

КОНТАКТНО-КОНДЕНСАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРЕССУЕМЫХ СИЛИКАТНЫХ СИСТЕМАХ

Сидоренко Ю.В., Коренькова С.Ф.

Введение. В связи с наметившимся в последние годы подъемом в области жилищного строительства ученые-материаловеды, строители сталкиваются с решением задач по разработке и вовлечению в производство малоэнергетических, экологически безопасных, обладающих достаточным перечнем технических характеристик строительных материалов и изделий, произведенных на основе местной сырьевой базы регионов. В связи с этим происходит постепенная переоценка, модернизация существующих высокоэнергетических технологий производства различных строительных материалов, в том числе и силикатных мелкоштучных стеновых, отделочно-облицовочных изделий. Процесс автоклавной обработки, необходимый для роста прочности силикатных изделий, требует значительных затрат энергии и делает данную технологию маломобильной в плане управления. Поэтому в 60-е гг. XX века, благодаря В.Д. Глуховскому, Р.Ф. Руновой и другим ученым [1], получила основание к развитию альтернативная неавтоклавная (контактно-конденсационная) технология производства силикатного кирпича, отличающаяся от первоисточника рядом преимуществ.

В данной раздельной технологии исключается автоклавная обработка изделий, однако вводятся новые технологические переделы: подготовка нестабилизированных низкоосновных гидросиликатов кальция (вяжущего) происходит при температуре около $95...100^{\circ}\text{C}$ в изотермическом реакторе-кристаллизаторе периодического типа, затем осуществляется смешение вяжущего с кварцевым наполнителем до формовочной влажности, прессование изделий при повышенном давлении, далее осуществляется сушка изделий [1-3]. После прессования образуется водостойкий сырец изделия прочностью $12...15$ МПа. Как было выявлено авторами [1], в основе процессов синтеза искусственного камня находятся не химические явления, а спонтанная упорядоченность системы, когда кинетическая энергия проявляется в виде поверхностных "электромагнитных сил". Склонность к упорядочению имеют материалы нестабильной структуры, в частности, низкоосновные гидросиликаты кальция типа $(0,8...1,2)\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ (для приготовления которых применяются известь в комбинации с кремнеземистыми компонентами, например, опокой, диатомитом, трепелом, также возможно использование полевошпатового материала для стекольной промышленности в качестве замены природных аморфных кремнеземистых компонентов). Сушка отпрессованных изделий при $100...200^{\circ}\text{C}$ способствует переходу остатков гидрата окиси кальция в кристаллическое состояние, прочность изделий увеличивается примерно в $1,5...2$ раза, что позволяет применять неавтоклавные силикатные изделия $M 100...300$ в индивидуальном и малоэтажном строительстве, например, для возведения коттеджей, сельских медицинских пунктов для врачей общей практики, загородных сооружений, таунхаусов и т.п.

По сравнению с традиционной автоклавной контактно-конденсационной технологией существенно расширяет подмножество управляющих воздействий на систему. Например, для реактора-кристаллизатора изменение гидродинамической обстановки различной интенсивности, температурного режима существенно влияет на процессы растворения, кристаллизации и структурообразова-

ния фаз. На стадии смешения можно вводить разнообразные наполнители, поверхностно-активные вещества, изменять матричную структуру вяжущего, интенсивность перемешивания и т.д.

Следует отметить, что данная неавтоклавная технология в настоящее время недостаточно востребована, хотя в исследовании прессования силикатных (известково-кремнеземистых) нестабильных систем накоплен богатый экспериментальный материал, сдерживаемый рядом следующих особенностей:

- многофазностью системы и взаимозависимостью фаз друг от друга;
- глубокой взаимосвязью между подмножествами структурных и параметрических показателей в процессе эволюции системы;
- образованием в системе большого количества промежуточных метастабильных фаз с различными периодами перекристаллизации;
- наличием в эволюционирующей системе положительных и отрицательных обратных связей, существенно влияющих на кинетику процесса;
- кооперативными и пороговыми явлениями в системе для различных фаз, которые многократно усиливаются с ростом степени дисперсности и т.д.

