевременными.

Разработанные по новым технологиям рассмотренные выше гипсовые изделия и материалы разнообразного строительного назначения по техническим показателям и эксплуатационным свойствам полностью отвечают современным требованиям на гипсовую продукцию. При этом по качеству и применимости они не уступают зарубежным образцам. Выпуск их не требует разработки нового технологического оборудования и может быть налажен на действующих гипсовых заводах без больших финансовых затрат. Эти изделия в перспективе будут не только востребованы в России, но и служить предметом экспорта.

Таким образом, результаты исследований позволяют судить о мергеле, маложелезистом асбесте, мелкозернистом вермикулите, пирокластическом материале на примере вулканического пепла и отходов добычи туфов, зернистом кварце, кварц-полевошпатовых песков и отходах обогащения железных руд как о новых нетрадиционных минеральных наполнителях, пригодных для производства с применением инновационных технологий гипсовых изделий различного строительного назначения. При этом данные наполнители могут быть альтернативными традиционным наполнителям (древесные опилки, древесная шерсть, стружки, камыш, шлаки, шлаковая пемза, керамзит, перлит, хризотил-асбест, стеклянные волокна, отходы из натурального шелка и хлопка и др.), которые применяются в производстве гипсовых изделий. Это особенно важно при реализации целевой программы «Дешевое и комфортное жилье – гражданам России», которой предусматривается повышение комфортности жилья, увеличение темпов и объемов строительства с применением новых энерго- и ресурсосберегающих материалов и производства ресурсов на их основе.

Внедрение рекомендуемых технологий выпуска гипсовых изделий обеспечит повышение их технических свойств, расширение ассортимента и удовлетворение постоянно растущих требований к качеству выпускаемой продукции, комплексности использования сырья, создание новых технологических процессов, обеспечивающих вовлечение в переработку минерального сырья новых слабо изученных природных объектов, снижение загрязнения окружающей среды.

Литература

1. Патент 2212385 (Россия). Сырьевая смесь для изготовления строительных изделий / Лузин В.П., Лузина Л.П. – Заявл. 25.03.2002; опубл. 20.09.2003. Бюл. № 26.
2. Патент 2330824 (Россия). Сырьевая смесь для изготовления строительных изделий / Лузин В.П., Лузина Л.П. – Заявл. 07.12.2006; опубл. 10.08.2008. Бюл. № 22.
3. Лузин В.П., Антонов В.А., Лузина Л.П. и др. Эффективные строительные материалы с применением вулканического пепла // Строительные материалы. – 2009. – № 12. – С. 18-19.
4. Патент 2230715 (Россия). Сырьевая смесь для получения гипсовермикулитовых теплоизоляционных изделий / Лузин В.П., Лузина Л.П. – Заявл. 01.07.2002; опубл. 20.06.2004. Бюл. № 17.
5. Садыков Р.К., Лузин В.П. Нерудные полезные ископаемые: возможности использования // Ресурсоэффективность в Республике Татарстан. 2005. № 2. С. 12-16.
6. Антонов В.А., Лузин В.П., Беляев Е.В. Вулканогенные породы Северного Кавказа как сырье для производства легких строительных материалов // Разведка и охрана недр. – 2010. - № 1. – С. 40-50.

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ГИПСОВЫЕ ШТУКАТУРНЫЕ РАСТВОРЫ ДЛЯ НАРУЖНОЙ ОТДЕЛКИ

Заикина А.С, Коровяков В.Ф. (ГУП "НИИМосстрой")

В последние годы зарубежные и многие отечественные фирмы стали широко выпускать и применять *гипсовые сухие строительные смеси* для оштукатуривания стен и потолков. Обычно эти смеси содержат гипсовые вяжущие β - и α - модификаций, ангидрит или их смеси, добавки, замедляющие схватывание, ускорители твердения, водопонижающие, а также полимерные добавки, увеличивающие прочность сцепления штукатурного слоя с поверхностью и водостойкость. В гипсовые смеси вводят некоторое количество фракционированного песка, вспученный перлитовый песок, тонкодисперсные наполнители.

В настоящее время гипсовые сухие смеси (ГСС) выпускаются для внутренней отделки зданий и сооружений с сухим и нормальным режимами помещений.

Наибольшее распространение в практике строительства получили штукатурные и шпаклевочные смеси, эффективность которых обязана ряду уникальных свойств гипсовых вяжущих. К ним относятся:

- возможность регулирования сроков схватывания в широких диапазонах;
- достаточная прочность и твердость и затвердевшего материала и быстрота их достижения;
- сравнительно низкая теплопроводность и хорошая звукоизолирующая способность;
- необходимая паропроницаемость;
- высокая огнестойкость;
- экологическая чистота.

Кроме того, как показывают исследования фирмы "КНАУФ", применение гипсовых сухих смесей более эффективно, чем известково-цементных, поскольку, благодаря меньшей плотности гипсового раствора, из одной тонны гипсовой сухой смеси получают в 2 раза большую площадь оштукатуренной поверхности.

Растворы из ГСС должны соответствовать техническим требованиям, предъявляемым нормативными документами, в частности ГОСТ 31377-2008, ГОСТ 31387-2008, ГОСТ 31386-2008. Они должны иметь высокую адгезию к основанию, легко наноситься ручным или механизированным способом и заглаживаться. Гипсовый раствор должен быть совместим с обрабатываемым материалом, а получаемая поверхность – с другими видами отделки (покраской, оклейкой и т.п.).

Благодаря изначально белому или с оттенками цвету гипсового вяжущего упрощается финишная отделка поверхностей, обработанных гипсовыми растворами.

Очень перспективно изготовление готовых сухих гипсосодержащих смесей, которые могли бы применяться при изготовлении не только растворных штукатурных и шпаклевочных смесей для внутренней отделки в помещениях с сухим и нормальным температурно-влажностным режимом, но и в помещениях с высокой влажностью, а также для наружной отделки.

Но этому препятствуют такие отрицательные свойства гипсовых вяжущих и материалов из них, как их низкая водостойкость. Кроме того, гипсовым растворам присуща малая морозостойкость.

На кафедре технологии вяжущих веществ и бетонов МГСУ и в ГУП «НИИМосстрой» выполнены исследования и разработаны составы и технология композиционных гипсовых вяжущих (КГВ) /1/, а также модифицированных гипсовых штукатурных растворов, которые предназначены для оштукатуривания наружных стен зданий из бетона, в том числе ячеистого, из кирпича, гипсовых блоков, дерева.

Технология их производства основана на достижениях в области механо-химической активации материалов, позволяющей получать качественно новый уровень свойств материалов, ранее не достигаемый.

Новые растворы представляют собой гомогенную смесь любого гипсового вяжущего с фракционированным песком, органоминеральным модификатором специального состава и ряда добавок. Органоминеральный модификатор (ОММ) получают механохимической активацией (МХА) смеси из портландцемента, кремнеземистого компонента, супер(гипер)пластификатора, замедлителя схватывания, водоудерживающей добавки. МХА содействует повышению скорости и степени гидратации портландцемента и увеличению активности кремнеземистых компонентов, повышению реакционной способности трехкальциевого алюмината и других минералов, что способствует образованию этtringита в начальный период твердения. В дальнейшем исчезают условия образования этtringита ввиду израсходования алюминатных составляющих клинкера и резкого понижения концентрации гидроксида кальция за счет его связывания активированным кремнеземом. Это способствует образованию нового типа структуры, обеспечивающей высокие показатели свойств разработанных растворов.

Для получения модифицированного гипсового раствора использовали следующие материалы:

- гипсовое вяжущее марок Г-7 и Г-5;
- портландцемент М400 Д0;
- микрокремнезем;
- кварцевый песок;

- суперпластификатор С-3
- суперпластификатор на основе поликарбоксилатов;
- лигносульфонат технический;
- замедлитель схватывания – винная кислота;

На первом этапе исследований подбирали состав ОММ, который бы обеспечил требуемые характеристики раствору. Для проверки эффективности модификации готовили ОММ разных составов и смешивали с гипсовым вяжущим. Полученное вяжущее, названное модифицированным гипсовым вяжущим (МГВ), испытывали в соответствии с методами испытаний водостойких гипсовых вяжущих по ТУ 21-0284757-1-90 *Вяжущие гипсовые водостойкие*. Некоторые результаты испытаний модифицированного вяжущего приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытаний ОММ в модифицированном гипсовом вяжущем

Шифр состава	Содержание п/цемента в ОММ, % массы ОММ	Количество ОММ в модифицированном вяжущем, % массы вяжущего	Предел прочности при сжатии в 28 суточном возрасте хранения во влажных условиях, МПа*	Коэффициент размягчения в 28 суточном возрасте
ОММ на основе МК и молотого песка				
1	50	10	14,5/16,5	0,57/0,58
2	50	20	16,6/17,8	0,63/0,62
3	50	30	17,3/18,7	0,65/0,65
4	60	10	16,4/17,8	0,63/0,64
5	60	20	16,8/18,5	0,74/0,73
6	60	30	17,7/19,5	0,76/0,78
7	70	10	16,5/18,7	0,64/0,65
8	70	20	17,2/19,8	0,77/0,76
9	70	30	18,9/21,2	0,83/0,85

Примечания: * Над чертой – значения для МГВ на основе ГВ марки Г-5, под чертой – на основе ГВ марки Г-7

Исследования показали, что водостойкость МГВ зависит в основном от содержания портландцемента в ОММ и его расхода в МГВ.

Для получения штукатурных растворов приняты составы 8 и 9.

Растворы готовили путем смешивания гипсового вяжущего, кварцевого песка определенного зернового состава и ОММ. Смешивание вначале осуществлялось в сухом виде, а затем затворяли необходимым количеством воды для получения заданной подвижности.

Испытания полученных растворов проводили в соответствии с требованиями ГОСТ на методы испытаний цементных растворов.

В таблице 2 приведены некоторые результаты испытаний гипсовых растворов, модифицированных ОММ.

Таблица 2
Составы и свойства модифицированных гипсовых растворов (МГР)

Но- мер со- става	Состав рас- твор (ГВ:песок:О ММ)	Водоудер- живающая способ- ность, %	Прочность при изги- бе/сжати, МПа в воз- расте 28 сут	Морозо- стойкость, циклы	Прочность сцепления с основанием, МПа
1	1:1,5:0,2	0,97	4,5/17	125	0,6 – 0,8
2	1:1,5:0,3	0,98	4,8/21	140	0,65 – 0,87
3	1:0,5:0,2	0,96	4,3/20	110	0,66 -0,90
4	1:0,5:0,3	0,96	5,3/25	130	0,68 -0,95
5	1:1:0,2	0,98	4,9/19	145	0,66 -0,90
6	1:1:0,3	0,97	4,9/23	155	0,66 – 0,97

Как видно из приведенных данных растворы, модифицированные ОММ, имеют высокие показатели по прочности и морозостойкости. Водопоглощение МГР находится в пределах 7 – 11 % по массе в зависимости от состава и расхода ОММ.

Свойства модифицированного гипсового раствора определяются теми же факторами, что и растворов на портландцементе. Однако у него есть свои особенности, обусловленные свойствами модифицированного вяжущего и структурой затвердевшего камня и раствора. Прочность растворов зависит от состава и, в частности, от В/Вяж отношения и соотношения песок : вяжущее. При В/Вяж, равном нормальной густоте теста из МГВ, прочность раствора близка к линейной. При более высоком значении В/Вяж отношения зависимость прочности от соотношения П : Вяж приобрела степенной характер.

Исследование структуры камня из затвердевшего вяжущего и раствора показали, что каркас первоначальной структуры образуют кристаллы дигидрата сульфата кальция, образующиеся сразу после затворения водой вяжущего, и этtringит, который также образуется на ранней стадии твердения, что подтверждается данными РФА и ДТА, при длительном твердении в разной степени, в зависимости от состава, защищаются стабильными новообразованиями, полученными в результате гидратации активированного портландцемента и реакций между продуктами его гидратации и тонкодисперсным кремнеземом. Одновременно, со снижением концентрации гидроксида кальция, постепенно исчезают условия образования высокоосновных гидроалюминатов кальция и этtringита. На микрофотографиях структуры затвердевшего камня видно, что полости между кристалла-

ми дигидрата сульфата кальция постепенно по мере гидратации клинкерной составляющей заполняются мельчайшими частицами новообразований и ультрадисперсными частицами, входящими в состав ОММ. Это способствует увеличению контактов между кристаллами и повышению плотности. Плотность упаковки новообразований обеспечивается степенью гидратации портландцемента и их высокой дисперсностью, низким содержанием за счет пластификатора, адсорбированного на поверхности активированных частиц, коллоидно-химическими явлениями, обеспечивающими максимум контактов кристаллов дигидрата сульфата кальция, достигаемых правильным выбором компонентов. Все это способствует повышению прочности и долговечности затвердевшего вяжущего. Получение такой структуры может достигаться оптимальной дисперсностью и активностью компонентов, благодаря их механохимической активации на стадии приготовления композиций. Это обеспечивает долговечность затвердевшего камня и повышает эффективность использования клинкерной составляющей; предопределяет низкую пористость, высокую прочность и водостойкость бетонов и растворов на их основе.

Растворы из модифицированных гипсовых смесей с успехом могут применяться для оштукатуривания наружных стен из гипсовых, ячеистых блоков, из тяжелого и легкого бетонов, из кирпича, дерева. Штукатурка из таких растворов обладает повышенной жаростойкостью, гигиеничностью, экологической чистотой, архитектурной выразительностью. Нанесение штукатурного раствора может быть ручным или механизированным способами.

Как показали исследования для производства модифицированных гипсовых штукатурных смесей можно применять следующие компоненты:

- *гипсовые вяжущие* марок Г-4 – Г-7 по ГОСТ 125;
- песок кварцевый по ГОСТ 2138;
- порошок минеральный для асфальтобетонных смесей по ГОСТ 16557
- песок перлитовый вспученный по ГОСТ 10832 - в составах облегченных и теплоизоляционных штукатурных смесей;
- песок вспученный вермикулитовый;
-

Для направленного регулирования свойств модифицированных гипсовых смесей рекомендуется применять различные добавки, которые вводятся либо в ОММ при его приготовлении, либо при приготовлении сухой смеси или раствора:

- вододерживающие добавки - на основе простых или сложных эфиров целлюлозы;
- воздухововлекающие добавки (анионоактивные ПАВ, сульфонат олефина);

- пластифицирующие добавки (нафталин-формальдегидные, например С-3, меламин-формальдегидные, поликарбоксилатные;
- редисперсионные полимерные порошки различного назначения;
- регуляторы сроков схватывания гипсового вяжущего (лимонная кислота, цитрат натрия, винная кислота, полифосфаты, белковые гидролизаты, смесь лигносульфонатов и др.).

Для растворов на гипсовых вяжущих большое значение имеет правильный выбор добавок, регулирующих сроки схватывания. При этом необходимо учитывать не только характеристики исходного гипсового вяжущего, но и показатели РН среды приготовленного гипсового раствора.

Так, для нейтральной среды гипсового раствора эффективными замедлителями схватывания могут быть лимонная кислота; цитрат натрия; полифосфаты; белковые гидролизаты; клей КМЦ (натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы), лигносульфонаты.

Для гипсовых растворов со щелочной средой, каким является МГР эффективными замедлителями схватывания являются винная кислота и ее сочетания с другими веществами. Чтобы достичь требуемого замедления схватывания гипсового раствора целесообразно использовать комплексные добавки. При выборе замедлителей схватывания следует учитывать такой показатель, как интервал между началом и концом схватывания, требования по которому различны в зависимости от области и условий применения раствора.

Модифицированные гипсовые растворы на с успехом могут применяться для отделки фасадов и интерьеров в виде декоративной штукатурки поверхностей, особенно цветные штукатурки, выполняемые из растворов, приготовленных с применением пигментов и наполнителей разной крупности. Отделка цветным раствором позволяет разнообразить цветовое решение фасадов, имитировать более дорогие виды отделки, например облицовку природным камнем.

Эти смеси, кроме ГВ, ОММ включают соответствующий пигмент, кварцевый или мраморный песок. Штукатурки из таких растворов могут имитировать осадочные породы: песчаник, травертин и др.

Применение модифицированных гипсовых штукатурных растворов для наружной отделки – это еще один шаг к повышению производительности труда при производстве отделочных работ, их высокому качеству, повышению эстетических и эксплуатационных характеристик отделки.

Литература

Коровяков В.Ф. Теоретические основы создания композиционных вяжущих. "Цемент. Бетон. Сухие строительные смеси", № 6, 2009 (Международное аналитическое обозрение)

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ РАЗЖИЖИТЕЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГИПСОКАРТОНА

Маурицио Беллотто, Bozzetto Group

1. Введение

Принцип производства гипсокартона включает в себя подготовку «бутерброда», состоящего из гипсового сердечника, покрытого с обеих сторон картоном. Предшественник гипсокартона был изобретен в 1894 году в США Августином Сакеттом, а в середине XX столетия началось его распространение по всему миру. И хотя принципы, лежащие в основе производства гипсокартона, несложные: обжиг гипсового камня для получения штукатурного гипса - полугидрата - и его последующая гидратация для образования гипса, сам производственный процесс достаточно сложен и требует детальной оптимизации на всех этапах. В данной работе мы коснемся только второго этапа производства - гидратации, а именно, повторного увлажнения полугидрата, расположенного между двумя листами картона, для получения листов гипсокартона.

2. Комплексный состав гипсовой смеси.

Непосредственная причина превращения полугидрата в гипс путем гидратации лежит в различном коэффициенте растворения двух материалов, как показано на рис. 1.

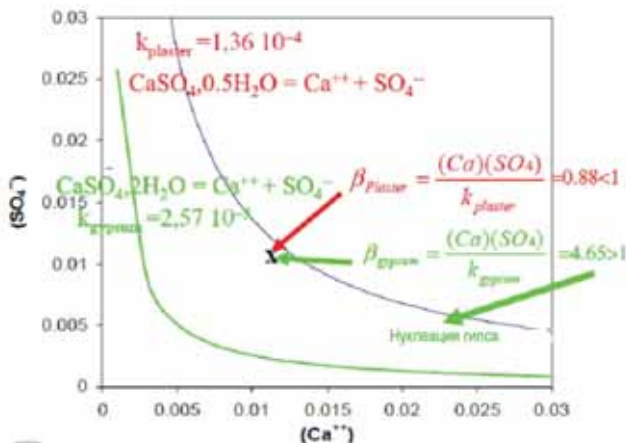


Рис. 1. Термодинамика гидратации полугидрата

При контакте воды со штукатурным гипсом, раствор становится несколько недонасыщенным по отношению к полугидрату и чрезмерно насыщенным по отношению к гипсу, положение точки X зависит от частоты образования зародышей кристаллизации гипса.

Эта простая схема усложняется технологическими требованиями:

- Для ограничения длины производственной линии необходимо быстрое затвердение,
- Необходим хороший контакт картона и сердечника, что требует управляемого расчёта времени для первоначального затвердевания -- не слишком раннего начала работы мешателя, но и не слишком позднего, которое бы помешало нормальному росту кристаллов вдоль транспортера,
- Требуется ограниченный объем добавляемой воды для того, чтобы получить правильную текучесть суспензии,
- Хорошая сопротивляемость кальцинированию помогает предотвращать пересушку в сушильной установке,
- Необходима низкая плотность вещества для того, чтобы уменьшить удельный вес плиты без ухудшения её механических свойств,
- Для изменения устойчивости к атмосферным воздействиям и механическим свойствам иногда добавляют гидрофобные добавки и/или волокна.

Для того, чтобы выполнить все эти требования, необходимо использовать некоторые химические добавки для управления различными свойствами материала гипсокартона. Основными химическими добавками являются:

- Для управления временем затвердевания: ускоряющие добавки и добавки для замедления процесса схватывания,
- Крахмал для защиты кристаллов гипса от пересыхания и для улучшения соединения картона и сердечника,
- Ортоборная кислота для изменения формы кристаллов на поверхности и кромках с целью увеличения жесткости и уменьшения проседания,
- Кремнийсодержащие или воскодержащие добавки для придания водостойкости,
- Целлюлозные полимеры или стекловолкна для улучшения механических свойств,
- Порофоры для уменьшения плотности гипсового сердечника,
- Разжижители для уменьшения объема воды, необходимой для достижения желаемой текучести суспензии.

Все эти добавки взаимодействуют друг с другом, и изменение одного из компонентов оказывает большое влияние на параметры обработки,

которые необходимо настроить для того, чтобы получить наибольшую пользу от всех усовершенствований технологического процесса.

3. Оптимизация разжижителей.

Наиболее эффективный разжижитель, которые можно приобрести в настоящее время -- это «Ca-NSF», химическая формула которого представлена на рис. 2.

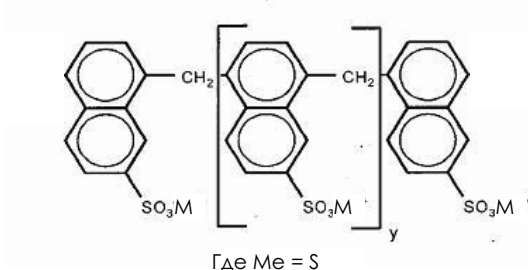


Рис. 2. Структурная формула «Ca-NSF»

Он является более эффективным, чем традиционные разжижители, основанные на лигносульфонате (LNS), и одинаково воздействует на гипс различного происхождения, как природный, так и синтетический. Эффективность диспергирования «Ca-NSF» по сравнению с лигносульфонатом показана на рис. 3.

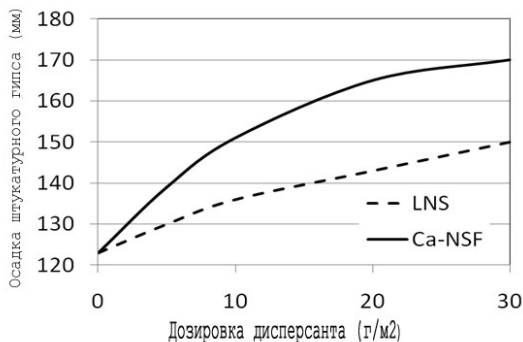


Рис. 3. Потребление гипсового дисперсанта

Кроме уменьшения дозы добавки при равной консистенции, применение «Ca-NSF» имеет несколько преимуществ: оно позволяет получить более низкий коэффициент отношения воды к гипсу, чем при использовании лигносульфоната; оно не дает такое замедление схватывания, какое получается с лигносульфанатом; и оно оказывает

меньшее влияние на форму кристаллов гипса, имея, таким образом, меньшее воздействие на соединение картона с сердечником. Однако для получения пользы от этих преимуществ, в ходе производственного процесса необходимо распознавать и учитывать их действие.

а) Меньшее замедление схватывания.

Учитывать этот параметр достаточно просто. Необходимо соответствующим образом сократить количество ускоряющей добавки, как сульфата калия, так и измельченного в шаровой мельнице гипса. Доза ускоряющей добавки обычно составляет около 30%, вдобавок к гашению всего объема железного купороса, в результате добавленного с целью увеличения связи картона и гипсового сердечника.

Более низкое схватывание, получаемое при использовании «Ca-NSF», позволяет увеличить скорость поточной линии производства. Конечно, увеличение скорости производства требует корректировки рабочих параметров сушилки плит.

б) Более низкий коэффициент отношения воды к гипсу.

Уменьшение отношения воды к гипсу, которое находится в диапазоне от 0,68-0,70 к 0,60-0,63, определяет снижение объемов суспензии, которое должно быть компенсировано увеличением объема пор. Рабочие параметры сушилки плит должны вначале оставаться постоянными, и оптимизироваться позже, когда работа производственной линии станет стабильной. Соединение картона и гипсового сердечника останется хорошим, а со временем улучшится благодаря изменению формы и размеров кристаллов, как это будет описано ниже. В обычных условиях нет необходимости изменять дозировку крахмала для предотвращения пересыхания.

с) Форма и размеры кристаллов.

Присутствие любого дисперсанта влияет на форму кристаллов и их размеры, как это показано на рис. 4.

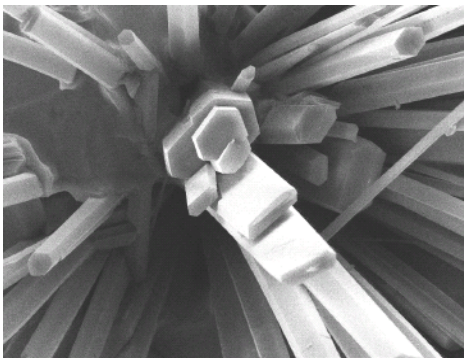


Рис. 4 а.

Кристаллы гипса,
выросшие в маточном
растворе

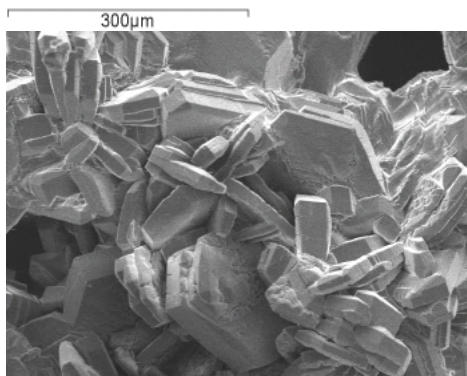


Рис. 4 б.

Кристаллы гипса,
выросшие при добавлении
лигносульфоната

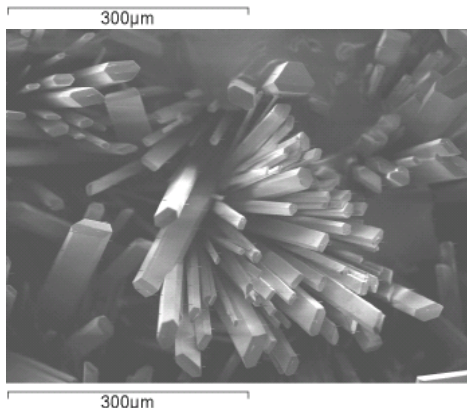


Рис. 4 с.

Кристаллы гипса,
выросшие при добавлении
«Ca-NSF».

В любом случае, присутствие «Ca-NFS» сохраняет характерную игольчатую форму кристаллов, которая нарушается лигносульфонатом. Это свойство помогает сохранить хорошую связь картона с гипсовым сердечником, поскольку кристаллы игольчатой формы сцепляются с волокнами картона, выступающими из склеивающей прослойки картона, повышая механическую прочность соединения картона и гипсового сердечника.

4. Выбор оптимального продукта.

«Ca-NSF» является полимером, получаемым в результате групповой реакции поликонденсации. Он может быть произведен с различной степенью полимеризации (величина Y в структурной формуле на рис.2), а использование различных полимеров приводит к получению различных свойств. У хорошего диспенсанта должна быть высокая степень полимеризации, обычно около 200. С помощью изменений, вносимых в процесс поликонденсации, возможно получение более высокой молекулярной массы с одновременным сохранением отсутствия

ответвлений в полимерной цепи. Такая продукция демонстрирует лучшую эффективность диспергирования при использовании большей дозы, чего обычно требуется достичь при эксплуатации поточной производственной линии гипсокартона на максимальной скорости. Сравнение двух видов «Ca-NSF» дано на рис. 5.

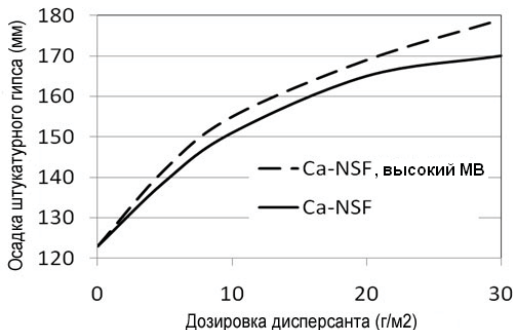


Рис. 5. Потребление гипсового дисперсанта

Таким образом, «Ca-NSF» является общим названием серии продуктов, которые можно выбрать в соответствии со специфическими требованиями конкретного производства.

