

СТРОИТЕЛЬСТВО И СТРОЙИНДУСТРИЯ

УДК 549. 642

БЕЗАВТОКЛАВНЫЙ СИЛИКАТНЫЙ КИРПИЧ ИЗ МЕСТНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

Абдыкалыков А.А., Джусупова М.А.
КРСУ, Бишкек, Кыргызстан, eaqr.info@gmail.com

Аннотация: Рассмотрены вопросы изучения возможности получения безавтоклавного силикатного прессматериала на основе местного сырья и отходов ТЭЦ.

Ключевые слова: технологический цикл, тепловыделения, местное сырье, сульфат, гидрат окись, бетон, твердение, тепловлажность, прессматериал.

AUTOCLAVE-FREE SILICATE BRICK FROM LOCAL RAW MATERIALS

Abdykalykov, A.A., Dzhusupova M.A.
Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyzstan

Annotation: The questions of studying the possibility of obtaining an AutoFill silicate press material on the basis of local raw materials and waste from thermal power plants are considered.

Key words: technological cycle, heat release, local raw materials, sulfate, hydrate oxide, concrete, hardening, heat humidity, press material.

Производство силикатного кирпича развивалось и совершенствовалось за счет расширения сырьевой базы и оснащения заводов более совершенными машинами и оборудованием. Однако принципиальная схема технологии силикатного кирпича осталась без изменения. Как и полвека назад, используют известь, гидратированную в пушонку, а силикатную смесь с выдерживанием в силосах. Эта схема производства силикатного кирпича была предложена в те времена, когда не было совершенного помольного оборудования, и для получения извести в дисперсном виде ее гидратировали.

Многие технические свойства силикатного кирпича зависят от вида применяемого сырья, но они могут применяться в широких пределах при использовании разнообразных технологических приемов

За последние годы молотая негашеная известь получила широкое применение в производстве строительных растворов, плотных и ячеистых бетонов, вяжущих материалов и т.д. Однако использование ее в производстве силикатного кирпича было незначительным. Хотя имеется ряд научно-обоснованных техниче-

ких решений производства силикатного кирпича с использованием эффекта гидратационного твердения извести. В отличие от широко известной подготовки силикатной смеси, когда ее выдерживают в силосах 2-4 часа, предлагаемый способ получения силикатного кирпича позволяет сократить время выдерживания смеси до 10-20 мин. Это даст возможность заменить силосы реакторами смесителями, что позволяет на 20-40% сократить технологический цикл, увеличить выпуск силикатного кирпича и снизить его себестоимость.

По данным различных исследований применение негашеной извести в силикатных материалах возможно только при введении необходимых добавок, регулирующих срок гидратации извести. Это позволит устранить отрицательное влияние температурных и объемных эффектов при гидратации извести. Так одним из простых способов замедления скорости гидратации, а, следовательно, и интенсивности тепловыделения является введение различных веществ (гипса, сульфата натрия, ССБ, СДБ). ССБ, СДБ и им подобные поверхностно активные вещества, введенные в воду для гашения в количестве 0,2...1,0 %, адсорбируются на кристаллических зародышах гидрата окиси Са.

Замедление скорости гидратации при добавках 2...5% гипса от массы извести объясняется образованием пленок и сульфата Са на поверхности еще не прореагировавших частичек окиси Са.

Используя эффект гидратационного твердения извести, можно расширить сырьевую базу для увеличения выпуска силикатного кирпича в результате более широкого использования местных сырьевых материалов и отходов промышленности. Таким образом, имеются реальные условия к освоению способа производства силикатного кирпича, основанного на использовании эффекта гидратационного твердения извести [1].

Поэтому целью исследования является изучение возможности получения безавтоклавного силикатного прессматериала на основе местного сырья и отходов ТЭЦ. Оптимизация рецептурно-технологических факторов и свойств силикатного прессматериала проводилось с использованием экспериментально-статистического моделирования [4].

Для исследуемой силикатной композиции в качестве замедлителя гашения извести использовался гипс.

Выбор гипса как тормозящего агента гашения извести объясняется также тем, что гипс по П.А.Ребиндеру способствует активному вовлечению в реакцию вяжущих составляющих силикатного прессматериала. Этим торможением скорость схватывания приводится в некоторое соответствие со скоростью твердения и создаются условия при которых перекристаллизация гидроксида Са протекает в неразрушаемым тепловым эффектом структуре. Возникающая в процессе

гидратационного твердения коагуляционная структура сохраняется, и в ней выкристаллизовываются гидраты новообразований [2,3].