В ряде работ по рассматриваемой тематике не получил должного освещения механизм контактно-конденсационного твердения, что затрудняет оценку влияния входных, управляющих воздействий на эффективность процесса формования силикатных кирпичей. Отдельные этапы технологической подготовки (получение гидросиликатов кальция в реакторе – кристаллизаторе, их смешивание с заполнителем, формование изделий, сушка отпрессованного сырья и др.) также требуют дополнительной проработки. Критерии оценки склонности материала к контактной конденсации, предложенные авторами безавтоклавной технологии [1], достаточно сложно использовать для оценки технологических объектов, т.к. они не содержат связи с параметрами процесса.

Академик В.И. Соломатов [4, 5], характеризуя исследование контактно-конденсационных процессов, обозначил эту проблему, как наиболее трудную в области современного строительного материаловедения, а также считал одним из возможных путей успешного решения подобных задач использование методов математического моделирования.

Таким образом, необходимо отметить следующее:

1) в ходе изучения и анализа литературных источников по контактно-конденсационной технологии было определено самостоятельное научно-теоретическое направление работы: изучение и моделирование механизма контактно-конденсационного твердения силикатной (известково-кремнеземистой) нестабильной системы на различных уровнях ее иерархии [2];

2) разрабатываемые подходы к моделированию контактно-конденсационных процессов прессования силикатных систем открывают новые возможности решения задач оптимизации технологических параметров на основе выбираемых критериев и, таким образом, способствуют развитию и внедрению в практику строительного производства неавтоклавной технологии силикатных стеновых и отделочных-облицовочных изделий.

Кроме того, изучение контактно-конденсационных процессов, происходящих в нестабильных известково-кремнеземистых системах и приближающихся к области типа золь-гель, является важным аспектом на пути развития строительных материалов нового поколения.

Механизм формирования прочности. Нами предложен механизм создания прочности сырца на основе принципов синергетики и предпринята попытка его моделирования в окрестности точки перколяции [2, 3, 5].

Рассмотрено формирование межчастичных контактов, которое осуществляется по иерархическому принципу полиструктурности.

Предложено использовать системный подход в формировании зоны компромисса управляющих воздействий на кластерные структуры вяжущего.

Проведенный анализ литературных источников подтвердил, что необходима теоретическая разработка механизмов создания контактно-конденсационной прочности сырца на уровне макро- и мезомоделей с использованием принципов синергетики.

Рассмотрены вопросы формирования силового перколяционного каркаса при его деформировании.

Образованию бесконечного кластера второго типа из силовых звеньев соответствует спонтанное возникновение начальной прочности контактно-конденсационного сырца (см. рис. 1) [2]. Для простейших схем определена вероятность образования цепочки силовых кластеров.

