

0-798304

На правах рукописи



Некрасова Светлана Анатольевна

**РАЗРАБОТКА РЕЖИМА СТАБИЛИЗАЦИИ
ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО
ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ**

05.23.05 – Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Казань - 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Гаркави Михаил Саулович

Официальные оппоненты: Недосеко Игорь Вадимович,
доктор технических наук, профессор ФГБОУ
ВПО «Уфимский государственный нефтяной
технический университет», профессор кафедр
«Строительных конструкций»

Халиуллин Марат Ильсурович,
кандидат технических наук, доцент ФГБОУ
ВПО «Казанский государственный архитек-
турно-строительный университет», доцент
кафедры «Строительных материалов»

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО "Тверской государственный
технический университет", г. Тверь

Защита состоится «17» декабря 2012 г. в 13.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.077.01 при Казанском государственном архитектурно-строительном университете по адресу: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д.1, КГАСУ, ауд. 3-203 (Зал заседаний Ученого совета).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

Автореферат разослан 13 ноября 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Абдрахманова Л.А.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КФУ



0000758023

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

В последние годы резко возрос объем потребления сухих строительных смесей, которые практически вытеснили традиционные растворы, изготавливаемые и используемые при проведении различных видов работ непосредственно на строительной площадке. Это связано с возможностью обеспечения сухим смесям, изготавливаемым в заводских условиях, гарантированных высоких показателей строительно-технических и функциональных свойств.

Для внутренней отделки наибольшее применение получили сухие гипсовые смеси, так как они обеспечивают ряд преимуществ как на стадии изготовления покрытий, так и на стадии эксплуатации.

Высокое качество сухих строительных смесей связано со стабильностью фазового состава и свойств гипсового вяжущего.

Один из эффективных способов улучшения строительно-технических свойств - искусственное старение гипсовых вяжущих при рациональных условиях, поэтому исследование влияния данного процесса на твердение и эксплуатационные свойства вяжущего и сухих гипсовых смесей является в настоящее время актуальной задачей строительного материаловедения.

Цель работы - разработка рациональных условий искусственного старения для получения гипсового вяжущего с улучшенными строительно-техническими характеристиками для изготовления сухих строительных смесей.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- установить характер сорбции водяного пара в различных условиях искусственного старения гипсового вяжущего;
- определить характер влияния процесса искусственного старения на твердение гипсового вяжущего;
- установить влияние условий искусственного старения на строительно-технические свойства гипсового вяжущего;
- на основе полученных закономерностей разработать схему искусственного старения гипсового вяжущего и определить рациональные условия, улучшающие строительно-технические свойства данного вяжущего;
- оценить экономическую эффективность применения процесса искусственного старения гипсового вяжущего в технологии сухих строительных смесей.

Научная новизна

Разработана схема и предложен механизм искусственного старения гипсового вяжущего, который заключается в превращении растворимого ангидрита в полугидрат, образовании частиц дигидрата различного размера и морфологии, залечивании микродефектов структуры исходного полугидрата.

Экспериментально установлены рациональные условия искусственного старения гипсового вяжущего β -модификации (относительная влажность воздуха не более 80% и длительность не более 3 суток).

Установлено, что при твердении гипсового вяжущего после искусственного старения формируется упорядоченная и термодинамически устойчивая структура гипсового камня с высокими физико-механическими характеристиками (прочность при сжатии увеличивается на 18...24%, при изгибе – на 22...46%).

Достоверность научных выводов и результатов работы обеспечена применением современного оборудования для стандартных испытаний, корректностью постановки задач, принятых допущений, достаточным объемом исходных данных и результатов исследований, удовлетворительной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, использованием комплекса современных физико-химических методов анализа.

Практическая значимость работы

Установлено, что искусственное старение гипсового вяжущего в рациональных условиях приводит к снижению удельной поверхности вяжущего; уменьшению водопотребности за счет превращения растворимого ангидрита в полугидрат, укрупнения частиц и самозалечивания дефектов кристаллической структуры; повышению физико-механических характеристик гипсового вяжущего.

Установлено, что применение гипсового вяжущего стабилизированного искусственным старением в рациональных условиях для производства сухих строительных смесей позволяет:

- повысить водоудерживающую способность с 95 до 98% для шпатлевочных и с 95 до 97% для штукатурных смесей;
- увеличить прочность сцепления с основанием (адгезионную прочность) на 13,5...17% для шпатлевочных и на 5...8% для штукатурных смесей;
- увеличить прочность при сжатии на 54...62% для шпатлевочных и на 84...107% для штукатурных смесей;
- снизить расход функциональных добавок.

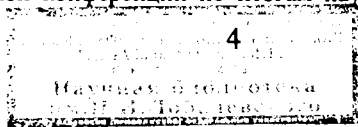
Внедрение результатов исследований

Результаты проведенных исследований внедрены в производственный процесс ООО «РГА сервис» (г. Москва) для выпуска штукатурной гипсовой сухой строительной смеси.

Теоретические положения диссертационной работы, результаты экспериментальных лабораторных исследований используются в учебном процессе подготовки бакалавров и специалистов, обучающихся по специальностям 270106 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» и 240304 «Технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы представлены на 64-й научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских ра-



бот (Магнитогорск, 2006), на 16-ой Международной научно-технической конференции по строительным материалам «ibautil» (Веймар, 2006), на Всероссийской научно-технической конференции «Перспективы развития строительного материаловедения: энерго- и ресурсосбережение в строительстве» (Челябинск, 2011), на 18-ой Международной научно-технической конференции по строительным материалам «ibautil» (Веймар, 2012).