Очень важным дополнением является возможность производства продукции, которая не содержит непрореагировавшего формальдегида. Наличие свободного формальдегида в полимерном растворе обычно находится на очень низком уровне, менее 300 промилле, однако на производственных линиях, на которых очень ограничена, либо отсутствует кратность воздухообмена, уровень формальдегида в рабочей окружающей среде может вырасти до величины, которая будет причинять неудобства. Для того чтобы справиться с этой ситуацией, существует возможность производить продукцию, которая не содержит свободный формальдегид в объеме, который можно выявить. Плиты, произведенные с такой добавкой, не будут содержать какого-либо вида формальдегида и представлять какую-либо опасность для окружающей среды в помещениях.

5. Выбор порофоры.

Порофора занимает одну из важных ролей в производстве гипсокартона, и её выбор должен соответствовать используемому дисперсанту. Эти два вещества должны сочетаться друг с другом и обеспечивать правильное количество и распределение воздуха в продукте. Воздух добавляется для того, чтобы уменьшить количество гипса, необходимое для заполнения пространства между листами картона, как показано на рис. 6.



Рис. 6. Передняя сторона линии по производству гипсокартона

Это уменьшает вес законченной плиты, что делает её удобной для транспортировки и установки. Однако уменьшение веса не должно нарушить механическую прочность и качество сцепления с картоном. Поэтому порофора должна быть стабильной, она не должна перемещаться на поверхность, и должна состоять из основной массы небольших пузырьков, с малым числом больших пузырьков, однородно распределенных в гипсовом сердечнике. Эти большие пузырьки полезны для уменьшения веса продукции, но они должны располагаться на достаточном расстоянии друг от друга для того, чтобы не взаимодействовать между собой и не уменьшить механическую прочность, как показано на рис. 7.



Рис. 7 Пеноструктура

6. Заключение

Производство гипсокартона является сложным процессом, требующим большого количества составляющих, которые взаимодействуют между собой и которые должны быть хорошо сбалансированы для получения желаемого результата. Изменение одного из компонентов без понимания его взаимодействия со всеми другими может привести к катастрофическим последствиям, в то время как с помощью применения добавок можно достичь оптимальных свойств продукции, если учитывать влияние каждой из них на всю систему.

КОМПЛЕКСНЫЕ ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРЫ ДЛЯ ГИПСА

В.А. Долгорев, институт «Дубна»

В настоящее время при производстве гипсовых материалов и изделий проявляется большой интерес к промышленному использованию гиперпластификаторов (ГП). Эти органические полиэфиры с характерными функциональными карбоксильными группами, химическую основу которых составляют звенья акриловой и метакриловой кислоты [1,2], позволяют снижать водопотребление гипсовых суспензий до 30-50%, что является весьма выгодным для понижения энергоемкости получаемых изделий.

Оптимизация химической структуры при конструировании поликарбоксилатов за счет применения нанотехнологий («сборки» молекул заданного строения) обеспечивает максимальное использование всего вводимого в процессе приготовления гипсобетона пластификатора, что заметно снижает его дозировку и более плотно упаковывает частицы гидратированного вяжущего.

Промышленность строительных материалов буквально заполнена поликарбоксилатами производства целого ряда зарубежных фирм: «BASF», «Sika», «Stachema» и другими.

Следует отметить несколько особенностей поставляемых гиперпластификаторов, как правило, разнообразных по строению поликарбоксилатов натрия:

- все они целенаправленно созданы и адаптированы для применения в бетонах на цементной основе,
- при использовании их в производстве гипсовых материалов они требуют проведения дополнительных исследований по гармонизации этих соединений к гипсу, часто с учетом генезиса сырьевого материала,
- цены на них достаточно высоки (до 10 евро за килограмм по сухому веществу).

Были проведены сравнительные исследования поликарбоксилатов: групп «Glenium» и «Melflux» немецкой фирмы «BASF», групп «Sika ViskoCrete» швейцарской фирмы «Sika», групп «Stachement» чешских производителей, «FOX-8H» китайских и «ГП-1» белорусской фирмы. При этом оценивалось их влияние на пластификацию гипсового теста, прочность получаемого материала. Результаты исследований представлены на диаграмме (рис. 1).

Несмотря на различие обоснований, теории действия поликарбоксилатов при создании легкоподвижных суспензий, нельзя отрицать главного: образования промежуточных комплексных соединений

ионов кальция с поликарбоксилатами, играющими роль двойного электрического слоя и формирования через него кристаллических новообразований [5].

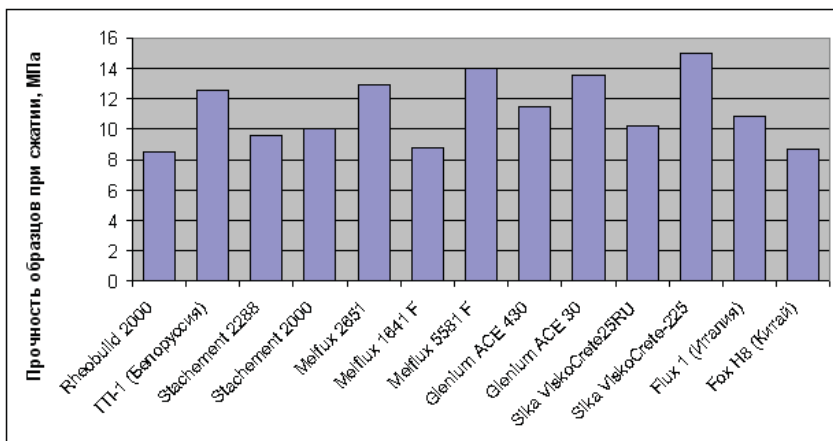


Рис. 1. Прочностные характеристики гипсовых образцов при использовании различных пластифицирующих добавок.

Установлено, что пластифицирующий эффект и улучшение качества новообразований при этом проявляются при образовании двойного электрического слоя на поверхности вяжущих частиц при адсорбции поликарбоксилатных анионов. Известно [6], что в начале гидратации поверхность вяжущего имеет отрицательный заряд за счет выхода ионов кальция при гидратации с поверхности зерен вяжущего.

Положительно заряженные ионы кальция в водной суспензии образуют первичный абсорбционный слой, с которым в свою очередь взаимодействуют анионные части поликарбоксилата и поверхность частицы вяжущего приобретает отрицательный электрический заряд. При образовании двойного электрического слоя поверхностный электрический заряд компенсируется ионами кальция жидкой фазы, которые образуют внешний слой, состоящий из анионов органического соединения [3].

Изучение поликарбоксилатов в гипсовых системах показали, что для их успешного применения необходимо прежде всего модифицировать их для усиления процессов структурирования воды, используемой для гидратации гипсовых вяжущих, регулирования темпов твердения и начала схватывания гипсового теста и уменьшения или усиления поризации получаемого материала.

Нами проведены исследования по возможности разработки двух видов комплексных гиперпластификаторов, на основе поликарбоксилатов, в жидком и сухом виде, в зависимости от требований и возможностей дозирующих устройств в производствах. С этой целью были выбраны химические соединения, которые достаточно легко гармонируются с используемым гипсовым вяжущим. В качестве гипсового вяжущего брали строительный гипс Пешеланского и Хабезкого гипсовых заводов, а также высокопрочное гипсовое вяжущее Самарского гипсового комбината.

Сроки начала схватывания гипсовых суспензий на основе низкомарочного гипсового вяжущего имеют принципиальное значение, поскольку в случае исходного низкомарочного гипсового вяжущего отличающегося быстрыми сроками начала схватывания (в пределах 2-5 мин), поэтому весьма важно затормозить процессы лавинообразной кристаллизации в суспензии.

Для оптимизации и гармонизации состава сухого комплексного гиперпластификатора КД-1, а также жидкого комплексного гиперпластификатора «КД-2» использовали метод дробного многофакторного эксперимента Плакетта и Бермана.

Принимались во внимание следующие свойства исследуемого материала:

- предел прочности на сжатие высушенного материала до постоянной массы, МПа;
- сроки начала схватывания, мин;
- растекаемость суспензии, см;
- суммарная стоимость компонентов добавки, руб/кг

При разработке и исследовании новых материалов, требовалось найти совокупность факторов, влияющих на свойства получаемого продукта, а также совокупность параметров, характеризующих эти свойства. При этом необходимо было ограничить область допустимых значений указанных влияющих факторов. Следует заметить, что обычно параметры, характеризующие качество продукта, имеют разную значимость и часто предъявляют противоречивые требования к значениям влияющих факторов. Например, добываясь оптимального значения одной из характеристик качества продукта, мы одновременно ухудшаем показатели другой характеристики [4]. Поскольку находить же оптимум можно одновременно лишь по одному из критериев, то поступали следующим образом: выбирали из имеющейся совокупности свойств системы наиболее важное, а остальные свойства переводили в разряд ограничений. Другими словами, оптимизация системы проводится по главному критерию с параллельной проверкой того, чтобы остальные характеристики продукта не выходили за рамки допустимых значений.

Результаты сопоставительных исследований (рис. 2) показали высокую эффективность разработанных КД-1 и КД-2.

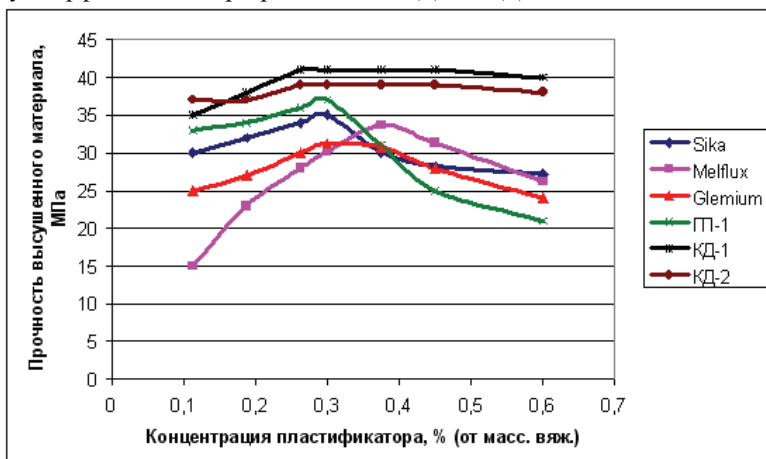


Рис. 2. Зависимость прочности полученного гипсового материала от концентрации комплексной гиперпластификатора КД-1 и КД-2, а также сравниваемых пластификаторов от концентрации в гипсовой суспензии в присутствии модификатора, при В/Г =0,35

Как следует из приведенных данных на рис.2 характер зависимости для всех поликарбоксилатов носит экстремальный характер. По мере увеличения концентрации поликарбоксилатов прочность материала возрастает и достигает своего наибольшего значения при концентрации в интервале 0,3-0,4%. Значения предельных величин по прочности свидетельствует о том, что для достижения наибольшей максимальной значения прочности материала достаточно иметь в гипсовой суспензии небольшие концентрации поликарбоксилатов.

На основании проведенных исследований нами разработан комплексный гиперпластификатор «КД-1», который применен для изготовления сухих строительных смесей для самонивелирующегося пола с использованием низкомарочного Пешеланского и Хабезского гипсовых вяжущих, а также комплексный гиперпластификатор КД-2 - для получения архитектурно-строительных изделий с использованием вяжущего марки Г-16 Самарского гипсового завода. Результаты испытаний приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Технические данные сухой строительной смеси, полученные с применением КД-1

Цвет	светло-белый
Толщина слоя, мм	от 5 до 20
Температура основания (при нанесении), °С	от + 5
Начало схватывания от затворения, мин.	не ранее 40
Насыпной вес, кг/м ³	1090
Остаток на сите 0,2 мм, %	не более 35
Выход раствора из 1 кг сухой смеси, л	0,65
Водно-смесевое соотношение вода/смесь	0,35-0,400 : 1
Расход сухой смеси при толщине слоя 10 мм, кг/м ²	19,3
Прочность на сжатие, МПа	не менее 23,0
Прочность на сжатие через 2 часа	не менее 8,0
Прочность на изгиб, МПа	не менее 5,0
Плотность, кг/м ³	1710-2000
Адгезия к бетону (огрунтованному), МПа	не менее 1,0
Растекаемость по Сутторду, мм	260-300

Таблица 2

Результаты испытаний комплексного гиперпластификатора «КД-2»

В/Т (водо- твердое отноше- ние	Сроки, мин		Расплав по Сутторду, мм	Прочность через 28 суток, МПа		Водо- погло- щение, %
	начало	конец		Изгиб	Сжатие	
0,2	15	30	200	16	57	2,4
0,2	17	32	200	18	60	2,0
0,3	20	40	200	16	56	2,5
0,3	20	40	200	16	58	2,6
0,3	25	40	220	17	59	2,4
0,2	15	20	210	25	82	1,1
0,18	10	16	190	25	96	0,8
0,19	10	14	150	30	94	0,9
ГП-1 0,25	6,0	12	175	10,5	38,9	2,9

Таким образом, полученные результаты работы показывают на возможность экспериментальной разработки комплексных гиперпластификаторов, которые по своей эффективности и экономической целесообразности превосходят известные технические решения.

Литература

1. D. Hamada [et. al.] Development of New Superplasticizer Providing Ultimate Workability , ACI. - October 1, 2006. -P. 31-50.
2. K. Yamada , Effects of chemical structure on the properties of polycarboxylate-type superplastifizer, K.Yamada, Cement and Concrete Research/-2000.- №30,- p. 197-207
3. В.Р. Фаликман Поликарбоксилаты: вчера, сегодня, завтра «Современные бетоны»: сб. трудов IX Международной научно практ. конф., Запорожье, 1-3 июня 2007г ООО «Будиндустрия ЛТД»; общ. ред. А.В. Ушеров- Маршак- Запорожье, 2007,- с. 72-77.
4. Ю.Д. Чистов, А.С. Тарасов «Элементы нанотехнологии в производстве бетонов на основе минеральных вяжущих веществ» Ж. Строительные материалы оборудование и технологии XXI века, №3, 2007г, 69-71
5. Н.П. Блещик, Н.Н. Калиновская «Модификаторы бетона нового поколения», Ж..Строительная наука и техника, 1,2006г. с.30.
6. Е.Е.Сегалова, П.А. Ребиндер Современные физико-химические представления о процессах твердения минеральных вяжущих веществ, Строительные материалы.- 1960.- № 1.- С. 21 – 26.

ДОБАВКИ, УЛУЧШАЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИПСА И ГИПСОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

М. Майер, АВЕБЕ (Голландия)

Эфиры крахмалов уже широко известны и применяются для получения более длительного времени работы с гипсовыми штукатурками. Компания АВЕБЕ является лидером в области различных деривативов крахмала и производит инновационные продукты для придания сухим строительным смесям на основе гипса и цемента новых или улучшенных функциональных свойств. АВЕБЕ предлагает решения для штукатурок ручного и машинного нанесения, финишных шпатлевок, затирок, клеев для ППП и ГКЛ. Требования для каждой из упомянутых областей применения обсуждаются. В докладе объясняется, какие добавки должны быть использованы для достижения необходимых требований в России.

Для загущения толстослойной штукатурки разработчик рецептуры должен учитывать качество гипса, а также способ нанесения материала на стену. Для штукатурки ручного нанесения на основе нейтрального гипса наиболее эффективен OPAGEL GPX, в то время как в штукатурке на основе гипса с щелочным рН наиболее эффективен OPAGEL CMT. CASUCOL 301 работает хорошо в нейтральном и щелочном гипсе.

То же справедливо и для штукатурки ручного нанесения, где OPAGEL FP6 наиболее эффективен. В целом, можно сказать, что для штукатурки машинного нанесения эфир крахмала должен иметь более мелкий размер частиц. Дозировка эфира крахмала очень низкая – между 0,02 и 0,1% (от веса смеси) для ручной штукатурки и 0,03 и 0,15% для штукатурки машинного нанесения. Наряду с загущением эфир крахмала должен обеспечивать противосползающие свойства, увеличивать время работы, улучшать технологичность и, не в последнюю очередь, улучшать качество поверхности.

Для финишных шпатлевок свойства легкого нанесения, отсутствие пыления и липкости к инструменту чрезвычайно важны. АВЕБЕ разработало специальные продукты: COLLE 200 FE2 (обеспыливатель) и ADDILOSE D5NP (снижение липкости) для получения данных свойств.

Затирки для заполнения швов, например, гипсокартонных листов не должны иметь усадки при высыхании. В большинстве случаев дополнительно используется бумажная или текстильная лента для предотвращения трещинообразования и получения ровной поверхности. OPAGEL C1 и SOLVITOSE 17 S усиливают адгезию к таким лентам.

Опять же загущение (SOLVITOSE FC 50), снятие липкости к инструменту (ADDILOSE D5 NP) и легкое нанесение (SOLVITOSE ZPF, OPAGEL C1) являются базовыми.

Клей для ГКЛ – быстрый и легкий способ для фиксации гипсокартона на стене. Не требуется никакого дополнительного каркаса. Достаточно точно нанести клей на лист. Загущение обеспечивается SOLVITOSE FC 50. Для повышения адгезии к сложным поверхностям, например, полистиролу, используется SOLVITOSE 17S.

Широко используется и клей для монтажа ПГП. В качестве загустителя используется SOLVITOSE FC 50. Время схватывания может регулироваться с помощью COLLE 200 FE2. Для снятия липкости к инструменту и повышения водоудержания используется ADDILOSE D5 NP. Разработка рецептур конечных продуктов является само по себе искусством. AVEBE затратило много времени для разработки подобного know-how внутри компании. AVEBE решило начать разработку концепции премиксов в 1995 для тех компаний, которые не имеют достаточно времени для разработки новых составов. Премикс содержит добавки, и потребителю необходимо только добавить их в минеральную часть.

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АКТИВАЦИИ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ГИПСОВЫЕ

Шамис Е.Е., Иванов В.Д., Технический университет Молдовы, Solid Stone International (USA)

Формовочные смеси для производства строительных изделий обычно включают вяжущее (гипс, цемент, их композиции) в большем количестве, чем требуется для получения материалов заданной прочности. Это напрямую связано с особенностями существующих технологий их изготовления. Немало сложностей возникает при перемешивании вяжущего и воды с инертными заполнителями, причём изделия на гипсовых вяжущих в большинстве производятся вообще без заполнителей. Проблемы возникают также в связи с использованием избыточного количества качественной пресной воды, значительными энергетическими и трудовыми затратами.

Изложенное определило концептуальный подход авторов к проблеме - активация компонентов формовочных смесей путём воздействия на них физическими методами до и во время смешивания их. При этом, по мере необходимости, могут использоваться корректирующие добавки.

Нами разрабатывались принципиально новые решения по активации вяжущего, мелких заполнителей, воды, в том числе морской. Кроме того, из состава смесей исключались крупные заполнители.

Гидратированные и негидратированные в процессе производства смеси частицы можно квалифицировать как «микробетон», считая, что «заполнителями» в нём служат негидратировавшие остатки частиц вяжущих - ядра, а самим вяжущим являются окаймляющие их менее плотные реакционные каёмки, состоящие из новообразований, постепенно упрочняющиеся с течением времени [1].

Известны предложения по активации вяжущего с помощью кавитации, что изложено в работе [4]. Идея применения кавитации, как физического метода активации формовочных смесей, представляется интересной [3]. Если удастся реализовать заданный режим управляемой кавитации в смесителе, то тогда можно будет снизить расход вяжущего, сократить время набора распалубочной прочности, исключить термообработку.

Кавитация – недостаточно изученный, сложный физический процесс. Образующиеся в потоке жидкости микропузырьки, зародышами которых могут быть пузырьки воздуха, твёрдые частицы, в частности гидратирующегося вяжущего, «схлопываются» при высоком внутреннем давлении до 1000 атм и более, а также повышенной температуре. При этом частицы вяжущего раздавливаются, и вода проникает внутрь. Таким

образом, гидратация вяжущего происходит практически на молекулярном уровне [3].

Исследования по эффективному применению в бетонах активированного песка, в том числе барханного, выполненные А.В. Волженским, были продолжены в МГСУ [2] и показали приемлемые результаты.

Изделия из песчаных бетонов на 10...15% легче изделий из бетонов, что позволяет сократить расход арматурной стали. Песчаные бетоны однородны и обладают повышенной призмочной прочностью по сравнению с бетоном со щебнем, что отражается соответствующими коэффициентами в расчёте несущей способности конструкций. При одинаковой марке песчаные бетоны отличаются более высокой несущей способностью.

В 1947-48 годах А.В. Волженским были проведены эксперименты по изготовлению песчаных бетонов из компонентов, смешанных в бегунах. Была доказана возможность изготовления песчаных бетонов марки 200 при расходе цемента марки 300 в количестве 380...400 кг на 1 м² и В/Ц=0,6. Прочность образцов через сутки твердения превышала прочность образцов обычного изготовления в 3...4 раза, через 28 суток – в 1.6 раза (11.8 и 19.6 МПа).

Контрольный бетон с гранитным щебнем, изготовленный с расходом цемента 403кг/м², при В/Ц=0.48, через 28 суток имел прочность в 17 МПа, то есть на 15% пониженную в сравнении с песчаным бетоном, изготовленным из «бегунной» формовочной смеси.

Пресная вода, которая применяется в формовочных смесях, на сегодня уже является дефицитом. Было бы разумным заменить её морской. Такие примеры есть [5], но нами избран несколько иные способы реализации замысла.

Разработки в этом направлении воплотились в пяти технологических системах, базирующихся на технологиях, в которых основные процессы протекают на молекулярном уровне, то есть речь пойдёт о нанотехнологиях. Подобные идеи высказывались, в частности, в работе [6].

Основным элементом технологии является смеситель для непрерывного перемешивания и активации цемента с водой. Изготовленную таким образом строительную смесь можно поризовать и напрямую укладывать в формы. Можно также готовить более плотную и прочную смесь, а в отдельном агрегате перемешивать её с активированным мелким заполнителем, получая материал для соответствующих изделий. В итоге в данном смесителе производится активация смеси на наноуровне.

Предлагаются следующие технологические системы:

- для изготовления изделий, применяемых в наружных и внутренних стенах, из лёгких ячеистых и плотных смесей на быстротвердеющих материалах на основе гипса и его композиций;
- для изготовления аналогичных изделий из ячеистых смесей на портландцементе, причём с ускорением технологических процессов и исключением термообработки;
- то же, но с использованием воды, содержащей повышенное количество минеральных солей, в том числе морской;
- для изготовления несущих сборных и монолитных элементов зданий и сооружений из песчаных бетонов на портландцементе с резким ускорением технологических процессов;
- то же, но с использованием воды, содержащей повышенное количество минеральных солей, включая морскую.

Эффективность предлагаемого комплекса технологических систем определяется использованием в них следующих инновационных разработок:

- активация физическими методами компонентов формовочных смесей, на молекулярном уровне, причём все эти технологические процессы осуществляются на одном оборудовании;
- на одной технологической линии можно использовать различные минеральные вяжущие и их композиции;
- применение воды с повышенным по сравнению с действующими нормами содержанием минеральных солей, включая морскую воду;
- полное использование прочностных свойств минеральных вяжущих веществ за счёт активной гидратации слипающихся частиц при воздействии кавитационных импульсов;
- резкое сокращение энергетических затрат в технологических процессах;
- возможность одновременного изготовления строительных изделий из плотных бетонов, причём только на песке, и из лёгких ячеистых бетонов, но без добавки пены или газообразующих добавок.

Данные инженерные предложения воплощены в конкретной конструкции унифицированного технологического модуля. В настоящее время модуль построен, ведутся испытания. Результаты смогут быть использованы для организации реинжиниринга соответствующих предприятий стройматериалов [7,8], что является основной целевой задачей наших исследований.

При этом реинжиниринг предприятия может осуществляться в несколько этапов. На первом из них в действующую технологию завода внедряется модуль – УТМ, с помощью которого в действующее смесительное оборудование поступит активированная смесь вяжущего. Далее процесс строится по прежней технологии. Затем будут реализованы и другие инновационные элементы технологии, скорректированы бизнес-

процессы, то есть смонтированы все составляющие реинжиниринга предприятия.

Литература

1. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона / И.Н. Ахвердов. - М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
2. Баженов Ю.М. Многокомпонентные мелкозернистые бетоны / Ю.М. Баженов // Строительные материалы, оборудование технологии XXI века. – 2001, - №10. – С. 24.
3. Болога М.К. Работает пустота / М.К. Болога, И.А. Шалобасов, Ю.Н. Пауков. – Кишинёв: Штиинца, 1985. – 45 с.
4. Гусев Б.В. Механизм кавитационной активации цемента / Б.В. Гусев, В.Ф. Юдаев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2003, -№6. – С. 24-25.
5. Ферронская А.В. Долговечность конструкций из бетона и железобетона. Учебное пособие / А.В. Ферронская. - М.: Изд-во АСВ, 2006. – 336 с.
6. Чистов Ю.Д. Приёмы нанотехнологий в производстве фосфогипсобетона / Ю.Д. Чистов, А.С. Тарасов // Материалы III Всероссийского семинара с международным участием ”Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов”: сб. Под научн. ред. А.В. Ферронской. – Тула: Рос. гипс. ассоциация, 2006. – С. 145-149.
7. Шамис Е.Е. Реформирование производства стройматериалов на основе системного реинжиниринга предприятий / Е.Е. Шамис // Строительные материалы. – 2008, - №5. – С. 36-38.
8. Шамис Е.Е. Технологический реинжиниринг – направление развития и совершенствования предприятий стройматериалов / Е.Е. Шамис // Строительные материалы. – 2009, - №8. – С. 96-97.

РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН – ПРИМЕР ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В ГИПСОВУЮ ОТРАСЛЬ

Садыков Р.К., Сенаторов П.П., Власова Р.Г., ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»,
Кантюков Р.Р., ООО «Таттрансгаз»

Гипс - один из самых древних строительных материалов – стал широко применяться за тысячи лет до новой эры. Производство строительного гипса и изделий на его основе, соответствуя темпам развития строительства, во всем мире, включая и нашу страну, росло последовательно и относительно равномерно. Впервые спрос на гипс скачкообразно увеличился в связи с началом массового производства портландцемента, требующего добавок, корректирующие сроки схватывания. Следующий скачок спроса в недавнем прошлом вызвали организация и развитие производств гипсокартона и разнообразных сухих строительных смесей.

Эти производства с некоторым запозданием, а потому особенно бурно, развиваются и в России. Так, например, выпуск гипсокартона (по условной толщине 10 мм) вырос в нашей стране с 12,1 тыс. м² в 1995 году до 226,0 тыс. м² в 2007 году или почти в 20 раз. Увеличению производства гипсовой продукции в определенной степени способствует и рост цен на нее, вызываемый, помимо многих прочих причин, повышенным потребительским спросом. Так, среднероссийская цена того же гипсокартона только с января 2000 по декабрь 2009 года более чем удвоилась (с 20,38 до 45,55 руб./м²).

Бурный рост производства новых прогрессивных и высокоэффективных гипсовых материалов, вкуче с хотя и более медленным, но так же неуклонно растущим производством традиционных гипсовых материалов и изделий, определяет наблюдаемую в настоящее время чрезвычайно высокую инвестиционную привлекательность гипсовой отрасли в стране.

Республика Татарстан в силу особенностей геологического строения ее территории полностью лишена ресурсов рудного сырья и располагает лишь весьма ограниченным набором твердых полезных ископаемых, имеющих федеральное значение. Из них наиболее высокую промышленную ценность имеет гипс, запасы и прогнозные ресурсы которого обеспечивают масштабную добычу на длительный период эксплуатации.

Все промышленно ценные гипсовые объекты Татарстана территориально сближены и концентрируются на правом берегу р. Волги на территории Камско-Устьинского и Тетюшского муниципальных районов.

Балансом запасов полезных ископаемых РФ по состоянию на 1.01.2010 г. в распределенном фонде недр учитываются два месторождения гипса – Камско-Устьинское и Сюкеевское - с запасами промышленных

категорий (А+В+С₁) 56808 и 9738 тыс. т соответственно. Оба они расположены в Камско-Устьинском районе.

