

Таблица 1 – Значения технико-экономических параметров

Название метода	Единица измерения	Затраты труда	Расход электроэнергии
		чел. час	кВт × ч
Метод термоса		0,9	50-80
Метод с использованием противоморозных добавок		0,13	-
Электродный прогрев		3,03	80-120
Индукционный прогрев		22,5	120-180

ванный метод термоса с введением противоморозных добавок (использование ПМД не требует дополнительных затрат на электроэнергию и рабочую силу).

В настоящее время существует большое количество методов строительства бетонных и железобетонных сооружений в зимних условиях при температурах до $-25...35^{\circ}\text{C}$.

В работе даны основные характеристики современных отечественных видов зимнего бетонирования с указанием их основных преимуществ и недостатков. Приведены краткие рекомендации по выбору метода зимнего бетонирования в зависимости от особенностей конструкций зданий и сооружений, необходимого времени для набора прочности бетоном, возможностей электроснабжения.

УДК 691.542: 539.4

КОНТАКТНО-КОНДЕНСАЦИОННОЕ ТВЕРДЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НИЗКООСНОВНЫХ ГИДРОСИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ

А. О. Садрашева

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассмотрен механизм контактно-конденсационного твердения низкоосновных гидросиликатов кальция, позволяющих получить широкую номенклатуру строительных материалов.

Ключевые слова: контактное твердение, гидросиликаты кальция, прессование, прочность, водостойкость.

Исследованиями многих авторов [2-6] было выявлено, что алюмосиликатные минералы нестабильной аморфной (неупорядоченной) структуры способны образовывать прочный водостойкий материал, в момент сближения частиц при уплотнении (контактное твердение). Силикаты кальция гидратных и безводных фаз нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. В

Технико-экономическое сравнение указывает на преимущество метода термоса. Однако сопоставление плюсов и минусов каждой технологии показывает, что более перспективным является использование комбинированных методов с противоморозными добавками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гныря, А. И. Технология бетонных работ в зимних условиях: учеб. пособие / А. И. Гныря, С. В. Коробков. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. – 412 с.
2. Садович, М. А. Методы зимнего бетонирования: учебное пособие / М. А. Садович. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Братск : ГОУ ВПО «БрГУ», 2009. – 104 с.
3. Гнам, П. А. Технологии зимнего бетонирования в России / П. А. Гнам, Р. К. Кивихарью // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2016. – № 9 (48). – С.7-25.

Решетов М.М. – магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: 01101094@mail.ru.

Анненкова О.С. – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: 222-ru@mail.ru.

КОНТАКТНО-КОНДЕНСАЦИОННОЕ ТВЕРДЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НИЗКООСНОВНЫХ ГИДРОСИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ

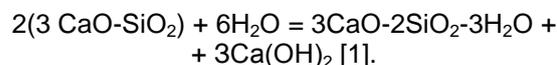
структуре и составу, низким содержанием примесей [3].

Гидросиликаты кальция, образующиеся при гидратации портландцемента в нормальных условиях, включают в себя как соединения с четко выраженной кристаллической структурой, так и плохо закристаллизованные вещества, состав части которых до настоящего времени недостаточно точно установлен (рисунок 1). Они имеют переменный состав, в значительной степени близких к аморфным веществам и не образуют полной кристаллической структуры, которая возникает при твердении цемента в условиях повышенной температуры и давления. Они могут быть отнесены к полукристаллическим слабозакристаллизованным соединениям (рисунок 2). К полукристаллическим слабозакристаллизованным относят также соединения, дающие на порошкограммах более трех линий, в которых отсутствует нормальный трехмерный порядок, характерный для кристаллических объектов кальция.

Все гидросиликаты почти нерастворимы в воде. Если реакции гидратации силикатов кальция протекают при температуре ниже 100°C, то в результате обычно возникают плохо закристаллизованные новообразования; при гидратации портландцемента в виде теста в нормальных условиях появляются, главным образом, именно такие продукты.

