

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. и др. Ограждающие конструкции на основе каркасного керамзитобетона для производственных зданий (структурообразование, технология, расчёт и проектирование): Учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2005. – 200с.
2. Король Е.А. Трёхслойные ограждающие железобетонные конструкции из лёгких бетонов и особенности их расчёта. – М.: АСВ, 2001г. – 255с.
3. Литовченко П.А., Глушаков Н.И., Khachikian K. Применение облегчённых трёхслойных железобетонных панелей для малоэтажного жилищного строительства. Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. научн. трудов. Вып. 43, - Дн-вск, ПГАСА, 2007. – 628с.
4. ПК ЛИРА, версия 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. / Справочно-теоретическое пособие под ред. Академика АИН Украины А.С. Городецкого. – К.-М.: издательство «Факт» – 2003. –464с.
5. Штамм К., Витте Х. Многослойные конструкции. – М.: Стройиздат, 1983г. – 296с.

УДК: 666.9: 691.511: 691.316

**СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА
ОСНОВЕ ИЗВЕСТИ КАРБОНИЗАЦИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ
аспирантка Локтионова Т.А.**

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Изучение и обобщение закономерностей, лежащих в основе формирования структуры и свойств искусственных конгломератов [1], являются основной задачей для разработки методов оптимизации параметров технологических процессов и проектирования материалов с заданными качественными показателями. Структурообразование строительных материалов на основе извести карбонизационного твердения является сложным комплексным процессом, обусловленным взаимодействием и взаимным влиянием частиц реагирующих веществ, а также совокупностью внешних условий – давления, влажности и др.

Общие итоги предыдущих исследований карбонизации известковых материалов [2] показывают следующее:

- реакция карбонизации – гетерогенная, в ней участвуют твердая, жидкая и газообразная составляющие;
- реакция проходит в жидкой фазе, т.е. углекислый газ и твердый гидрат должны быть растворены в воде для осуществления реакции;
- скорость и глубина прохождения реакции зависят от количества жидкости в твердеющей массе, т.к. при недостатке воды реакция пройдет не в полном объеме, а при избытке межчастичные пространства и поры будут заполнены жидкостью, препятствуя диффузии углекислого газа внутри материала.

В основе контактного формирования изделий из порошкообразного сырья, основанного на контактно-конденсационной теории твердения, разработанной профессорами Глуховским В.Д. и Руновой Р.Ф. [3], лежит явление

образования из дисперсной системы камнеподобного тела без изменения химического состава, агрегатного состояния и воздействия тепловой энергии. Основу теории составляет идея о том, что дисперсное вещество любого уровня нестабильности обладает конденсационной способностью, снижающейся по мере уменьшения его свободной энергии, что приводит к укрупнению частиц вещества. Как указывал Ребиндер П.А. [4] для возникновения кристаллизационных контактов необходимо сочетание определенного пересыщения в окружающей среде и механических усилий, удерживающих кристаллы в определенном фиксированном относительно друг друга положении. Такие усилия могут быть либо следствием давления, приложенного извне, либо давления, развиваемого в процессе направленного роста кристаллов, растущих внутри уже сформировавшейся кристаллизационной сетки. Т.е., начальное контактное формование способствует возникновению прочностных свойств развивающейся структуры камня, благодаря срастанию кристалликов относительно устойчивого гидрата.

Процесс гидратации и развития структуры твердения таких вяжущих, как цемент и гипс, сводится к растворению в воде первичной твердой дисперсной фазы вяжущего вещества с образованием раствора, пересыщенного по отношению к кристаллам гидратного новообразования и выкристаллизовыванию из этого раствора новой фазы кристаллического гидрата с образованием пространственной структуры твердения, т.е. искусственного камня. В противоположность этим вяжущим, соединения которых при твердении переходят от низшей степени гидратации к высшей, известь характеризуется переходом более гидратированных соединений в менее гидратированные. Поэтому для карбонизации извести необходимо постоянное удаление выделяющейся воды из твердеющей системы.