Камско-Устьинское месторождение обрабатывается еще с дореволюционных времен подземным способом (штольной). В настоящее время оно эксплуатируется ОАО «Камско-Устьинский гипсовый рудник». Пик добычи гипса на этом месторождении пришелся на семидесятые-восемидесятые годы прошлого века – ее годовой объем находился на уровне 700 тыс. тонн.

В советский период на этом фоне парадоксальным было практическое отсутствие гипсопереработки непосредственно в Татарстане. Прimitивный гипсовый завод, расположенный в приказанском поселке Аракчино, перерабатывал мизерную часть добытого на Камско-Устьинском руднике гипса, выпуская узкий ассортимент изделий на его основе (перегородки, сантехкабины и др.). Действующий на нефтедобывающем юго-востоке РТ Апсалимовский комбинат строительных конструкций и материалов работал на гипсе Максютковского месторождения, находящегося в сопредельной части Республики Башкортостан, имел незначительную производственную мощность по его переработке и выпускал аналогичный ассортимент продукции.

Главными потребителями камско-устьинского гипсового камня были приволжские предприятия промышленности строительных материалов, наиболее емкими - Новоульяновский, Сенгилеевский, Жигулевский и Вольские цементные заводы. Это позволяло перевозить основную часть гипса дешевым водным транспортом со склада у устья штольни без перевалки на железную дорогу. Гипс, также по воде, в заметных объемах экспортировался в Финляндию.

В период перехода к рыночной экономике Камско-Устьинский рудник, как и большинство других предприятий страны, пережил резкий спад производства и достаточно сложно прошедшую приватизацию, однако постепенно вышел из критической ситуации и почти восстановил дореформенный уровень годовой добычи, варьировавшей в 2005-2008 гг. на уровне 500-600 тыс. тонн. Лишь в кризисный 2009 год добыча гипса на руднике снова упала, причем почти вдвое – с 593,8 тыс. т в 2008 г. до 328,2 тыс. т.

Ситуация с переработкой гипса в РТ, в связи с недавним запуском гипсокартонного производства в п. Аракчино, улучшилась несущественно, однако все более явственной и реальной становится перспектива радикальных перемен в этой сфере промышленного производства.

Сюкеевское месторождение активно подготавливается к освоению ООО «Фоника Гипс». Предполагаемый объем добычи на нем составит в среднем около 400 тыс. т гипсового камня в год. Это же предприятие, ведущее стратегическую политику по развитию гипсовой отрасли в Татарстане, в июле 2010 года стало победителем конкурса на геологическое изучение, разведку и добычу гипса на Байматском участке, расположенном в

пределах Камско-Устьинского и Тетюшского районов. Прогнозные ресурсы гипса на этом участке, оцененные по категории P_2 , насчитывают около 85 млн т. Проектная мощность рудника составляет 1000 тыс. т гипсового камня в год. Основная часть добытого гипса будет использоваться на месте на проектируемом гипсоперерабатывающем предприятии.

Интенсификацию развития гипсовой отрасли обуславливают нацеленность инвестиционной политики Татарстана на создание комфортных условий для привлечения крупного капитала и исключительно благоприятная конъюнктура рынка. Наглядным результатом этого становится формирование в относительно слаборазвитой, лишенной крупных промышленных предприятий, Предволжской части республики нового промышленного кластера. В его состав, помимо действующего Камско-Устьинского рудника, войдут подземные рудники ООО «Фоника Гипс» на Сюкеевском месторождении и (в несколько более отдаленной перспективе) на Байматском участке, а также крупномасштабное производство высококачественной ликвидной продукции с повышенными потребительскими свойствами: обычных и влагостойких гипсокартонных листов различных типоразмеров, пазогребневых плит, сухих строительных смесей для разнообразных отделочных работ, устройства наливных полов и др. Проектируемые рудники и перерабатывающее предприятие предполагается оснастить самым современным горнодобычным и технологическим оборудованием, в т.ч. импортным.

Программой «Развитие и размещение производительных сил Республики Татарстан на основе кластерного подхода до 2020 года и на период до 2030 года», годовая потребность в гипсовом камне (с учетом его внешних продаж) оценивалась к 2015 году в 750 тыс. тонн. Учитывая предполагаемый резкий рост объемов внутриреспубликанской переработки гипса, можно ожидать, что эта цифра несколько скорректируется в сторону увеличения.

Рост добычи и организация переработки гипса в первую очередь будут способствовать интенсификации социально-экономического развития Камско-Устьинского и Тетюшского муниципальных районов за счет создания значительного числа новых рабочих мест, в т.ч. на высокооплачиваемых подземных работах, строительства комфортного жилья, учреждений соцкультбыта, развития энергетической и транспортной инфраструктуры, существенного роста налоговых поступлений в районные бюджеты. Кроме того, ООО «Фоника Гипс» приняло на себя дополнительные обязательства по реконструкции ряда объектов социальной сферы в зоне своей предпринимательской деятельности.

МЕНЕДЖМЕНТ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Цуркану Н.Г., Шамис Е.Е., Технический университет Молдовы,
Solid Stone International (USA)

Системный анализ проблемных ситуаций является ведущей методологией решений сложных задач бизнеса, промышленности, социально-экономических, организационно-технологических и других противоречий. Методы системного анализа могут быть использованы при решении проблем технологий, в первую очередь тех, которые имеют инновационную направленность [1,2]. Это особо интересно для проектов в строительной отрасли экономики, которая представляет собой большую сложную динамическую систему.

Кроме того, методология может быть применена в разработке и менеджменте инновационных проектов, имеющих целью обеспечить реинжиниринг предприятий, что необходимо для производителей гипсовых материалов и изделий. На любое предприятие воздействуют конкурентные силы, которые с одной стороны препятствуют, но с другой способствуют его развитию и совершенствованию [4].

Из таких предпосылок у нас сложилось понятие бизнес-поля. Оно трактуется как сфера деловых и организационно-экономических интересов одного и/или группы системно сконструированных предприятий, состоящих в административно зависимых или конкурентных отношениях между собой [5,6].

С этих позиций известные работы не дают полного представления о взаимоотношениях бизнес-полей различных уровней, не выявляются все конкурентные силы, от влияния которых зависит их развитие. Изложенное определяет актуальность настоящей разработки.

Общая цель работы заключается в установлении взаимозависимости между бизнес-полями предприятия и отрасли, к которой оно относится, структуры и уровня воздействия на них конкурентных сил, возможности расширения рынка базового предприятия.

На рис. 1 представлена структура бизнес-поля предприятия и отрасли экономики, к которой оно относится. Во внутреннем бизнес-поле, то есть рынке, на котором оно функционирует, помимо базового предприятия (блок 1), являющегося объектом исследования, действуют другие равноуровневые предприятия – конкуренты (блок 2), производящие подобную продукцию.

Во внутреннее бизнес-поле поставщики отрасли (блок 3) направляют исходное сырьё и комплектующие материалы для изготовления продукции всем предприятиям. Рыночные отношения между ними могут сложиться

так, что поставщики могут не отдать предпочтение базовому предприятию, а следовательно, стать конкурентами.

Существует подобная угроза и со стороны потребителей (блок 4), которые могут выбрать аналогичную продукцию других конкурентов. Вне отраслевого бизнес-поля конкурентную угрозу могут представлять товары-субституты (имитаторы) и потенциальные новые конкуренты (блоки 5 и 6).

Перечисленные выше конкурентные силы выделил М. Портер [3]. Позднее были предложены и другие, а именно: разработчики инновационных проектов (блок 7) и инвесторы (блок 8). В наше время предприятие, которое предпочтёт инновации и привлечёт инвесторов, получит весомое рыночное преимущество [5,6].

Следует отметить, что любой инвестор, который придёт в бизнес-поле отрасли, должен иметь серьёзные гарантии. В первую очередь предполагается иметь одобрение и поддержку государственных и административных органов региона. Поэтому в структуру поля включён также блок 9, предназначение которого заключается в решении именно этих вопросов.

Считая, что базовое предприятие примет за основу вышеупомянутые условия, можно предположить, что тем самым оно получит возможность развить свою деятельность в пределах отраслевого бизнес-поля [4]. Следовательно, оно сможет создать свои стратегические бизнес-единицы (Strategic Business Unit-SBU) в регионе, где функционирует данная отрасль. SBU представлены на рис. 1 в составе отраслевого бизнес-поля.

Применительно к интересам гипсовой суботрасли промышленности стройматериалов, SBU рассматриваются как дочерние, но во многих отношениях самостоятельные фирмы базового предприятия. К примеру, оно производит различные виды гипсовых вяжущих. SBU в местах своей дислокации в пределах регионального бизнес-поля отрасли сами определяют свою стратегию, ассортимент продукции, деловое взаимодействие с партнёрами на местах, выстраивают финансовые отношения.

SBU имеют большую степень самостоятельности в бизнесе, но будучи структурными элементами базовой компании, отвечают перед ней за итоговую эффективность своей работы. Они являются удобным элементом для реализации инновационных проектов в своей зоне действия, могут перекрывать непредусмотренный дефицит какой-либо продукции в местах дислокации других SBU – они ведь все входят в одну базовую компанию.

По результатам настоящего исследования получены следующие результаты:

- разработана конструкция организационно связанных бизнес-полей предприятия и отрасли экономики, к которой оно относится;

- в сопоставлении с известной моделью М. Портера в группу конкурентных сил введены новые блоки;
- отражена возможность расширения сферы функционирования базового предприятия в отраслевом бизнес-поле путём создания и обеспечения жизнедеятельности относительно самостоятельных стратегических бизнес – единиц (SBU);
- изложенные результаты становятся основой стратегического маркетинга инновационных проектов в конкретных районах бизнес-поля отрасли, где действуют определённые SBU;
- базовая компания совместно с SBU осуществляет реализацию принятых инновационных проектов, что в конечном итоге обеспечивает их эффективность.

Литература

1. Друкер П.Ф. Энциклопедия менеджмента / Питер Ф. Друкер; пер. с англ. – М.: Изд. Дом «Вильямс», 2004. – 432 с.
2. Оптнер С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем / С. Оптнер; пер. с англ. – М.: Советское радио, 1969 – 216 с.
3. Портер М.Е. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов / Майкл Е. Оптнер; пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 454 с.
4. Цуркану Н.Г. Стратегическое планирование маркетинга в строительстве: обзор / Н.Г. Цуркану, Е.Е. Шамис, Ю.Е. Малинина (и др.). – Кишинёв; НИЭИ, 2002. – 52 с.
5. ОŞ №1899/1162. Системный анализ проблемных ситуаций (бизнес-поля) / Е.Е. Шамис, Я.А. Зубрилина. – AGEPI RM, 17.04.2006.
6. ОŞ №2466/2059. Системный анализ проблемных ситуаций (модель конкурентных сил в бизнес-поле) / Е.Е. Шамис, Я.А. Зубрилина. – AGEPI RM, 10.10.2008.

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ МАРКЕТИНГ ИННОВАЦИЙ В ГИПСОВОЙ ОТРАСЛИ

Шамис Е.Е., Дорошенко (Малинина) Ю.Е., Серета Е.О., Топорец В.И.
Технический университет Молдовы,
SolidStoneInternational (USA)

Стратегический маркетинг инноваций, в том числе применительно к гипсовой отрасли, предполагает выявление теоретических и практических предпосылок конкурентоспособности новых технических, технологических, организационно-экономических и других подобных разработок в прогнозируемые сроки. По идее, в функциональной связке маркетинг-инновации именно маркетинг определяет направленность научно-практических исследований [4,9,10,12].

Однако в ряде случаев может происходить и обратное. Некая научная разработка иногда значительно опережает своё время, но тогда маркетинговые исследования позволяют найти для неё точное место и время для реализации.

К примеру, хотя и не из гипсовой промышленности, Архимед очень давно открыл закон плавания тел в жидкости, а для того, чтобы сообразить, насколько это открытие практично в конструировании и постройке кораблей, потребовалось две тысячи лет. Создание водостойких гипсовых вяжущих открыло дорогу для целого ряда новых наукоёмких технологий [1,2]. Однако постепенно эти позиции были утрачены.

На данном этапе развития мировой экономики изделия из гипса нашли свою нишу строительного рынка и удерживают её даже в сложный кризисный период. Однако отсутствие серьёзных инноваций может привести к стагнации всей гипсовой суботрасли промстройматериалов, ибо серьёзных недоработок здесь предостаточно. Что стоят сегодня непомерно большие затраты энергии и воды в производстве гипсовых изделий, во что они обойдутся завтра – это мало кого беспокоит.

Несомненно, направленность стратегических маркетинговых исследований должна определяться необходимостью снижения затрат в процессах изготовления гипсовых изделий и их монтажа [3,5,6,7,8,10].

Ориентируясь на результаты инновационных разработок в области совершенствования производства изделий на гипсе и ГЦПВ, выполненные специалистами Технического университета Молдовы и SolidStoneInternational, в настоящем докладе предлагаются основные результаты стратегических маркетинговых исследований по теме. Сущность технологических новаций заключается в активации водной смеси вяжущего в процессе изготовления изделий, что создаёт технические и экономические преимущества.

Исследования проводились для различных сегментов рынка молдавского региона. В качестве базовой методики стратегических

маркетинговых изысканий использовался инструментарий SWOT-анализа, где оцениваются сила-слабость, возможность-угроза для элементов стеновых ограждений на гипсе и ГЦПВ.

Для оценки сил и слабостей формируются КФУ – ключевые факторы успеха, имеющие решающее значение на рассматриваемом рынке. Для каждого фактора устанавливается вес (в%), соответствующий его степени важности среди всех выбранных факторов. Затем для базовой компании и основных конкурентов по каждому КФУ эксперты проставляют оценки по выбранной (десятибалльной) шкале, которые вписываются в матрицу с учётом веса КФУ, то есть его доли в общем успехе.

По результатам работы экспертной группы приняты следующие КФУ и их вес:

- КФУ-1 (разнообразие и налаженность каналов сбыта) 15
- КФУ-2 (качество продукции) 25
- КФУ-3 (уровень обслуживания клиентуры) 15
- КФУ-4 (привлекательность ценовой политики) 25
- КФУ-5 (номенклатура и комплектность продукции) 20

Всего: 100

Для всех сегментов рынка базовая компания будет производить пазогребневые блоки наружных, внутренних стен и плиты перегородок, блоки-вкладыши теплозвукоизоляционные для сборных и монолитных перекрытий и подготовки по полу для зданий различной этажности. Серьёзными конкурентами новой продукции на молдавском рынке являются изделия завода KNAUF(г. Бельцы), блоки пильного известняка. Концерна INMACOM, пенобетонные элементы и кирпич фирмы MACON.

Результаты SWOT-анализа прогнозировались на два периода: через один год и пять лет. По большинству сегментов рынка годовые суммарные показатели взвешенных оценок несколько уступают конкурентам. Это понятно, первый год используется для входа на рынок. Однако к пятому году производства и реализации инновационной продукции базовая компания наберёт силу, уверенно увеличивая свою долю объёма продаж.

Литература

1. Волженский А.В. Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия / А.В.Волженский, В.И. Стамбулко, А.В. Ферронская. - М.: Стройиздат, 1971. – 318 с.
2. Волженский А.В. Гипсовые вяжущие и изделия (технология, свойства, применение) / А.В.Волженский, А.В. Ферронская. - М.: Стройиздат, 1974. – 328 с.
3. Костиков В.И. Гипсобазальтовые строительные изделия и технологии / В.И. Костиков, Е.Е. Шамис, Л.Н. Смирнов (и др.) // Строительные

- материалы, оборудование, технологии XXI века. – 1999. №3-4. – С. 42-43.
4. Цуркану Н.Г. Реинжиниринг – ведущее направление современного бизнеса: обзор / Н.Г. Цуркану, Е.Е. Шамис. - Кишинёв: НИЭИ, 2004. – 26 с.
 5. Шамис Е.Е. Стеновые ограждения домов (камни, блоки, панели) из быстротвердеющих материалов на ГЦПВ / Е.Е. Шамис, И.Г. Чунту // Доклады Всесоюзной НТК "Использование вторичных ресурсов и местных материалов в сельском строительстве": сб. - Челябинск: Госстрой СССР, 1991. – С. 71–72.
 6. Шамис Е.Е. Возможности использования гипсовых материалов в Молдове: обзор / Е.Е. Шамис, А.Ю. Жуков, Л.В. Игнатова. - Кишинёв: Молд НИИТЭИ, 1993. – 22 с.
 7. Шамис Е.Е. Технологии гипсобазальтовых строительных изделий / Е.Е. Шамис, В.Е. Зубко, Л.В. Игнатова (и др.) // Конверсия в машиностроении. – 1999. - №5. – С. 17-21.
 8. Шамис Е.Е. Проект реализации эффективных наукоёмких строительных технологий / Е.Е. Шамис, В.Е. Зубко, Ю.Е. Малинина (и др.) // Повышение качества строительных работ, материалов и проектных работ: сб. Вып. 2. – Брянск: БГИТА, 2000. – С. 240–245.
 9. Шамис Е.Е. Стратегический маркетинг в строительстве / Е.Е. Шамис, В.Е. Зубко, Ю.Е. Малинина (и др.) // Доклады НТК Технического Университета Молдовы: сб. – Кишинёв: ТУМ. – С. 259–262.
 10. Шамис Е.Е. Концепция стратегического маркетинга новых технологий / Е.Е. Шамис, Ю.Е. Малинина // Доклады НК Международной академии экономического права: сб. – Кишинёв: МАЭН, 2002. – с. 24–26.
 11. Шамис Е.Е. Новые эффективные материалы и технологии для строительной отрасли Молдовы: обзор / Е.Е. Шамис, А.А. Избында. - Кишинёв: НИЭИ, 2004. – 32 с.
 12. Țurcanu N. Marketingul tehnologiilor moderne în construcție. Monografie / N. Țurcanu, E. Șamis. - Chișinău:UTM, 2005. - 180 p.

СФЕРЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

ШамисЕ.Е. Технический университет Молдовы,
Solid Stone International (USA), Холдаева М.И. Одесская ГАСА

Положительные свойства гипсовых материалов и изделий настолько известны, что не имеет смысла повторяться, тем более в профессиональной среде. Впрочем, их минусы тоже хорошо известны.

Комплекс всех качеств гипса определил в настоящее время сферу их разумного использования в общей системе строительной отрасли экономики. Для компаний, занимающихся производством традиционных гипсовых изделий, тенденции к совершенствованию практически сводятся к некоторой технической рационализации и настойчивой маркетинговой деятельности за расширение своей доли рынка.

На данный момент это нормально. Однако беспечность на фоне внешнего благополучия гипсовой суботрасли может привести её к тяжким последствиям. В принятых способах производства гипсовых изделий уже сегодня заложена технологическая «мина замедленного действия».

Мы имеем в виду завышенный почти в 3,5 раза расход добротной пресной воды в сопоставлении с количеством её, необходимым для химической реакции образования конечного продукта, а также обязательность сушки изделий после изготовления. На фоне современных тенденций энерго– и водосбережения – это, по сути своей, технологический парадокс. Если в ближайшее время не заняться научно обоснованным поиском устранения данных противоречий, то их результаты могут оказаться весьма серьёзными уже в ближайшее время.

Значительным препятствием для расширения сферы применения гипса в строительстве является потеряим положительных качеств во влажной среде. Покрытие поверхности гипсовых изделий гидрофобными составами не является радикальным способом решения этой проблемы.

В 50-ых годах А.В. Волженский с сотрудниками разработали водостойкие гипсоцементнопуццолановые вяжущие (ГЦПВ). В 60-70-ых годах довольно широко применялись изделия на их основе. Уже в наше время были разработаны водостойкие гипсовые вяжущие нового поколения с органо-минеральным модификатором [1,2,3,4]. Попробуем понять, что сдерживает производство и использование изделий из водостойких гипсовых вяжущих (ВГВ).

Если рассматривать гипсовую суботрасль промстройматериалов в историческом контексте, то станет обоснованным её направленность в послевоенный период (40-50-ые годы). Необходимость скорейшего восстановления пострадавших от войны зданий и сооружений и нового



Рис. 1. Формующая установка объёмных блок-комнат из ГЦП бетонов (Киев 70-ые годы)

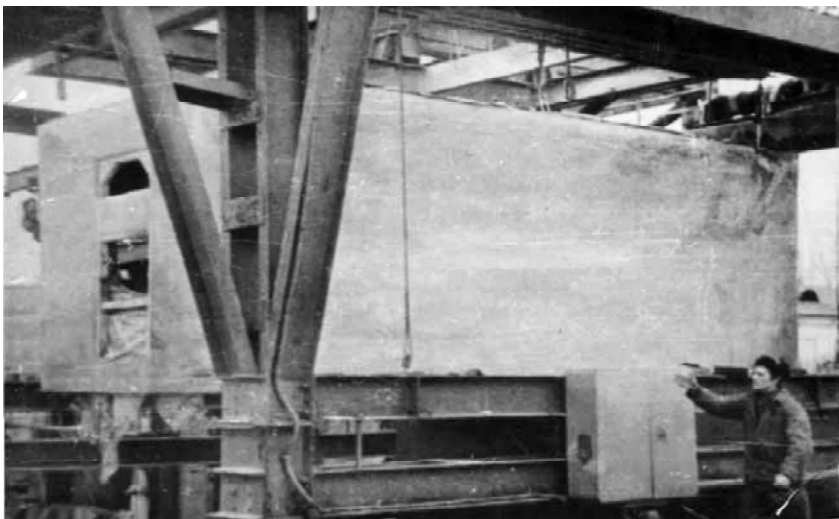


Рис. 2. Распалубка отформованного объёмного блока (Киев 70-ые годы)

строительства способствовали развитию индустриальных методов. Как следствие, индустриализация затронула и гипсовиков. В большом объёме стали производиться крупные панели перегородок и оснований под полы, вентиляционные панели, объёмные блоки санузлов и инженерных коммуникаций и т.д. К последним у автора своё особо доброе отношение [7,8,9].

Однако гипсовые изделия оставались дополняющими элементами к могучему сборному железобетону того периода. После развала СССР индустриальное домостроение стало сдавать свои позиции, а хиреющая гипсовая отрасль, да и не только она, потихоньку начали переходить к другим хозяевам.

В ряде случаев эти процессы принесли блага, в основном денежные, которые в некогда небедной стране успели исчезнуть вместе с перестройкой и золотым запасом государства. Очень полезными оказались инновационные технологии и новые методы организации производства, которые получила гипсовая суботрасль, хотя бы- сухие смеси на гипсовой основе и т.д.

В то же время рыночная экономика жёстко диктует свои принципы взаимоотношений в бизнесе. Главная цель в условиях постсоветского периода – максимальная прибыль любой ценой. Если системный анализ проблемных ситуаций, а это ведущая методология бизнеса, предполагает доминанту общей цели системы над частными целями корпораций и отдельных предприятий, то здесь всё наоборот [6]. Как в «Пиковой даме»: «пусть неудачник плачет, кляня свою судьбу».

К примеру, в Молдове найти обычный гипс на рынке совсем непросто. Компании KNAUF неинтересно выпускать строительный гипс, как отдельный продукт, на теперь уже своём заводе в г. Бельцы из сырья своего же месторождения. Сейчас нам, в основном, предлагают продукцию украинских заводов по цене, превышающей в 1,4 раза цену портландцемента завода LAFARGE в г. Резина. Вот так – с ног на голову. Позвольте спросить, а где здесь маркетинг и где здесь прессинг?

В этих условиях представляется целесообразным чётко определиться с номенклатурой изделий, в первую очередь из ВГВ, и сферами их применения. При этом сразу же следует оговорить, что серийный выпуск подобных изделий возможен только при организации промышленного производства самих вяжущих.

По нашему мнению, таковыми могут стать средние и крупные элементы стеновых ограждений, причём не только для малоэтажного строительства, но и для многоэтажных строений с несущим остовом, к примеру, каркасных. Полагаем, что здесь будет разумным использовать опыт производства гипсобазальтовых изделий [5,11].

В 70-ых годах изучались возможности объёмно-блочного домостроения с использованием ГЦПВ. Результаты оказались исключительно привлекательными. В Киеве на заводе НИИСК Госстроя

СССР были изготовлены из керамзитобетона на ГЦПВ и успешно испытаны с участием ряда ведущих организаций страны, в том числе и с нашим, объёмные блоки размером на комнату (рис. 1 и 2). В конце 80-ых годов пионерное производство их планировали начать в Молдавии, но...без комментариев.

Жизнь всё равно заставит строительную отрасль вернуться к индустриальным методам – такова логика развития строительства, потребность в продукции которого вечна. Эта направленность суботрасли резко расширит сферу применения гипсовых материалов.

Литература

1. Волженский А.В. Гипсобетонные панели для перегородок и внутренней облицовки стен / А.В.Волженский, Г.С. Коган, Н.Т. Арбузов. - М.: Промстройиздат, 1960. – 168с.
2. Волженский А.В. Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие и изделия / А.В.Волженский, М.И. Роговой, В.И. Стамбулко. - М.: Госстройиздат, 1960. – 168с.
3. Волженский А.В. Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия / А.В.Волженский, В.И. Стамбулко, А.В. Ферронская. - М.: Стройиздат, 1971. – 318с.
4. Волженский А.В. Гипсовые вяжущие и изделия (технология, свойства, применение) / А.В.Волженский, А.В. Ферронская. - М.: Стройиздат, 1974. – 328с.
5. Костиков В.И. Гипсобазальтовые строительные изделия и технологии / В.И. Костиков, Е.Е. Шамис, Л.Н. Смирнов (и др.) // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 1999. №3-4. – С. 42-43.
6. Оптнер С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем / С. Оптнер; пер. с англ. - М.: Советское радио, 1969. – 216с.
7. Печуро С.С. Производство гипсовых и гипсобетонных изделий и конструкций. 3-е изд., перераб. и доп. / С.С. Печуро. - М.: Высшая школа, 1971. – 224с.
8. Шамис Е.Е. Производство перегородок и ограждающих конструкций на стенде / Е.Е. Шамис // Строительные материалы. – 1960. - №3. – С. 28-29.
9. Шамис Е.Е. Объёмные элементы на основе гипсоцементно-пуццолановых вяжущих / Е.Е. Шамис // Строительные материалы. – 1964, - №5. – С.34-35.
10. Шамис Е.Е. Объёмно-блочное домостроение с применением быстротвердеющих материалов / Е.Е. Шамис. - Кишинёв: Карта Молдовеняскэ, 1971. – 107с.
11. Шамис Е.Е. Технологии гипсобазальтовых строительных изделий / Е.Е. Шамис, В.Е. Зубко, Л.В. Игнатова (и др.) // Конверсия в машиностроении. – 1999. - №5. – С. 17 - 21.

ГИГАНТСКИЙ ЗАВОД ДЛЯ КОМПАНИИ КНАУФ В РЕКОРДНЫЕ СРОКИ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГИПСА И СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Джевдет Караибрахимоглы, ERISIM MAKINA LTD, г. Анкара, Турция

I. Информация о фирме Erisim Makina и результаты в 2010 г.

Фирма Erisim Makina занимается проектированием технологического процесса, производством оборудования и технологии и постройки комплексных заводов под ключ по производству гипса, сухих строительных смесей (ССС), гипсокартона, кальцита, извести и вспученного перлита различной производительной мощности. Основным направлением является проектирование и постройка заводов под ключ по производству гипсовых материалов и СССР.

За 17 лет своего существования, фирма Erisim Makina построила под ключ свыше 40 заводов во многих странах мира. В данный момент мы сотрудничаем с лидирующими российскими и международными компаниями гипсовой отрасли, как КНАУФ, SAINT GOBAIN (BPB-RIGIPS), ВОЛМА, ЮНИС, МОРДОВ ЦЕМЕНТ, ABS, ALCIBAY и др. В данный момент фирма Erisim Makina продолжает строительство заводов под ключ по производству гипса, сухих строительных смесей, гипсокартона заводов в Турции, России, Казахстане, Грузии, Сирии

С 2006 по 2008 год фирма Erisim Makina сделала большие капиталовложения для развития своего проектного, лабораторного отдела, технического обслуживания, повышения производительной мощности и улучшения производимой продукции. Erisim Makina продолжает активно участвовать на международных конференциях и выставках как BAUMA, Baltimix, Global Gypsum, Drymix, Expromix которые были организованы в различных странах с 2007 по 2010 г.