Публикации

Результаты исследований, отражающие основные положения диссертационной работы, изложены в десяти научных публикациях, в том числе в трех статьях в журналах, включенных в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендуемых ВАК РФ.

На защиту выносятся:

- закономерности изменения свойств гипсового вяжущего в зависимости от условий его искусственного старения;
- особенности твердения гипсового вяжущего, подвергнутого искусственному старению в различных условиях, заключающиеся в формировании термодинамически устойчивой и упорядоченной структуры;
- результаты строительно-технических исследований сухих гипсовых смесей до и после искусственного старения гипсового вяжущего;
- результаты оценки экономической эффективности применения процесса искусственного старения в технологии сухих гипсовых смесей.

Объем и структура работы

Диссертация состоит из введения, 5 глав, основных выводов, списка литературы и приложений.

Работа изложена на 141 страницах машинописного текста, содержит 11 таблиц, 61 рисунок, список литературы из 143 наименований.

Автор выражает глубокую благодарность: научному руководителю, заведующему кафедрой, д.т.н. Гаркави М.С.; научному консультанту, к.т.н., доценту Бурьянову А.Ф. за ценные замечания и помощь при выполнении диссертации; д.т.н. Фишеру Х.-Б. Университет Баухаус Веймарского института строительных материалов за помощь при проведении экспериментальных исследований и участие в обсуждении их результатов, а так же всему коллективу кафедры строительных материалов и изделий Магнитогорского ГТУ им. Г.И. Носова за оказанное содействие при выполнении работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрывается актуальность темы диссертационной работы и обосновывается целесообразность и научное значение применения процесса искусственного старения гипсового вяжущего, приводятся основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены физико-химические аспекты технологии производства гипсовых вяжущих веществ. В существующей научно-

технической литературе недостаточно рассмотрена проблема характера изменений продуктов обжига природного гипса в процессе искусственного старения вяжущих и влияния этих преобразований на физико-механические свойства вяжущего.

Изучению влияния дисперсности гипсового вяжущего на сроки схватывания и физико-механические свойства посвящены труды Алтыкиса М.Г., Антоневича Н.К., Брюкнера Х., Будникова П.П., Бутта Ю.И., Гайсиновича Е.Е., Голубева В.А., Дейлера Е., Копелянского Г.Д., Мокрушина А.Н., Окоорокова С.Д., Товарова В.В., Шоха К., Юнга В.Н. Авторы расходятся во мнениях, поэтому целесообразно стремиться получить наиболее оптимальную дисперсность с позиции улучшения доминирующего по техническим требованиям показателя вяжущего.

В ранее проведенных исследования приведены противоречивые сведения о допустимых сроках хранения строительного гипса без снижения его активности, составе гипсовых фаз и их изменении в процессе хранения при различной относительной влажности воздуха. Условия осуществления процесса искусственного старения, как средства стабилизации свойств гипсового вяжущего, изучены недостаточно.

Искусственное старение обусловлено гидратацией гипсового вяжущего водяным паром в результате его адсорбции из окружающей среды. Известно, что многие процессы, в которых участвуют твердые тела, а именно адсорбция, в большой степени зависят не только от химической природы этих тел, но и от развитости их поверхности и геометрии пор. Рассмотрены основные теории, описывающие отдельные виды адсорбции на разных поверхностях раздела фаз.

Процессы гидрато- и структурообразования при твердении гипсового вяжущего после его искусственного старения ранее не рассматривались. Приведены современные взгляды на твердение гипсовых вяжущих веществ, где показано, что вопрос влияния искусственного старения гипсового вяжущего на эксплуатационные свойства гипсовых материалов не изучен.

Использование процесса искусственного старения существенно влияет на процессы гидратации и структурообразования, что приводит к изменению свойств гипсового камня. Следовательно, необходимой является комплексная оценка влияния искусственного старения на процессы твердения, которая может быть осуществлена в результате использования термодинамического метода исследования твердения.

По результатам термодинамического анализа возможно определение рациональных условий искусственного старения гипсового вяжущего, что позволяет улучшить структурно-технические характеристики образующегося искусственного камня.

В заключительной части главы определены цель и задачи исследования.

Во второй главе дана характеристика применяемых материалов и использованных методов исследования.

В работе использовалось гипсовое вяжущее β -модификации марки Г4АII, производства Челябинского гипсового завода. Поскольку данная марка вяжущего массово используется для производства строительных материалов на основе гипса, таких как гипсокартонные листы, гипсовые блоки или сухие строительные смеси.

Для моделирования свойств свежеполученного гипсового вяжущего заводские пробы полугидрата сульфата кальция подвергали тепловой обработке при температуре 60°C в течение 2 часов.

Основные свойства используемого вяжущего представлены в табл.1.

Таблица 1

Физико-технические свойства используемых вяжущих (ГОСТ 125-79)

| Свойства | Показатели |
|---|------------|
| Водопотребность, % | 56 |
| Предел прочности при сжатии через 2 часа, МПа | 4,1 |
| Предел прочности при изгибе через 2 часа, МПа | 2,23 |
| Сроки схватывания, мин | |
| -начало | 6 |
| -конец | 10 |
| Марка вяжущего | Г4АII |
| Удельная поверхность, м ² /кг | 400,5 |

Процесс искусственного старения осуществлялся хранением образцов гипсового вяжущего в эксикаторах с различной относительной влажностью от 10 до 100% ($\varphi = 0,1 \dots 1,0$) при температуре 20°C.