На рабочем этапе исследований эксперимент планировался таким образом, чтобы он охватил широкий спектр сырьевых компонентов, поскольку оптимизируется композиционный материал с новыми составляющими и априорная информация незначительна.

Был проведен 5-ти-факторный эксперимент по плану Na_5 , где варьировалось 5 рецептурных факторов, %:

X_1 —известь 2-6;

X_2 —зола 12-16;

X_3 —волластонитовая порода 0-10;

X_4 —цемент 0-10; X_5 —гипс 2-6; остальное песок заполнитель.

Параметрами оптимизации на начальном этапе исследований служили:

Y_1 —($R_{сж}$) прочность на сжатие, МПа;

Y_2 —(W) водопоглощение, %;

Y_3 —(K_p) — коэффициент размягчения; Y_4 —(ρ) плотность, кг/м³.

Прессование образцов проводилось под давлением 20 МПа.

Перед тепловлажностной обработкой сырец выдерживали в течение 2 часа и подвергали пропариванию в лабораторной камере при температуре 80-85 °С по режиму 2+8+2 часа при атмосферном давлении.

По результатам эксперимента с указанием средней ошибки S_y и уровня значимости $\alpha = 0,01$ были рассчитаны математические модели свойств со всеми значимыми оценками коэффициентов (1,2,3,4).

Y_1 - $R_{сж}$ прочность на сжатие

$$\begin{aligned} (Y_1) = & 41,98 - 4,67 x_1 - 2,94 x_1^2 - 1,17 x_1 x_2 - 1,61 x_1 x_3 - 5,87 x_1 x_4 + 1,44 x_1 x_5 \\ & + 0,78 x_2 - 2,22 x_2^2 + 1,97 x_2 x_3 - 1,01 x_2 x_4 + 0,1 x_2 x_5 \\ & + 1,73 x_3 - 0,75 x_3^2 - 1,41 x_3 x_4 + 0,23 x_3 x_5 \\ & + 4,42 x_4 - 6,11 x_4^2 - 5,62 x_4 x_5 \\ & + 8,14 x_5 - 7,76 x_5^2 . \end{aligned} \quad (1)$$

Y_2 - W водопоглощение

$$\begin{aligned} (Y_2) = & 15,48 + 2,96 x_1 + 0,21 x_1^2 - 0,07 x_1 x_2 + 0,86 x_1 x_3 + 0,31 x_1 x_4 - 1,35 x_1 x_5 \\ & - 0,3 x_2 + 1,5 x_2^2 + 2,18 x_2 x_3 - 1,0 x_2 x_4 - 1,58 x_2 x_5 \\ & - 0,63 x_3 + 0,79 x_3^2 + 0,67 x_3 x_4 - 0,98 x_3 x_5 \\ & - 0,05 x_4 + 1,18 x_4^2 + 4,03 x_4 x_5 \\ & - 2,07 x_5 + 0,46 x_5^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Y_3-K_p - коэффициент размягчения

$$\begin{aligned} (Y_3) = & 0,56 - 0,042x_1 + 0,022x_1^2 + 0,066 x_1x_4 + 0,052x_1x_5 \\ & 1,5 x_2^2 + 2,18 x_2x_3 + 0,044x_2x_4 \\ & + 0,069 x_3x_5 \\ & + 0,117x_4^2 - 0,058 x_4x_5 \end{aligned} \quad (3)$$

$Y_4-\rho$ - средняя плотность

$$\begin{aligned} (Y_4) = & 1,64 - 0,15 x_1 - 0,048 x_1^2 - 0,037 x_1x_2 - 0,32 x_1x_3 + 0,103 x_1x_4 + 0,141 x_1x_5 \\ & + 0,03 x_2 - 0,073 x_2^2 - 0,133x_2x_3 - 0,039 x_2x_4 - 0,037 x_2x_5 \\ & + 0,053 x_3 - 0,048 x_3^2 - 0,062 x_3 x_4 - 0,029 x_3x_5 \\ & + 0,106 x_4 - 0,048 x_4^2 - 0,171x_4x_5 \\ & + 0,15 x_5 \end{aligned} \quad (4)$$

Продукты взаимодействия аморфного кремнезема, в нашем случае золы с известью представляют собой гидросиликат кальция в форме геля с низкой степенью кристалличности и переменным составом, который с течением времени уплотняется, затвердевает и связывает отдельные зерна заполнителя [3].