При гидратации индивидуальных синтетических минералов – силикатов кальция было установлено, что реакция C_3S с водой приводит к образованию $C_3S_2H_x$, на погра-

ничной поверхности возникает пленка толщиной в несколько молекул. При комнатной температуре реакция C_3S с водой стехиометрически описывается уравнением



Ранее исследованные работы [2, 3] показывают целесообразность получения различных композиционных материалов по контактно-конденсационной технологии.

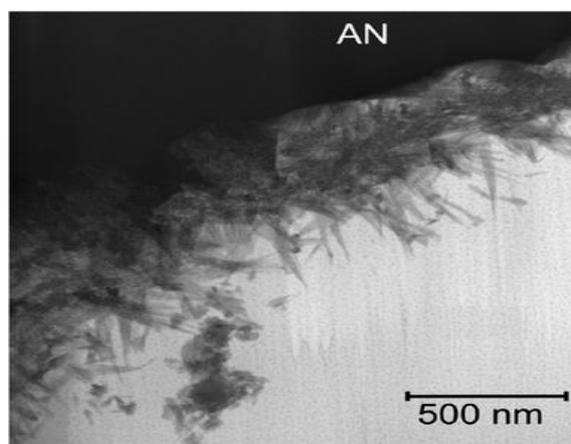


Рисунок 1 – Гидраты растут вокруг C_3S в течение 10 ч. Ближе к поверхности есть плотная зона беспорядочно ориентированных игл, затем более перпендикулярно ориентированные к поверхности

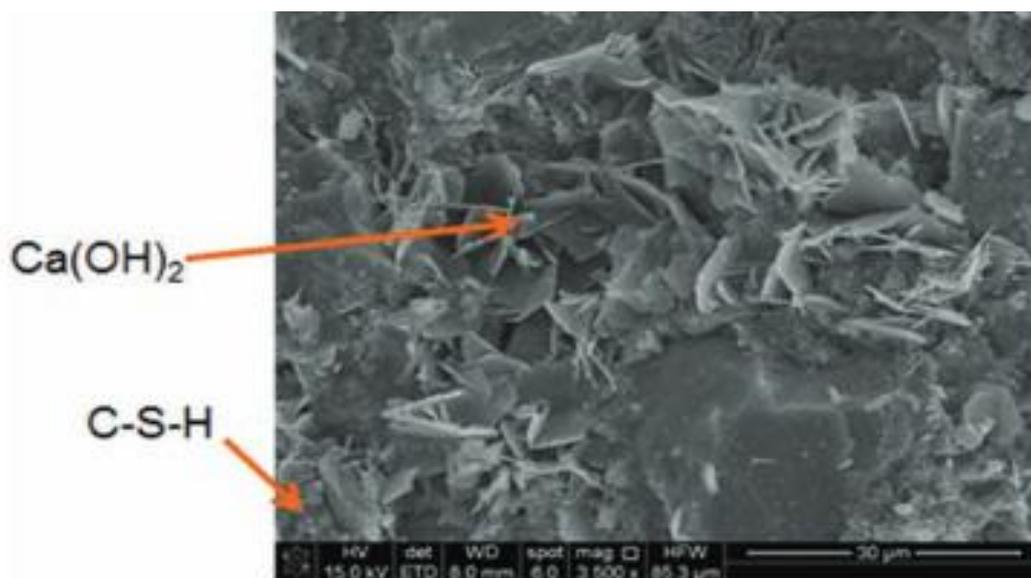


Рисунок 2 – Гидросиликаты кальция (C-S-H) и гидроксид кальция $Ca(OH)_2$ (портландит)

Особую важность имеют знания самого механизма контактной конденсации, что позволит более эффективно осуществлять мероприятия по подготовке нестабильного вяжущего.