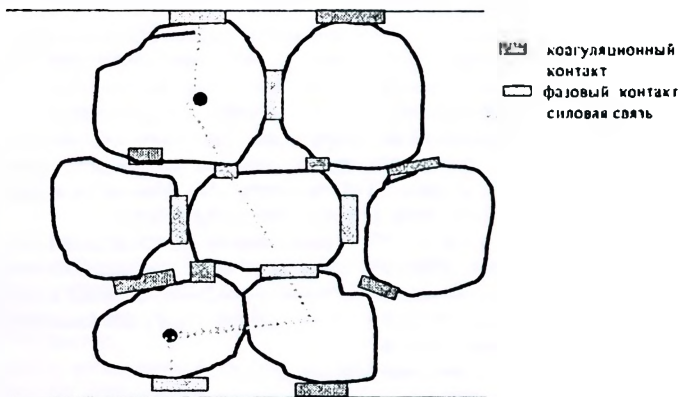


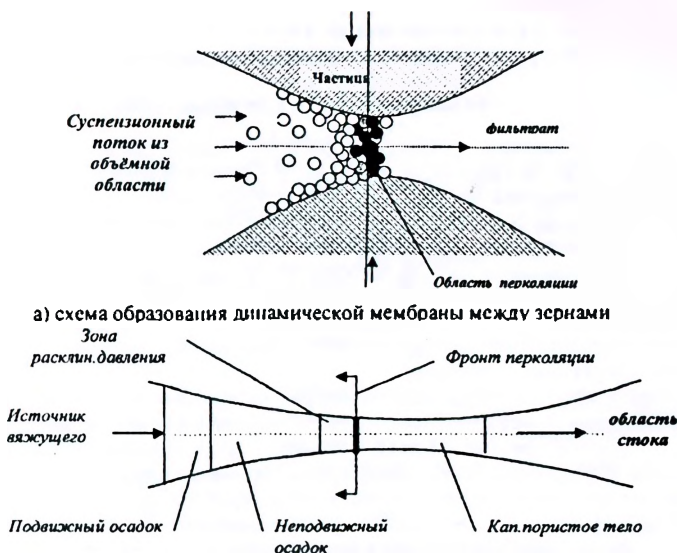
Рисунок 1 – Схема бесконечного кластера силовых связей СЭ

Проведен анализ роли капиллярной свободной жидкости в разупрочении кластерных структур вяжущего.

Рассмотрен механизм создания контактно-конденсационной перемычки между структурообразующими элементами (рис. 2) [2].

Учитывая зонный характер уплотнения твердой фазы по длине капилляра для квазистационарного режима, предложена совокупность подмоделей для каждой из зон. В их основе – уравнения сохранения массы и импульса для жидкой и твердой фаз, а также граничные условия в виде подвижных границ Стефана [2].

Достоверность полученных результатов оценивается строгостью постановки задач, использованием классических методов механики сплошных сред. Предложенные механизмы создания прочности сырца подтверждаются работами по мембранным технологиям, сжимаемым осадкам, экспериментальными исследованиями [2, 3, 5].



б) упрощенная модель образования контакта
Рисунок 2 – Формирование необратимого контакта частиц

Разработаны принципы и подходы к математическому моделированию области контакта между структурообразующими элементами.

Заключение. Результаты, отраженные в разработанных механизмах и математических моделях, можно использовать как составную часть системы управления технологическим процессом производства безавтоклавного силикатного кирпича. Также возможно применение результатов исследований в развитии новых технологий, использующих принцип отвердевания непосредственно в процессе формования изделий, и прикладных задач по разработке и проектированию композиционных материалов контактно-конденсационного типа и в других областях (экструзия и вальцевание высоконаполненных систем, консолидация осадков в системах очистки, затвердевание в зернистых средах и т.д.).

Список цитированных источников

- 1 Глуховский, В.Д. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения / В.Д. Глуховский, Р.Ф. Рунова, С.Е. Максун. – Киев: Вища школа, 1991
- 2 Сидоренко, Ю.В. Моделирование процессов контактно-конденсационного твердения низкоосновных гидросиликатов кальция / Ю.В. Сидоренко – Дисс. ... канд. техн. наук – Самара: СГАСУ, 2003. – 217 с.
- 3 Коренькова, С.Ф. Моделирование процессов подготовки контактно-конденсационной смеси / С.Ф. Коренькова, С.А. Пиявский, Ю.В. Сидоренко // Успехи строительного материаловедения РААСН: материалы юбилейной конференции – Москва – 2001. – С. 197–203
- 4 Соломатов, В.И. Строительное материаловедение в третьем тысячелетии / В.И. Соломатов // Современные проблемы строительного материаловедения. Материалы Седьмых Академических Чтений РААСН – Белгород, 2001. – Ч.1. – С. 3–7
- 5 Соломатов, В.И. Термодинамические аспекты контактной конденсации нестабильных силикатных систем / В.И. Соломатов, С.Ф. Коренькова, Ю.В. Сидоренко // Известия вузов Строительство. – 2001. – № 2–3. – С. 38–44