Для исследования процессов твердения использовался потенциалометрический метод, разработанный Л.-Х.Б. Цимерманисом и А.Р. Генкиным, позволяющий получить количественные характеристики необратимых процессов гидрато- и структурообразования как в отдельности, так и при совместном их развитии при твердении вяжущих веществ.

Для непрерывного исследования процесса твердения использовался электрофизический метод, разработанный М.С. Гаркави и А.Я. Захаровым, позволяющий оценить характер изменения электрического сигнала генерируемого вяжущей системой. Для этого использовался малогабаритный акваметрический датчик и регистрирующий комплекс на базе ПЭВМ.

Получаемая кривая изменения электрического сигнала является интегральной характеристикой процессов структуро- и гидратообразования в твердеющей системе во времени.

Указанные методы были использованы многими исследователями для изучения твердения вяжущих веществ, где показали высокую точность и достоверность.

Изучение изменения структуры гипсового камня после различных условий искусственного старения вяжущего материала проводили при помощи электронной микроскопии и дифференциально-термического анализа.

Строительно-технические свойства определяли согласно действующим стандартам.

Третья глава посвящена исследованию физико-химических процессов при искусственном старении гипсового вяжущего.

Искусственное старение гипсового вяжущего обусловлено его гидратацией водяным паром в результате его адсорбции из окружающей среды.

Гипсовое вяжущее, подвергнутое искусственному старению, является зернистым материалом, поэтому сорбция водяного пара происходит не только на поверхности частиц, но и в межзерновом пространстве. Следовательно, характер изотермы сорбции в значительной степени зависит от размера и морфологии частиц гипсового вяжущего, которые определяют геометрию межзернового пространства.

Полученная изотерма сорбции (рис. 1) показывает, что до $\varphi = 0,7$ имеет место мономолекулярная адсорбция, а затем при увеличении относительной влажности воздуха формируется мультислой молекул воды, т.е. наблюдается полимолекулярная адсорбция.

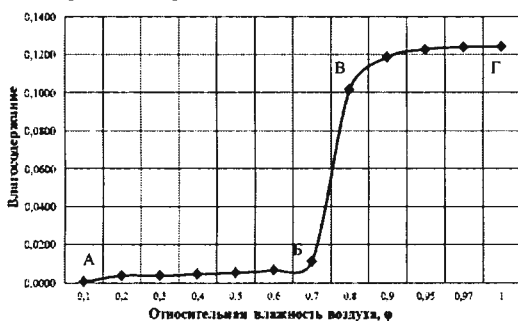


Рис. 1 Изотерма сорбции гипсового вяжущего при искусственном старении

Поглощение адсорбата происходит непрерывно и приближается к некоторой предельной величине ($\varphi = 0,7$). Этот предел связан с тем, что размеры пор очень малы, и на их стенках не может образоваться более одного слоя молекул. Точка Б соответствует завершению образования монослоя. Согласно данным некоторых исследователей в процессе адсорбции происходит не покрытие поверхности пор, а их объемное заполнение. Линия БВГ соответствует

заполнению пор адсорбатом аналогично процессу капиллярной конденсации, а не послыному образованию адсорбционной пленки на стенках пор.

При сорбции водяного пара в различных условиях на поверхности гипсового вяжущего образуются пленки жидкости с разными свойствами (рис. 2).

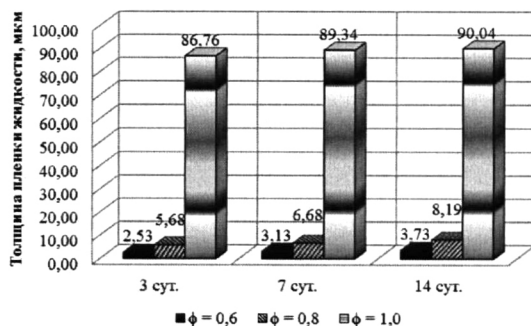


Рис. 2 Влияние длительности и условий искусственного старения на толщину пленки жидкости

Вода в тонких пленках толщиной от 3 до 8 мкм ($\phi = 0,6$ и $\phi = 0,8$) обладает высокой прочностью порядка 25 МПа, которая по своим свойствам приближается к твердому телу. При $\phi = 1,0$ пленка жидкости имеет толщину 90 мкм и прочность около 1 МПа, т.е. вода находится в ней в капельно-жидком состоянии.

Такое различие в свойствах адсорбционной жидкости предопределяет и изменение механизма гидратации гипсового вяжущего с участием этой влаги. При этом образуются кристаллы двуhydrата различной морфологии и размера, а также возможно образование модификаций гидрата сульфата кальция с иным содержанием кристаллизационной воды.

При производстве строительного гипса образуются различные поверхностные дефекты в виде трещин. При этом возможно возникновение внутренних и внешних дефектов частиц. В процессе обжига до полуhydrата возникают дополнительные внешние дефекты: образуются микротрещины и поры очень небольших размеров порядка нескольких микро- и нанометров.

