

УДК 543.666

**Н.В. ЛЕВЧУК**

Брест, БрГТУ

**ПОЛУЧЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО КАМНЯ НА  
БЕСЦЕМЕНТНОМ ВЯЖУЩЕМ**

Твердение большинства минеральных вяжущих веществ сопровождается реакциями гидратации и гидролиза, т.е. химическим взаимодействием с водой, в результате которого из продуктов реакций постепенно формируется прочный кристаллический сросток.

В строительстве вяжущие вещества в чистом виде практически не используются, а в смеси с водой, заполнителями и различными добавками образуют растворы и бетоны, обладающие широким спектром свойств, которые зависят от вида вяжущего и характеристик перечисленных компонентов.

Наиболее обширная группа – гидравлические вяжущие вещества. При затворении водой гидравлические вяжущие способны твердеть и длительно сохранять прочность, как на воздухе, так и в воде. Этим обусловлено их широкое применение не только в наземных, но и в подземных, а также гидротехнических сооружениях, подвергающихся воздействию воды в процессе эксплуатации.

Свойства гидравлических вяжущих на основе портландцемента в значительной степени определяются минералогическим составом. Важнейшими минералами являются: трехкальциевый силикат (алит), двухкальциевый силикат (белит), трехкальциевый алюминат и четырехкальциевый алюмоферрит.

Трехкальциевый силикат ( $C_3S$ ) содержится в количестве 37–65% от массы клинкера, обладает свойствами быстротвердеющего гидравлического вещества высокой прочности, способствует набору высокой прочности цемента в раннем возрасте.

Двухкальциевый силикат ( $C_2S$ ). Содержание в клинкере – 15–50%. Твердеет значительно медленнее. Ранняя прочность незначительна. Благодаря белиту цемент постепенно набирает прочность в позднем возрасте (в течение многих лет).

Трехкальциевый алюминат ( $C_3A$ ) – 5–15%, твердеет быстро, но имеет низкую прочность. В первые минуты гидратации кристаллизуется в виде крупных гексагональных пластин, из которых быстро формируется жесткая, но довольно рыхлая и непрочная структура («карточный домик»). Эти процессы способствуют нежелательному раннему схватыванию цемента. Для нейтрализации ускоренной гидратации  $C_3A$  и замедления сроков схватывания к цементному клинкеру при помоле добавляют гипс.

Четырехкальциевый алюмоферрит ( $C_4AF$ ) – 10–18%. По активности в реакции с водой, скорости твердения и прочности занимает промежуточное положение между алитом и белитом.

Кроме указанных важнейших минералов в клинкере содержатся в небольших количествах и другие алюминаты и алюмоферриты кальция, а также феррит кальция. Встречается свободная окись кальция  $CaO$  (до 1%) как результат неполного обжига клинкера, а также соединения, образованные щелочными окислами –  $Na_2O$ ,  $K_2O$  (до 1–2%). Эти окислы переходят в клинкер из сырьевых материалов и золы твердого топлива.

В отличие от гидравлических вяжущих материалы группы воздушных вяжущих веществ после смешивания с водой могут твердеть и длительно

сохранять свою прочность только на воздухе. Эти вяжущие применяются лишь в наземных сооружениях, не подвергающихся воздействию воды.

В группу воздушных вяжущих входят воздушная известь, гипсовые и магнезиальные вяжущие вещества.

На свойства извести большое влияние оказывают содержащиеся в известняках примеси: глина, углекислый магний, кварц и др., в той или иной степени уменьшая её способность к гашению. Однако некоторые примеси не только не ухудшают, но даже несколько улучшают качество извести. Если глинистых примесей в известняке больше 6%, то продукт обжига приобретает четко выраженные гидравлические свойства и называется гидравлической известью.

Воздушные минеральные вяжущие в том числе и известь, а также жидкое стекло способны вступать в химические реакции между собой при добавлении воды. В последствии образуется материал, обладающий определенной прочностью. Возможно, при добавлении коллоидных растворов гидроксида алюминия, гидроксида железа будет происходить образование кристаллогидратов, подобных тем, которые образуются при гидратации гидравлических минеральных вяжущих. Механизм этих химических реакций в процессе изучения.

Кроме перечисленных общеизвестных минеральных вяжущих возможно получение искусственного камня на основе бесцементных вяжущих.

