

## СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНОЙ АКТИВАЦИИ ИЗВЕСТКОВО-КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ КОМПЗИТОВ

Шинкевич Е.С. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Розроблена структура комплексної активації вапняно-кремнеземних дисперсних систем, яка дозволяє перейти від гідротермальної активації вапняно-кремнеземистого в'язучого в умовах автоклавної обробки до тепловологісної обробки виробів в пропарювальних камерах. Розроблені залежності, які описують основні процеси комплексної активації.

В перспективе прогресс в строительной отрасли связан с разработкой и внедрением новых технологий и с увеличением выпуска прогрессивных строительных материалов, снижающих материалоемкость и энергоемкость производства, а также стоимость строительства. Производство силикатных стеновых изделий по неавтоклавной литьевой технологии обеспечивает снижение его энергоемкости более чем на четверть и сокращение материалоемкости более чем на 20%, обуславливая, в силу специфики производства, более высокие показатели качества по критериям, определяющим и стоимость строительства по сравнению с использованием силикатных прессованных изделий автоклавного твердения (рис. 1).

### Основные предпосылки получения силикатных композитов неавтоклавного твердения

Традиционно термическая активация компонентов силикатобетонной смеси осуществляется в автоклавах, где в условиях повышенной температуры и давления происходит гидротермальный синтез ГСК (В.Михаэлис – 1880 год).

При определенных условиях синтез гидросиликатов автоклавного твердения возможен при температуре ниже 100°C и атмосферном давлении [1, 2]. Возможности получения силикатных материалов неавтоклавного твердения с позиций классической термодинамики изложены в трудах В.И.Бабушкина и О.П.Мчедлова-Петросяна [1]. В работах В.Д.Глуховского и Р.Ф.Руновой [3] с позиций неравновесной термодинамики теоретически обоснована и практически подтверждена возможность получения эффективных неавтоклавных силикатных материалов контактного твердения.

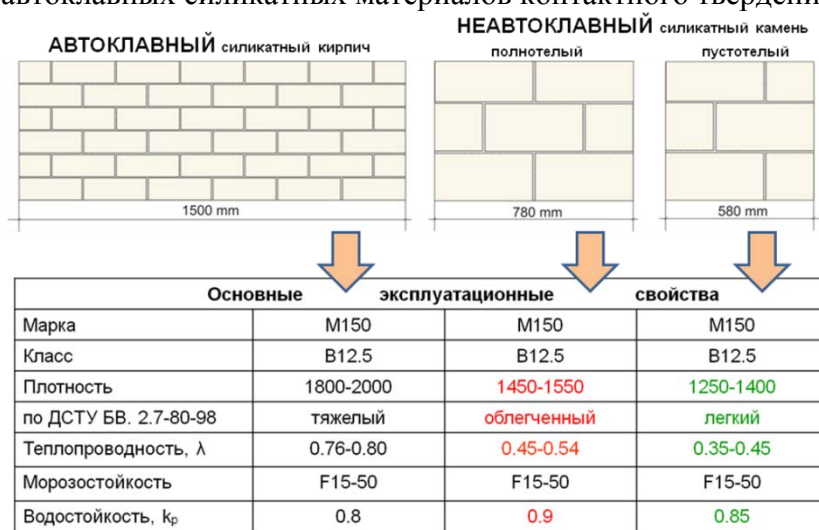


Рис. 1.

Толщина стены из различного вида силикатных изделий при  
требуемом термическом сопротивлении  $R_0=1.9 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$   
(по ДБН Б.2.2-9-99)

Первые попытки реализовать принципы получения силикатных неавтоклавных материалов были предприняты в работах Г.М.Матвеева, В.В.Константинова [1, 4] за счет использования активных форм кремнезема и глинозема при изготовлении прессованных изделий. В работах В.Л.Чернявского [5] отмечается несоблюдение сформулированного им "условия параметрической идентичности" для традиционной автоклавной технологии силикатного кирпича, что подтверждает целесообразность развития и переосмысления научных основ производства силикатных материалов.

Возможность получения силикатных материалов при температуре менее чем 85°C и атмосферном давлении говорит о существенных резервах их производства, а значительный объем в общем объеме производства стеновых изделий свидетельствует о целесообразности дальнейшего развития этого вида продукции.

Разработке и внедрению ресурсо- и энергосберегающих технологий способствует повышение химической активности кремнеземистого компонента вяжущего за счет различных способов активации.

### **Комплексная активация компонентов силикатобетонной смеси**

Переход от гидротермального синтеза ГСК в автоклавах к ТВО в настоящей работе осуществлен за счет объединения следующих способов активации:

- *механохимическая активация* кристаллического кварца в водной среде смесителя-активатора,

- *химическая* – за счет введения аморфного кремнезема,

- *хемоактивация* – за счет повышенных значений pH среды,

- *термоактивация* – за счет экзотермии негашеной молотой извести.