Благодаря выше указанной стратегии, 2007 и 2009 год стал периодом высокого и обширного развития нашей фирмы на внутреннем и внешнем рынке. За эти годы Erisim Makina сформировала тесные отношения с новыми международными компаниями, приступила и завершила самые крупные проекты за весь период своего существования. За последние 5 лет, Erisim Makina построила под ключ более 15 самых крупных заводов в регионе (СНГ, Ближний и Средний Восток, Западная Европа, Северная Африка) и стала лидером в своей индустрии. В Июне 2009 года, Erisim Makina получила благодарность и награду от Премьер-Министра Турции за высокое и быстрое развитие технологии и повышение объема экспорта.

Текущий 2010 год, для фирмы Erisim Makina является очень важным периодом, так как в 2010 году наша фирма завершила и запустила 4 крупных ниже указанных проектов.

- Комплексный гигантский завод для фирмы Кнауф по производству гипсового вяжущего, микрокальцита, сухих строительных смесей и вспученного перлита в Турции который состоит из трех производственных линий (Рисунок-1). Завод запущен в конце 2009 года и уже почти год работает в непрерывном режиме на всю производительную мощность.

- Комплексный крупный завод по производству гипсового вяжущего, сухих строительных смесей, вспученного перлита и сыромолотого гипса для фирмы ВОЛМА в г.Волгоград который состоит из четырех производственных линий (Рисунок-2). В конце августа начаты и в данный момент продолжаются пуско-наладочные работы четырех линий и уже получены первые хорошие результаты гипсового вяжущего, вспученного перлита и другой продукции.

- Комплексный завод по производству гипсового вяжущего, сухих строительных смесей, вспученного перлита и крупного перлита для фирмы Bías Tech в Казахстане (Рисунок-3). Первая стадия пуско-наладочных работ выполнена и достигнут результат производства качественного гипсового вяжущего и вспученного перлита.

- Завод по производству микронного кальцита для фирмы Filli Boya в Турции которая является мировым лидером по производству лакокрасочной продукции в мире.

А также в текущем году мы планируем запуск комплексного завода по производству гипсового вяжущего, микрокальцита, сухих строительных смесей и вспученного перлита для фирмы Karavil в г.Диярбакыр, юго-восточной части Турции и завод по производству гипсового вяжущего и вспученного перлита для фирмы Юнис в России.

Рисунок-1



Рисунок-2



Рисунок-3



Основные причины выбора технологии и сотрудничества с компанией Erisim Makina на наш взгляд заключается в следующем:

- комплексное решение и реализация проектов путем постройки заводов под ключ, которая начинается от проектирования технологического процесса и всего завода в комплексе вместе с вспомогательными конструкциями, поставки всего технологического оборудования и продолжается монтажом, пуском в эксплуатацию, обучением и предоставлением гарантии на качество производимой продукции и на оборудования. Благодаря этому у инвесторов появляется возможность минимизирования всех возможных рисков инвестиции.
- правильные технические решения, высокое качество технологии и полностью автоматизированная эксплуатация заводов. Благодаря этому, низкая себестоимость производства продукции.
- поставка оборудования и постройка заводов в короткие сроки.
- гибкий подход компании к техническим и финансовым возможностям клиентов.
- опыт и профессионализм компании в глобальном масштабе

II. Гигантский Завод для Фирмы Кнауф в рекордные сроки

Компания Erisim Makina в 2009 году построила под ключ гигантский завод для фирмы KNAUF в рекордном сроке 11 месяцев в столице Турции, г.Анкара. Завод состоит из трех производственных линий:

- 1) Технологическая линия по производству гипсового вяжущего и сухих строительных смесей мощностью 1800 тонн/сутки.
- 2) Технологическая линия по производству микрокальцита мощностью 400 тонн/сутки.
- 3) Технологическая линия по производству вспученного перлита мощностью 15 м3/час.

Строительство завода было начато компанией Erisim Makina в Ноябре-2008 г. В результате усердного старания и профессиональной работы квалифицированной команды, в Августе-2009 г. завод был введен в эксплуатацию. Через месяц с момента ввода в эксплуатацию завод начал работать на полную производительную мощность. В строительстве завода была использована самая современная технология производства и высококачественное оборудование, что дало возможность производства в непрерывном процессе широкий ассортимент гипса и сухих смесей высокого качества. Управление и контроль завода выполняется полностью в автоматическом режиме. Эксплуатация такого крупного завода выполняется всего 20 работающим персоналом, не включая руководство и тех-обслуживание. С помощью высокой системы автоматизации, чтобы выйти на режим работы

завода в автоматическом режиме достаточно только нажатие оператором на пять кнопок на экране компьютера. Благодаря этому, на заводе работает низкое количество работающего персонала. Данный завод, строительство которого выполнялось на условиях «под ключ», которое включает в себя поставку всего оборудования завода, изготовление и поставка металлоконструкции, силосов и другого нестандартного оборудования, монтаж, пуск в эксплуатацию, обучение и гарантийное обслуживание, является одним из самых крупных заводов в мире в своей отрасли.

III. Новые технологические решения в производстве гипса

С целью повышения качества производимой гипсовой продукции, уменьшения себестоимости производства и автоматизирования технологического процесса, фирма Erisim Makina сделала ниже указанные разработки и развития в технологии и получены результаты на всех выше указанных заводах:

а) Гипсоварочная технология:

- С помощью сита установленное на вращающуюся печь, частотного преобразователя на приводной части печи, и весового ленточного конвейера, смогли изготовить гипсовое вяжущее для дальнейшего применения его в производстве сухих смесей и ГКЛ. А также мы смогли изготавливать гипсовое вяжущее в разных фазах и в результате уменьшить применение химических добавок при производстве сухих смесей и себестоимость готовой продукции.

- Применение ленточного весового конвейера для равномерной подачи гипсового щебня в вращающуюся печь, обеспечивает стандартизацию качества гипсового вяжущего путем стабильного количества подачи сырья в печь в определенный период времени

- Применение особого экономичного и эффективного газо-горелочного оборудования с рабочим диапазоном 1/10, обеспечивает экономичное и качественное производство вяжущего. Горелка автоматически регулирует себя в рабочем диапазоне 1/10 в зависимости от количества горячего пара, который образовывается от гипсового сырья подаваемого в печь.

- Узел перемешивания и обогащения горячего воздуха, который находится на печи, обеспечивает применение горячего отходного газа на выходе дымоходной трубы. А также гипсовый щебень подается в данный узел и входит в контакт с горячим воздухом. Благодаря этому предотвращается контакт гипсового сырья с пламенем, несжигая сырье осуществляется варка гипса с допустимым количеством анхидрита.

- Контроль качества гипсового вяжущего основан на измерении температуры горячего пара гипса, который образуется на выходе печи через не-

сколько секунд после подачи гипсового сырья в печь. Благодаря этому качество гипсового вяжущего контролируется и стабилизируется еще в начале процесса варки и для производства сухих строительных смесей обеспечивается стабильное гипсовое вяжущее.

На схеме-1 указана технологическая схема гипсоварочного отдела взятая из рабочей программы завода.

б) Технология измельчения и классифицирования:

Принцип работы уникальной технологии измельчения и классифицирования фирмы Erisim Makina, основан на производстве гипса различной фракции от 0-100 мкм и до 0-800 мкм полностью в автоматическом режиме. Отдел измельчения и классифицирования имеет различные альтернативные пути производства, которые обеспечивают производство различных фракций продукции. Установленная мощность данного отдела очень низкая по сравнению с производительной мощностью. Основные оборудования данной технологии это две центробежные мельницы и динамический воздушный сепаратор. В схеме №:2 указана технологическая схема отдела измельчения и классифицирования взятая из рабочей программы завода с параметрами производства. На выше указанных построенных заводах мы разработали систему и возможность возврата готовой продукции из отдела складирования на отдел измельчения-классифицирования. Благодаря этому, даже если будут ошибки оператора, нет никаких рисков производства отходного/дефектного продукта. Мы гарантируем производство продукции только хорошего качества. А также с помощью простой системы выгрузки продукции из силосов, появилась возможность усреднения производимой продукции.

Схема-2

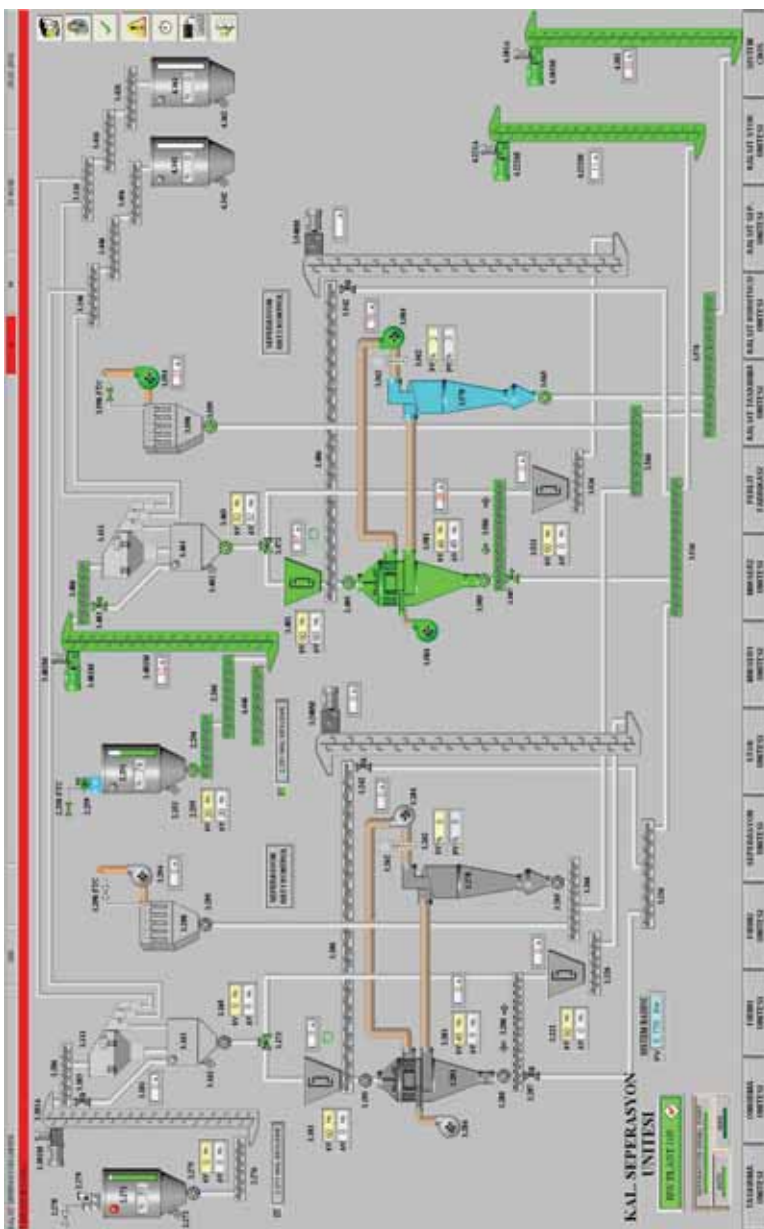
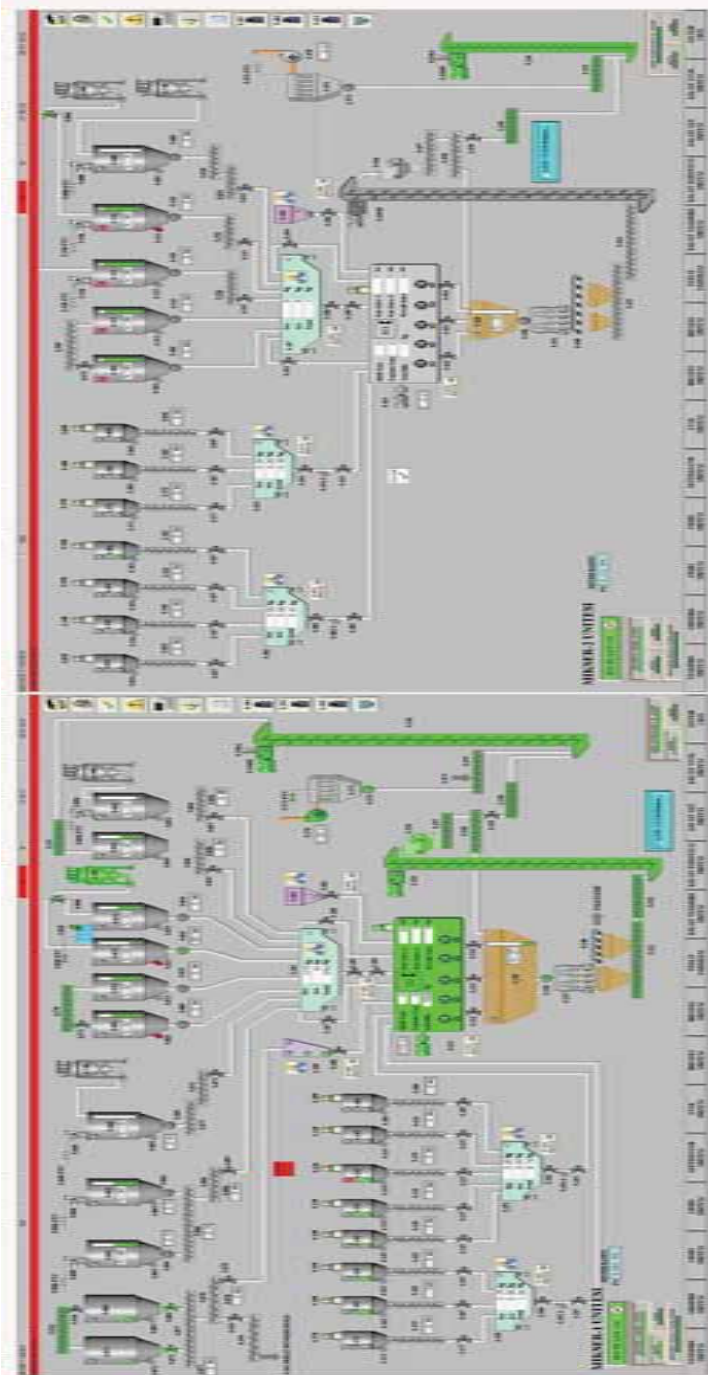


Схема-3



IV. Технология для производства сухих строительных смесей

Фирма Erisim Makina также производит оборудования для производства ССС на гипсовой и цементной основе.

Производство качественных ССС в основном зависит от процесса взвешивания-дозирования и смешивания. В схеме №:3 указана технологическая схема установки по производству ССС, которая состоит из двух производственных линий взятая из рабочей программы завода с параметрами производства. На одном из смесителей производятся шпатлевочные смеси, на другом штукатурные смеси. Для практичного и серийного производства мы советуем осуществлять производство штукатурочных и шпатлевочных смесей на отдельных смесителях установленных параллельно друг к другу.

- наша фирма автоматизировала и упростила подачу химических добавок на башню сухих смесей путем применения пневмо-камерных насосов.

- На заводах с высокой производительной мощностью использованы смесители с производительностью 6 тонн/замес. С помощью быстрого выполнения взвешивания-дозирования-перемешивания цикл изготовления такой мощности занимает всего 5 минут. Были достигнуты результаты среднего цикла только перемешивания до 30 секунд на 1 тонну, при этом качество перемешивания оставалось одинаковым.

- С помощью особой системы трубопровода между смесителем, бункером над фасовкой и весовым бункером мы смогли проконтролировать поток воздуха и избыточное давление которое образовывается при процессе перемешивания. В результате этого понизили срок выгрузки добавок из дозаторного оборудования и повысили точность дозировки как основных так и химических добавок.

МЕЛЬНИЦЫ «Gebr. Pfeiffer» ДЛЯ РАЗМОЛА И КАЛЬЦИНАЦИИ ГИПСА

Йорк Райхардт

Предприятия по переработке гипса уже много лет используют оборудование «Gebr Pfeiffer AG». Оборудование, поставляемое нашей компанией, варьирует от отдельных агрегатов, а именно, валковых мельниц MPS, шаровых и молекуляторных мельниц, сепараторов и гипсоварочных котлов, до полного комплекта оборудования для заводов по производству гипса.

Процесс кальцинации либо происходит в валковой мельнице MPS, либо в гипсовом котле GK, либо начинается в мельнице и заканчивается в котле.

ВАЛКОВАЯ МЕЛЬНИЦА MPS

Сегодня по всему миру используются более 2000 валковых мельниц MPS производительностью более 600 т/ч цементного сырья, 250 т/ч цемента и 90 т/ч угля и полугидрата типа бета.

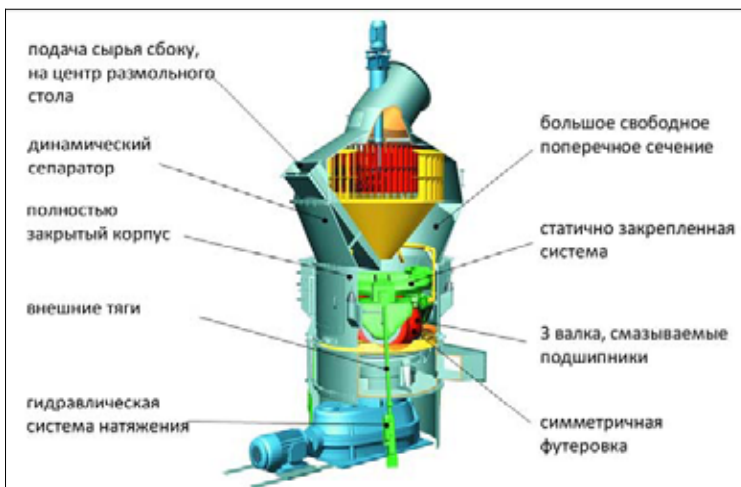


рис. 1

Все мельниц MPS используют единый принцип размола (рис. 1).

Загружаемый материал размалывается между тремя стационарными мелющими валками и вращающейся размольной плитой путем сжатия и

сдвига. Сила сжатия, требуемая для измельчения, создается системой гидropневматического натяжения.

Материал размалывается и передается центробежной силой на стационарное кольцо со штуцерами для воздуха. Горячие газы, проходящие через кольцо со штуцерами, смешиваются с материалом и создают флюидизированный слой, в котором происходят процессы сушки и/или кальцинирования. Размолотый материал переносится газами в сепаратор. Материал делится на тонкий помол и крупную фракцию в зоне сепарирования около вращающегося колеса сепаратора. Крупная фракция падает в центр зоны размола. Готовый продукт покидает сепаратор вместе с потоком газа и отделяется от газа в фильтре, расположенном далее. При пуске агрегата валки подняты, что упрощает процедуру пуска и уменьшает необходимый пусковой вращающий момент.

Для размола натурального гипса, независимо от того, включено ли определенное количество десульфурезованного гипса или иного вторичного материала, удельное потребление энергии на приводе мельницы варьируется от 2,5 до 5,5 кВт/ч, т.е. оно достаточно низкое.

Однако количество тепловой энергии, требуемой для размола-кальцинирования, достаточно высоко. Более того, из-за влияния на качество продукта, тепловой процесс, имеющий место во время размола-кальцинирования, должен быть значительно более стабильным, чем процесс, имеющий место при размоле-сушке. Главные приводы мельницы MPS GC оборудованы преобразователями частоты для регулировки скорости с тем, чтобы оптимальным образом приспособить механическую нагрузку размольного слоя между мелющими валками и размольной плитой к условиям кальцинирования.

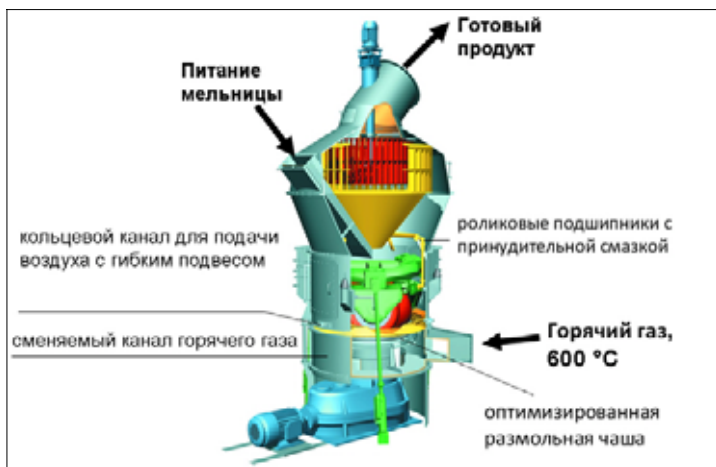


рис. 2

С учетом вопросов экономичности и размера мельницы, уровень температуры повышается до 600°C после размольно-кальцинирующих мельниц серии MPS GC. (рис. 2)

Этот более высокий уровень температуры ведет к некоторым изменениям в конструкции агрегата, особенно в зоне канала горячего газа, размольного стола, кольца со штуцерами для воздуха, подшипников валков и высокоэффективного сепаратора.

Подшипники трех валков и сепаратора расположены в зоне, где температура равна 160 °С, но запроектированы и выполнены на работу при температуре 160 °С. Для улучшения работы, подшипники размольных валков имеют принудительную смазку, причем масло охлаждается и очищается за пределами мельницы.

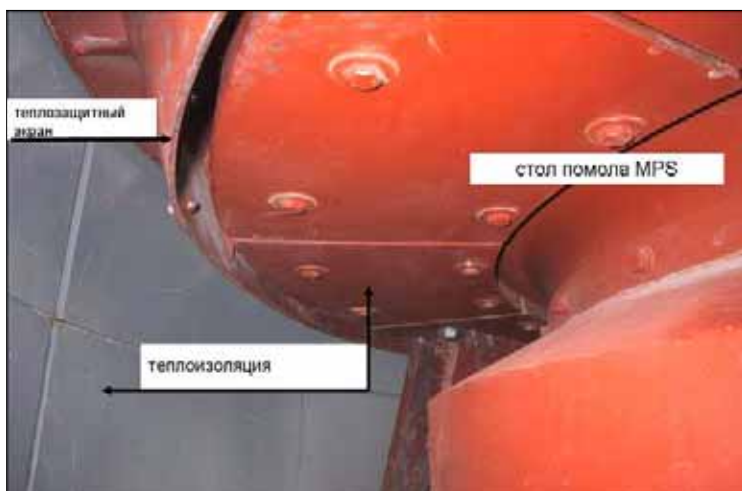


рис. 3

Канал горячего газа имеет слоистую теплоизоляцию с внутренней стороны для защиты внешнего корпуса. Он также имеет легкозаменяемую конструкцию благодаря имеющимся фланцам (рис.3).

При кальцинировании гипса размольная плита подвергается гораздо более сильным термальным нагрузкам, чем при размоле. Следовательно, конструкция плиты рассчитана на эти нагрузки и исполнена с применением современных FEM-технологий. Плита дополнительно защищена щитом и термической изоляцией.

Использование сегментированных покрытий плиты и сегментированного направляющего конуса воздуха являются дальнейшими мерами по уменьшению воздействия высокой температуры. Кольцо со штуцерами для воздуха снабжено гибкими элементами подвески и дает возможность теплового расширения без подвергания стрессу других частей мельницы (рис.4).

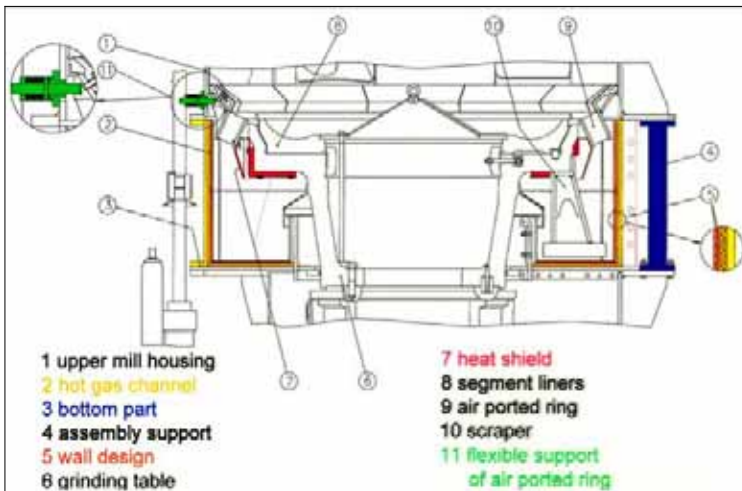


рис. 4

Эксплуатационные результаты мельниц серии MPS GC

Типичная установка, производящая полугидрат с содержанием кристаллизационной влаги около 5.5 % включает (рис. 5)

- измерительное оборудование
- валковую мельницу MPS
- генератор горячего газа
- фильтр и вентилятор, а также
- удаление продукции

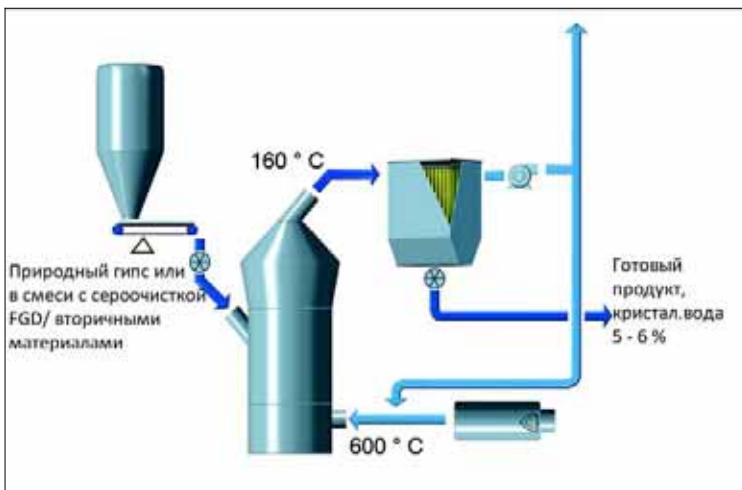


рис. 5

Требования по удельной теплоемкости - около 200 ккал/кг полугидрата, потребление электроэнергии для мельницы, сепаратора и вентилятора варьируется между 12 и 15 кВт-ч/т.

Самые крупные установки с мельницами MPS 2800 GC были успешно введены в эксплуатацию в США и Японии, они имеют производительность 90 т/ч полугидрата (рис.6).

	United States Gypsum, Чикаго, США	
	MPS 2800 GC, 600 кВт	
	размол-кальцинация	
	сырье:	гипсовый камень
	в эксплуатации с:	2007
	гарантия факт	
производительность		
по готовому продукту:	90.7 94.5 т/ч	

рис. 6

Мельница MPS может иметь конструкцию, рассчитанную на переработку до 60 % десульфуризованного (FGD) гипса и 40 % природного гипса (рис.7).

На предприятии компании КНАУФ в России, в г.Кунгуре уже 5 лет успешно работают две мельницы MPS 200 GC, каждая имеет производительность 30 т/ч полугидрата.



рис. 7

Производительность мельниц MPS GC, работающих по размолу-кальцинации гипса, варьирует от 4 до 90 т/ч полугидрата (рис.8), а энергопотребление равно соответственно 30-600 кВт. Верхний предел производительности мельницы ограничен не особенностями ее конструкций, а лишь тем, что Заказчику пока не нужны более мощные мельницы. Со своей стороны мы готовы предложить вам более высокопроизводительную мельницу, так как большое число наших мельниц крупнее MPS 5000 работают на цементных заводах, производя более 600 т/ч сырьевой муки.