Для изучения физико-механических свойств исследуемых составов были подготовлены серии образцов – кубы с размером  $2 \times 2 \times 2$  см. Основой для получения бесцементного состава являлся тонкомолотый карбонат кальция или мел и строительный гипс марки Г-4. Подготовленные сухие смеси затворялись специально приготовленными растворами.

В качестве растворов затворения использовались:

1 – коллоидный раствор гидроксида алюминия  $Al(OH)_3$ , получаемый как отход электрокоагуляционного способа очистки природной воды. Для использования в работе коллоидный  $Al(OH)_3$  был получен в электролизере, с погруженными в него пластинчатыми алюминиевыми электродами, при пропускании постоянного электрического тока в течении 15 минут.

2 – коллоидный раствор гидроксида железа  $Fe(OH)_3$ , получен методом конденсации. Для получения золя гидроксида железа (или раствора затворения) используют разбавленный раствор соли хлорида железа (0,1 н.), т.е. содержание его в литре исходного раствора соли составит 5,4 г.

3 – раствор силиката натрия;  $Na_2SiO_3$ , плотность которого  $1,2 \text{ г/см}^3$ . Предлагаемый модификатор (добавка) – искусственный кремнезем (ИМКр) может быть выделен при коагуляции и обезвоживании золя кремнезема, который образуется в результате проведения химической реакции взаимо-

действия между раствором силиката натрия и соляной кислоты при соотношении 10:1.

После 1 суток твердения в формах, образцы твердели на воздухе в течение 6 суток, затем проводили испытание на прочность.

Определение прочностных характеристик полученных твердых составов проводилось по стандартной методике на прессе серийного производства типа ПСУ-10.

На первом этапе исследований были подготовлены образцы следующих составов:

1 состав: карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) + раствор затворения (силикат натрия  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  и гидроксид алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ).

2 состав: карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) и сульфат кальция ( $\text{CaSO}_4$ ) в отношении 1:1. В качестве раствора затворения использовался раствор аналогичный для 1 состава.

3 состав: карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ ), сульфат кальция ( $\text{CaSO}_4$ ) в отношении 1:1,5. Раствор затворения: 1 мл силиката натрия ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), 3 мл гидроксида алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , 2 мл хлорида железа ( $\text{FeCl}_3$ ).

Полученные результаты на 7 сутки были таковы: 1 состав 5,5 ед., 2 состав 6,3 ед., 3 состав 7,5 ед. Преобразуем полученные результаты и получим предел прочности на сжатие.

Подставляя полученные значения в формулу для расчета марочной прочности, мы получим предел прочности каждого из составов:  $R^1_{сж}=2,5$  МПа,  $R^2_{сж}=0,45$  МПа,  $R^3_{сж}=0,8$  МПа.

На втором этапе исследований в исследуемые составы был добавлен кремнефтористый натрий, используемый в качестве отвердителя для силиката натрия.

Таким образом, можно предполагать, что при смешении карбоната с раствором затворения возможно прохождение химических реакций с образованием силикатов и алюминатов кальция.

Анализируя полученные предварительные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. При введении гипса с увеличением его содержания, прочность образцов снижается на 30%.

2. Наблюдается увеличение прочности при увеличении содержания гидроксид алюминия в растворе затворения.

3. Введение коллоидных растворов в качестве растворов затворения позволяют сделать вывод о роли их в качестве пластификаторов, поскольку достижение предельного напряжения сдвига происходит при наименьшем количестве раствора затворения.

4. Наблюдается относительное повышение прочности искусственного камня при введении катализатора отверждения силиката натрия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теоретические аспекты влияния коллоидального гидроксида алюминия на процессы гидратации портландцемента / Н.В. Левчук, В.М. Добрунова // Вестник БрГТУ. – 2002. – № 1 : Строительство и архитектура. – С. 43–45.
2. Левчук, Н.В. Влияние коллоидных растворов на процессы гидратации портландцементных систем / Н.В. Левчук // Свиридовские чтения : сб. ст. / ред. кол.: Т.Н. Воробьева (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2005. – Вып. 2. – С. 56–60.
3. Композиция для строительных работ : пат. № 12569 С1 ВУ, МПК С 04В 28/00 С 04В 22/00 / Н.Л. Левчук, Е.В. Добрунов, О.Н. Семенов ; заявка № а 20070785 ; заявл. 2007.06.25 ; опубл. 2009.10.30 // Афіцыйны бюлетэнь / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. – 2009. – № 5 (70). – С. 74.