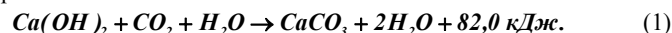
Физико-химические превращения, происходящие в искусственно карбонизируемой извести, являются определяющими в структуре будущего камня. Поэтому, целью настоящей работы являлось исследование фазовых превращений в известковом материале при взаимодействии с углекислым газом в процессе карбонизации.

Определение состава новообразований и детальное изучение структуры материала произведено с помощью методов химического анализа и электронной микроскопии.

Для изготовления искусственных каменных материалов, был предложен метод контактно-карбонизационного твердения карбонатных материалов на основе известковых систем. Общая схема испытаний состояла в следующем: готовилась смесь на чистой извести, которая увлажнялась в пределе 15 – 25 %, формовалась при давлении от 10 до 20 МПа и поступала в камеру карбонизации, где карбонизировалась в среде 100 %-ной CO_2 в течение различного времени. В результате были получены образцы материала обладающего прочностью 12 – 18 МПа, плотностью 1,4 – 1,6 кг/см³, коэффициентом размягчения 0,7 – 0,8 [5].

Продукты карбонизации извести изучали с помощью химического анализа и электронной сканирующей микроскопии. Химический анализ проводили методом кислотно-основного титрования, используя два индикатора – фенолфталеин и метиловый оранжевый [6]. Электронную сканирующую микроскопию выполняли на микроскопе PEMMA-102-02, SELMI.

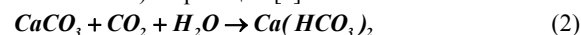
Карбонизация гашеной извести описывается следующим общим химическим уравнением:



По данным Бута Ю.М. [7] при карбонизации Ca(OH)₂ во влажной среде сначала образуется аморфный CaCO₃, затем возникают ватерит и кальцит. Данные о природе аморфного CaCO₃ почти не изучены. Механизм преобразования аморфной формы CaCO₃ в кристаллическую предложил Н. Зальманов [8]. Согласно его предположения CaCO₃ присутствует в растворе во время реакции в двух формах различной степени гидратации. Первое соединение – растворимый гидратированный CaCO₃, а второе – безводный CaCO₃. Растворение аморфного соединения приводит к насыщению раствора по отношению к гидратированному CaCO₃ и пересыщению по отношению к преобразованному безводному CaCO₃, что ведет к кристаллизации последнего. Раствор снова становится ненасыщенным по отношению к гидратированному CaCO₃, который будет растворяться далее, до полного перехода в заключительный продукт – кристаллический безводный CaCO₃.

В наших исследованиях, было установлено, что во время карбонизации извести образуется гидрокарбонат кальция Ca(HCO₃)₂. Гидрокарбонат образуется в результате реакции нейтрализации – взаимодействия кислоты и основания с образованием соли и воды [6]. За счет начальной влажности известкового теста и высокой концентрации углекислого газа в окружающей среде создаются условия для образования угольной кислоты H₂CO₃. Угольная кислота, будучи двухосновной, при взаимодействии с гидроксидом кальция дает две соли: среднюю – нерастворимый карбонат кальция (CaCO₃) и кислую – растворимый гидрокарбонат кальция (Ca(HCO₃)₂). Карбонат кальция образуется при недостатке угольной кислоты (углекислого газа) по реакции (1):

В свою очередь гидрокарбонат кальция образуется при избытке угольной кислоты (углекислого газа) по реакции [9]:



Данные качественного определения гидрокарбоната представлены в табл. 1. По данным таблицы видно, что гидрокарбонат образуется уже после первого часа карбонизации.