<i>customer</i>	<i>тип</i>	<i>пр-ть, м/ч</i>	<i>кВт</i>	<i>год</i>
United States Gypsum, США	MPS 2800 GC	90	600	2005
Marubeni, Япония	MPS 2800 GC	90	500	2006
для Babcock на Gaski, Польша	MPS 2500 GC	60	355	2001
для BSH for Abu Dhabi, ОАЭ	MPS 225 GC	60	355	2007
для Knauf Eng. на Кунгур, Россия	MPS 200 GC	30	200	2004
для Knauf Eng. на Кунгур, Россия	MPS 200 GC	30	200	2002
Knauf GmbH, на Escuzar, Испания	MPS 200 GC	45	250	2006
Knauf GmbH, на Escuzar, Испания	MPS 200 GC	45	250	2008
для Knauf Eng. на Fleurus, Алжир	MPS 200 GC	45	250	2006
для Knauf Eng. на Knauf Байкал, Россия	MPS 200 GC	45	250	2007
для Knauf Eng. на Knauf Байкал, Россия	MPS 200 GC	45	250	2007
для BSH for Queretaro, Россия	MPS 180 GC	26	160	2001
Knauf Austria, на Klin, Хорватия	MPS 180 GC	24	160	2002
для Knauf Eng., Казахстан	MPS 180 GC	30	160	2002
для Knauf Eng., Бухара, Узбекистан	MPS 180 GC	24	160	2007
для BSH на Queimados, Бразилия	MPS 140 GC	24	90	1998
для Ferrostaal на Yesos Ind, Мексика	MPS 140 GC	26	160	2000
для BSH, Атырау, Казахстан	MPS 80 GC	4	30	1999

рис. 8

ГОМОГЕНИЗАТОР Claudius Peters – ГИПСОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА

Х. ВЕТЕГРОВЕ, Claudius Peters Projects GmbH (Германия)

Компания Claudius Peters известна во всем мире как поставщик ключевых технологий для производства гипсовых вяжущих, начиная от складской техники для сырья до всемирно известных кальцинирующих мельниц типа EM, а также оборудования в области пневмотранспорта, силосов, смешивания, упаковочных и отгрузочных систем. Поставка может осуществляться как в виде отдельных элементов, так и проектов «под ключ».

Claudius Peters предлагает различную технику и технологии для гипсовой промышленности в зависимости от ассортимента продукции и объема производства:

- штабелеукладчики и штабелеразборщики для усреднения исходного сырья;
- вертикальные тарельчато-шаровые мельницы Claudius Peters для одновременного помола, сушки, кальцинации и сепарации гипса;
- гомогенизаторы Claudius Peters;
- гипсоварочные котлы;
- кальцинаторы высокотемпературного обжига для получения многофазного гипса;
- горизонтальные ударные мельницы для дезагломерации и кальцинации синтетического гипса;
- охладители гипса (барabanного и пневматического типов);
- силосное и отгрузочное оборудование навалного гипса;
- пневмотранспорт (пневмовинтовые и камерные насосы, эйрлифты, струйные насосы, аэрожелоба);
- оборудование сухого смешивания для производства сухих смесей;
- системы упаковки гипса в мешки и укладки мешков на паллеты

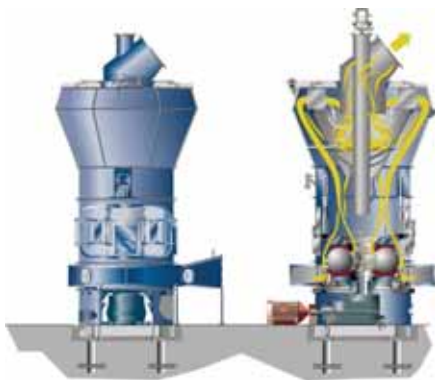


Рис. 1. Вертикальная тарельчато-шаровая мельница EM Claudius Peters

Производство гипсового вяжущего на основе вертикальной тарельчато-шаровой мельницы EM

Из бункера сырьевой гипсовый камень поступает в цепной скребковый питатель Claudius Peters или на ленточные весы, позволяющие равномерно подавать материал в систему помола и кальцинации (рис. 1, 2). Равномерная непрерывная подача необходима для строгого контроля параметров системы и производства гипса однородного качества. Под действием центробежной силы гипс равномерно распределяется под мелющими шарами и выводится из зоны помола через внешний край нижней мелющей тарелки, где вовлекается в поток горячего газа, поступающий из генератора горячего газа с температурой до 620°C и поднимающийся снизу вверх к сепаратору. Равномерное распределение материала по периметру нижнего мелющего кольца, а также оптимальное распределение горячего газа благодаря особому способу подачи воздуха в сопло обеспечивает равномерную сушку и обжиг гипса.

До поступления в сепаратор частицы крупных размеров оседают в зоне помола благодаря гравитационной силе. Оставшиеся частицы поступают в сепаратор (статический или динамический), где происходит процесс разделения материала. Материал, измельченный до заданной тонкости

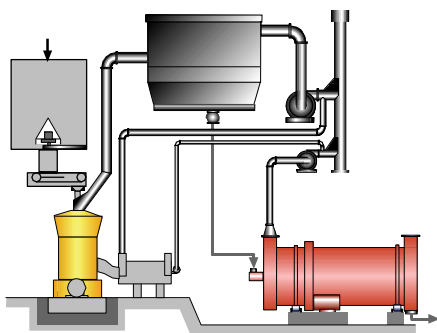


Рис. 2. Технологическая схема цеха кальцинации гипса на основе мельницы EM Claudius Peters

помола, выносится из мельницы с потоком горячего газа. Конечный продукт отделяется от газового потока в пылеуловителе.

Система работает в замкнутом контуре, т.е. значительная часть горячего воздуха, использованного для кальцинации, очищается и повторно подается вместе с горячими газами газогенератора в мельницу.

Гипсовое вяжущее, осажденное в пылеуловителе, поступает в гомогенизатор или направляется в систему охлаждения.

Преимущества технологии помола и кальцинации гипса с использованием вертикальной тарельчато-шаровой мельницы Claudius Peters

Расход тепловой энергии в процессе помола и кальцинации гипса в тарельчато-шаровых мельницах ниже, поскольку при варке в котлах температура отходящих газов более высокая и большее количество

энергии попадает в атмосферу. **Расход электроэнергии** также меньше. В технологии варки гипса в котлах много дополнительных промежуточных транспортеров. При одновременном помоле и кальцинации в мельницах Claudius Peters этот передел энергетически уменьшается на 10-15 %.

Удобство в обслуживании и эксплуатации. В мельницах Claudius Peters измельчение, сушка, сепарация и кальцинирование осуществляется в одном агрегате. Тарельчато-шаровая мельница, как центр установки, почти не нуждается в техобслуживании, что подтверждает опыт эксплуатации на многих заводах в мире. Проводятся только редкие внутренние профилактические осмотры с заменой масла редуктора. Мелющие элементы имеют срок службы до 8 лет и более, после чего они заменяются с небольшими монтажными затратами. Тонину помола можно изменять с помощью простой регулировки сепаратора. Производительность установки остается постоянной в течение всего срока службы мелющих элементов, так как площадь помола остается постоянной независимо от износа мелющих элементов. Система кальцинации гипса на основе мельницы Claudius Peters позволяет производить гипс с качеством, идеально подходящим для производства гипсокартонных листов.

Системы кальцинации на основе гипсоварочных котлов или вращающихся печей состоят из существенно большего числа отдельных агрегатов, что повышает затраты на техобслуживание. Обычно для измельчения применяются молотковые мельницы, в которых чаще должны заменяться мелющие элементы, сита и др. При определенных характеристиках гипсового камня замена молотков требуется еженедельно. Котлы имеют различные узлы, подверженные износу, главным образом это цепи мешалки, облицовка и днище котла. Обновление днища котла требует значительных затрат, так как оно является труднодоступным и приварено к котлу.

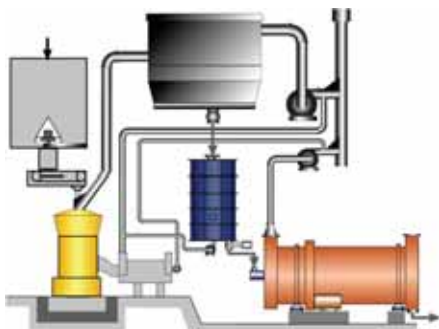


Рис. 3. Технологическая схема цеха кальцинации гипса с гомогенизатором Claudius Peters

Гомогенизатор Claudius Peters

За более 100 лет эксплуатации вертикальных тарельчато-шаровых мельниц и более 70 лет термической и механической обработки гипса компания Claudius Peters всегда стремилась к снижению эксплуатационных и энергетических затрат, повышению надежности технологии и качества продукции. Новой разработкой

на этом пути стал гомогенизатор Claudius Peters как расширение системы кальцинации гипса, при помощи которого обеспечивается улучшенное качество продукции и сокращение издержек производства.

В стандартной системе кальцинации Claudius Peters гипсовое вяжущее производится за счет быстрой кальцинации непосредственно в мельнице Claudius Peters. Конечный продукт отделяется от газового потока в пылеуловителе и, как правило, сразу же охлаждается до температуры последующей технологической обработки.

Благодаря малой продолжительности процесса гипс, получаемый при данном способе кальцинации, имеет короткие сроки схватывания, что идеально подходит для производства гипсокартонных листов. Частицы гипса имеют мелкие внутренние трещины в результате термического напряжения во время почти мгновенного процесса кальцинации. Также в продукте содержится определенное количество сверхкальцинированного гипса в форме растворимого ангидрита (АШ). Для производства стандартных гипсокартонных листов эти факторы обеспечивают требуемое качество гипса. Хранение гипса такого качества продолжительное время приводит к старению, т.е. к реакции растворимого ангидрита АШ с водой (его превращению в полугидрат гипса), а также к увеличению сроков схватывания.

Компания Claudius Peters использует этот эффект старения в своем гомогенизаторе, который устанавливается непосредственно в нисходящем потоке продукта под пылесборником (рис. 3).

Гомогенизатор Claudius Peters позволяет *увеличить продолжительность термической обработки*. Гипс поступает сверху в гомогенизатор при температуре кальцинации и выдерживается некоторое время в этом вертикальном технологическом сосуде в псевдооживленном состоянии (рис. 4).

Гомогенизатор (Homogenizer) Клаудиус Петерс



Рис. 4. Гомогенизатор Claudius Peters

Гомогенизатор оснащен плоским аэрируемым днищем, которое позволяет псевдооживлять загружаемый материал. Внутренняя циркуляция осуществляется благодаря установленной по центру трубы, через которую гипс поднимается вверх в результате более интенсивной аэрации центральной части днища сосуда. Гомогенизатор

работает в непрерывном режиме.

Благодаря внутренней циркуляции происходит *равномерная гомогенизация гипса и обеспечивается постоянство качества продукта*. Псевдооживление осуществляется отходящими газами от системы кальцинации. То есть энергия газа используется для дальнейшей кальцинации, позволяя осуществлять полную кальцинацию оставшегося в материале двухводного гипса. Кроме того, газ содержит большое количество водяного пара, который *вступает во взаимодействие с растворимым ангидритом, превращая его в гипсовый полугидрат*. В результате этих мер удается достигнуть максимально возможное количество полугидрата гипса в конечном продукте. Этот процесс способствует искусственному старению гипса, оптимизируя при этом не только фазовый состав, но и свойства частиц. Эффект от искусственного старения показан на рис. 5.

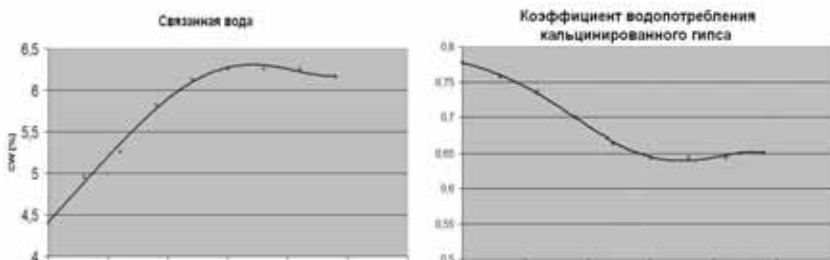


Рис. 5. Эффект искусственного старения: *а* - преобразование растворимого ангидрита АПШ за счет увеличения содержания связанной воды в гомогенизаторе Claudius Peters за время обработки; *б* - уменьшение водопотребления кальцинированного гипса. Ось X - Время обработки в гомогенизаторе

Использование гомогенизатора при кальцинации *синтетического гипса, полученного при улавливании серы из дымовых газов (FGD)* в горизонтальной ударной мельнице (специальное исполнение мельницы ЕМ с использованием дезагломератора вместо мелющих шаров), позволил получить продукт, качество которого приемлемо для изготовления гипсокартонных листов. При использовании в качестве сырьевого материала фосфогипса в гомогенизаторе требуется устанавливать турбосмесители. Это связано с тем, что фосфогипс имеет очень длинную игольчатую кристаллическую форму, которая обуславливает высокое водопотребление и низкую прочность. При использовании турбосмесителей в гомогенизаторе эта игольчатая кристаллическая форма разрушается, в результате чего может быть получен гипсовый раствор с приемлемым водопотреблением (рис. 6, 7). В табл. 1 приведен эффект от применения турбосмесителя. В то время как площадь поверхности ВЕТ

(суммарная площадь поверхности, включая площадь поверхности трещин и отверстий) немного снизилась, число Блейна (площадь внешней поверхности) значительно увеличилось. Частицы, содержащие трещины после термической обработки, были измельчены при помощи турбосмесителей, при этом создавалась дополнительная полезная площадь поверхности и разрушалась игольчатая форма кристаллической структуры. В результате из полученного гипса могут быть произведены такие виды продукции, как пазогребневые плиты (ППП) и гипсокартонные листы (ГКЛ).

Таблица 1

Показатель	Кальцинированный гипс от десульфуризации дымовых газов, после гомогенизатора	Кальцинированный фосфогипс после гомогенизатора	Кальцинированный фосфогипс, после гомогенизатора с турбосмесителем
Удельная поверхность по Блейну, см ² /г	4500	3600	8000
Удельная поверхность по ВЕТ, м ² /г	10	8	7
Водогипсовое отношение	< 0,7	< 1,3	< 0,8
Прочность при сжатии, Н/мм ²	> 14	> 2	> 10
Прочность при изгибе, Н/мм ²	> 4	> 1	> 4

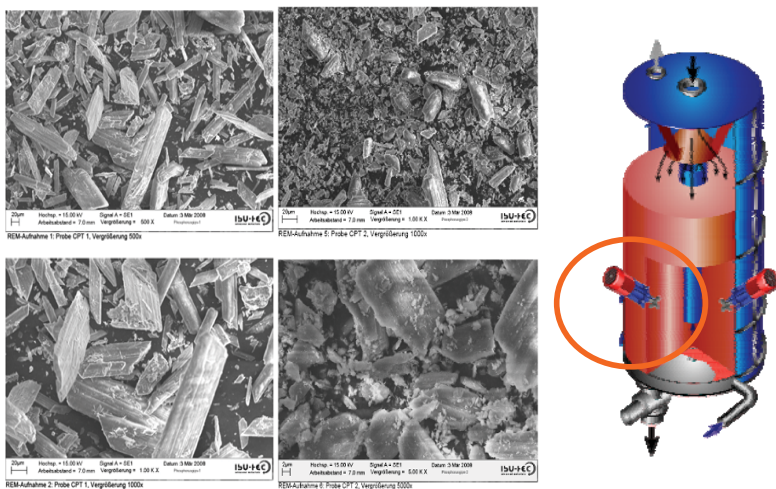


Рис. 6. Кальцинированный фосфогипс после гомогенизатора Claudius Peters: а - без турбосмесителя; б - справа – с турбосмесителем

Внедрение гомогенизатора Claudius Peters в систему кальцинации позволяет не только осуществить гомогенизацию и улучшение качества гипса, но и *снизить расход тепловой энергии для кальцинации*. Как было показано выше, гомогенизатор позволяет снизить содержание остаточного двухводного гипса в кальцинированном гипсе. Использование эффекта остаточной кальцинации в гомогенизаторе *позволяет снизить температуру в главном контуре кальцинации*, что впоследствии снижает температуру отходящих в атмосферу газов и тем самым повышает эффективность использования тепла и топлива во всей системе в целом.



Рис. 7. Раствор кальцинированного фосфогипса а) без применения турбосмесителя б) с применением турбосмесителя

Снижение водопотребления гипсового вяжущего также *приводит к снижению затрат при производстве гипсокартонных листов*. Так уменьшение количества воды в смесителе на 0,05 кг на 1 кг гипса уменьшает количество выпариваемой при сушке воды примерно на 10% (рис. 8), и примерно на столько же снижается потребление топлива при сушке гипсокартонных листов.

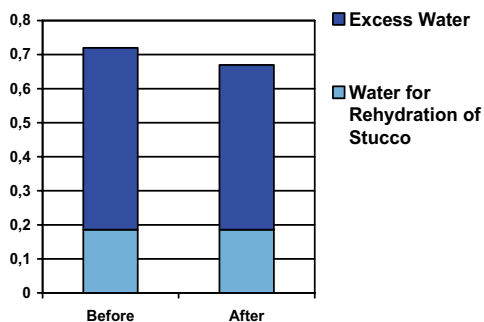


Рис. 8. Количество воды, выпариваемой при сушке: 1 - до применения гомогенизатора; 2 – после применения гомогенизатора

однородность материала и низкая себестоимость, которые в настоящее время являются основными факторами при производстве гипсовых вяжущих. Это еще один шаг компании Claudius Peters для выпуска качественной конкурентоспособной продукции с минимальной себестоимостью.

В целом можно констатировать, что применение гомогенизатора Claudius Peters возможно в различных системах для производства гипсового вяжущего, где требуется получение высокопрочного гомогенизированного гипса с использованием эффекта искусственного старения, а также в традиционных системах для производства гипсокартонных листов и других конечных продуктов, где также требуется

ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНО-КЛАССИФИЦИРУЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОДО «ЛАМЕЛ-777» ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ГИПСА

Фогелев В.А., Мельников А.В., Мельников Д.А.,
ОДО «Ламел-777»

Предприятие НП ОДО «Ламел-777» занимается разработкой и изготовлением измельчительно-классифицирующего оборудования и комплексов для переработки минерального сырья 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 обогащения рудных и нерудных материалов.

1. Оборудование для производства тонкодисперсных материалов.

БАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ		МАТЕРИАЛЫ
ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНОЕ	КЛАССИФИЦИРУЮЩЕЕ	
МЕЛЬНИЦЫ «ЛАМЕЛ-777» -дезинтеграторы, -дисембраторы гирационныевибромельницы.	ВОЗДУШНО- ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КЛАССИФИКАТОРЫ «ЛАМЕЛ-777»	Мел, гипс, тальк, мрамор, песок, доломит, известь, воластонит,
МЕЛЬНИЦЫ ЗАКАЗЧИКА -шаровые, вибрационные, молотковые, струйные, бегунковые и др.	-статические, динамические -с механической или аэродисперсной загрузкой.	гематит, цемент, золоотвалы, барит, каолин, слюды, вермикулит и др.

Для тонкого измельчения неабразивных материалов Предприятием разработаны дисембраторы ДМ и дезинтеграторы ДЗ, технические характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Технические характеристики дисембраторов 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
Уст. мощность, квт	45÷55	55÷75	90÷132	22x2	45÷55x2	90÷110x2

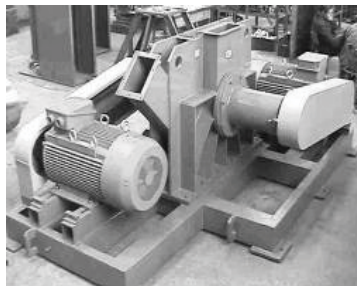
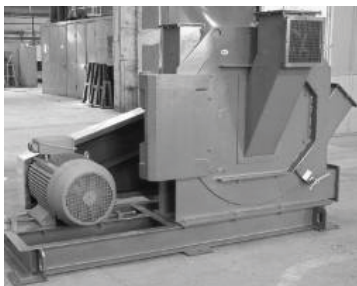


Рис.1. Дисмембратор ДМ-20 и дезинтегратор ДЗ-10.

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 работой измельчительного оборудования 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 трудно измельчаемые компоненты, что обогащает готовый продукт и увеличивает производительность по готовому продукту.

Для производства 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».

Классификаторы КЦД имеют оригинальную конструкцию, защищенную патентами РБ и РФ и в данном конструктивном исполнении изготавливаются только предприятием ОДО «Ламел-777».



Рис.2. Центробежные классификаторы КЦС-10 и КЦД-5.

В таблицах 2, 3 приведены основные характеристики разработанных центробежных статических и динамических классификаторов.

Таблица 2.

Характеристики центробежных статических классификаторов (КЦС).				
Параметры	КЦС-1	КЦС-5	КЦС-10	КЦС-20
Производительность, 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 3.

Характеристики центробежных динамических классификаторов (КЦД).						
Параметры	КЦД2	КЦД5	КЦД10	КЦД20	КЦД25	КЦД40
Производитель, 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
Гран. 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, и показывают высокую эффективность разделения (КПД>85%) на производствах по получению различных тонкодисперсных материалов. К середине 2010 года заказчикам поставлено более семидесяти центробежных классификаторов различной производительности, в том числе в составе около 11 измельчительно-классифицирующих комплексов на базе дисмембраторов и дезинтеграторов для переработки мягких материалов: мел, гипс, гидратная известь и др.

2. Измельчительно-классифицирующее оборудование для производства мелких фракционированных наполнителей.

БАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ		МАТЕРИАЛЫ
ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНОЕ*	КЛАССИФИЦИРУЮЩЕЕ**	
Центробежно-ударные, конусные, молотковые, роторные дробилки и др.	Классификаторы ОДО «Ламел-777» -воздушные каскадно-	отсевы, отвалы, гранит, гравийно-

	гравитационные многопродуктовые, -воздушные комбинированные.	песчаные смеси, песок, мрамор, доломит, известняк и др.
--	---	--

* - производства ОДО «Ламел – 777» или других производителей.

** - производства ОДО «Ламел – 777».

В случае необходимости дезинтеграции минерального сырья с целью производства измельченных продуктов с частицами кубовидной формы (заполнители асфальтобетонов, декоративные крошки, искусственные пески) целесообразно использовать механизм измельчения свободным ударом, реализующийся, например, в центробежных дробилках.

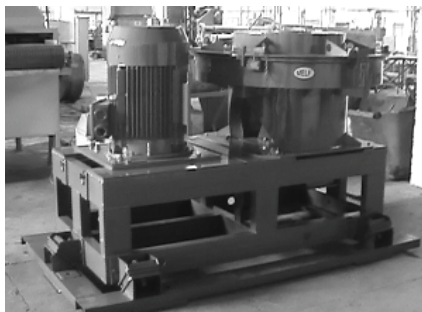


Рис.3. Дробилка ЦД-06

Предприятием изготавливаются центробежно-ударные дробилки с характеристиками, приведенными в таблице 4.

Таблица 4.

Характеристики центробежно-ударных дробилок ЦД			
Параметры	ЦД-04	ЦД-06	ЦД-1.0
Производительность, т/ч	5-7	15-20	20-30
Крупность исх.материала, мм	0-10	0-20	0-20
Установленная мощность, кВт.	15-22	55-75	75-90
Габаритные размеры, м	1.5x0.8x1.6	2.3x1.3x1.5	2.5x1.8x1.5
Масса, т	0,8	2,0	2,5

Для фракционирования мелких заполнителей крупностью до 5мм целесообразно использовать воздушные многопродуктовые каскадно-гравитационные (КГК) и комбинированные (КМК) классификаторы, которые позволяют разделять дисперсные материалы в диапазоне granulometric крупности от ~ 0.1мм до нескольких миллиметров.

Комбинированные классификаторы КМК являются новым поколением воздушных многопродуктовых классификаторов, разработанных Предприятием, отличающихся от каскадно-гравитационных классификаторов КГК более широким и независимым диапазоном регулировки крупности продуктов разделения, позволяющим

получать крупность тонкого продукта разделения менее 100÷200мкм при более высоком качестве разделения.

В строительной промышленности классификаторы КГК и КМК целесообразно использовать:

- для переработки отсевов дробильно-сортировочных производств;
- для обеспыливания щебня и фракционирования гравийно-песчаных смесей и песков;
- для производства обеспыленных заполнителей требуемой крупности в том числе с заданными функциями распределения частиц по размерам для реализации повышенной плотности упаковки.

В таблице 5 приведены технические характеристики некоторых классификаторов КМК, поставленных заказчиком.

Таблица 5.

Технические характеристики комбинированных классификаторов.		
Производительность по загрузке, т/ч	Номинальная крупность продуктов разделения*, мм	Габариты (LxВxH), м
10	+2; -2+0.16; -0.16	2.0x1.3x5.8
15	+2; -2+0.5;-0.5+0.16; -0.16	2.2x2.2x6.0
30	+2; -2+0.16; -0.16	2.3x2.3x7.6
50	+1.2; -1.2+0.16; -0.16	2.4x2.4x7.8
70	+1.2; -1.2+0.16; -0.16	2.5x2.5x8.4

* - крупность продуктов разделения может плавно регулироваться.

К 2010 году Предприятием поставлено около 20 классификаторов КГК и КМК, которые работают в технологических линиях по переработке гранитных, мраморных отсевов, разделению песка, доломита, извести, измельченного стекла, разделения и обогащения тальковой руды, полевых шпатов, регенерации дробеструйных материалов, обогащения вермикулитовой руды.



Рис.4 Классификатор КМК-3-30

Конструкция классификаторов КМК защищена действующими патентами РБ и РФ и в таком исполнении изготавливается только предприятием ОДО «Ламел-777».

3. Измельчительно-классифицирующее оборудование ОДО «Ламел-777», установленное на предприятиях по переработке гипса.

Таблица 6.

Измельчительно-классифицирующее оборудование ОДО «Ламел-777» на предприятиях по производству гипса					
№	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 комбинат», РФ	ММТ+КЦС-10	10	0.2
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

ДМ, ДЗ – дисмембратор, дезинтегратор соответственно, ДЦ- центробежная дробилка, ММТ – молотковая мельница тангенциальная (заказчиков). КЦС, КЦД- классификаторы центробежно-статические и динамические соответственно.



Рис.5 Измельчительно-классифицирующий комплекс для производства тонкодисперсного мела на базе дезинтегратора ДЗ-10 и центробежных классификаторов КЦС-10 и КЦД-20.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГИПСОВЫХ ПЕРЕГОРОДОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

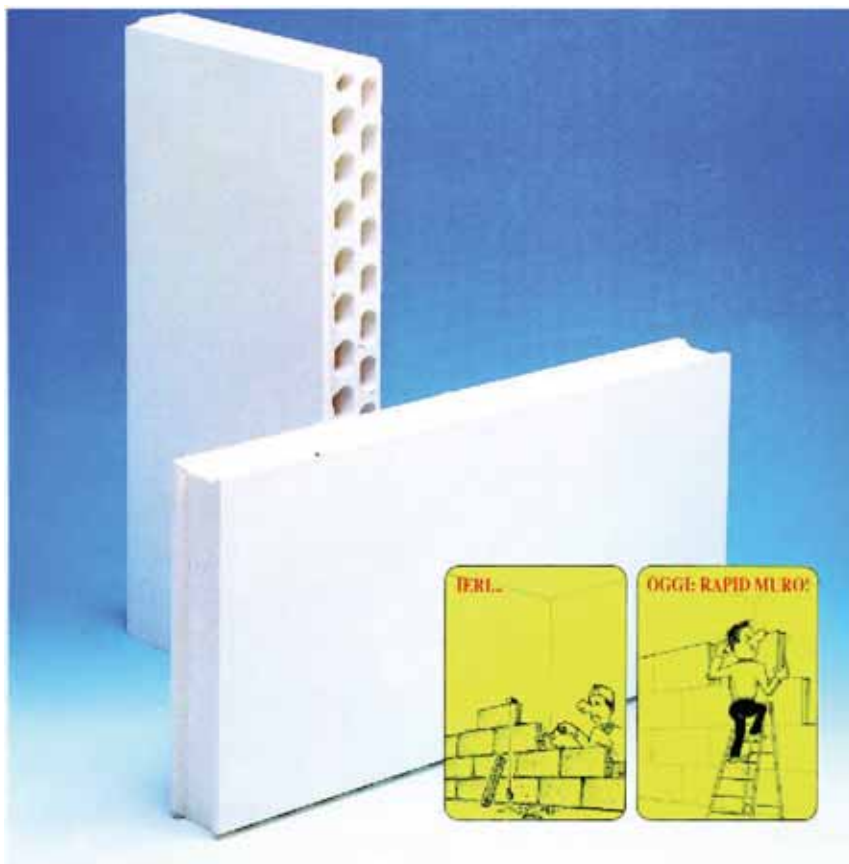
Г. Пуччини, компания «Пуччини Индустрия» (Италия)

Компания «Carraro Gips» была основана около 60 лет назад господином Антонио Карраро и располагается в городе Due Ville на северо–востоке Италии. Компания всегда работала в секторе гипса, производя различные типы гипсовых компонентов: декоративные элементы, подвесные потолки - фиксированные и подвижные, стеновые элементы. С течением времени компанией были разработаны два особых продукта для строительства разделительных перегородок (стен) – кроме того, компания спроектировала и производит оборудование и линии, служащие для производства данных продуктов. Рассмотрим оба вышеперечисленных продукта.