Вяжущие контактно-конденсационного твердения предложены В.Д. Глуховским и Р.Ф. Руновой [2]. Твердение их рассматривается с позиций теории конденсации, в основе которой лежит идея о том, что дисперсные вещества в силу своей энергетической нестабильности обладают конденсационной способностью, снижаемой по мере уменьшения свободной энергии этих веществ.

Очевидным фактом проявления контактно-конденсационного твердения является образование искусственного водостойкого камня из дисперсной системы в момент сближения макрочастиц. При этом вещество не изменяет своего химического состава и агрегатного состояния, так как в этом процессе не участвует жидкость затворения или тепловой фактор. Сближаемые макрочастицы по размерам превышают коллоидные ($\alpha > 10^{-6}$ см). Таким образом, требуемым условием контактно-конденсационного твердения является достаточный уровень сближения макрочастиц, который можно получить высоким прессованием. Свойственным признаком контактов между дисперсными макрочастицами является их водостойкость и восстанавливаемость после разрушения при повторном сближении.

Давление прессования при контактно-конденсационном твердении может изменяться в широких пределах – от 20 до 1000 МПа и больше. Прочностные характеристики контактно-конденсационных вяжущих находятся в диапазоне 40-60 МПа, а при больших значениях давления прессования могут быть и более высокими.

Диспергирующий эффект действия воды при образовании гидратов сопровождается аморфизацией. Следовательно, роль воды в системах контактного твердения сводятся к созданию условий для перевода силикатного вещества в нестабильное состояние.

Возможна химическая функция воды в дисперсных системах безводных, регидратированных, дегидратированных силикатов нестабильной структуры. Однако это роль вторична, так как вступает в действие после возникновения контактов, противостоящих расклиниванию водой.

При низких нагрузках прессования присутствие воды способствует повышению прочности камня. При этом вода играет тех-

нологическую роль «смазки». Повышенное количество воды затрудняет контакты. В результате происходит снижение прочности и коэффициента водостойкости.

Способностью к контактно-конденсационному твердению обладает большая группа силикатных и алюмосиликатных веществ, как природного, так и искусственного происхождения, продукты их гидратации и дегидратации, взаимодействия гидроксидов щелочных и щелочноземельных металлов с гранитом, базальтом, перлитом и др. Исследования Л.В. Юдиной и В.В. Турчина [4] показали существенное влияние на прочность шлакощелочных вяжущих (ШЩВ) при уплотнении композиции. Метод прессования дает более высокие показатели физико-механических свойств, чем способ литья. Цементация вяжущего при прессовании выполняется мгновенно. Идет появление прочных водостойких связей между его частицами, появляющихся в результате действия поверхностных сил притяжения за счет повышения степени сближения дисперсных частиц. За счет этого обеспечивается высокое качество синтезируемого искусственного камня.

Контактно-конденсационный нефелиновый цемент – порошкообразное вещество, получаемое путем тонкого помола, гидратации в дисперсном состоянии при В/Т = 1÷4 в условиях пропаривания, автоклавирования или кипячения и последующей сушки 75-90% по сухому веществу нефелинового (белитового) шлама с 10-25% активной минеральной добавки.

Контактно-конденсационный известково-пуццолановый цемент – порошкообразное вещество, получаемое тонким помолом, гидратацией в дисперсном состоянии при В/Т=1÷5÷3 в условиях пропаривания, автоклавирования или кипячения и последующей сушки 25-65% извести с 35-75% пуццолановой добавки.

В Белорусском национальном техническом университете считают, что известь можно использовать в сочетании с кремнегелем. На основе контактного твердения, А.И. Хлыстов путем рационального подбора порошковой части вяжущего решил ряд проблем для тяжелых жаростойких фосфатных бетонов.

Ряд тонкоизмельченных горных пород способен твердеть в прессованном состоянии, в особенности при введении добавок-активаторов (щелочи, шлак и др.). Такие композиции называют петроцементами или геоцементами.