Таблица 1

Содержание гидрокарбоната кальция в карбонизированных образцах в зависимости от времени карбонизации

Условия получения		Содержание гидрокарбоната кальция % с течением времени карбонизации, с							
Руд, МПа	W, %	3600		10800		21600		64800	
		Зона образца		Зона образца		Зона образца		Зона образца	
		до 5-6 мм	Центр образца	Ср. проба	Ср. проба	до 5-6 мм	Центр образца	Ср. проба	Ср. проба
15	15	33-35	30-31	35-36	38	22-25	21-23	36-37	32
15	22,5	-	-	32-33	36-40	25-27	27-30	22-23	22-25

При этом содержание его в наружном слое несколько выше в сравнении с центральной зоной, что связано с направлением процесса карбонизации от наружных слоев к центру образца. Вследствие чего образование избытка кислоты (углекислого газа) в отношении к гидроксиду кальция, быстрее происходит в наружных слоях. В результате – большее содержание гидрокарбоната кальция. Через несколько часов карбонизации происходит разложение образовавшегося гидрокарбоната, под действием сильного основания Ca(OH)₂ с выпадением CaCO₃ в осадок и выделением воды.

Структура известкового камня сложена шестигранными пластинками гидрооксида кальция, сросшимися в агрегаты (рис.1, а). В начальный период карбонизации структура вещества представлена скрытокристаллической гидроокисью кальция, прорастающей мелкими кристалликами карбоната кальция (рис.1, б).

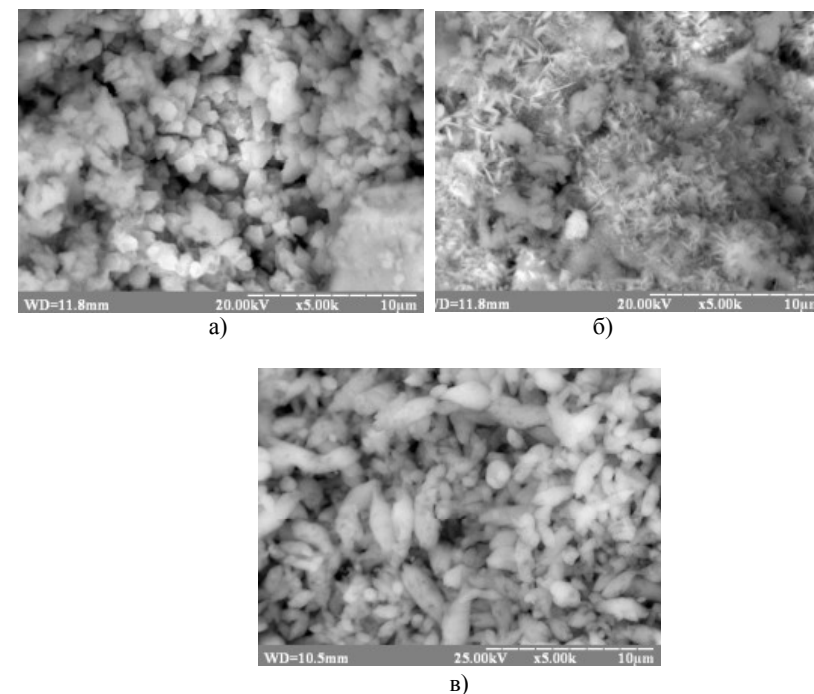


Рис.1 Электронные фотографии известковых образцов: а – некарбонизированные; б – в начальной стадии карбонизации; в – после карбонизации. x5000

Структура материала после карбонизации (рис. 1, в) представлена кристалликами кальцита скаленоэдрической формы, имеющими различную оптическую ориентировку, размером 15 – 35 мкм.

Таким образом, наглядно прослеживается процесс перекристаллизации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при взаимодействии с углекислым газом в ходе карбонизации с образованием нового соединения – вторичного карбоната кальция.

ВЫВОДЫ

1. Карбонизационное твердение гидроксида кальция проходит с образованием аморфного соединения – гидрокарбоната кальция. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ является переходной гидратированной фазой, после растворения которой выделяются стабильный CaCO_3 и H_2O .

