

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Фомина Е. В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОВЫШЕНИЕ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ИЗВЕСТКОВОГО ВЯЖУЩЕГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА*

fomina.katerina@mail.ru

В работе указано повышение реакционной способности известкового вяжущего за счет высокотемпературного гашения извести с минеральной добавкой двуводного гипса, что влияет на температуру, скорость гашения извести и дисперсность получаемых продуктов. Установлена техническая целесообразность применения активных высокодисперсных продуктов гашения извести при производстве прессованных силикатных изделий, которые оказывают положительное действие на ход процессов фазо- и структурообразования на всех технологических стадиях твердения с увеличением прочности изделий и возможностью сокращения доли известкового вяжущего в смеси.

Ключевые слова: силикатный кирпич, гашение извести, известковое вяжущее, композиционное вяжущее, дисперсность.

При производстве прессованных силикатных материалов автоклавного твердения в качестве вяжущего применяют тонкомолотые известково-кремнеземистые композиции различного состава. От качества применяемого вяжущего и от условий их взаимодействия на всех технологических переделах производства зависят эксплуатационные свойства готового изделия.

В настоящее время существует много различных технологических решений, способствующих повышению активности взаимодействия вяжущих в силикатной смеси с получением высококачественной и конкурентоспособной продукции [1-3], одним из таких решений является управление процессом гашения известкового вяжущего [4].

В большинстве случаев определяющую роль при химическом взаимодействии компонентов в процессе твердения вяжущего играет скорость и полнота гашения извести. При производстве силикатного кирпича гашение извести начинается в момент соприкосновения ее с влажным песком и заканчивается в силосах, что значительно увеличивает длительность гидратации. Поэтому процесс гашения извести является недостаточно управляемым и отрицательно сказывается на свойствах получаемого гидроксида кальция, а, следовательно, и реакционной способности при гидратации и твердении вяжущего. Эти свойства особенно важны при взаимодействии известково-песчаных вяжущих в автоклаве с учетом

уменьшения растворимости $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при повышении температуры.

Ранее было установлено [5], что при гашении высокоактивной извести ($A = 86\%$, $B/I = 0,32-0,64$) в области температур от 160 до 190°C и наличии двуводного гипса в количестве от 0,05 до 0,25 масс. % возможна дегидратация гипса с образованием β -модификации полугидрата. Применение предварительно гашеной извести по предложенному механизму в композиционных вяжущих оказывает значительное влияние на фазо- и структурообразование, способствуя повышению их прочности в два раза.

В данной работе исследованы свойства продуктов гашения извести с двуводным гипсом, влияющие на повышения реакционной способности взаимодействия вяжущих при производстве силикатного кирпича.

Для исследования в работе использовали следующие материалы: известь ОАО «Стройматериалы» (Белгород); кварцевый песок Нижне-Ольшанского месторождения; двуводный гипс Новомосковского месторождения. Основные сырьевые компоненты не отличались от традиционно используемых при производстве силикатного кирпича и соответствовали ГОСТ 379-95 «Кирпич и камни силикатные».

При производстве силикатного кирпича обязательно полное гашение извести до формирования кирпича-сырца, поэтому количество добавляемой воды соответствует полному гашению извести с учетом ее испарения и созданию остаточной влаги смеси на выходе из силоса. В

исследованиях расход воды на гашение извести был взят исходя из технологических особенностей производства, и для сравнения изучены граничные условия с недостатком и избытком воды. Использовали известь активностью 90%.

При гашении высокоактивной извести с водотвердым отношением, близким к теоретическому значению, и присутствием минеральной добавки возможно протекание высокоэкзотермической реакции при температуре до 190°C,

когда наряду с гашением водой протекает гашение паром, с получением наибольшего количества мелкодисперсных частиц.

Исследования, проводимые седиментационным методом, позволяют выделить оптимальные условия гашения извести при В/И = 0,48 с добавкой 0,25% двуводного гипса и температуре процесса 163°C, где основная масса частиц 80,8% находится в высокодисперсном состоянии размером до 30 мкм (табл. 1).