Анализ модели прочности (1) показал положительное влияние компонентов – гипса, цемента и волластонита. Здесь их линейные эффекты составляют $\phi_3 = 1,73$; $\phi_4 = 4,42$; $\phi_5 = 8,137$. Значение всех пяти факторов должно быть оптимальным на что указывает отрицательное значение квадратичных эффектов $\phi_{ii} < 0$. Повышение содержания извести в силикатной смеси приводит к сбросу прочности прессматериала ($\phi_1 = -4,67$).

Этот факт объясняется тем, что при гашении извести в запрессованном материале возникают растягивающие напряжения, приводящие к появлению микро-и макротрещин, что и приводит к ослаблению пространственной структурной сетки прессматериала в целом и при избытке извести происходит потеря прочности. Содержание извести должно строго быть оптимальным $\phi_{11} = (-2,94)$. В этом случае процессы гидратации будут протекать без разрушения структуры прессматериала.

Соответственно водопоглощение прессматериала повышается (2) при максимальном содержании извести и отсутствии добавки гипса $\phi_1 = 2,96$ и $\phi_5 = -2,07$. Замедление скорости гидратации и интенсивности тепловыделения извести является введение гипса в сырьевую смесь $\phi_5 = -2,07$.

Причиной низкого значения коэффициента размягчения безавтоклавного прессматериала является также воздействие теплового и объемного эффекта при гашении извести в процессе коагуляционного структурообразования. Коэффициент размягчения силикатного прессматериала в данном случае повышается за счет совместного влияния волластонита, цемента и гипса. Эффекты

$\phi_{23} = 2,18$ взаимодействия между факторами x_2 (зола) и x_3 (волластонитовая порода) указывают о положительном совместном влиянии этих двух факторов.

Изменение средней плотности силикатного прессматериала наблюдается при наличии факторов x_4 (цемент) и x_5 (гипс). О чем свидетельствуют линейные эффекты этих факторов в модели (4) $\phi_4 = 0,106$ и $\phi_5 = 0,15$. Здесь также сказывается взаимодействие между факторами x_1 и x_4 $\phi_{14} = 0,103$, и факторами x_1 и x_5 $\phi_{15} = 0,141$.

На рис.1 показаны изолинии прочности на сжатие $Y_1 = f(x_3, x_4)$ в девяти точках факторного пространства x_1 и x_2 при $x_5 = 0$. Изучена прочность прессматериала с изменением содержания волластонита x_3 и цемента x_4 , но при постоянных значениях извести $x_1 = -1$ и золы $x_2 = 1$ и при оптимальном значении гипса $x_5 = 0$.