КОНТАКТНО-КОНДЕНСАЦИОННОЕ ТВЕРДЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НИЗКООСНОВНЫХ ГИДРОСИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ

Модифицирование композиций из нефелинового шлама и фосфогипса активированными гидросиликатами кальция, полученными в РПА в условиях высокоимпульсной гидродинамической обработки нефелинового шлама, позволило достичь высоких прочностных показателей после устранения избыточной влаги и прессования смеси.

Использование высокодисперсных активированных кристаллогидратов с удельной поверхностью по БЭТ до $100 \text{ м}^2/\text{г}$ в контактных зонах частиц способствует увеличению их когезионных и гидратационных свойств, приводящих к конденсации в водостойкий камень.

Для рассматриваемых вяжущих главными условиями конденсации является прессование. Однако, их твердение возможно и за счет уменьшения водных пленок между макрочастицами в результате сушки, пропаривания или автоклавирования водосодержащих систем. В этом случае прочность индивидуальных контактов оказывается существенно меньше, однако минимальны и значения средней плотности получаемого камня. Такой прием конденсирования рационален при получении на основе этих вяжущих легких и теплоизоляционных материалов. Следует также отметить, что к особым свойствам выше указанных вяжущих относится способность камня упрочняться при отрицательных температурах.

В настоящее время приемы контактно-конденсационного твердения наиболее освоены в дорожном строительстве, в частности при применении в качестве сырья отвалных белитосодержащих шламов глиноземного производства и высококальциевых зол гидроудаления, как не требующих изменений в технологическом процессе. Получение отделочных, теплоизоляционных конструктивных прессованных материалов предполагает создание новых технологических линий.

Мелкозернистый бетон на основе бокситового шлама целесообразно применять в дорожном строительстве, свойства которого соразмерны автоклавному силикатному бетону на основе известково-кремнеземистого вяжущего.

В статье Е.М. Чернышова, Н.Д. Потамошневой, О.Б. Кукиной [5] приведены исследования портландитового камня. Результаты показали, что его можно использовать в качестве матричных субстанций для бесклнкерных малознергоемких композиционных материалов. Р.Ф. Руновой и А.А. Майстренко

[2] было исследовали взаимодействие контактных вяжущих с вододисперсионными полимерами для получения водостойких фасадных красок. М.Н. Степанова, Н.Д. Потамошневая, Е.М. Чернышов, Ю.М. Баженов [6] доказали возможность получения компактированного композиционного материала на основе кристаллов портландита и композитов алюмосиликатного состава. Композит обладает приемлемой прочностью после формирования без тепловой обработки. Л.В. Юдина и В.В. Турчин [4] в своих экспериментах разработали технологию получения шлакощелочного кирпича контактно-конденсационным способом. За основу взята традиционная технология производства силикатного кирпича с заменой в технологической линии отделения помола извести отделением помола шлака и добавлением емкости для жидкого стекла. Предусмотрена обработка изделий в пропарочных камерах. Кирпич рекомендован для строительства малозэтажных неотапливаемых зданий. Арбузова Т.Б., В.Ю. Сухов, М.В. Рябова предложили использование метода гиперпрессования для изготовления штучных стеновых материалов силикатного состава. В ходе исследований было получено вяжущее, обладающее огнеупорными свойствами.

На Киевском экспериментально-исследовательском заводе НИИСМИ выпущены опытные партии кирпича на основе предварительно гидратированного нефелинового шлама в смеси с известью, кварцевым песком и т. д. Полученные изделия отличались от традиционных стеновых материалов более низкой средней плотностью ($1200\text{-}1400 \text{ кг}/\text{м}^3$), водостойкостью сразу после прессования, что исключает необходимость последующей тепловлажностной обработки, прочностью сразу после прессования $5\text{-}10 \text{ МПа}$ и морозостойкостью более 15 циклов. Кирпич контактного твердения имеет белый 19 цвет, что позволяет вводить красящие пигменты и получать декоративные конструктивные элементы.