Таблица 1

Изменение свойств продуктов гашения извести

№	Добавка двуводный гипс, %	Максимальная температура гашения извести, °С	Время достижения максимальной температуры гашения, мин	Количество частиц, мас. %		
				до 10 мкм	до 30 мкм	более 30 мкм
В/И = 0,32 (теоретический расход по реакции)						
1	-	190	5	26,5	70,2	29,8
2	0,05	190	4,5	33,2	77,5	26,5
3	0,15	191	4,5	35,4	78,7	26,7
4	0,25	191	4,5	33,2	79,5	20,5
5	0,75	196	4,5	32,6	76,0	24,0
В/И = 0,48 (теоретически расход, увеличенный в 1,5 раза)						
6	-	164	4,5	30,7	74,3	25,7
7	0,05	170	4,5	41,9	78,4	21,6
8	0,15	163	4,5	40,5	79,9	21,1
9	0,25	163	4,5	38,3	80,8	19,2
10	0,75	182	4,5	37,7	76,9	23,1
В/И = 0,64 (теоретически расход, увеличенный в 2 раза)						
11	-	160	3,2	29,3	72,2	27,8
12	0,05	168	3,5	35,9	78,3	21,7
13	0,15	158	3,5	37,8	77,9	22,1
14	0,25	158	3,5	36,5	78,5	21,5
15	0,75	159	3,5	29,4	74,8	25,2
В/И = 0,80 (теоретически расход, увеличенный в 2,5 раза)						
16	-	136	4	24,3	56,5	43,5
17	0,05	148	4,5	27,5	59,4	40,6
18	0,15	146	4	26,8	59,7	40,3
19	0,25	138	4	24,6	57,6	42,4
20	0,75	138	4	29,4	55,7	44,3

Следует отметить, что продукты гашения активированной извести содержат большее количество мелкодисперсных частиц до 10 мкм, не исключая содержание частиц в ультрадисперсном состоянии, которые не агрегируют, так как они находятся в насыщенных известковых смесях, и это способствует сохранению их размеров и активных свойств. С изменением количества воды на гашение извести и варьирования минеральной добавки меняется скорость, температура и дисперсность продуктов гашения. В процессе гашения извести в пушонку в присутствии большего количества воды мелкие частицы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ могут перекристаллизуются в более крупные, что отражается на дисперсности вяжущего. Присутствие добавки двуводного гипса

и его переход в полуводную модификацию также вносит изменения на скорость и температуру гашения извести.

Полноту гашения известкового вяжущего оценивали по потере массы при дегидратации. При недостатке воды (состав №1, табл.1) отмечается незавершенность процесса, степень гидратации CaO составляет 97,74 %, остальная часть CaO остается в непрореагированном виде (табл. 2). С увеличением количества воды на гашение (состав №6) потери массы при дегидратации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ составили 23,08%, что выше теоретических значений, как следствие увеличения количества химически-адсорбционной связанной воды и степень гидратации зерен CaO в данном случае составляет 100%.

Таблица 2

Потери массы продуктов гашения извести активностью 90 %

Значения	Потери массы при дегидратации Ca(OH) ₂ , %	
	В/И = 0,32	В/И = 0,48
теоретическое	21,14	21,14
практическое	20,66	23,08
степень гидратации CaO, %	97,74	100

Активность продуктов гашения высокоактивной извести с добавкой гипса исследовали по ее влиянию на фазо- и структурообразование в автоклавированных силикатных смесях при условиях гашения извести с высокой экзотермией и дисперсностью (составы № 6–10). При оптимизации составов руководствовались изменением расхода вяжущего и соотношением в нем компонентов исходя из производства силикатного кирпича. Количество вводимых продуктов

гашения извести в соотношении с молотым кварцевым песком в вяжущем составляло 1:1 и 1:2. Формовочная влажность силикатной смеси составляла 6%. Автоклавирование прессованных образцов проводили в промышленных условиях по режиму: температура 183°C, 1,5–6–1,5 часа. Контрольный состав, разработанный по традиционной рецептуре, имел прочность при сжатии 20,30 МПа.