Первой разработкой является блок Rapid Muro, который представляет собой оптимальный вариант по различным аспектам в сравнении с обычными стеновыми блоками из гипса.

Прежде всего, блок имеет размеры 700x358x80мм. и по всему периметру снабжен пазами для очень точного соединения. Протяжение блоков в длину (в сравнении с обычными в основном квадратными блоками), скрепляемых между собой посредством высокоточных пазовых соединений, гарантирует прямолинейность стены в фазе монтажа.

Следующей очень важной характеристикой являются отверстия, служащие для облегчения блока. Они расположены в направлении длины в два ряда в шахматном порядке, таким образом, чтобы получить структуру типа “пчелиного гнезда”. Это позволяет достигнуть повышенной прочности при высокой степени пустотности. Данные блоки имеют степень пустотности, равную 48 %. Вес каждого блока равен 12 кг, вес 1 м² составляет 48 кг/м².



Это дает, в сравнении с традиционными блоками с меньшей пустотностью, следующие преимущества:

- Экономия материала в фазе производства
- Экономия энергии в фазе сушки
- Экономия рабочей силы со стороны каменщиков в фазе установки и, следовательно, большую производительность в час.
- Снижение нагрузок на полы.

Основные технологические характеристики:

- Огнестойкость: 165 мин. (классификация REI 120)
- Коэффициент пропускания тепла: $K=1,6 \text{ Kcal/hm}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
- Звукоизоляционная способность: 34 dB
- Средняя плотность: 1.130 кг/м^3 .

Последней, важной характеристикой является идеальная отделка поверхности, достигаемая с помощью формовочных машин, что исключает работы по подготовке и отделке перед окрашиванием.

Производство данных блоков осуществляется с помощью линий, в составе которых:

- Силос для складирования гипса
- Электронные весы для взвешивания гипса и дозатор воды в замесе
- Мешалка
- Формовочная машина
- Захват для разгрузки из формовочной машины и погрузки на тележки сушилки
- Сушилка
- Линия разгрузки с тележек сушилки и упаковки.

Линия с тремя формовочными машинами в состоянии производить примерно 162 м² за 8 часовую рабочую смену.

Не так давно, в 2000г. был разработан новый продукт - Плита Carraro GF25.

Данная плита имеет стандартные размеры 1000x620x25мм. Высота 620 мм может варьироваться от минимума 100мм до максимума 640 мм. Плита устанавливается с использованием металлической конструкции, аналогичной той, которая выполнена из гипсокартона, но позволяет иметь стены с безусловно, лучшими характеристиками по сравнению с гипсокартонными.



Плита армирована стекловолокном и имеет толщину 25 мм, с учетом этих двух факторов данная плита имеет механические характеристики, недостижимые для гипсокартона. Плита может выдерживать значительный вес, например, непосредственно к плите могут крепиться кухонные полки или что-либо подобное, без необходимости искать для точек крепления металлическую конструкцию. Кроме того, плита снабжена с 4 сторон высокоточными соединительными пазами. Это позволяет получить идеальное соединение между отдельными плитами в фазе монтажа, оставляя стыки невидимыми. Размеры плиты и ее вес (около 15 кг) являются оптимальными для обеспечения с одной стороны - легкой маневренности для установщиков и с другой стороны - высокой производительности в фазе монтажа. Плита имеет следующие характеристики:

Размеры: 1000x 620x25 мм

Вес: 15 кг/шт. (соответствующий 24,20 кг/м²)

Огнестойкость: Евро класс А1 (негорючий)

Унитарный коэффициент пропускания тепла: 4,1 W/m² К

Лямбда: $\lambda=0,327$

Разделительная перегородка (стена) с внутренней металлической конструкцией, одной плитой на каждой стороне и внутренней плитой из стекловолокна имеет следующие характеристики:

Толщина: 100÷150 мм

Огнестойкость: R.E.I. 180 (180 минут)

Звукоизоляционная способность: 53 dB

Коэффициент пропускания тепла: 0,608 W/m² K

Допустимый вес для отдельных дюпилей, удаленных друг от друга на 60 см: 50 кг

Плита Carraro GF25 может применяться в качестве:

- облицовки стен для внутренней отделки наружных стен (с улучшением термоизоляции здания);
- разделительной перегородки (стены) отдельной или двойной
- гладкого подвесного потолка
- облицовки металлических конструкций в качестве противопожарной защиты.

С целью увеличения возможностей использования плиты GF25, как с технической точки зрения, так и с эстетической, был разработан комплект дополнительных принадлежностей, таких как:

- изогнутые элементы
- коробки из армированного гипса для электрических розеток и выключателей
- коробки для электрических щитков и точек соединения установок-смотровые люки (форточки). Производственная линия для данных плит концептуально является аналогичной вышеописанной для производства блоков. Отличаются только формовочные машины, которые имеют различные размеры и в которых отсутствуют пуансоны для формирования отверстий в блоках и тележки сушилки.

СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ САМАРСКОГО ЗАВОДА «СТРОММАШИНА» ДЛЯ ГИПСОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Мохунов В.Ю., ЗАО «ТД Строммашина»

Самарский завод «Строммашина» был создан еще в сороковые года прошлого века с целью обеспечения промышленности необходимым современным и технически совершенным оборудованием.

С тех пор мы не изменили данной цели. На сегодняшний день самарский завод «Строммашина» работает по основным отраслевым направлениям: строительная, нефтяная, дорожная, химическая, металлургическая, горнодобывающая.

Благодаря инновационной, технологической и производственной базам мы поставляем в выше упомянутые отрасли следующие виды оборудования: размольное оборудование, сушильное оборудование, обеспыливающие оборудование, циклоны, бетоноукладчики и бетонораздатчики, классификаторы пылевоздушные, транспортирующие оборудование, оборудование для производства минерального порошка, оборудование для производства минерального волокна, оборудование для производства керамзита, оборудование ВНВ и отдельное технологическое оборудование.

Технологическая схема производства строительного гипса с использованием вращающихся печей (сушильных барабанов)

Технологическая схема производства строительного гипса во вращающихся печах (сушильных барабанах) приведена на рис.1

В зависимости от размера кусков исходного гипсового камня и требуемых размеров кусков, направляемых на обжиг, дробление осуществляют по одно- или двухступенчатой схеме в щековых или других дробилках. Исходное сырье дробят до размеров частиц 0...35 мм. в поперечнике.

Физико-технические свойства гипса и ангидрита

Свойства	Гипс	Ангидрит
Истинная плотность, г/см ³	2,32	2,89
Твердость по шкале Мооса	1,5...2,0	3,0...3,5
Предел прочности, МПа:	17	80

При сжатии	2	7
При растяжении		
Коэффициент хрупкости	8,5	11,0
Температура плавления	1450	1450

Полученный гипсовый щебень при необходимости подвергается грохочению на фракции 0...10, 10...20 и 20...35 мм., которые направляются в соответствующие бункеры над печью обжига. Обычно щебень различных фракций обжигается отдельно. Для каждой фракции выбирается соответствующий режим обжига. Из бункера гипсовый щебень с помощью



питателя, например, тарельчатого, непрерывно поступает во вращающуюся печь.

Обжиг гипса во вращающихся печах может осуществляться при непосредственном соприкосновении с горячими газами, образующимися при сжигании топлива или за счет

передачи тепла через стенки барабана при его наружном обогреве.

Вращающиеся печи (сушильные барабаны) могут работать на твердом, жидком и газообразном топливе. Для каждого варианта Самарский завод «Строммашина» подбирает отдельное технологическое оборудование и технологию обжига.

Температура газов при входе в печь при прямотоке – 950...1000⁰С, при противотоке – 750...800⁰С. Температура газов при выходе из печи при прямотоке – 170...220⁰С, при противотоке – 100...110⁰С.

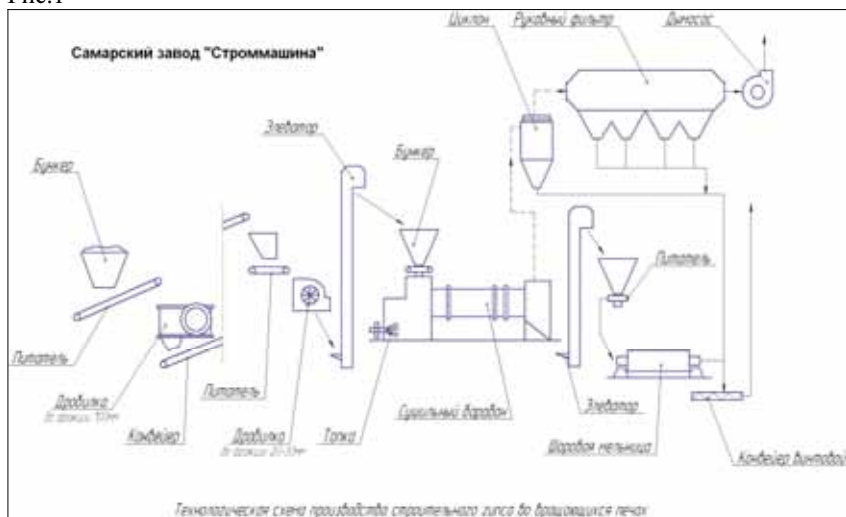
Обожженный материал поступает в расходные бункеры, расположенные над шаровой мельницей. Равномерное питание мельницы материалом обеспечивается питателем. Поступивший в мельницу материал имеет температуру 800...100⁰С.

В шаровой мельнице 1456А (обычно двухкамерной) производится помол обожженных кусков гипсового камня. В отличие от гипсоварочных котлов продукт обжига в печах получается неоднородным по модификационному составу, имеется значительное количество недожога (двуhydrата сульфата кальция) и пережога (ангидрита). В шаровой мельнице кроме помола осуществляется выравнивание вещественного состава продукта за счет перехода недожога и пережога в полугидрат.

После помола гипсовое вязущее направляется в бункеры (силосы) хранения и на расфасовку.

Современные производства гипсовых вяжущих осуществляются по аналогичным технологическим схемам, но преимущественно для транспортирования сыпучих и порошкообразных материалов используются системы пневмотранспорта, обеспечивающее высокую степень очистки воздуха от пыли.

Рис.1



Выбор технологических схем производства гипсовых вяжущих зависит от многих факторов: объема производства, свойств сырья, требуемого качества вяжущих и др.

Самарский завод «Строммашина» предлагает к поставке оборудование для вышеназванных технологических схем, а также запасные части (оборудование для дробления, сушки, хранения, транспортирования и т.д.).

Опыт применения оборудования Самарского завода «Строммашина» в гипсовой промышленности

№	Год	Название предприятия
1	2001	Гипсобетон
2	2004	Кнауф
3	2007	Старатели
4	2007	Гумбет-гипс
5	2008	Каббалгипс
6	2008	Юникс

7	2009	Руссан-Недвижимость
8	2009	Мрамор
9	2009	Луганский гипс
10	2009	Аракчинский гипс
11	2010	М-1
12	2010	Мордовцемент
13	2010	Самарский гипсовый комбинат
14	2010	ГолденГруппГипс
15	2010	Строительные материалы

Ресурсная база самарского завода «Строммашина»

В рамках работы Российской Гипсовой Ассоциации в качестве полноценного ее участника самарский завод «Строммашина» планирует совершенствовать

существующие и разрабатывать новые технологические решения для производства гипсового производства с привлечением сторонних организаций и с использованием собственной ресурсной базы.



С учетом современного интенсивного развития гипсовой промышленности самарский завод «Строммашина» может предложить практически все виды инжиниринговых услуг для решения различных задач данной отрасли.

Инжиниринг

Разработка технологической концепции проектов

Технико-экономическое обоснование проекта

Базовый инжиниринг

Детальный инжиниринг

Изготовление специального оборудования

Полевой инжиниринг

Информационное сопровождение

Производство стандартного оборудования

Проектные работы

В рамках выполнения проектных работ предоставляется следующий пакет документов:

- Комплект отправочной документации на все поставляемое оборудование.
- Монтажный чертеж линии.
- Чертежи площадки обслуживания.
- Чертежи газоотводящих трактов.
- Чертежи опоры газоотводящих трактов и транспортирующего оборудования.
- Чертежи соединительных элементов (течки, переходы, и т. д.) между оборудованием.
- Строительное задание на линию.

Сервисное обслуживание от Самарского завода «Строммашина

Предлагаемый подход к сервисному обслуживанию позволит заказчику

- Минимизировать внеплановые остановки (внезапные отказы) оборудования при достижении максимально длительного срока его службы.
- Оптимизировать структуры капитальных ремонтов оборудования и как следствие -минимизировать большие единовременные финансовые затраты.
- Обеспечить эффективность ремонтов за счет послеремонтного обследования.
- Увеличить межремонтные интервалы и сроки эксплуатации оборудования за счет проведения монтажных, наладочных, ремонтных работ и модернизации в точном соответствии с техническими условиями и регламентами.
- Идентифицировать и устранить повторяющиеся отказы путем анализа состояния оборудования.
- Применять агрегатно-узловой ремонт, позволяющий сокращать сроки простоя оборудования
- Равномерно и обоснованно производить загрузку ремонтного персонала.
- Повысить уровень промышленной безопасности.
- Снизить эксплуатационные затраты предприятия.

Предлагаемый состав работ по сервисному обслуживанию:

- Технические консультации в течение всего срока эксплуатации оборудования.
- Проведение периодических осмотров (аудитов), технического обслуживания по согласованному графику.
- Замена узлов и комплектующих. Доставка необходимых запасных частей в установленные сроки.
- Определение состава работ для проведения капитальных ремонтов, модернизации и обеспечение запасными частями.

В структуре Сервисного Центра «Строммашина» создана отдельная группа по обслуживанию оборудования на территории России, стран СНГ и ближнего зарубежья. В состав группы вошли менеджеры по поставке оборудования и запасных частей, технические менеджеры и сервис-инженеры. Дополнительно, для клиентов, использующих оборудование производства «Строммашина», мы расширяем номенклатуру запасных частей, которые можно получить непосредственно со склада в Самаре.

Поставка запасных частей:

Самарский завод «Строммашина» может предложить широкий ассортимент комплектующих элементов и запасных частей на поставляемое оборудование. В их числе:

Венцы зубчатые, шестерни приводные, ролики опорные, футеровка, мелющие тела, фильтрующие элементы, роlikоопоры для мельниц, а также комплекты быстроизнашиваемых элементов и узлов. Поставка запчастей в короткие сроки по согласованному графику с клиентом.

ВЕНТИЛЯТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ШАХТ И РУДНИКОВ

Гошков О.В., Кутаев В.И., ОАО «Артемовский машиностроительный завод «ВЕНТПРОМ»

ОАО «Артемовский машиностроительный завод «ВЕНТПРОМ» является крупнейшим производителем горно-шахтного оборудования. Пятидесятилетний опыт в производстве вентиляторов позволяет изготавливать образцы на уровне международных стандартов. Применение современных технологий и использование уникального оборудования обеспечивают качество и надежность выпускаемой продукции.

Плодотворное сотрудничество с разработчиками конструкторской документации на вентиляционное оборудование позволило значительно расширить номенклатурный перечень выпускаемой продукции. Завод приступил к серийному производству вентиляторов местного проветривания серии ВМЭВО, главного проветривания серии ВО, ВО-А, в составе вентиляционных установок типа АВМ и АВР с диаметром рабочего колеса до 4 метров.

В новинках предприятия используются оригинальные конструкторские решения, применяются высокопрочные алюминиевые сплавы и композитные материалы. Ответственные узлы комплектуются изделиями известных зарубежных фирм.

Представительство в Кузбассе, есть прямая возможность эксплуатантов участвовать в совершенствовании вентиляционного оборудования. Сегодня наравне с новинками успешно модернизируется серийная продукция.

Наличие региональных складов запасных частей, обеспечивает высокий уровень сервисного обслуживания.

Сотрудничество с проектными организациями, монтажными и пусконаладочными предприятиями позволяет комплексно решать вопросы в части обеспечения режимов вентиляции на действующих и строящихся шахтах.

Продукция завода неоднократно удостоена дипломами и медалями международных выставок.

Основными потребителями продукции являются металлургические комбинаты, угольные шахты и рудники, метрополитены России и стран СНГ.

Вентиляторы производства ОАО «АМЗ «ВЕНТПРОМ» успешно эксплуатируются

-металлургическими комбинатами: Новолипецким, Магнитогорским, «АрселорМиттал Темиртау», «Криворожсталь».

-угольными компаниями: ОАО «СУЭК», ОАО «ОУК «Южкузбассуголь», «Южный Кузбасс», ОАО «Распадская», ОАО «КОКС», ОАО «БЕЛОН», УК «Промуглесбыт».

-метрополитенами городов: Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Самара, Екатеринбург, Харьков, Минск, Киев, Днепрпетровск, Баку, Ташкент, Ереван, Тбилиси.

-горнодобывающими компаниями: «Казхром», «Казцинк», «Алмалыкский ГМК», «Навоийский ГМК», АК «АЛРОСА», АО «Базсуал», ОАО «Уральская горная металлургическая компания», ЗАО «Русская медная компания», РУП «ПО «Беларуськалий», ОАО «Сильвинит», ОАО «Уралкалий», ОАО «Кольская ГМК».

Продукция ОАО «Артемовский машиностроительный завод «ВЕНТПРОМ» имеет сертификат типового одобрения Регистра-Ллойда, сертификаты соответствия в Системе сертификации ГОСТ Р, а также Разрешение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору на использование ее в шахтах и рудниках, опасных по газу и пыли. Система менеджмента качества соответствует международному стандарту ISO 9001:2008.

Перспективными проектами в части освоения новых видов выпускаемой продукции являются:

- Установки главного проветривания типа АВМ

размерного ряда АВМ-12, АВМ-14, АВМ-16, АВМ-18, АВМ-21, АВМ-22, АВМ-24, АВМ-26, АВМ-28, АВМ-30, АВМ-32, АВМ-36, АВМ-38, АВМ-40 с реверсивными вентиляторами серии ВО-АР (обозначение типоразмера установки соответствует диаметру рабочего колеса вентилятора) предназначены для главного проветривания шахт и рудников, закрытых в режиме консервации, а также действующих предприятий с низким и средним уровнем общешахтной депрессии и могут быть использованы в других отраслях промышленности, системах вентиляции и технологических процессах, где необходимо проветривание с возможностью реверсирования воздушной струи до 80% и активным резервированием вентиляторов.



Особенности конструкции установки типа АВМ:

- применение реверсивных вентиляторов позволило реализовать эффективную и предельно простую конструкцию вентиляторной установки, которая может использоваться как стационарная главного проветривания, так и в качестве вспомогательной, временной или передвижной;
- в результате специального аэродинамического проектирования потери статического давления в проточной части поворотного колена-заслонки

переключателя потока, содержащего лопаточную систему для выравнивания потока, сведены к минимуму;

- элементы каждого из вентиляторных блоков устанавливаются на общей раме, что обеспечивает повышенную надежность работы системы “электродвигатель-вентилятор”;

- объединенная выходная часть установки гарантирует “необмерзаемость” при отрицательных температурах;

- установки отличаются компактностью, повышенной эксплуатационной надежностью, удобством технического обслуживания и ремонта, минимальной стоимостью.

- **Реверсивные осевые одноступенчатые вентиляторы серии ВО-АР** размерного ряда ВО-12АР, ВО-14АР, ВО-16АР, ВО-18АР, ВО-21АР, ВО-22АР, ВО-24АР, ВО-26АР, ВО-28АР, ВО-30АР, ВО-32АР, ВО-36АР, ВО-38 АР, ВО-40АР (вентилятор осевой - диаметр рабочего колеса в дм - реверсивный) предназначены для широкого промышленного применения в реверсивных системах вентиляции, в том числе, для проветривания закрытых и действующих шахт, рудников, метрополитенов и тоннелей.



Особенности конструкции вентиляторов серии ВО-АР:

- вентиляторы построены на базе модификаций специальной реверсивной аэродинамической схемы “Аэровент - AV72-090Tw” высокой быстроходности, обеспечивающей достижение полного КПД вентилятора со входной коробкой и диффузором на уровне 80%;

- переход вентилятора в реверсивный режим осуществляется путем изменения направления вращения ротора на обратное (при соответствующей перестановке закрылков в модификациях с НА) с соотношением подачи на номинальном режиме при прямом течении и реверсировании 80% и более;

- регулирование режима работы вентиляторов осуществляется путем изменения угла установки лопаток рабочего колеса при остановленном вентиляторе (базовое исполнение) или на ходу, поворотом закрылков НА с помощью электромеханического привода, (сочетание этих двух способов обеспечивает наиболее высокую эффективность регулирования);

- применение регулируемых направляющих аппаратов позволяет улучшить реверсивные качества и повысить максимальное давление вентилятора на 15-20% по сравнению с базовым исполнением без снижения достигнутого уровня КПД;

- роторная группа и лопаточная система рабочего колеса каждого типоразмера вентилятора оптимизированы методами конечно-элементного

прочностного и частотного анализа с тщательной отстройкой от резонансных режимов;

- модификации со специальными высокоэффективными противосрывными устройствами гарантируют стабильность аэродинамических характеристик вентиляторов в условиях вентиляционных сетей с переменными характеристиками;

- применение специальных методов аэроакустического проектирования лопаточных систем и элементов проточной части вентиляторов обеспечило минимальный уровень генерации шума непосредственно в источнике образования.

- Реверсивные блочно-модульные установки главного проветривания типа АВР

размерного ряда АВР-12, АВР-14, АВР-16, АВР-18, АВР-21, АВР-22, АВР-24, АВР-26, АВР-28, АВР-30, АВР-32, АВР-36, АВР-38, АВР-40 (обозначение типоразмера соответствует диаметру рабочего колеса вентилятора) предназначены для главного проветривания шахт и рудников и могут быть использованы в других отраслях промышленности и технологических процессах, где необходимо проветривание с возможностью реверсирования воздушной струи до 100% и активным резервированием вентиляторов.



Особенности конструкции установки типа АВР:

- При нагнетательной схеме проветривания рудника (шахты) забор воздуха происходит через систему предварительного подогрева воздуха, в реверсивном режиме выхлоп воздуха происходит минуя нагревательные элементы или открытое пламя системы предварительного подогрева воздуха, в атмосферу, тем самым эксплуатация установок типа АВР повышает надежность эксплуатации и выполнение требований пожарной безопасности, в сравнении с вентиляторами осуществляющими реверсию струи остановкой и обратным вращением ротора. При реверсировании установка АВР не требует остановки электродвигателя при этом исключая любые воздействия на силовую электрическую часть не подвергая её пиковым перепадам напряжения и тока при пусках и остановках электродвигателя, что существенно повышает надежность эксплуатации данной установки.

- в результате тщательной аэродинамической оптимизации проточной части установки и ее отдельных аэродинамически активных элементов обеспечивается минимальный уровень потерь статического давления;

- конструкция поворотных колен-заслонок переключателей потока совместно со специальной лопаточной системой для выравнивания потока

оптимизирована методами конечно-элементного анализа и сбалансирована (уравновешена) относительно оси поворота, что обеспечивает минимальные усилия и оперативность их перестановки;

- эффективная система уплотнений переключателей потока сокращает подсосы воздуха в процессе эксплуатации;
- замкнутая система воздухопроводов (атмосферный канал сообщается с выходным диффузором) гарантирует необмерзаемость установки при отрицательных температурах;
- установки нового типа отличаются компактностью, простотой конструкции, повышенной эксплуатационной надежностью, удобством технического обслуживания и ремонта.

- Высоконапорные осевые одноступенчатые вентиляторы серии ВО-АН типоразмерного ряда ВО-12АН; ВО-14АН; ВО-16АН; ВО-18АН; ВО-21АН; ВО-22АН; ВО-24АН; ВО-26АН; ВО-28АН; ВО-30АН; ВО-32АН; ВО-36АН; ВО-38АН; ВО-40АН (вентилятор осевой - диаметр рабочего колеса, дм) предназначены для широкого промышленного применения, в том числе, для главного проветривания шахт и рудников с диапазоном подачи воздуха 15-840 м³/с и статическим давлением 750-6500 Па, главным образом, в составе реверсивных блочно-модульных установок типа АВР.

Особенности конструкции вентиляторов серии ВО-АР:

- вентиляторы построены на базе специальных версий новой высоконапорной аэродинамической схемы “Аэровент - AV72-160Tw”, обеспечивающей достижение максимального полного КПД вентиляторов со входной коробкой и диффузором на уровне 87-90% в зависимости от втулочного отношения типоразмера;
- роторная группа и лопаточная система рабочего колеса каждого типоразмера вентилятора оптимизирована методами конечно-элементного прочностного анализа, в том числе, динамического, с тщательной отстройкой собственных частот колебаний конструкции от частоты вынуждающей нагрузки и ее кратностей;
- одноступенчатое исполнение вентилятора без подвешенного промежуточного вала и размещение системы вентилятор-электродвигатель на общей раме повышают эксплуатационную надежность установки;
- регулирование режима работы вентиляторов осуществляется путем изменения угла установки лопаток рабочего колеса при остановленном вентиляторе (базовое исполнение) или на ходу, поворотом закрылков специального ВНА с помощью электромеханического привода (сочетание этих двух способов обеспечивает наиболее высокую эффективность регулирования);

- применение стационарных или регулируемых входных направляющих аппаратов позволяет повысить максимальное давление вентилятора на 15-20% по сравнению с базовым исполнением без снижения достигнутого уровня КПД;

- модификации со специальными высокоэффективными противосрывными устройствами гарантируют стабильность аэродинамических характеристик вентиляторов в условиях сложных вентиляционных сетей;

- использование современных методов аэроакустического проектирования лопаточных систем и элементов проточной части вентиляторов обеспечило минимальный уровень генерации шума непосредственно в источнике образования.

- Вентиляторы шахтные местного проветривания

серии ВМЭВО (ВМЭВО-6А, ВМЭВО-6,7А, ВМЭВО-7,1А, ВМЭВО-8А, ВМЭВО-12А), осевые со встроенным взрывозащищенным электродвигателем, предназначены для проветривания тупиковых горных выработок в угольных и рудных шахтах, включая опасные по газу и пыли, посредством подачи воздуха по гибкому или жесткому трубопроводу диаметром 0,6 и 1 м. Применяются также при проходке тоннелей и штолен.