Штукатурка на основе вяжущих контактного твердения также относится к декоративным, характеризуется высокой водостойкостью, белым цветом и отличается тем, что для ее получения не используются дорогостоящие белый и цветные цементы. Введение пигментов позволяет получать требуемые цветовые оттенки. Высокие физико-механические свойства штукатурных растворов обусловлены использованием вяжущих, представляющих собой смеси дисперсных

гидросиликатов кальция нестабильной структуры с полимерами.

Изделия из пресс-порошков контактного твердения (облицовочные плиты, лицевой кирпич) получают, используя в качестве минерального вяжущего дисперсные гидросиликаты кальция нестабильной структуры. Для их синтеза применяют вещества, имеющие в достаточном количестве оксиды CaO и SiO₂. В качестве кремнеземистого компонента, активно взаимодействующего с известью, могут использоваться опока, трепел, вулканическое стекло, супесь. Для получения гидросиликатов эффективно использовать отходы производства, содержащие безводные или частично гидратированные силикаты кальция нестабильной структуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сычев, М. М. Образование структур твердения и характер процессов гидратации / М. М. Сычев // Цемент. – 1989. – № 2.
2. Глуховский, В. Д. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения / В. Д. Глу-

ховский, Р. Ф. Рунова, С. Е. Максун – К. : Вища школа, 1991. – 243 с.

3. Ярусова, С. Б. Синтез силикатов кальция в многокомпонентных системах и их физико-химические свойства: автореф. дис. ... канд. хим. наук : Владивосток. – 2010.

4. Юдин, Л. В. Строительные материалы контактного твердения на основе шлаков, зол и грунтов / Л. В. Юдин, В. В. Турчин // Строительные материалы и изделия. – № 2. – 2010. – С. 303-307.

5. Чернышов, Е. М. Искусственный камень на основе кристаллизации портландита / Е. М. Чернышов, Н.Д. Потамошнев // Современные проблемы строительного материаловедения: академические чтения РААСН : матер. к Междунар. конф. – Самара, 1995. – С. 20-21.

6. Степанова, М. П. Наноструктурные портландито-алюмосиликатные контактно-конденсационные системы твердения и композиты на их основе. / М. П. Степанов [и др.] // Вестник МГСУ. – № 2. – 2013. – С. 114-122.

Садрашева А.О. – аспирант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: aizhanaolegovna@mail.ru.

УДК 72.012.6

ТЕХНОЛОГИИ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ

В. А. Тур, А. В. Вольф

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрены и изучены основные технологии озеленения фасадов зданий. Цель данного изучения – разработки конструктивных, технических и технологических решений по устройству «живых зеленых стен» фасадов зданий, адаптированных к климатическим условиям Сибирского региона.

Ключевые слова: фасадная система, зелёный фасад, зеленая стена.

Развитие современных архитектурно-дизайнерских решений фасадов зданий и сооружений, а так же ухудшение экологических условий заставляют разрабатывать современные конструктивные и технологические решения для их реализации. Одним из перспективно развивающихся направлений в этой области является озеленение фасадов зданий.

Вертикальное озеленение – это выращивание различных растений при помощи различных конструкций в вертикальном направлении, вне зависимости от плоскости произрастания растений с целью создания благоприятной для человека городской среды и формирования новых направлений в ди-

зайне городской среды. Вертикальное озеленение включает: зеленые вертикальные фасады и самостоятельные зеленые стены, экографити, вертикальные клумбы, зеленые крыши и террасы, вертикальную зеленую инфраструктуру и т.д. [1].

Озеленение фасада является не просто дизайнерским элементом. Оно защищает микроклимат помещений от вредных эмиссий из окружающей среды и обеспечивает дополнительный комфорт в общем качестве жилья.

При правильной реализации конструктивных и технологических решений, комбинации соответствующих видов растений возможно добиться оригинального решения по зеленому оформлению фасада. Озеленение