Структура комплексной активации представлена на рисунке 2.

**Механохимическая активация** кристаллического кварца осуществляется в водной среде смесителя-активатора. Она позволяет снизить вязкость известково-кремнеземистого вяжущего более чем на порядок [6]. Этот эффект снижения вязкости использован для компенсации повышенной водопотребности смеси за счет введения пористой минеральной добавки и проведения активации вяжущего совместно с мелкозернистым наполнителем.

**Химическая активация** осуществляется за счет введения минеральной добавки, содержащей аморфный (активный) кремнезем.

Процессы формирования структуры и свойств строительных композитов могут быть описаны с применением развитых физико-математических моделей [7]. Разработанная кинетико-математическая модель, содержит семь основных уравнений, три из которых описывают основные процессы комплексной активации дифференциальными уравнениями второго порядка [8].

Изменение концентрации образовавшейся кремниевой кислоты с учетом растворения и связывания ее в ГСК описывается уравнением:

$$\frac{\partial C_2}{\partial t} = D_2 \cdot \left( \frac{\partial^2 C_2}{\partial x^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_2}{\partial x} \right) + \beta_p \cdot S_{\text{м}} (C_{20} - C_2) - K_1 \cdot C_1 \cdot C_2 \quad (1)$$

**Хемо-термоактивация** (на стадии предварительного выдерживания) осуществляется за счет применения негашеной молотой извести и за счет повышенных значений pH среды, при которых на поверхности кристаллического кварца появляются дополнительные источники дислокаций.

Изменение концентрации гидроксида кальция с учетом его растворения и связывания его в ГСК описывается уравнением:

$$\frac{\partial C_1}{\partial t} = D_1 \cdot \left( \frac{\partial^2 C_1}{\partial x^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_1}{\partial x} \right) + \beta_{p1} \cdot S_{\text{м}} (C_{10} - C_1) - K_1 C_2 - K_2 \cdot S_{\text{м}} \cdot C_1^2 - \beta_{\text{ак}} C_1 \quad (2)$$

За счет перечисленных способов активации обеспечены условия для растворения кремнезема и образования в необходимом количестве гидросиликатов кальция при T=85°C.

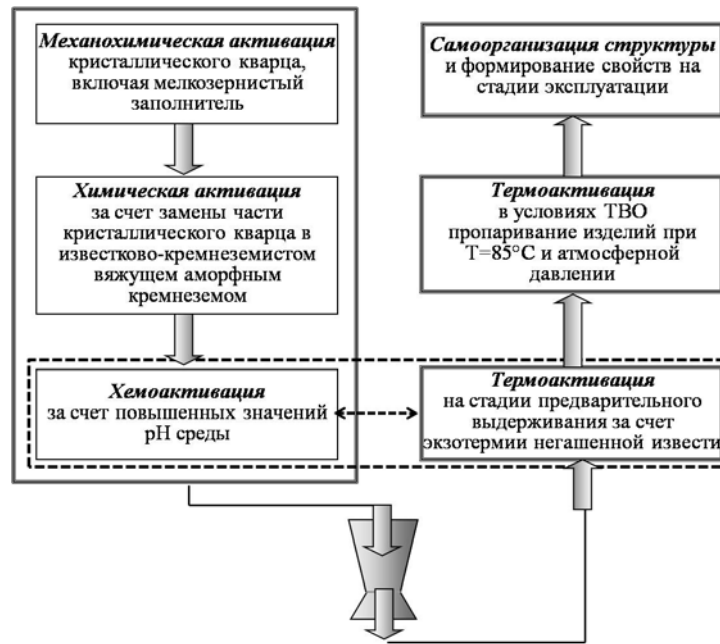


Рис. 2.

Структура комплексной активации известково-кремнеземистых композитов.

Изменение концентрации гидросиликатов кальция на стадии предварительного выдерживания и ТВО описывается уравнением:

$$\frac{\partial c_3}{\partial t} = D_3 \cdot \left( \frac{\partial^2 c_3}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial c_3}{\partial r} \right) + K_1 \cdot C_2 - \beta_{\text{гг}} \cdot (S_{\text{г}} + S_{\text{т}}) \cdot (C_{3\infty} - C_3) \quad (3)$$

Начальные условия:

$$t = 0; \quad C_1 = 0; \quad C_2 = 0; \quad C_3 = 0; \quad q = 0 \quad (4)$$

$$S_{\text{г}} = S_{\text{г}}^0; \quad S_{\text{т}} = S_{\text{т}}^0; \quad S_{\text{кв}} = S_{\text{кв}}^0$$