При $\phi \geq 0,8$ в порах размером 0,82...2,5 мкм и в местах повышенной активности частиц (поверхностные и внутренние дефекты) имеет место капиллярная конденсация водяного пара. В этих условиях происходит гидратация полуhydrата по сквозростворному механизму.

В результате проведенного исследования процесса сорбции водяного пара в различных условиях разработана схема искусственного старения гипсового вяжущего (рис. 3).

1) монослой
(структурированная)



4)



2) мультислой
(частично структурированная)



5)



3) жидкая вода
(конденсат)



$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Рис. 3 Схема гидратации полуводного гипса при его искусственном старении

Сущность искусственного старения заключается в частичной гидратации исходного полугидрата, превращении растворимого ангидрита в полугидрат, укрупнении частиц (рис. 4) и залечивании микродефектов структуры исходного полугидрата (рис. 5). Это приводит к изменению строительно-технических свойств гипсового вяжущего.

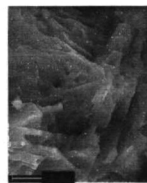
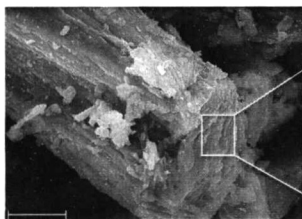
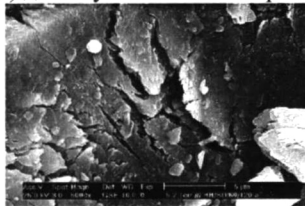


Рис. 4 Укрупнение частиц вяжущего в процессе искусственного старения
(с увеличением $\times 4000$) (с увеличением $\times 8000$)

а) до искусственного старения



(с увеличением $\times 5000$)

б) после искусственного старения



(с увеличением $\times 10000$)

Рис. 5 Новообразования гипса на поверхности и в микротрещинах частиц полугидрата после искусственного старения

На свойства гипсового вяжущего влияет не только величина относительной влажности воздуха, но и сроки хранения, т.е. длительность процесса искусственного старения. Поэтому исследовались свойства гипсового вяжущего после искусственного старения в течение 3, 7 и 14 суток.

Структура гипсового вяжущего в течение процесса искусственного старения претерпевает значительные изменения, это характеризуется изменением его удельной поверхности уже после первых 3 суток искусственного старения (рис. 6), что связано с указанными выше укрупнением частиц и самозалечиванием дефектов кристаллической структуры.

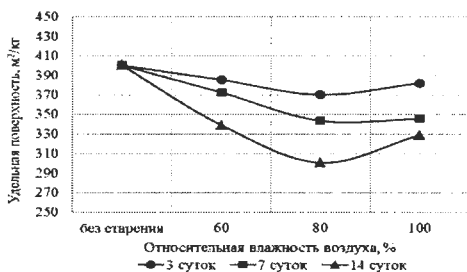


Рис. 6 Влияние условий и длительности искусственного старения на удельную поверхность гипсового вяжущего

Изменение удельной поверхности влечет за собой снижение водопотребности гипсового вяжущего (табл. 2).

Таблица 2

Изменение водопотребности после искусственного старения гипсового вяжущего

| Водопотребность, % | | | | |
|--------------------|----------------------------|--------|--------|---------|
| | до искусственного старения | 3 сут. | 7 сут. | 14 сут. |
| $\phi = 0,6$ | 56 | 56 | 52 | 49 |
| $\phi = 0,8$ | | 52 | 49 | 49 |
| $\phi = 1,0$ | | 59 | 56 | 52 |

При $\phi = 1,0$ протекает капиллярная конденсация, и быстрее образуется двугидрат сульфата кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), поэтому происходит рост, а затем незначительное снижение водопотребности. При $\phi = 0,8$ имеет место ступенчатая сорбция, и образуются промежуточные гидраты, вследствие этого происходит более сильное снижение водопотребности вяжущего.

В результате искусственного старения в течение 3 суток при $\phi = 0,8$ растворимый ангидрит переходит в полугидрат, что приводит к стабилизации свойств гипсового вяжущего (табл. 2).

При искусственном старении гипсового вяжущего при различной относительной влажности воздуха изменяется количество образующегося $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Следствием этого является изменение сроков схватывания вяжущего (табл. 3).

Наблюдается сокращение сроков схватывания гипсового вяжущего, хранившегося при относительной влажности воздуха 100% ($\varphi = 1,0$) в течение 7 суток и более, т.к. при этом образуется наибольшее количество $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, который является центром кристаллизации.

Таблица 3

Изменение сроков схватывания после искусственного старения гипсового вяжущего

| Сроки схватывания, при φ | | до искусственного старения | Продолжительность искусственного старения, сут | | |
|----------------------------------|--------|--------------------------------|--|----------------|----------------|
| | | | 3 | 7 | 14 |
| $\varphi = 0,6$ | начало | 5,5 - 6 мин., 9,5 - 10 мин. | 7 - 7,5 мин | 7,5 - 8 мин | 7,5 - 8 мин |
| | конец | | 10,5 - 11 мин. | 11 - 11,5 мин. | 10,5 - 11 мин. |
| $\varphi = 0,8$ | начало | | 8 - 8,5 мин. | 6,5 - 7 мин. | 7 - 7,5 мин. |
| | конец | | 11,5 - 12 мин. | 9,5 - 10 мин. | 10,5 - 11 мин. |
| $\varphi = 1,0$ | начало | | 6 - 6,5 мин. | 5,5 - 6 мин. | 5 - 5,5 мин. |
| | конец | | 9,5 - 10 мин. | 8 - 8,5 мин. | 8,5 - 9 мин. |

Переход растворимого ангидрита в полугидрат, укрупнение частиц и самозалечивание дефектов кристаллической структуры, обуславливающие процесс искусственного старения, обеспечивают стабилизацию технологических свойств гипсовых вяжущих. Образовавшиеся кристаллы двуводного гипса являются центрами кристаллизации, следовательно, влияют на характер твердения гипсового вяжущего и участвуют в формировании структуры гипсового камня.