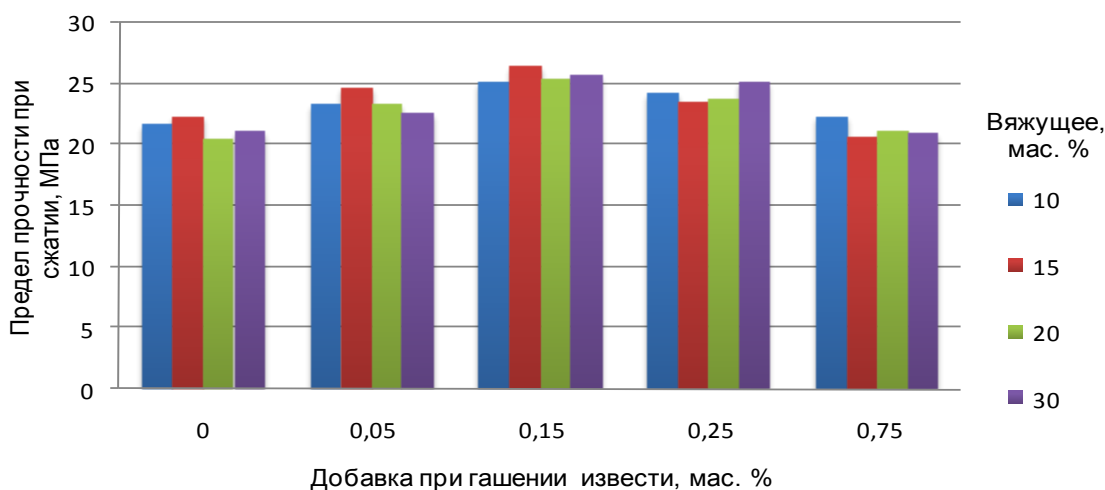


Рис. 1. Прочностные характеристики прессованных силикатных материалов (состав вяжущего – И:П = 1:1)

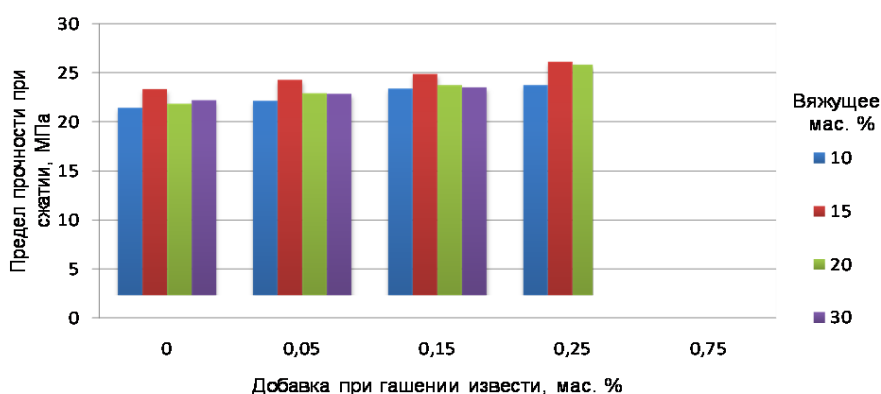


Рис. 2. Прочностные характеристики прессованных силикатных материалов (состав вяжущего – И:П = 1:2)

Анализ результатов показал, что при использовании высокодисперсных продуктов гашения извести, полученных в условиях высокой

экзотермии, во всех случаях прочность прессованных силикатных образцов увеличивается. Применение гипса при гашении извести способ-

ствуется образованию наибольшего количества высокодисперсных продуктов гашения. Это оказывает значительное влияние на пространственно-геометрические изменения структуры, улучшает формуемость и способствует уплотнению межзерновой пустотности заполнителя силикатной смеси, что позволяет повысить прочность готового изделия. Оптимальным является состав с максимальной прочностью автоклавированных образцов 26,5 МПа при применении продуктов гашения извести с добавкой гипса 0,15 мас. % в соотношении с молотым кварцевым песком 1:1, содержание вяжущего в смеси 15%. По результатам испытаний видно, что возможно сокра-

тить долю известкового вяжущего в смеси на 56% при увеличении прочности изделий на 17%.

Высокодисперсные продукты гашения извести с добавкой гипса обладают значительной реакционной способностью, интенсифицируя механизмы фазообразования при твердении в условиях гидротермального синтеза. Наличие ионов SO_4^{2-} и некоторое повышение pH раствора в жидкой фазе увеличивает растворимость кварца, что подтверждается большей его связанностью при автоклавной обработке. На представленных РФА интенсивность дифракционных максимумов кварца уменьшается (4,270; 3,351; 2,462; 2,284 Å) (рис. 3).