Отличительные особенности вентиляторов серии ВМЭВО:

- вентилятор построен на базе новой высоконапорной аэродинамической схемы, специально созданной для оптимальной работы с вентиляционными воздуховодами;

- облегченное рабочее колесо вентилятора, увеличивающее надежность работы и долговечность подшипниковых опор электродвигателя, изготавливается из высокопрочных углеродистых сталей с повышенной устойчивостью к механическим воздействиям;

- при необходимости увеличения подачи воздуха в забой и в случаях сверхдлинных выработок, конструкцией вентилятора предусмотрена возможность последовательного секционирования двух и более агрегатов в единый блок;

- специальное противосрывное устройство предотвращает возникновение помпажных режимов работы и расширяет рабочую область вентилятора;

- в местах возможного фрикционного трения устанавливаются латунные протекторы, исключающие искрообразование;

- по требованию потребителя вентиляторы комплектуются устройствами для снижения шума.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА И ФИРМЫ «КНАУФ» В ПОДГОТОВКЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Халиуллин М.И., Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Григоренко М.В., ООО «КНАУФ Маркетинг Краснодар»

Один из ведущих производителей строительных материалов, динамично развивающих свое производство в Российской Федерации - Международная группа «КНАУФ», активно сотрудничает в сфере профессионального образования с учебными заведениями строительного профиля, создавая систему корпоративных учебных центров [1].

Широкое распространение в строительстве эффективных гипсовых и других современных строительных материалов предъявляет к компетенциям выпускников вузов строительного профиля требования владения технологиями их применения.

В ряде российских вузов, например, в КазГАСУ, НГАСУ, ЮУрГУ, СПбГАСУ и др., созданы Консультационные центры «КНАУФ», на базе которых студентам, преподавателям и сторонним специалистам предоставляется возможность пройти краткосрочное обучение и получить сертификат «КНАУФ», а также свидетельство государственного образца о повышении квалификации.

В 2007 году в соответствии с соглашением о сотрудничестве между Казанским государственным архитектурно-строительным университетом (КазГАСУ) и маркетинговым предприятием ООО «Кнауф Маркетинг Краснодар» создан Учебно-консультационный центр по технологиям «Кнауф» при КазГАСУ.

На базе Учебно-консультационного центра кафедрой профессионального обучения и педагогики КазГАСУ создана учебная лаборатория «Современные технологии с применением материалов «КНАУФ»» для проведения учебного курса по дисциплине «Современные технологии отделочных работ с применением материалов фирмы «КНАУФ»», постоянный штат которой включает заведующего лабораторией и учебного мастера. Занятия проводятся преподавателями КазГАСУ. Аудитории для теоретических и практических занятий оснащены учебными стендами, демонстрационной техникой, раздаточными материалами, комплектом специализированных инструментов и приспособлений, расходных материалов.

За прошедший с 2007 года период деятельности Учебно-консультационного центра курс соответствующей дисциплины прошли

студенты различных специальностей общей численностью свыше 750 человек.

Основным контингентом, который ежегодно проходит обучение в Учебно-консультационном центре, являются студенты вторых курсов специальности 270102 «Промышленное и гражданское строительство» и специальности 050501 «Профессиональное обучение и педагогика».

Полученные знания по номенклатуре современных гипсовых строительных материалов и изделий, основным конструктивным решениям, приобретенные навыки владения приемами технологии проведения отделочных работ с применением современных строительных материалов на примере продукции фирмы «КНАУФ», студенты используют и закрепляют во время прохождения производственной практики.

В рамках проведения Международной научно-практической конференции «Подготовка компетентного специалиста в условиях образовательного кластера: модели, технологии, качество», проходившей в КазГАСУ 16 апреля 2009 года, специалистами Учебно-консультационного центра проводился мастер-класс по технологиям фирмы «КНАУФ», на котором состоялась успешная демонстрация практических результатов по обучению студентов КазГАСУ современным технологиям отделочных работ с применением гипсокартонных листов.

Получение студентами основ рабочих строительных специальностей особенно актуально с учетом возрождающегося движения студенческих строительных отрядов, занятых в работах по ремонту университетского городка КазГАСУ, вводу в строй объектов Универсиады 2013 года в Казани, реализации программы по капитальному ремонту жилого фонда. Все это обеспечивает стабильный спрос на специалистов, владеющих современными технологиями отделочных работ, обучение основам которых осуществляется в Учебно-консультационном центре по технологиям «КНАУФ» при КазГАСУ.

В рамках развития сферы дополнительного профессионального образования и реализации программ повышения квалификации специалистов приказом ректора КазГАСУ при кафедре «Профессиональное обучение и педагогика» с 1 марта 2009 г. организованы платные курсы «Современные технологии отделочных работ с применением материалов фирмы «КНАУФ»» в объеме 72 часа, в том числе 36 часов лекций и 36 часов практических занятий с выдачей соответствующего удостоверения.

Программа курсов, составленная на базе государственного образовательного стандарта «Мастер сухого строительства», направлена на обучение основам этой востребованной специальности.

В рамках дальнейшего развития деятельности Учебно-консультационного центра планируется включение в курсы обучения

материалов по новой продукции фирмы «КНАУФ»: фасадным «КНАУФ-листам» и негорючей гипсовой плите для огнезащиты «КНАУФ-Файерборд», цементной плите «АКВАПАНЕЛЬ» для наружной и внутренней отделки, элементов сборного основания пола.

Литература

1. Инвестиции в обучение. Образовательные проекты фирмы КНАУФ/Под общ. ред. Г. Ленга. М.: РИА «Квартал», 2008. – 148 с.

On the suitability of K_2CO_3 and Na_2CO_3 for the acceleration of gypsum plaster hydration

M. Hartmann, H.-B. Fischer, Bräu, M.,
Bauhaus-Universität Weimar, F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde,
Weimar, Germany, BASF Construction Chemicals GmbH, Trostberg, Germany

Introduction

The possibility of taking targeted influence on the setting rate of gypsum plaster is an ancient but still a contemporary subject matter. In the beginning of last century [CAMERON, SEIDEL 1901] described the influence of CaCl, NaCl, MgCl and Na_2SO_4 depending on the concentration. Until today a number of publications dealt with the effect of sulphates and chlorides on the hydration of hemihydrate plaster. However, only a few articles concern the influence of K_2CO_3 and Na_2CO_3 and their results are contradictory. I.e. the solubility increases, shown in [KRUIS 1957], which conflicts with the retardation effect demonstrated by [ROHLAND 1914] and [DENG ET AL. 2001]. Therefore this publication is a contribution for understanding the effect of K_2CO_3 und Na_2CO_3 on the setting of hemihydrate plaster.

Experimental

1.1 Materials

For examinations in this present paper β -hemihydrate was used. The selected material based on flue gas desulphurisation (FGD) gypsum, because of its low content of impurities [BRÄU ET AL. 2009]. With the aim of anticipating the conversion of soluble anhydrite (AIII) into hemihydrate and achieving more stable material hemihydrate was aged under control, according to [NOWAK, FISCHER 2009].

An exception was made for the environmental scanning electron microscopy (ESEM). Ungrounded α -hemihydrate (FGD) was applied, since the slow setting and the ideal surface are beneficial to expose the partially dissolved surfaces and early crystal growth.

1.2 Analytical methods

The hydration process was first analysed by using differential calorimetry (DCA) and determining the initial setting time with the Knife-Cut-Method based on [DIN EN 13279-2]. The liquid/solid ratio (l/s) of 0.69 is proved to be optimal for the DCA analysis. To receive reliable initial setting times l/s was downsized to 0.58, which based on the water demand according to [DIN EN 13279-2].

To determine the solubility of the calcium sulphate phases a solution of K_2CO_3 or Na_2CO_3 was prepared and admixed with an excess of hemihydrate. For investigations of dihydrate solubility, a fixed amount of stable solution was removed and filtered ($0.45\ \mu\text{m}$). The hemihydrate solubility was investigated with help of the conductivity as the maximum value identified the time of sampling. The gathered solution was immediately filtered and diluted with deionised water by a factor of 10. The chemical composition of all samples was analysed by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP). This procedure was tested in preliminary investigations with sulphates and chlorides and was in good conformance with thermodynamic data.

Conductometric measurements are highly appropriate to investigate the hydration of gypsum plaster and were carried out with suspensions ($l/s = 20$) under permanent agitation of a magnetic stirrer [FISCHER ET AL. 2009]. In accordance with above-mentioned investigations the salt solution was prepared and the hemihydrate powder was added at zero-time.

Selected samples of α -hemihydrate slurry ($l/s = 0.3$) were explored with help of ESEM analysis. Therefore the hydration process of α -hemihydrate plaster was stopped by means of filter paper and vacuum.

Results

Figure 1 shows the retardation of the hydration due to small amounts of K_2CO_3 and Na_2CO_3 as well as the acceleration effect if large quantities were used. At low concentrations both methods display a comparable influence of the two salts. If elevated concentrations were used the higher acceleration effect of potassium carbonate compared to sodium carbonate becomes visible. The results provide an explanation for the diverse opinions of [ROHLAND 1914] and [DENG ET AL. 2001] regarding the impact of K_2CO_3 and Na_2CO_3 .

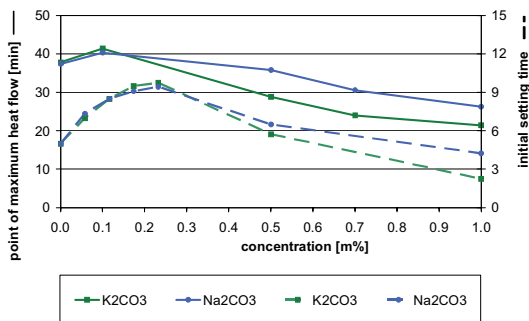


Figure 1 Point of maximum heat flow ($l/s = 0.69$) and initial setting time ($l/s = 0.58$) against the K_2CO_3 and Na_2CO_3 concentration (m% referred to solid)

The results of the solubility experiments show that nearly all added Na^+ and K^+ ions remain in the solution, thus they were not incorporated in double salt. Pore solution, which was obtained by pressing out the calcium sulphate-water mix at different points of time, confirmed these conclusions.

Not all examined solutions can be regarded as infinite diluted, thus activity coefficients had to be considered. The ionic strength (I_s) was calculated through formula 1 with help of the amount of concentration (m [mol/l]) and the ionic charge (z). Using I_s and the Davies- equation in formula 2 the activity coefficient (γ_i) was determined, where A was set 0.51. The product of both activities $\{a_i\}$ for Ca^{2+} and SO_4^{2-} results in the ionic product, which is shown in figure 2. [ENGEL, REID 2006, BELLMANN 2005]

$$I_s = 0.5 \cdot \sum m_i \cdot z_i^2 \quad \text{formula 1} \quad \log \gamma_i = -A \cdot z_i^2 \cdot \left(\frac{\sqrt{I_s}}{1 + \sqrt{I_s}} - 0,3 \cdot I_s \right) \quad \text{formula 3}$$

$$\{a_i\} = [m_i] \cdot \gamma_i \quad \text{formula 2}$$

The gradient of the ionic product confirms the increase of the solubility of hemihydrate shown by [Kruis 1957]. Indeed, the solubility of dihydrate is rising, too, but the increase is much less distinct. For comparison figure 2 contains potassium sulphate, which accelerates the setting of gypsum plaster in low and high concentrations. Concerning the current state of research, it is given that the basic reactions of gypsum plasters are based on the differential amount of hemihydrate and dihydrate solubility [HUMMEL 2009]. Consequently the hydration should be accelerated by the use of all three salts, because of the increasing driving force potential due to the rising solubility difference.

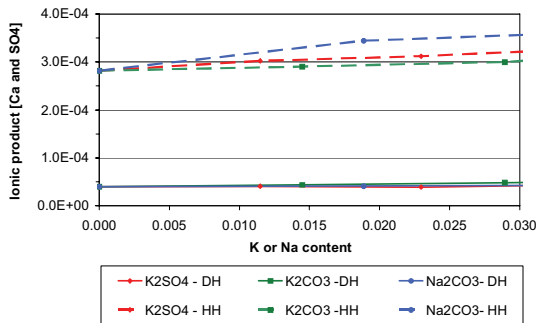


Figure 2 Ionic product (Ca^{2+} and SO_4^{2-} in consideration of the activity coefficient) against the K^+ and Na^+ content [mol/l]

For assessing the conductivity curve it is important to consider the cumulative number of “impurity ions” with increasing concentration of K_2CO_3 and Na_2CO_3 , which elevates the conductivity at zero-time.

As can be seen in figure 3, with increasing amount of K_2CO_3 the entire gradient takes course on a higher level. This effect does not generally arise from a solubility interacting.

The arrows in figure 3 highlight the point of inflexion, before the equilibrium concentration is reached and the reaction declines. In accordance to the DCA curves it can be seen that the addition of 0.015 mol/l K_2CO_3 retards the hydration in comparison with the reference. On the other hand the end of reaction is obtained earlier with increasing concentration. The sample with 0.232 mol/l (~16 g/l) K_2CO_3 reacts faster than the sample without any additive.

A specific characteristic can be seen if concentrations above 0.011 mol/l K_2CO_3 or 0.014 mol/l Na_2CO_3 (~ 1.5 g/l) were used. The intersperse of hemihydrate powder into the prepared solution leads to a temporary decrease of conductivity before increase of conductivity begins. This ion removal refers to the formation of other phases.

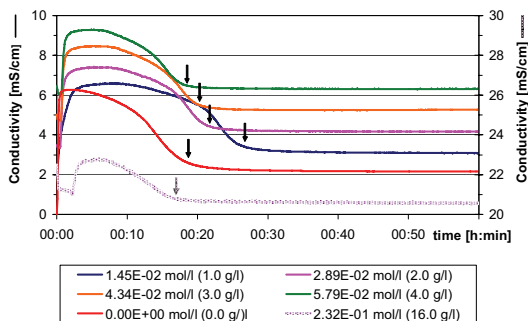


Figure 3 Chronological curve characteristic of conductivity against the K^+ content [mol/l]

The probability of formation of several double salts and $CaCO_3$ - modifications were calculated with help of the geochemical computer program PHREEQC and the database pitzer.dat. The equilibrium phases dihydrate and hemihydrate as well as the added amount of concentration of CO_3^{2-} , Na^+ and K^+ provided the input parameter.

The relevant analysis range is undersaturated with respect to the double salts. However, even if a solution based on the low concentration of dihydrate saturation is used, $CaCO_3$ can precipitate. From a thermodynamic point of view the solution is oversaturated with respect to calcite in excess of 0.002 mol/l K_2CO_3 or 0.003 mol/l Na_2CO_3 (~ 0.3 g/l). If more than 0.004 mol/l K_2CO_3 or 0.005 mol/l Na_2CO_3 (~ 0.5 g/l) were used, calcite and aragonite precipitate.

Concerning the much higher Ca^{2+} and SO_4^{2-} concentrations on the hemihydrate surfaces and their major surface reactivity CaCO_3 will precipitate preferably on the surfaces of the hemihydrate grains. A fractional formation of CaCO_3 -shells on the hemihydrate surfaces retarded the hemihydrate dissolution and consequently the hydration of the gypsum plaster. This consideration is substantiated through the ion removal in figure 3.

The application of K_2CO_3 and Na_2CO_3 has an undesired side effect beside the specified retardation, the so called “bleeding” of the slurry. Concentrations above 0.03 mol/l lead to sedimentation and water disposals on the border and the surface of the initial setting samples. This instability could not only arise directly from the retardation effect, since accelerated samples with higher concentrations show the same behaviour, even if it is less distinct.

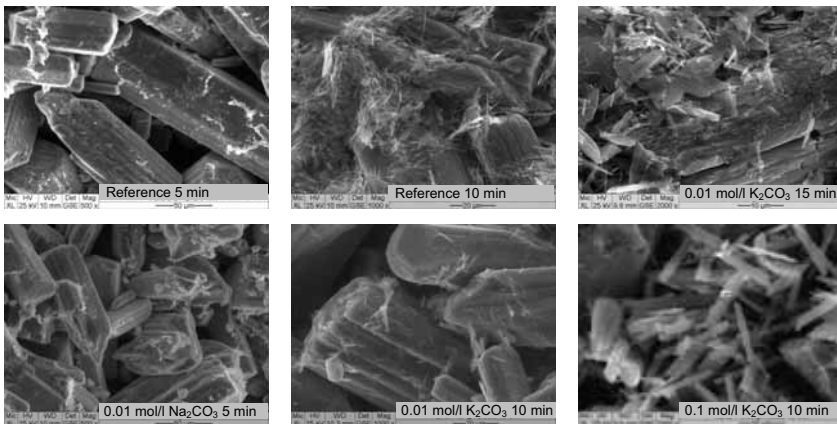


Figure 4 ESEM micrograph of α -hemihydrate samples ($l/s = 0,3$)

The ESEM micrographs clearly show the retardation effects of 0.016 mol/l Na_2CO_3 and 0.012 mol/l K_2CO_3 as well as the acceleration effect of 0.1 mol/l K_2CO_3 . The reference sample in figure 3 exhibits partially dissolved surfaces and early crystal growth already after 3 minutes. At that very moment the samples which verifiable accelerate do not reveal any distinctions compared to the starting material α -hemihydrate. After 10 minutes of reaction the reference sample shows considerably proceeded hydration with a much higher amount of needle-like dihydrate compared to the retarded specimen. 15 minutes after the contact with water the retarded mixtures display proceeded hydration, too. The addition of 0.1 mol/l potassium carbonate seems to retard the nucleation of dihydrate in the beginning. However, after 10 minutes the sample shows comparatively large dihydrate crystals. It can be assumed that the critical nucleus size remains unchanged, whereas the crystal growth increases compared to the reference. Continuative examinations are in process.

Conclusions

Na_2CO_3 and K_2CO_3 are able to regulate the setting time of calcium sulphate plaster, but they have disadvantages. One substantial handicap is the converse of the retardation effect at low concentrations into an acceleration effect at high concentrations. Considering the dependency of the admixture effect on the quality characteristics of the plaster, the converse of the impact is a markedly problem for practical applications. Furthermore, it has been found that K_2CO_3 and Na_2CO_3 generate sedimentation and water disposals of the slurry.

Conductivity measurements and thermodynamic calculations reveal the formation of calcium carbonate as the cause for retardation. Two explanations can be given: 1. Fractional formation of CaCO_3 -shells on the hemihydrate surfaces retards the hemihydrate dissolution and consequently the gypsum plaster hydration. 2. The dihydrate nucleation is retarded, as in the beginning of reaction slightly-soluble CaCO_3 preferably precipitates. The present results lead to the assertion that two processes take place, which proceed in opposite directions. With cumulative amount of K_2CO_3 and Na_2CO_3 the ICP analyses show a significant decrease of the calcium content and a distinct increase of the sulphate content. This results in an increase of the ionic product and causes the acceleration effect of Na_2CO_3 and K_2CO_3 . The behaviour is well known from the common ion effect. The formation of CaCO_3 withdraws Ca^{2+} from the solution, therefore more hemihydrate has to be dissolved and the hydration becomes accelerated. The acceleration effect competes with the retardation effect and dominates with increasing amounts of admixtures.

References

BELLMANN 2005

Bellmann, F.: Zur Bildung des Minerals Thaumasit beim Sulfatangriff auf Beton, Diss., F. A.-Finger-Institut für Baustoffkunde, Bauhaus-Universität Weimar, 2005

BRÄU ET AL. 2009

Bräu M., Weber T., Zeug A: Gipshydratation-Analytik und Wechselwirkung, 41. Tagung Bauchemie, 2009, 115-122

CAMERON, SEIDEL 1901

F. K. Cameron, A. Seidel: Solubility of gypsum in aqueous solutions of certain electrolytes, Journal of physical chemistry, 1901, 643-655

DENG ET AL. 2001

Y.-H. Deng, T. Furuno, Y.-F. Wu: Effect of buffers on gypsum particleboard properties, Journal of Wood Science, 2001, 356-361

DIN EN 13279-2

Gypsum binders and gypsum plaster-Part 2: Test methods; German version EN 13279-2:2004

ENGEL, REID 2006

Engel, T., Reid, P.: Physikalische Chemie, Pearson Studium, 2006

FISCHER ET AL. 2009

Fischer, H.-B., Nowak, S., Müller, M., Hartmann, M., Pflug, C.: Calciumsulfatbindemittel und ihr Reaktionsvermögen, 17.ibautil, 2009, Band 1, 0393-0406

HUMMEL 2009

Hummel, H.-U.: Zur Chemie altertümlicher und moderner Gipsmörtel, 41. Tagung Bauchemie, 2009, 111-114

KRUIS 1957

Kruis, A: Ullmans Enzyklopädie der technischen Chemie, Foerst, W., 3. Auflage, Band 8. Urban & Schwarzenberg, 1957

NOWAK, FISCHER 2009

Nowak, S., Fischer, H.-B.: Nachweis des adsorbierten Wassers von Calciumsulfaten, 17.ibautil, 2009, Band 1, 0407-0412

Rohland 1914

Rohland, P.: Die Hydratation des Hemihydrats des Calciumsulfats, Zeitschrift für anorganische Chemie, 1914, 352-354

Tailor-made solutions for efficient water reduction in gypsum wallboard production

M. Mueller, Ch. Hampel,
Sika Services AG, Sika Technology AG

ABSTRACT

A superplasticizer tailored to the requirements of the gypsum board production was designed. The applicability of the additive was tested by large-scale trials. It was proven, that the product is a cost-efficient solution to substantially reduce the water content of the plaster slurry (to reach a certain level of fluidity). Reduced evaporative load results in lower energy consumption and CO₂-emission. Furthermore, the application of the superplasticizer allows line speed and therefore yield of the gypsum board plants to be enlarged.

BACKGROUND

Gypsum Board Production

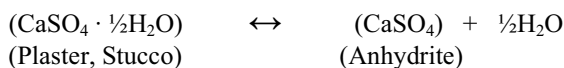
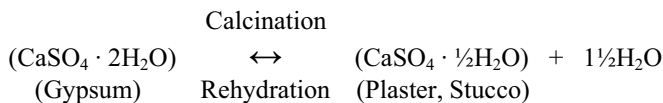
Gypsum board is made of a thin core of gypsum between 2 cardboard sheets. They are manufactured in a highly automated continuous process. First, β -plaster and various solid additives, water and liquid additives and separately pre-generated foam are mixed in a high-speed mixer to form a homogeneous slurry. The slurry is then spread onto a continuous advancing lower cardboard sheet on a vibrated forming table. A second layer of cardboard is unrolled above the mixer and is laid onto the slurry. The sandwich passes through the forming station – a system of rollers that compresses it to the desired thickness. The edges of the upper cardboard layer are glued to the edges of the lower layer. At the end of a long conveyer belt – where the plaster needs to set to provide a board with sufficient green strength – the boards are cut into appropriate lengths. They are then dried in a multi-deck dryer, stored and ready to be shipped to building sites.

Modern board lines produce up to 200 m gypsum board per minute. The line speed of most plasterboard plants is limited by the capacity of the dryers. By reducing the evaporative load to a minimum, line speed and therefore yield can be maximized.

To reduce the amount of water to be dried off is appropriate for another reason: Up to $\frac{2}{3}$ of total energy utilization in gypsum board production is consumed in the drying stage. This fact becomes even more important in today's time of rising energy costs and shortage of resources – fossil fuels and, depending on the location of the plant, water, too.

Water demand

The chemistry behind gypsum technology is well known:



By calcination of gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) at temperatures above 120 °C under atmospheric pressure, gypsum loses parts of its chemically bound water and so-called ‘plaster of Paris’ (also called ‘plaster’ or ‘stucco’) is formed. Plaster of Paris is a multi-phase system that mainly consists of β -hemihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), but also further calcined anhydrite III (CaSO_4 , soluble anhydrite), anhydrite IIs (CaSO_4 , hardly soluble anhydrite) and remaining unburned gypsum /1/. During this dehydration process water evaporates and a micro-porous structure is formed. β -plaster crystals have a high specific surface and high water demand.

If hemihydrate powder is mixed with water to form a slurry or paste, it will rehydrate exothermically and set rock hard. Pure hemihydrate stoichiometrically requires 18.62% of its own weight of water to rehydrate to gypsum. With other words, the theoretical water demand – expressed as water/binder-ratio (w/b) – is 0.1862.

During described gypsum board production process the plaster slurry needs to flow quickly and take shape to fill the 1.2 meter wide cardboard envelope before the plaster starts to set. To produce a flowable slurry, excess water is required. Typical water demand of plaster of Paris is in the range of w/b = 0.70... 0.95. That results in the fact, that today large amounts of excess water (65-75 % of total water) must be evaporated from the board after rehydration of the plaster.

The drying process consumes up to $\frac{2}{3}$ of total energy utilization in gypsum board production. For example, in a modern high speed board plant which runs 160 m/min (500 ft./min) 700 kg (1500 lb) of excess process water need to be evaporated per minute! /2/

Today, great efforts are made by the gypsum industry to reduce the water consumption and with it the negative impact on manufacturing process and end product quality.

Water demand reduction techniques

The gypsum raw material source, gypsum processing as well as numerous other factors influence the plasterboard production process and the end product properties. Table 1 gives an overview.

Table 1: Influences on flow, setting and hardening behaviour of a plaster slurry

Influences from binder itself	Other influences
<ul style="list-style-type: none"> - Raw material (crystal morphology, impurities) - Gypsum processing (thermal and/or mechanical stress during milling and/or calcination, storing conditions) 	<ul style="list-style-type: none"> - Water/binder-ratio - Temperature - pH-value - Additives (accelerators, retarders, foaming agents, superplasticizers, stabilizer)
↓ <i>affecting</i> : ↓	
<ul style="list-style-type: none"> - Calcium sulphate phase composition - Particle size, -shape & size distribution - Specific surface area & surface energy 	<ul style="list-style-type: none"> - Mixing process - Surrounding materials (i.e. cardboard absorption capacity)
↓ <i>affecting</i> : ↓	
↓ <i>affecting</i> : ↓	
<ul style="list-style-type: none"> - Water demand - Solubility (rate & value) - Hydration (rate & degree) - Crystallization (nucleation & crystal growth; morphology) 	
↓ <i>affecting</i> : ↓	
Process and product properties: <ul style="list-style-type: none"> - Rheology / flow behaviour - Setting & hardening - Strength development, cardboard adhesion - Drying 	

Numerous techniques exist to reduce the water demand of the binder and with it the energy consumption in the manufacture of gypsum products (Table 2).

Table 2: Water demand reduction techniques

Technique	Limitation
Control particle size, distribution and shape	Limits of practicability
Blend α -hemihydrate	Expensive, setting time problems
Aridisation /3/	Added salts, efflorescence, corrosion
Natural ageing /3, 4/	Too slow, unpredictable, unwanted gypsum formation
Water (damp) sprays /2, 5/	High gypsum, poor set and strength
Partial deadburn	High anhydrite, poor strength

Those methods to reduce the water demand of the binder can be expensive, can reduce quality and may be unreliable.

It is common practise to add dispersing agents to binder slurries to achieve reduced water content at a given flowability (or to increase slurry flowability at

given water content). This allows shortening the drying step, which is beneficial with respect to energy savings and reduction of total production costs.

High-Range Water Reducing Additives (HRWRA)

Plasticizing agents are surface-active substances. There are currently four families of fluidizing agents used: lignosulfonates, sulphonated naphthalene formaldehyde condensates (NFS), sulphonated melamine formaldehyde condensates (MFS) and polycarboxylates (PC).

Most efficient plasticizers – like the Sika[®] ViscoCrete[®] product family – are polycarboxylate based. Those high-range water reducing additives (HRWRA) are widely spread in the field of concrete technology today.

Their advantages are high efficiency at very low dosages and high water savings (up to 40 %) compared to melamine or naphthalene based polycondensate resins.

Additionally, in contrast to naphthalene and melamine based plasticizers polycarboxylates are environmentally and ecologically unproblematic because not containing formaldehydes.

In the terminology of concrete admixtures, polycarboxylates are understood as polymers with comb structure, where the comb is composed of an anionic polymer as a backbone and nonionic polymers as side chains. Due to the easy availability of the monomers and the large variability (in terms of length of main and side chains and the number of carboxylate groups and side chains), in the past 25 years several PCEs were customized for specific applications (such as ready-mix and precast concrete). Today, the mode of action of polycarboxylates in cementitious systems is well understood in general terms. The high dispersing effect is based on electrostatic repulsion – which show all plasticizers – and on a steric repulsion of the particles. /6/

In contrast to cementitious systems, in gypsum based systems conventional plasticizers based on melamine or naphthalene sulfonate condensates are still widely used today. Most PCE-based plasticizers which are available on the market today were designed for concrete applications and are not applicable (or only with limitations) for calcium sulphate based binders. As it was studied by HAMPEL ET AL. /7/, the structure of the polymers affects the liquefaction of calcium sulphate phases differently than it is known from cementitious systems.