В четвертой главе приведены результаты термодинамического анализа твердения гипсового вяжущего после его искусственного старения в различных условиях и исследования процесса твердения электрофизическим методом.

В результате исследования определены основные термодинамические характеристики твердеющего вяжущего и термодинамическая устойчивость структурных состояний гипсового камня после искусственного старения вяжущего.

Исходя из физической природы структурообразования как изменения энергии межмолекулярного взаимодействия дисперсных частиц между собой и, следовательно, с дисперсной средой (водой), наблюдать за развитием структуры можно по изменению энергетического уровня влаги.

Энергетический уровень влаги характеризуется величиной потенциала оводнения.

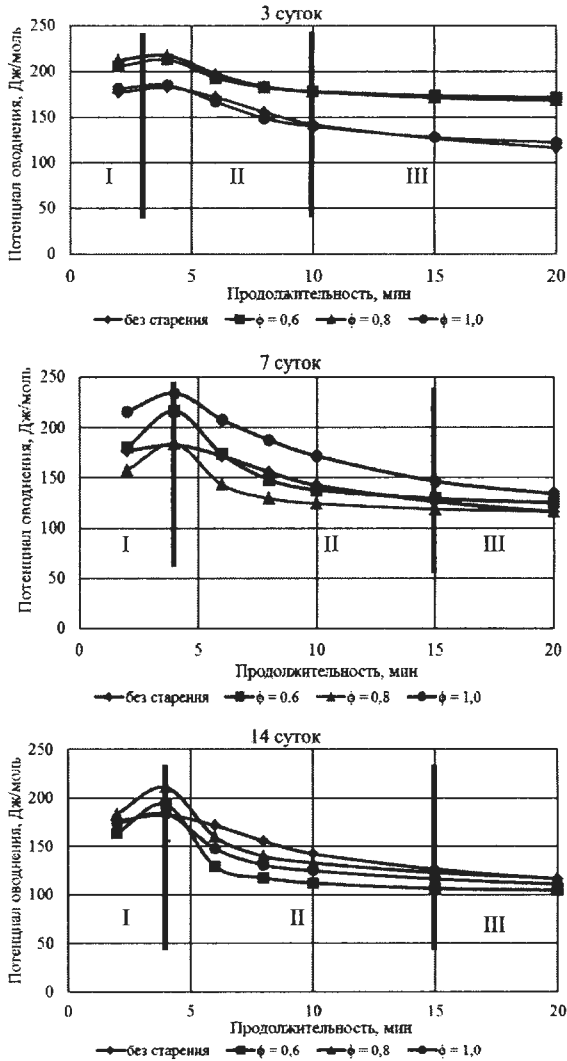


Рис. 7 Изменение потенциала оводнения гипсового вяжущего после 3, 7 и 14 суток искусственного старения

На рис. 7 приведены кривые изменения потенциала оводнения гипсового вяжущего после искусственного старения в течение 3, 7 и 14 суток при различной относительной влажности воздуха ($\phi = 0,6; 0,8; 1,0$), из которых следует, что независимо от значения относительной влажности воздуха и продолжительности искусственного старения все кривые имеют идентичный характер.

На приведенных кривых можно четко выделить три периода: в первом периоде происходит рост потенциала оводнения, интенсивное уменьшение во втором периоде, и медленное снижение в третьем. Рост потенциала оводнения в первом периоде связан с повышением давления в системе, обусловленным сближением отдельных частиц вяжущего и образованием контактов между ними. Далее наступает второй период - интенсивное уменьшение потенциала оводнения, что связано с образованием в твердеющей системе капиллярно-пористой структуры и нарушением непрерывности жидкой фазы.

Стабилизация значений потенциала оводнения в третьем периоде свидетельствует о том, что образование структуры искусственного камня в целом завершается.

Полнота протекания процессов гидрато- и структурообразования оценивается величинами степеней их завершенности.

Степени завершенности структуро- и гидратообразования (рис. 8 и 9) при твердении вяжущих, подвергнутых искусственному старению в различных условиях достигают значительно большей величины, чем у исходного гипсового вяжущего. Это связано с возникновением новых центров кристаллизации, которые участвуют в процессе формирования структуры гипсового камня.