Здесь координаты оптимальных значений составляют: известь – 4%,

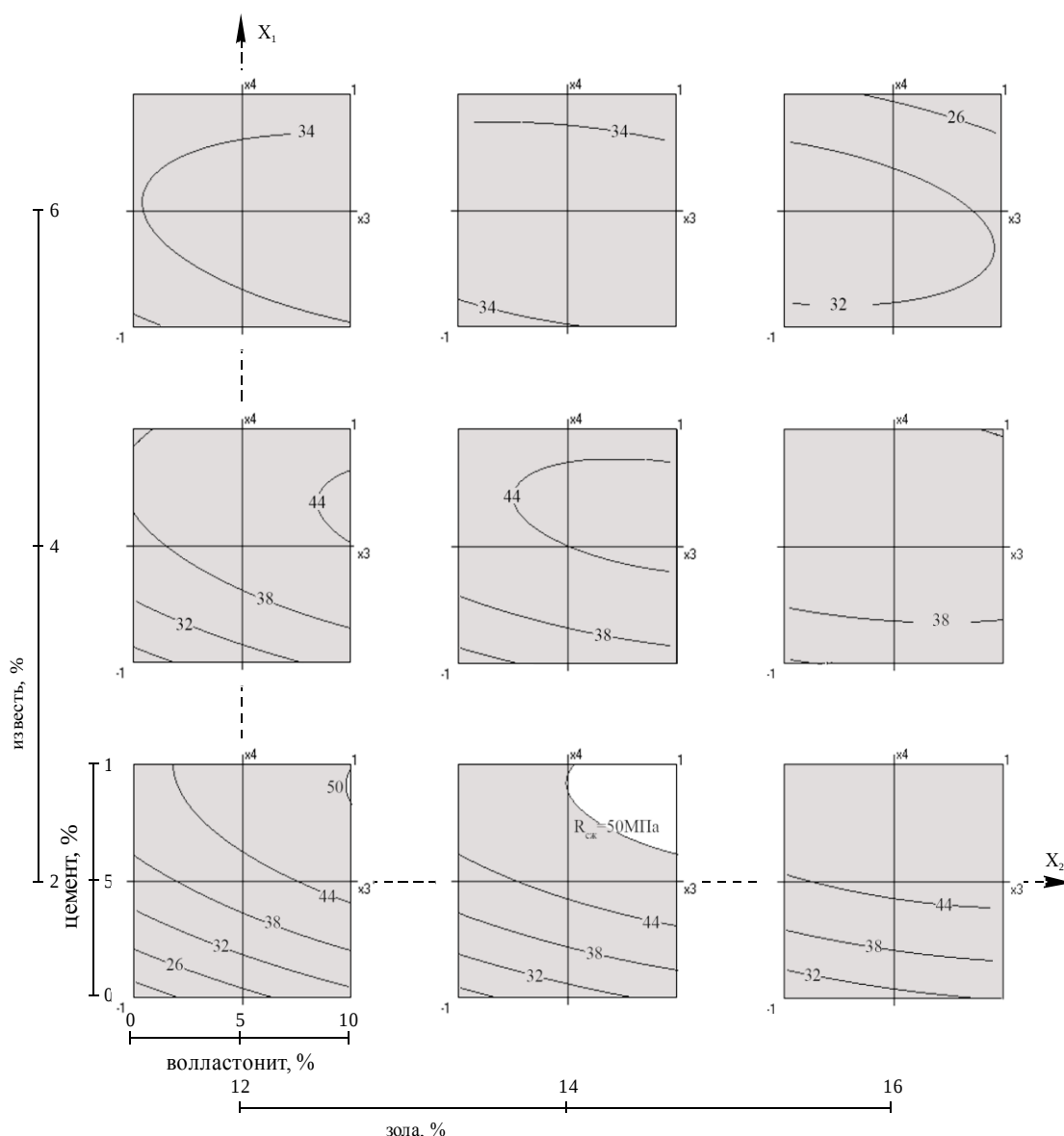


Рис.1. Изолинии прочности на сжатие $Y_1(R_{сж}) = f(x_3, x_4)$ в девяти точках факторного пространства x_1 и x_2 при $x_5 = 0$ (гипс 2 %)

зола -12% и гипса 2%. Во всех остальных случаях при содержании гипса 0 и 4% прочность минимальна.

Согласно требованиям, к стеновым силикатным материалам водопоглощение не должно превышать 16%. Установлено, что при включении в состав 2% гипса обеспечивается требуемое водопоглощение.

Для обеспечения долговечности прессматериала важно, чтобы коэффициент размягчения находился в пределах $K_p \geq 0,75$. Практически во всех 9-ти точках коэффициент размягчения составляет требуемое значение, но при максимальном содержании волластонита.

Прессматериал представляет собой структуру с обратимыми по прочности контактами и степень кристаллизации цементирующего вещества из аморфного кремнезема и извести на данном этапе, после ТВО при 85 °С, меньше чем из кристаллического кремнезема и извести, твердеющего при автоклавной обработке.

Поскольку процессы структурообразования практически завершаются в условиях и в процессе автоклавной обработки, в исследуемом силикатном безавтоклавном прессматериале соотношение гелевых и кристаллических фаз будет меняться по мере твердения в отличие от автоклавных [3].

По результатам поискового эксперимента наилучшие результаты свойств силикатного прессматериала составили $R_{сж} = 5,0$ МПа, $K_p=0,9$; $W=14\%$ с плотностью 1,6 г/см³.

Причем, в дальнейшем прочность безавтоклавного силикатного прессматериала несомненно будет расти, т.к. взаимодействие извести с активными минеральными добавками происходит весьма медленно и носит пуццолановый характер.

Таким образом, по результатам проведенных экспериментальных исследований и проведенного анализа математических моделей физико-механических свойств прессматериала безавтоклавного твердения подтверждена возможность получения силикатного кирпича по энергосберегающей технологии.

Использованная литература

1. Мамонтов С.Д. Бессилосная технология силикатного кирпича. – М.: Высшая школа 1975.
2. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф., Максунев С.Е. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения. – Киев: Вища школа, 1991.
3. Саталкин А.В. Технология изделий из силикатных бетонов. – М.: Стройиздат, 1972.
4. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – М.: Финансы и статистика, 1981.