Граничные условия:

$$r = 0, \quad \frac{\partial C_1}{\partial r} = 0; \quad \frac{\partial C_2}{\partial r} = 0; \quad \frac{\partial C_3}{\partial r} = 0 \quad (5)$$

$$r = R_0, \quad \frac{\partial C_1}{\partial r} = 0; \quad \frac{\partial C_2}{\partial r} = 0; \quad \frac{\partial C_3}{\partial r} = 0 \quad (6)$$

Здесь введены следующие условные обозначения:

$C_1, C_2, C_3$  – соответственно концентрация гидроксида кальция, кремниевой кислоты и гидросиликата кальция;  $C_{10}, C_{20}$  – концентрация растворенных гидроксидов кальция, кремниевой кислоты;  $C_{3\infty}$  – концентрация пересыщения гидросиликата кальция;  $D_1, D_2, D_3$  – коэффициенты диффузии гидроксида кальция, кремниевой кислоты активированного кремнезема, гидросиликата кальция;  $K_1, K_2$  – константы скорости гомогенной и гетерогенной химических реакций;  $S_{\text{г}}^0, S_{\text{т}}^0, S_{\text{кв}}^0$  – соответственно удельная поверхность частиц извести, трепела и активированной части песка;  $S_{\text{г}}, S_{\text{т}}, S_{\text{кв}}$  – то же в процессе гидратации.

В общем случае активация кварца заключается в переводе кристаллического строения поверхностного слоя зерна кварца в аморфное состояние [9], однако можно предположить, что механизм процессов меняется под влиянием различных видов активации, и в первую очередь по виду дислокаций с учетом степени и длительности воздействия. Для механохимической активации изменение химического, физического и агрегатного состояния связано с линейными краевыми и пространственными глубинными дислокациями. Вид дислокаций будет обусловлен траекторией движения зерен кварца в момент соударения с лопастями смесителя-активатора: прямое, касательное или тангенциальное [10, 11]. Электроактивация в зависимости от силы воздействия присущи

линейные и краевые дислокации, хемоактивация, связанная с повышением щелочности среды, способствует образованию дополнительных точечных дислокаций в виде вакансий и замещений [10, 12] и, как следствие – более длительному времени существования активных центров на зерне кварца.

Поэтому их количественный и качественный вклад в комплексную активацию будет различен. Оценить вклад отдельных видов активации возможно по разработанной кинетико-математической модели и косвенно на модельных дисперсных системах с использованием аппарата математической теории планирования экспериментов (статья авторов Шинкевич Е.С., Луцкина Е.С. и т.д. в этом сборнике, ч. 2).

### **Выводы**

Различные использованные виды активации и элементарные процессы, а также взаимосвязанные с ними и обусловленные видами компонентов вяжущего технологические воздействия представляют собой единый цикл комплексной активации, которая сопровождается сопутствующими эффектами.

Комплексная активация в последовательном цикле элементарных процессов и технологических воздействий способствует разработке и внедрению в практику ресурсосберегающих литьевых технологий производства эффективных силикатных стеновых изделий неавтоклавного твердения.

1. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. – М.: Стройиздат, 1986. – 407с.
2. Тейлор Х. Химия цемента. Перевод с английского. – М., 1996. – 560с.
3. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф., Максунев С.Е. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения. – Киев, 1991. – 242с.
4. Константинов В.В., Пужанов Г.Т. Высокопрочные быстротвердеющие вяжущие материалы на основе гранулированных доменных шлаков и растворимого стекла / Строительные материалы. – 1960. – № 8. – С.33.
5. Чернявский В.Л. Концепция адаптивности в современном материаловедении // Строительное материаловедение – теория и практика: Сб. трудов Всерос. н.-п. конференции / под ред. Б.В. Гусева. – М, 2006. С.102-105.
6. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин: Навчальний посібник. – Одеса, 2002. – 100с.
7. Формирование структуры композиционных материалов и их свойства // Гусев В.Б., Кондращенко В.И., Малов Б.П., Файвусович А.С.. – М. Научный мир, 2006. – 560с.
8. Шинкевич О.С. Розвиток наукових основ отримання вапняно-кремнеземистих будівельних композитів неавтоклавного твердіння // Автореферат дис... д.т.н. /05.23.05 – Будівельні матеріали та вироби. – Одеса, 2008. – 32с.
9. Шинкевич О.С. Розвиток наукових основ отримання вапняно-кремнеземистих будівельних композитів неавтоклавного твердіння // Автореферат дис... д.т.н. /05.23.05 – Будівельні матеріали та вироби. – Одеса, 2008. – 32с.
10. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. – М., 1988. – 400с.
11. Барабаш И.В., Матковский В.Д., Выровой В.Н. Моделирование механизмов организации структуры механоактивированных грубодисперсных систем // Материалы к МОК'40. – Одесса, 2001. – С.69-70.
12. Матвиенко В.А., Толчин С.М. Электрические явления и активационные воздействия в технологии бетона. – Макеевка, 1998. – 154с.