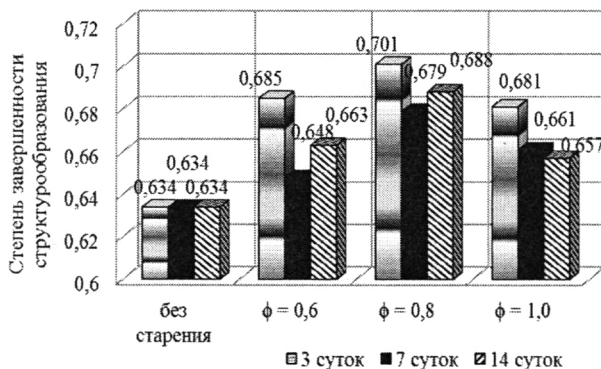


Рис. 8 Степень завершенности структурообразования после 3, 7 и 14 суток искусственного старения

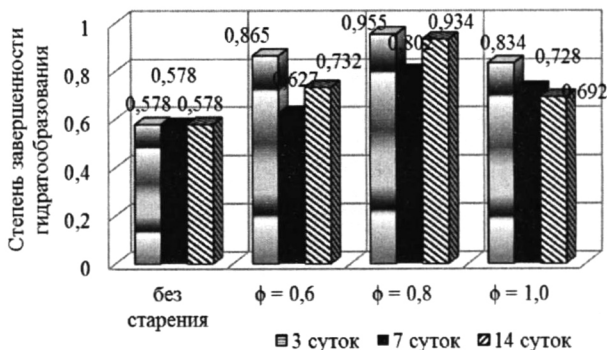


Рис. 9 Степень завершенности гидратообразования после 3, 7 и 14 суток искусственного старения

Анализ изменения степеней завершенности гидрато- и структурообразования показал, что наибольшие показатели достигаются при твердении вяжущего, подвергнутого искусственному старению в течение 3 суток при относительной влажности $\phi = 0,8$ (рис. 8 и 9).

Таким образом, увеличение длительности искусственного старения более 3 суток не приводит к существенному росту степеней завершенности гидрато- и структурообразования.

Одним из основных вопросов исследования процесса твердения является оценка термодинамической устойчивости образующейся структуры. Это обусловлено тем, что повышение термодинамической устойчивости предопределяет рост физико-механических и эксплуатационных показателей структуры гипсового камня.

Анализ величины производства энтропии (рис. 10) показал, что в исследуемых системах протекают необратимые процессы ($P > 0$), а искусственное старение повышает упорядоченность и термодинамическую устойчивость формирующейся структуры, о чем свидетельствует уменьшение величины производства энтропии. При этом из вяжущего, подвергнутого искусственному старению при $\phi = 0,8$ в течение 3 суток формируется структура с максимальной упорядоченностью и устойчивостью (рис. 10), на что указывает минимальное значение величины производства энтропии в вяжущей системе.

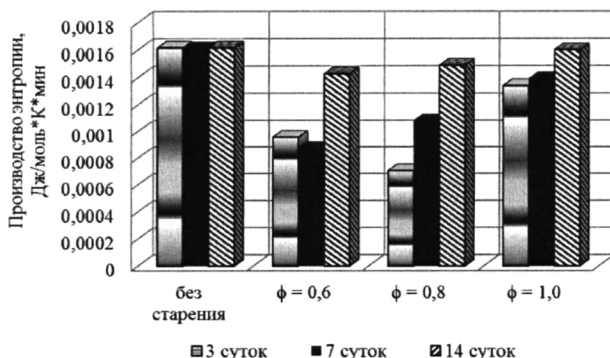


Рис. 10 Величина производства энтропии при твердении гипсового вяжущего

Таким образом, установлено, что искусственное старение повышает упорядоченность и устойчивость структуры гипсового камня и способствует увеличению его прочности (табл. 4).

Таблица 4

Предел прочности при сжатии (изгибе), МПа

| | без искусственного старения | 3 суток | 7 суток | 14 суток |
|---------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| φ = 0,6 | 4,1 (2,23) | 4,72 (2,54) | 4,83 (2,71) | 4,41 (2,39) |
| φ = 0,8 | | 5,07 (3,25) | 4,64 (2,52) | 4,37 (2,32) |
| φ = 1,0 | | 4,59 (2,49) | 4,51 (2,47) | 4,2 (2,25) |

Из экспериментальных данных, приведенных в табл. 4, следует, что условия искусственного старения влияют на прочностные свойства гипсового камня, причем максимальная прочность достигается через 3 суток искусственного старения при относительной влажности воздуха равной 80%.

Электрофизический метод исследования позволяет вести непрерывное наблюдение за процессом структурообразования. Регистрируемым параметром при этом является величина электрического сигнала, генерируемого твердеющей вяжущей системой. На рис. 11 показана кинетика твердения гипсового вяжущего после 3, 7 и 14 суток искусственного старения при различной относительной влажности воздуха.

Проведенное электрофизическое исследование твердения гипсового вяжущего показало, что через 3, 7 и 14 суток искусственного старения характер кривых твердения не меняется (рис. 11), следовательно, не меняется механизм твердения гипсового вяжущего.