When applied in plaster systems, known concrete-PCEs cause a relatively low liquefaction and must therefore be used at high dosages. In addition, they often lead to a strong retardation of the setting of plasters. Especially in the manufacture of plasterboard this is a great disadvantage, because the setting time determines the speed of the production process. To counteract the set-retardation caused by PCEs, the dosage of accelerator needs to be increased, which causes higher production costs.

RESULTS AND DISCUSSION

In a first step, HAMPEL ET AL. carried out a systematic study of polycarboxylates with different polymer architecture to understand fundamental relationships between polymer structure and mode of action as HRWRAs in calcium sulphate systems. As a result of this project, a tailor-made superplasticizer for plasterboard manufacture was developed by specific polymer design: Sika[®] ViscoCrete[®] G-2. In laboratory-tests this additive showed water reduction potential of up to 20 % compared to naphthalene-based polycondensate resins. Compared to existing PCEs, the new development showed strongly reduced retarding effect.

In the next step, the applicability of the specially developed admixture needed to be proven under large-scale conditions of a plasterboard production line. By established test-methods slump flow (via 5 x 5 cm hollow cylinder) and end of setting (thump pressure method) were detected. The main mixture components and slurry test results are given in Table 2.

Table 2: Mix-designs and slurry test results

	Blank Control	NFS	PCE (Sika ViscoCrete G-2)	
Superplasticizer dosage (% reg. plaster)	-	0.40	0.12	0.35
Accelerator dosage (% reg. plaster)	0.10	0.12	0.12	0.15
Water/binder-ratio (-)	0.74	0.74	0.74	0.63
Water reduction (%)	-	-	-	15
Slump flow (mm)	110	250	250	250
End of setting (min:s)	6:00	6:00	6:00	6:00

In full production scale, the superplasticizer performed as predicted by laboratory trials. As result of the large-scale test, gypsum boards that meet all production standards and quality specifications were produced with 15 % less water.

BLOW /8/ calculated the costs for drying gypsum board: “In a typical plant the water evaporated from a unit of production without any efforts to reduce evaporation levels would cost well over US\$ 0.10/m². Reducing the water demand by 15 % (...) would mean that the amount of water to be dried off after accounting for hydration would drop by approximately 19 %. The drying energy saved for this level of reduction is almost US\$ 0.02/m². Considering that reducing the level of evaporation required will reduce the dryer loading, further savings in labour, capital and overheads are possible, meaning that the actual unit saving for a typical plant is closer to US\$ 0.04/m². This is why dispersants

are often used even when the unit cost for using them is well over US\$ 0.02/m².”

In addition to the water reduction potential, the tests confirmed that the customized PCE increased the accelerator dosage only in low range. Furthermore, an adjustment of board density was necessary by pre-fabricated foam addition. As generally known, the appropriate low density of the final plasterboard is caused by high porosity of the gypsum core. The pore structure results on one side from air voids, introduced by pre-generated foam, and on the other side from particle interspaces caused by water evaporation. In this context it is obvious that when the water content is reduced, more pre-fabricated foam must be added to maintain board weight at a certain level. Based on today's production conditions, costs for foam voids are only approximately 10 % versus voids created by water evaporations.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

First, a systematic study of polycarboxylates with different polymer architecture was carried out to understand fundamental relationships between polymer structure and mode of action as HRWRAs in calcium sulphate systems. Based on that, a superplasticizer tailored to the requirements of the gypsum board production was designed. In a second step, the applicability of the additive was tested by large-scale trial. It was proven, that the product is a cost-efficient solution to substantially reduce the water content of the plaster slurry (to reach a certain level of fluidity). As generally known, reducing the evaporative load results in lower energy consumption and CO₂-emission. Furthermore, it allows line speed and therefore yield of the gypsum board plants to be enlarged.

In addition to the presented results, further tests with different gypsum raw materials and at varying plant-specific parameters were performed. On basis of the generated knowledge plasterboard manufactures can be supported to fully use the advantages of the new development and find customized solutions for each plant.

REFERENCES

- /1/ Fischer, H.-B., Nowak, S.; Müller, M.; Hartmann, M.; Pflug, Ch.: Calciumsulfatbindemittel und ihr Reaktionsvermögen. Proceedings to 17th ibausil. Bauhaus-University Weimar (D), Sept. 2009. pp. 0393-0406
- /2/ Blow, C.; Bruce, B.; Murray, G.: Water demand reduction of β -hemihydrate plasters. Global Gypsum Magazine, May-June 2010, pp. 14-23
- /3/ Hummel, H.-U.; Abdussaljamov, B.; Fischer, H.-B.; Stark, J.: Untersuchungen zur hygro-mechanischen Stabilität von kristallinem Calciumsulfat-Halbhydrat. Two parts: ZKG INTERNATIONAL, Vol. 54, No. 5/2001, pp. 272-279 & No. 8/2001, pp. 458-465

- /4/ Новак, С.; Флюг, Х.; Фишер, Х.-Б.: Дозировка суперпластификатора в зависимости от старения ангидритого вяжущего. (Influence of aging of anhydrite binders on the dosage of superplasticizers.), Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов, Wolograd 2008. pp. 164-171
- /5/ Lelong, B.: Prinzipien der Verbesserung der rheologischen Eigenschaften von Gipsen durch Einwirkung von Wasserdampf. ZEMENT-KALK-GIPS, Vol. 37, No. 4/1984, pp 205-211
- /6/ Yamada, K.; Takahashi, T.; Hanehara, S.; Matsuhisa, M.: Effects of the chemical structure on the properties of polycarboxylate-type superplasticizer. Cem. Concr. Res., 30, (2000), pp. 197–207
- /7/ Hampel, Ch.; Zimmermann, J.; Sulser, U.: Einfluss der Struktur von PCE-Verflüssigern auf das Abbinden von Beta-Halbhydrat. Proceedings to 17th ibausil. Bauhaus-University Weimar (D), Sept. 2009. pp. 0381-0386
- /8/ Blow, C.: Reducing the water demand of plaster. Global Gypsum Magazine, January 2010, pp. 15-20

Investigations on the effect of habit changing additives on the setting behaviour of stucco and the resulting mechanical properties

Sebastian Förthner, Knauf Gips KG, Iphofen, Germany

Morphology

In contact with water, calcium sulphate hemihydrate, also known as stucco, is dissolved, followed by the crystallization of calcium sulphate dihydrate (gypsum). Usually this process brings about acicular crystals with some plate shaped crystals in between (Figure 1).

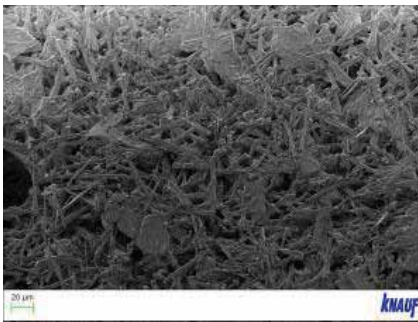


Figure 1: Gypsum crystals, arisen from rehydration of stucco

For changing the setting behaviour or the properties like flexural or compressive strength of a final gypsum product, different additives are used. In many cases these substances also affect the morphology of the growing gypsum crystals. For example sodium citrate, glycine and sodium metasilicate radically change the crystal habits, as you can see in Figures 2 and 3.

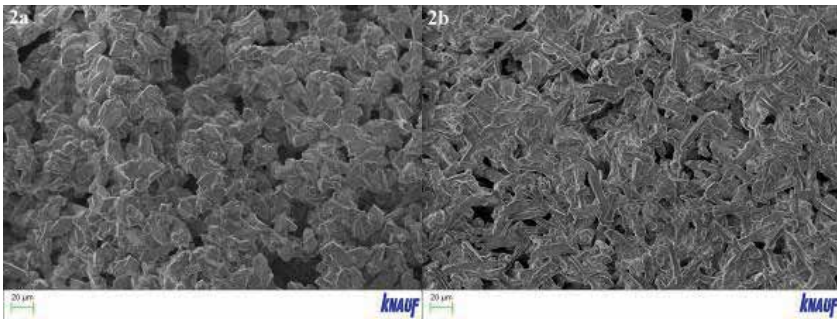


Figure 2: Arisen gypsum crystals with glycine (2a) and sodium metasilicate (2b) as additives

It depends on the concentration of the additive, to which extend a crystal habit is changed. Adding 1 % or 0.5 % sodium citrate, both bring about the same hexagonal flat crystals (Figures 3a and b). Decreasing the concentration to 0.25 % and further to 0.1 %, brings about more elongated crystals, converging to the typical gypsum needle shape (Figures 3c and d).

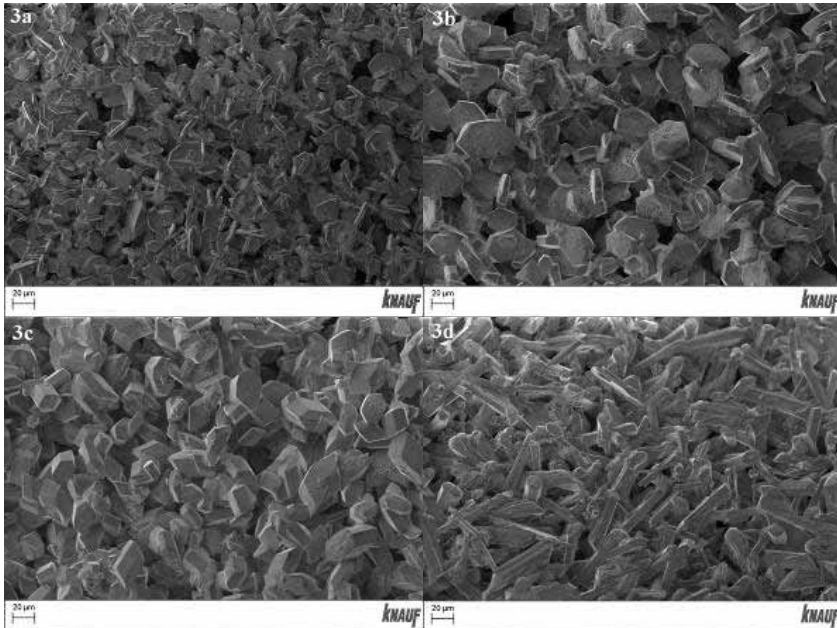


Figure 3: Arisen gypsum crystals by adding 1% (3a), 0.5% (3b), 0.25% (3c) and 0.1% (3d) of sodium citrate

Setting behaviour

In addition, the additives also influence the setting behaviour. This can easily be observed by ultrasonic measurements. Therefore, a group of several frequencies is sent through the stucco slurry while it is setting and a three dimensional net of interlocking dihydrate crystals forms. Depending on the rise of contacts between the crystals, the ultrasonic velocity is increasing. Figure 4 shows the evolution of velocity with time. Sodium metasilicate accelerates the reaction, while glycine and especially sodium citrate acts as retarder. Without additive the maximum velocity is reached after about 40 min, with sodium metasilicate it takes only 20

minutes. Glycine shifts the maximum to about 100 min and sodium citrate even to 290 min.

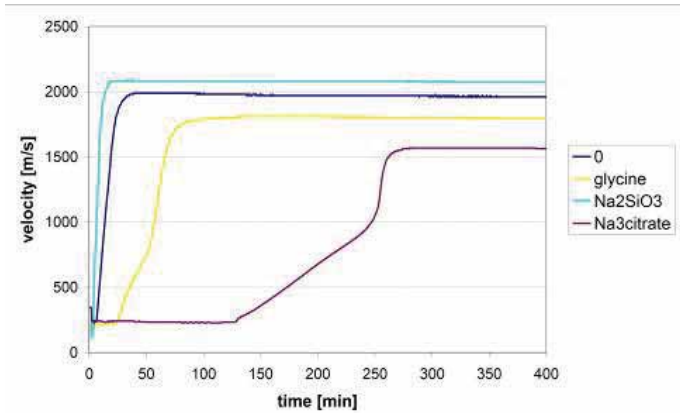


Figure 4: Ultrasonic velocity measurements of setting stucco with and without additives

Mechanical properties

The final values for the velocity in the ultrasonic graphs can give an indication on the mechanical properties of the set dihydrate. Changes in the crystal morphology (see Figures 1 to 3) are causing different microstructures in the solid. Table 1 summarizes the results for flexural strength, compressive strength and Young's modulus. The maximum ultrasonic velocities are decreasing with decreasing mechanical properties.

Additive	flexural strength [N/mm ²]	compressive strength [N/mm ²]	Young's modulus [N/mm ²]	max ultrasonic velocity [m/s]
Na ₂ SiO ₃	4,53	11,98	5984	2083
---	4,45	11,96	5108	1990
glycin	2,60	7,65	4438	1810
Na ₃ citrate	1,79	6,95	3730	1569

Table 1: Mechanical and max ultrasonic velocity values for the stucco with and without additives

Rheometry (DMA)

Except the ultrasonic measurements it takes several days to obtain the values in Table 1. Additionally, they cannot give any information about what is happening during the setting process. A very useful method to follow the structure forming during the setting process is the dynamic-mechanical-analysis in oscillation rheometry.

For a constant deformation (angle of deflection is given) of the sample during the setting process, the necessary torque and the appurtenant phase shift angle is detected. Figure 5 shows the indirect measured rheological variable Complex Shear Modulus $|G^*|$ and phase shift angel δ in the complex number plane. The Storage Modulus G' represents the energy component stored in the system. The dissipated energy component is represented by the Loss Modulus G'' . Liquids show phase shift angle greater than 45° (more energy is dissipated) and solids less than 45° (more energy is stored).

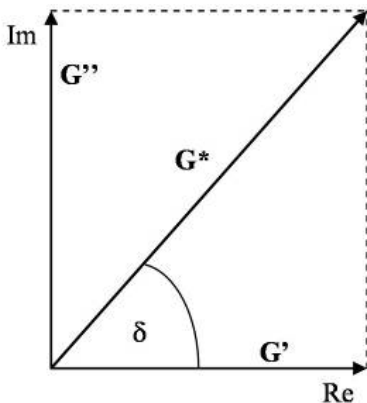


Figure 5: Relation between Complex Shear Modulus $|G^*|$, Phase Shift Angle δ , Storage Modulus G' and Loss Modulus G''

The development of Complex Shear Modulus $|G^*|$ and Phase Shift Angel δ during the setting process is shown in Figure 6. $|G^*|$ increases while δ decreases with proceeding structure forming. For a better quantification the graphs for $|G^*|$ can be fitted with the following functions.

Equation 1:
$$f(x) = y_0 + A_1 \cdot e^{-e^{P_1 \cdot S_1 - S_1 \cdot x}}$$

Equation 2:
$$f(x) = y_0 + A_1 \cdot e^{-e^{P_1 \cdot S_1 - S_1 \cdot x}} + A_2 \cdot e^{-e^{P_2 \cdot S_2 - S_2 \cdot x}}$$

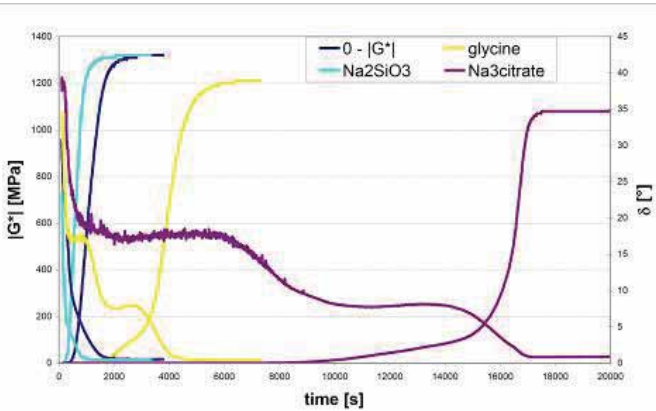


Figure 6: Setting process in oscillation rheometry; Development of Complex Shear Modulus $|G^*|$ and Phase Shift Angel δ with time

Equation 1 was used to fit the measurements without additive and with sodium metasilicate. The graphs with glycine and sodium citrate show a second step, which makes a modification necessary resulting in Equation 2. Figure 7 shows the measured data with added glycine and the graph of the fitted function.

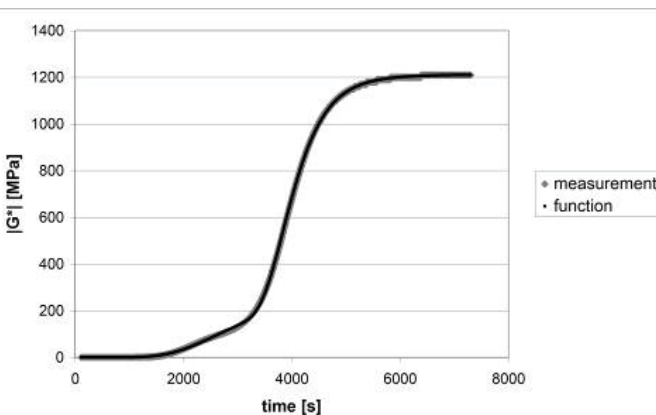


Figure 7: Measured data and fitted function for the experiment with glycine

The Parameters y_0 and A determine the maximum values for $|G^*|$. P is responsible for the shift along the x-axis and S influences the gradient of the graph. In Table 2 the Parameters are summarized. The maximum value for $|G^*|$

is obtained from the sum of y_0 and A_1 . In case of glycine and sodium citrate A_2 has to be added.

Additive	y_0	A_1	P_1	S_1	A_2	P_2	S_2	\sum (y_0, A_1, A_2)
Na_2SiO_3	1,20	1316	538	0,0054				1317
---	2,61	1320	962	0,0031				1324
glycine	-0,47	260	2611	0,0011	952	3853	0,0024	1212
$\text{Na}_3\text{citrate}$	4,50	280	14045	0,0005	833	16446	0,0034	1117

Table 2: Parameters of fitted functions

The maxima of the Complex Shear Modulus $|G^*|$, accordingly also $\sum(y_0, A_1, A_2)$, show the same order as the results for the macroscopic properties. Accordingly the DMA is a fast method to quantify the developing microstructure.

P and S describe the dimensions of the retarding or accelerating effect of an additive. While S provides information about how fast the setting reaction is going on, P determines the inflexion point in the function.

Conclusion

This report shows that some additives can fundamentally change the morphology of dihydrate crystals. This leads to different mechanical properties and setting behaviours. The setting process can be observed by ultrasonic measurements and oscillating rheometry. Fitting a function to the measured rheological data provides few parameters, which describe the setting behaviour and are easy to compare.

In future further investigations with heat flow calorimetry and X-ray diffraction will be done to learn more about the setting reactions and the influence of habit changing additives.

СОДЕРЖАНИЕ

Рахимов Р.З., Халиуллин М.И. О РАСШИРЕНИИ НОМЕНКЛАТУРЫ ГИПСОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	8
Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Серебрякова Н.Н., Бурьянов А.Ф., Маева И.С., Кеvedo P. ФТОРАНГИДРИТОВАЯ КОМПОЗИЦИЯ НА ОСНОВЕ СВЕРХЛЕГКИХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ	11
Клименко В. Г., Елистраткин М.Ю. МНОГОФАЗОВЫЕ ГИПСОВЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НЕРАСТВОРИМОГО АНГИДРИТА И ПРОДУКТОВ ТЕРМООБРАБОТКИ ГИПСА	17
Pflug, Chr.; Riechert, F.; Fischer, H.-В., РЕАКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СИНТЕТИЧЕСКОГО АНГИДРИТА	23
Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р. КОМПОЗИЦИОННЫЕ ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ ПОВЫШЕННОЙ ВОДОСТОЙКОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КЕРАМЗИТОВОЙ ПЫЛИ В КАЧЕСТВЕ АКТИВНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ	30
Мирсаев Р.Н., Ахмадулина И.И., Бабков В.В., Недосеко И.В., Юнусова С.С., Гаитова А.Р. ГИПСОШЛАКОВЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ	36
Панферова А.Ю., Трунилова Д.С., Шленкина С.С. Гаркави М.С. ВЛИЯНИЕ ГИДРОСИЛИКАТОВ МАГНИЯ НА ТВЕРДЕНИЕ И СВОЙСТВА ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ	43
Василик П.Г., Бурьянов А.Ф., Гонтарь Ю.В., Чалова А.И. ВЛИЯНИЕ СУПЕР - И ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ НА ВОДОПОТРЕБНОСТЬ И ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАТВЕРДЕВШЕГО КАМНЯ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ВЯЖУЩЕГО	47
Гайфуллин А.Р., Халиуллин М.И., Балапаев А.А., Балапаева А.В. ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНОКСИДОВ В КАЧЕСТВЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩИХ ДОБАВОК В ШТУКАТУРНЫХ ГИПСОВЫХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЯХ	53

Новиченкова Т.Б. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ДИСПЕРСНЫХ ГИПСОВЫХ СИСТЕМ	
Доманская И.К., Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б. О ВЛИЯНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ ДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА АКТИВНОСТЬ ПОЛИМЕР- МОДИФИЦИРОВАННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО	62
Петропавловская В.Б., Белов В.В., Шлапаков Ю.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИПСОВЫХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕН- НОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	66
Маева И.С., Изряднова О.В., Коньгин Г.Н., Пислегина А.В., Фишер Х.-Б., СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МОДИФИЦИРО- ВАННЫХ АНГИДРИТОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ	72
Токарев Ю.В. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ АНГИДРИТОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ	77
Сычугов С.В., Маева И.С. УТИЛИЗАЦИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРОМЫШ- ЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ВЯЖУ- ЩЕГО НА ОСНОВЕ БЕЗВОДНОГО СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ	83
Д.Г. Сагдатуллин , Н.Н. Морозова, В.Г. Хозин ЭКОПОРОБЕТОН НА ОСНОВЕ ВЫСОКОПРОЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ГЦПВ	90
Хазеев Д.Р., Первушин Г.Н., Макарова И.С., Пудов И.А. ПОРИЗАЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЯЧЕЙСТЫХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ФТОРАНГИДРИТА	94
F. Song; S. Nowak; H.-V. Fischer ВЯЖУЩИЕ НА ОСНОВЕ СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ ДЛЯ ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ	99
Шленкина С.С., Гаркави М.С. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СУШКИ ГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ	105
Чернышева Н.В., Нарышкина М. Б. ГИПСОСОДЕРЖАЩИЕ КОМПОЗИТЫ НА ТЕХНОГЕННОМ СЫРЬЕ ДЛЯ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	110

Хасанов Р.А., Низамутдинов Н.М., Хасанова Н.М., Салимов Р.И., Винокуров В.М., Abdul Razak Al-Soufi СПЕКТРЫ ЭПР И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКТОВ ОБЖИГА ГИПСА	116
Евстигнеев С.А., Сеньков А.Н. МОДИФИКАЦИЯ ФОСФОГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО	122
О.И. Матвеева, А.Т. Винокуров, В.Ф.Коровяков ВОДОСТОЙКОЕ ГИПСОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦЕОЛИТОВЫХ ПОРОД	125
Пустовгар А.П., Нефёдов С.В. ТОНКОМОЛОТЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ SILVERBOND В СОСТАВАХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО	130
Коровяков В.Ф. ПРИМЕНЕНИЕ ГИПСОВЫХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВЯЖУЩИХ – ВЕРНЫЙ ПУТЬ УСКОРЕНИЯ ТЕМПОВ СТРОИТЕЛЬСТВА МАССОВОГО ЖИЛЬЯ И СНИЖЕНИЯ ЕГО СТОИМОСТИ	137
Лосев Ю.Г, Лосев К.Ю., Лосева Г.П. ЦЕЛИ И УСЛОВИЯ ВНЕДРЕНИЯ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИПСОБЕТОНОВ	145
Пустовгар А.П., ВОЗВЕДЕНИЕ ЗДАНИЙ ИЗ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ	152
Баранов И.М. КРУПНОРАЗМЕРНЫЕ ДЕКОРАТИВНЫЕ ПЕРЕГОРОДКИ И ОБЛИЦОВОЧНЫЕ ПЛИТЫ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОГО ГИПСА С ДИСПЕРСНЫМ АРМИРОВАНИЕМ	158
Шамис Е.Е., Колтук П.Ф., Иванов В.Д., Юрков В.А. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ВКЛЮЧАЯ ГИПСОВЫЕ	161
Губская А.Г., Лебедева О.Н., Меленько В.С. СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	165

Т.З. Лыгина, В.П. Лузин ПРИМЕНЕНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ	171
Заикина А.С, Коровяков В.Ф МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ГИПСОВЫЕ ШТУКАТУРНЫЕ РАСТВОРЫ ДЛЯ НАРУЖНОЙ ОТДЕЛКИ	177
Маурицио Беллотто ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ РАЗЖИЖИТЕЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГИПСОКАРТОНА	183
В.А. Долгоров, КОМПЛЕКСНЫЕ ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРЫ ДЛЯ ГИПСА	190
М. Майер ДОБАВКИ, УЛУЧШАЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИПСА И ГИПСОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ	196
Шамис Е.Е., Иванов В.Д. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АКТИВАЦИИ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ГИПСОВЫЕ	198
Садыков Р.К., Сенаторов П.П., Власова Р.Г., Кантюков Р.Р. РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН – ПРИМЕР ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В ГИПСОВУЮ ОТРАСЛЬ	202
Цуркану Н.Г., Шамис Е.Е. МЕНЕДЖМЕНТ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	205
Шамис Е.Е., Дорошенко Ю.Е., Серeda Е.О., Топорец В. И. СТРАТЕГИЧЕСКИЙ МАРКЕТИНГ ИННОВАЦИЙ В ГИПСОВОЙ ОТРАСЛИ	208
ШамисЕ.Е. СФЕРЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	211
Джевет Караибрахимоглы ГИГАНТСКИЙ ЗАВОД ДЛЯ КОМПАНИИ КНАУФ В РЕКОРДНЫЕ СРОКИ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГИПСА И СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ	215

Йорк Райхардт, МЕЛЬНИЦЫ «Gebr. Pfeiffer» ДЛЯ РАЗМОЛА И КАЛЬЦИНАЦИИ ГИПСА	225
Х. Ветегрове ГОМОГЕНИЗАТОР Claudius Peters – ГИПСОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА	232
Фогелев В.А., Мельников А.В., Мельников Д.А ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНО- КЛАССИФИЦИРУЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОДО «ЛАМЕЛ-777» ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ГИПСА	240
Г. Пуччини ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГИПСОВЫХ ПЕРЕГОРОДОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	246
Мохунов В.Ю. СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ САМАРСКОГО ЗАВОДА «Строммашина» ДЛЯ ГИПСОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	251
Горшков О.В., Кутаев В.И., ВЕНТИЛЯТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ШАХТ И РУДНИКОВ	257
Халиуллин М.И., Григоренко М.В. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО- СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА И ФИРМЫ «КНАУФ» В ПОДГОТОВКЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ	263
М. Hartmann, Н.-В. Fischer, Bräu, М., О ПРИГОДНОСТИ ДОБАВОК K_2CO_3 и Na_2CO_3 ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССА ТВЕРДЕНИЯ ГИПСОВЫХ РАСТВОРОВ	266
М. Mueller, Ch. Hampel, ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО СНИЖЕНИЯ ВОДЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГИПСОКАРТОННЫХ ЛИСТОВ	272
Sebastian Förthner, ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ДОБАВОК НА СХВАТЫВАНИЕ ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ И ИХ ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА	279
Содержание	285

**V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ**

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

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

КАЗАНЬ, 08-10 сентября 2010

УДК 536.2
ББК Н113.6

**МАТЕРИАЛЫ V МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ «ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И
ИЗДЕЛИЙ»/ Под научной редакцией А.Ф. Бурьянова**
Отпечатано в типографии «Алвиан»,
115183, Москва, ул. Генерала Белова, д. 26.
2010г., 290 стр.

Сборник содержит труды V 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.