2. Методом электронной микроскопии исследовано изменение внутренней структуры известкового материала. Установлено, что пластинчатые агрегаты $\text{Ca}(\text{OH})_2$ перекристаллизуются в кристаллы кальцита преимущественно скаленоэдрической формы.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбьев И.А. Общая теория и единая классификация строительных материалов на основе вяжущих веществ / И.А. Рыбьев // Строительные материалы. – 1975. - №5. – С.29 – 31.
2. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building / N. Zalmanoff // Rock Products. – 1956. – August. – P. 182 – 186.
3. Глуховский В.Д. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения / Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф. Максунев С.Е. – К.: Высшая школа, 1991. – 243 с.
4. Ребиндер П.А. Экспериментальное исследование влияния механических напряжений на процессы образования кристаллизационных контактов при срастании кристаллов / П.А. Ребиндер, Е.Д. Щукин, Е.А. Амелина и др. // Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. Избранные труды. – М.: Наука, 1979. – С. 126-130.
5. Карбонатные материалы на основе известковых систем контактно-карбонизированного типа твердения / С.И. Федоркин, Н.В. Любомирский, М.А. Лукьянченко, Т.А. Локтионова, А.С. Бахтин, В.И. Климюк // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС. – 2007. – вып. 21. – С. 63 – 80.
6. Крещков А.П., Основы аналитической химии / А.П. Крещков. – М.: «Химия», 1976.
7. Бутт Ю.М.. Твердение вяжущих при повышенных температурах / Ю.М. Бутт, Л.Н. Рашкович. – М.: Стройиздат, 1965. – 223 с.
8. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building / N. Zalmanoff // Rock Products. – 1956. – September. – P. 84 – 90.
9. Доронин. Н. А. Кальций / Н.А. Доронин. – М.: Госхимиздат, 1962. – 191 с.

УДК 624.012:620.193

ПРОБЛЕМИ ТА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

д.т.н., проф. Лучко Й.Й.,

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна

Проблема та актуальність. Для оцінки корозійної стійкості та довговічності бетонних і залізобетонних конструкцій (споруд) потрібно одержати синтезуючу оцінку поширення фронту корозійної деградації із врахуванням напружень та повзучості бетону, швидкості карбонізації захисного шару арматури та термоциклічності навантажень. Розглянемо вплив окремих чинників на корозійну стійкість і довговічність залізобетонних конструкцій та споруд.

Проблемою переважної більшості бетонних та залізобетонних конструкцій, які експлуатуються в умовах неізолюваних від атмосферних (повітряно-вологих) руйнівних впливів, є їхнє локальне корозійне руйнування, що призводить до втрати несучої здатності об'єктів. Дослідження корозії бетону, насамперед, важливе з погляду оцінки ресурсу захисного шару арматури (пасивуючої дії бетону) у залізобетонних елементах конструкцій, тому що у разі його вичерпання виникає небезпека катастрофічних руйнувань несучих елементів. Особливий інтерес становить згаданий вид корозії, який практично завжди присутній, а саме: оцінка агресивності середовища залежно від деяких факторів, зокрема, зволоженості та засоленості.

Численні дослідження, узагальнення яких наведено у [1, 2, 3, 4 та ін.], з кінетики корозії бетону показують, що моделювання процесу значно ускладнюється змінними у часі діючими градієнтами концентрації агресивного середовища та деструкцією цементного каменю. У цих випадках для визначення кінетики корозійного руйнування найкраще використовувати рівняння дифузії Гіббса або хімічної термодинаміки [3, 20].

Аналізуючи останні дослідження [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12] з проблеми підвищення стійкості залізобетонних конструкцій у зволжених та засолених середовищах, можемо зробити висновок, що агресивні середовища переважно характеризуються чітко вираженою періодичністю дії, що зумовлено кліматичними умовами та особливостями виробничого циклу на промислових підприємствах. Відома значна кількість результатів досліджень [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19] з вирішення цієї проблеми, а саме: методика кількісної оцінки вилугування бетону, нейтралізації бетону кислими газами повітря, поширення фронту корозійної деградації. Однак відсутня синтезуюча оцінка поширення фронту корозійної деградації із врахуванням напружень розтягу та повзучості бетону у захисному шарі арматури для залізобетонних елементів конструкцій будівель та споруд. Нижче розглянемо аналітичну оцінку корозійної деградації, проблеми впливу температури на корозію, оцінку ресурсу корозійної стійкості у випадку термоциклічних навантажень та вплив напруженого стану на корозію бетонних та залізобетонних конструкцій.