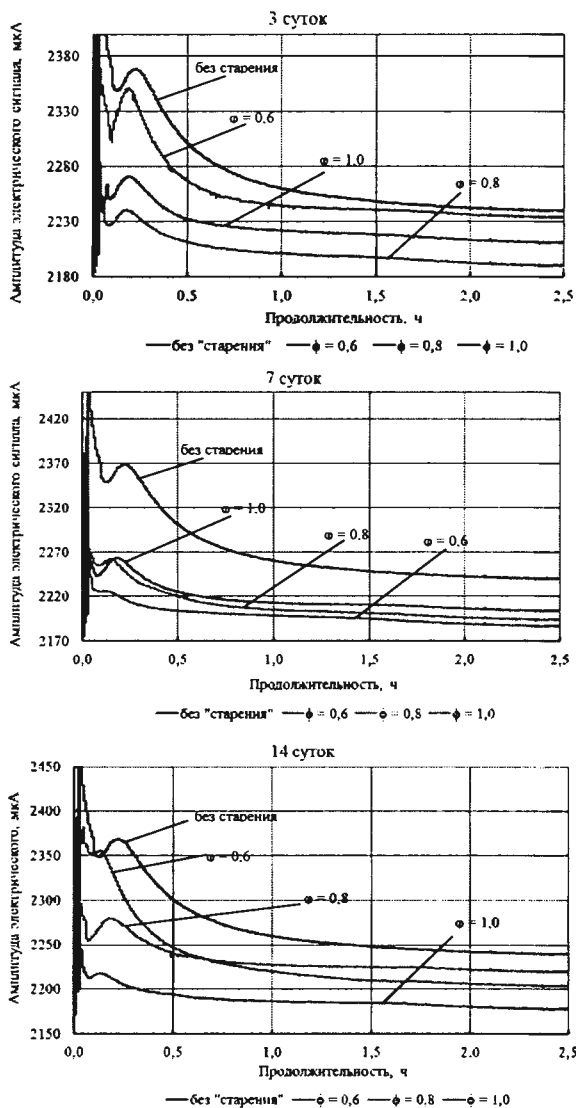


Рис. 11 Кинетика твердения гипсового вяжущего после 3, 7 и 14 суток искусственного старения при различной относительной влажности воздуха

Однако уменьшение амплитуды сигнала указывает на изменение структуры гипсового камня, в частности на возрастание ее термодинамической устойчивости. Причем при относительной влажности воздуха 80% происходит снижение амплитуды независимо от длительности искусственного старения.

Результаты электрофизического исследования согласуются с данными, полученными в ходе термодинамического анализа: условия искусственного старения изменяют схему структурных превращений, наблюдаемых при твердении исходного гипса. При искусственном старении гипсового вяжущего в течение 3 суток при относительной влажности воздуха 80% образуется малодефектные кристаллы дигидрата, которые затем выступают как центры кристаллизации и оказывают влияние на свойства образующегося искусственного камня. Дальнейшее увеличение продолжительности искусственного старения приводит к снижению структурной организованности и, соответственно, прочности.

В пятой главе рассмотрен вопрос промышленного применения процесса искусственного старения для производства сухих строительных смесей на основе гипсового вяжущего.

Поскольку на многих предприятиях, производящих гипсовые вяжущие, осуществляется и производство сухих строительных смесей, то в данной работе рассмотрено влияние искусственного старения на свойства штукатурных и шпатлевочных сухих строительных смесей на основе гипсового вяжущего.

Таблица 5

Физико-технические характеристики сухих гипсовых смесей

| Показатели | Значение | | | |
|---|---------------------|----------------|-------------|----------------|
| | шпатлевочные | | штукатурные | |
| | до старения | после старения | до старения | после старения |
| В сухом состоянии | | | | |
| Насыпная плотность, кг/м ³ | 725 | 722 | 980 | 978 |
| Готовые к применению | | | | |
| Время начала схватывания, мин | 100 | 120 | 75 | 90 |
| Подвижность (пластичная), мм | 163 | 163 | 162 | 165 |
| Водоудерживающая способность, % | 95 | 98,2 | 95,1 | 97,3 |
| Затвердевшие смеси | | | | |
| Прочность сцепления с основанием (адгезия), МПа | 0,38 | 0,45 | 0,47 | 0,53 |
| Прочность при растяжении при изгибе, МПа | 1,13 | 2,31 | 1,16 | 1,79 |
| Прочность при сжатии, МПа | 2,6 | 4,2 | 2,7 | 5,6 |
| Стойкость к образованию трещин | трещины отсутствуют | | | |

Физико-технические характеристики сухих строительных смесей на основе гипсового вяжущего до искусственного старения и после искусственного старения в течение 3 суток при $\phi = 0,8$ приведены в табл. 5.

Искусственное старение гипсового вяжущего позволяет:

- повысить водоудерживающую способность с 95 до 98% для шпатлевочных и с 95 до 97% для штукатурных смесей;
- увеличить прочность сцепления с основанием (адгезионную прочность) на 13,5...17% для шпатлевочных и на 5...8% для штукатурных смесей;
- увеличить прочность при сжатии на 54...62% для шпатлевочных и на 84...107% для штукатурных смесей;
- снизить расход функциональных добавок.

Как показывают результаты исследования, процесс искусственного старения при рациональных условиях (в течение 3 суток при относительной влажности воздуха 80%) позволяет получать материал более высокой прочностью при сжатии и сцепления с основанием, а также повысить водоудерживающую способность, которые являются важными свойствами для сухих строительных смесей.

Таким образом, при производстве гипсовых вяжущих и сухих строительных смесей на их основе рекомендуется использовать такой технологический передел, как искусственное старение для улучшения и стабилизации свойств выпускаемой продукции.

В работе показана экономическая эффективность использования искусственного старения гипсового вяжущего в сухих строительных смесях на его основе.

Экономический эффект в данном случае будет обеспечиваться разницей в себестоимости сухих гипсовых смесей до и после искусственного старения гипсового вяжущего. Разница в стоимости сухих гипсовых смесей обеспечивается сокращением расхода функциональных добавок для смесей после искусственного старения, поскольку по основным свойствам показатели превышают значения смесей без процесса искусственного старения.