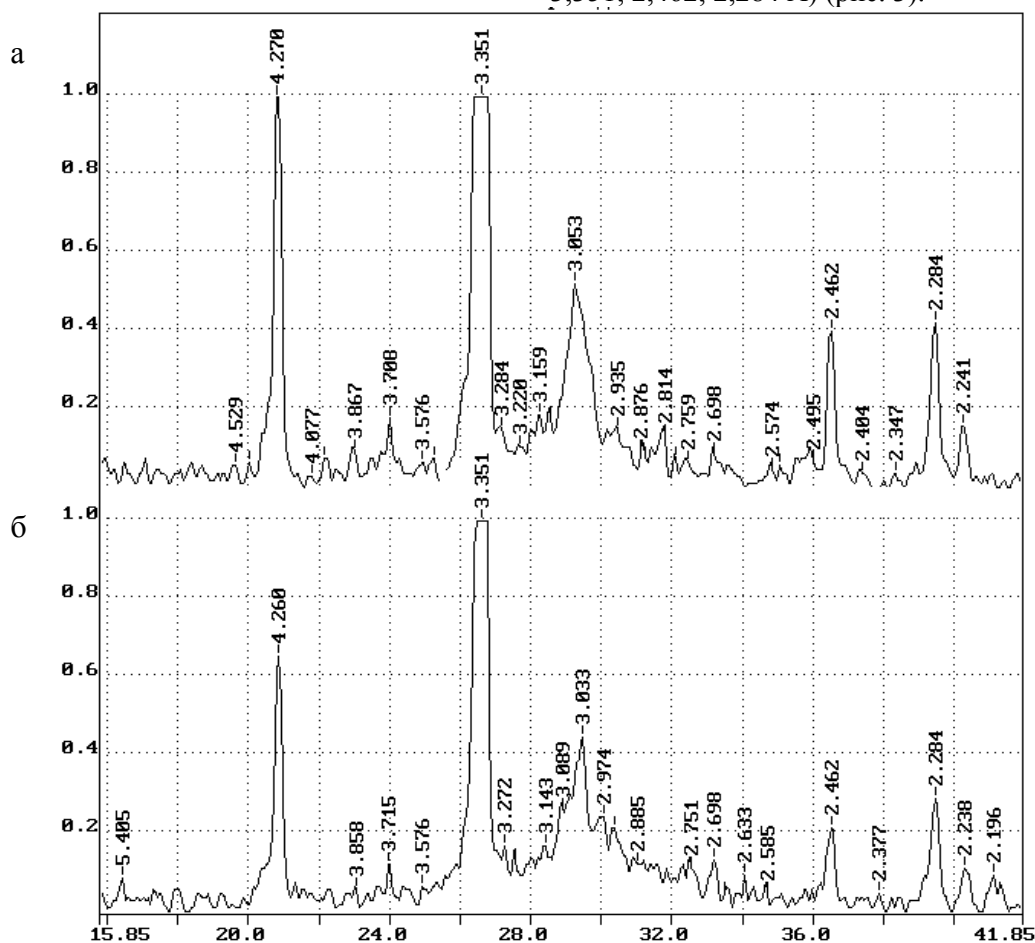


Рис. 3. Рентгенограммы автоклавированных прессованных силикатных образцов: а – контрольный образец; б – образец с максимальной прочностью

Новообразования характеризуются наличием смешанных фаз с существенным преобладанием низкоосновных гидросиликатов кальция, вносящих основной вклад в формирование прочностных свойств материала дифракционные отражения этих соединений более четкие и интенсивные. В области углов отражений от 28 до 32° отмечается значительное увеличение их количества (3,089; 2,974; 2,897 Å), что свидетельствует о росте новообразований и лучшей степени кристаллизации (рис. 3б). Расширенное основание дифракционных отражений является

результатом наличия части низкоосновных гидросиликатов кальция в коллоидном состоянии.

Таким образом, прочность силикатных прессованных изделий напрямую зависит от условий гашения извести и дисперсности получаемых продуктов гашения. Указанные выше технологические приемы предварительного гашения извести, способствуют получению высокодисперсных и химически активных компонентов известкового вяжущего максимально используя ее гидратационные свойства, что имеет важное значение с учетом уменьшения раство-

римости $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при повышении температуры. Это упрощает физико-химические процессы на всех технологических стадиях твердения вяжущего, повышая прочность готового изделия с возможностью сокращения доли известкового вяжущего в смеси.

** Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках гранта Президента РФ № МК-6170.2013.8; при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, государственный контракт 16.740.11.0770, государственное задание 3.4601.2011.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прессованные силикатные материалы автоклавного твердения с использованием отходов производства керамзита / В.В. Строкова, Н.И. Алфимова, В.С. Черкасов, Н.Н. Шаповалов // Строительные материалы. 2012. № 3. С. 14–15.
2. Алфимова Н. И., Шаповалов Н. Н., Абросимова О. С. Эксплуатационные характеристики силикатного кирпича, изготовленного с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 11–14.
3. Лесовик В.С., Володченко, А.Н. Повышение эффективности производства автоклавных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2008. № 9. С. 10–16.
4. Кудеярова Н.П. Термодинамический анализ процесса гидратации извести // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2005. № 10. С. 35–38.
5. Фомина Е.В., Кудеярова Н.П. Прочность смешанного вяжущего на извести предварительного гашения с добавкой природного гипса // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2006. С. 17–19.