Максимальный экономический эффект получен при производстве сухих гипсовых смесей после искусственного старения вяжущего в течение 3 суток при $\phi = 0,8$, который составляет 1033,48 руб./т для шпатлевочных смесей и 912,20 руб./т для штукатурных смесей.

Положительный результат опытного внедрения процесса искусственного старения гипсового вяжущего подтверждает верность установленных ранее закономерностей и доказывает перспективность использования данного технологического передела в производстве гипсовых материалов.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Установлено, что при искусственном старении гипсового вяжущего на поверхности его частиц и в межзерновом пространстве в зависимости от относительной влажности воздуха происходит адсорбция водяного пара с образованием пленок жидкости с различными физическими свойствами.

2. Экспериментально установлено, что различие в свойствах адсорбционной жидкости предопределяет изменение механизма гидратации гипсового вяжущего в процессе его искусственного старения. Это приводит к образованию кристаллов двуводного гипса различного размера и морфологии.

3. Установлено, что в результате искусственного старения гипсового вяжущего изменяются его строительно-технические свойства: снижается удельная поверхность, уменьшается водопотребность, а при твердении формируется упорядоченная и термодинамически устойчивая структура гипсового камня повышенной прочности.

4. Разработана схема процесса искусственного старения гипсового вяжущего, заключающаяся в частичной гидратации исходного полугидрата, превращении растворимого ангидрита в полугидрат, укрупнении частиц с образованием двуводного гипса и залечиванием поверхностных дефектов.

5. Определены рациональные условия искусственного старения гипсового вяжущего (относительная влажность воздуха не более 80% и длительность искусственного старения не более 3 суток), которые способствуют повышению физико-механических характеристик гипсового вяжущего: прочность при сжатии увеличивается на 18...24%, при изгибе – на 22...46%

6. Установлено, что применение гипсового вяжущего после искусственного старения в рациональных условиях для производства сухих строительных смесей позволяет:

- повысить водоудерживающую способность с 95 до 98% для шпатлевочных и с 95 до 97% для штукатурных смесей;
- увеличить прочность сцепления с основанием (адгезионную прочность) на 13,5...17% для шпатлевочных и на 5...8% для штукатурных смесей;
- увеличить прочность при сжатии на 54...62% для шпатлевочных и на 84...107% для штукатурных смесей;
- снизить расход функциональных добавок.

7. Определена экономическая эффективность использования гипсового вяжущего после искусственного старения в рациональных условиях для производства сухих строительных смесей. Максимальный экономический эффект составляет 1033,48 руб./т для шпатлевочных смесей и 912,20 руб./т для штукатурных смесей.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. **Некрасова С.А.**, Гаркави М.С. Влияние условий старения на структурно-технические свойства гипсового вяжущего // Строительные материалы. – 2007. – №5. – С. 72-73.
2. **Некрасова С.А.** Термодинамический анализ процесса старения гипсового вяжущего // Строительные материалы. – 2009. - №12. – С. 81-83.
3. **Некрасова С.А.**, Гаркави М.С., Панферова А.Ю. Влияние искусственного старения на формирование структуры гипсового камня // Строительные материалы. – 2012. - №7. – С. 24-25

Публикации в других изданиях

1. **Некрасова С.А.**, Шленкина С.С., Гаркави М.С. Исследование процесса старения гипсового вяжущего. Материалы 64-ой научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ за 2004-2005 гг.: Сб. докл. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. – Т.2. – С.37 - 39
2. **Nekrasova S.A.**, Garkavi M.S. Research of process of gypsum binding "ageing". 16 Internationale Baustofftagung. – Weimar, 2006. - p. 1-0913 – 916.
3. **Некрасова С.А.**, Гаркави М.С., Шленкина С.С., Фишер Х.-Б. Влияние условий старения на твердение гипсовых вяжущих. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2006. - №12. – С. 32-33.
4. **Некрасова С.А.** Улучшение свойств гипсового вяжущего при помощи процесса «старения». Строительные материалы и изделия: Межвуз. сб. науч. тр. - Магнитогорск: МГТУ, 2007. – С. 59-65
5. **Некрасова С.А.** Старение как метод улучшения структурно-технических свойств гипсового вяжущего. Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Перспективы развития строительного материаловедения: энерго- и ресурсосбережение в строительстве». – Челябинск: ООО «Издательство РЕКПОЛ», 2011. – С. 9-11
6. Гаркави М.С., **Некрасова С.А.**, Мельчаева О.К., Фишер Х.-Б., Новак С. Термодинамическое обоснование рациональных условий "старения" гипсового вяжущего // Научный вестник Воронежского гос. арх.-строит. университета. Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. - 2012. - №5. - С. 89-95.
7. Garkavi M., **Nekrasova S.**, Melchaeva O., Garkavi S., Fischer H.-B., Nowak S. Thermodynamic explanation of rational conditions of the "aging" of plaster binder. 18. ibausil. Internationale Baustofftagung. – Weimar, 2012. - P. 1-0741-0748

Подписано в печать 12.11.2012 Формат 60x84/16. Бумага тип. №1.
Плоская печать. Усл.печ.л. 1,00. Тираж 100 экз. Заказ 708

455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38
Полиграфический участок ФГБОУ ВПО «МГТУ»

10 ~