

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 666.774:553.535:553.678.004

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КИСЛОТОСТОЙКОГО СТЕКЛОКОНГЛОМЕРАТА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СПЕКАНИЯ

Р. Н. ЯЗЫЧЯН

Научно-производственное и проектное ЗАО "Камень и силикаты", Ереван

Поступило 6 IV 1999

Методом математической статистики подобраны технологические параметры кислотостойкого стеклоконгломерата из стекловатых и кристаллических пород при низкотемпературном спекании в присутствии модификатора. Определен оптимальный интервал показателей и выявлено их соответствие по основным показателям требованиям к кислотоупорным изделиям.

Рис. 1, табл. 3, библи. ссылок 11.

В областях промышленности, связанных с химической обработкой (химическая, фармацевтическая, электрохимическая, металлургическая, энергетическая, пищевая, текстильная и др.), требуются химически стойкие конструкционные и защитные материалы и изделия. Восстановление и реконструкция предприятий указанных отраслей связаны с большой потребностью в антикоррозионных изделиях, ранее привозимых из России и Украины ввиду отсутствия их производства в Армении.

По свидетельству ряда исследователей [1-4], кислотоупорная керамика до настоящего времени является наиболее надежным и дешевым антикоррозионным материалом для многих производств, связанных с технологией получения и переработки химически активных веществ. Разрушающе действуют на кислотоупорную керамику только плавиковая и горячая фосфорная кислоты.

В свою очередь керамическая технология также достаточно энергоемкая, т.к. требует высоких температур подготовки сырьевых материалов и обжига изделий (1180-1280°C).

В этой связи представляет интерес технология химически стойкого стеклоконгломерата, осуществляемая путем низкотемпературного спекания природных кристаллических и стекловатых пород с высокой кислотостойкостью в присутствии модификаторов — соединений натрия.

Вследствие реакции на поверхности зерен образовавшаяся жидкая фаза реагирует как с силикатной, так и с алюмосиликатной составляющими пород и обогащается кремнеземом [5]. Именно жидкая фаза, обогащенная кремнеземом, является связующим для более крупных зерен компонентов.

При формировании структуры материала весьма важно довести до минимума его пористость и получить плотно спекшийся конгломерат. Степень заполнения объема материала должна быть наибольшей уже на стадии подготовки сырца. Ввиду того, что пористость спеченных материалов зависит от плотности упаковки слагающих зерен или распределения зерен по размерам, экспериментально подбирается зерновой состав, обеспечивающий минимальные пористость и усадку спеков.

По Рыбьеву [6], признаками оптимальной структуры искусственных строительных конгломератов (ИСК) являются однородность распределения заполняющего компонента по объему, непрерывность пространственной сетки вяжущего вещества, минимальное фазовое отношение — до порога дискретности жидкой пленки.

С целью разработки состава и технологии кислотостойкого конгломерата при спекании вулканических стекловатых и кристаллических пород был запланирован и реализован полный факторный эксперимент (ПФЭ) 2^3 с использованием принципа Д-оптимальности [7-11].

В качестве исходных материалов приняты: перлитовый порошок с удельной поверхностью 3600 $\text{см}^2/\text{г}$, порошок андезитобазальта с удельной поверхностью 1500 $\text{см}^2/\text{г}$ и щелочные соединения — гидроксид натрия марки РД-1 или жидкое стекло с модулем 3,4.

Из предварительных опытов известно, что зависимость показателей (прочности, водопоглощения и кислотостойкости) от состава и температуры спекания носит линейный характер. Поэтому для расчета принят полный факторный эксперимент типа 2^3 .

Построена математическая модель показателей водопоглощения, прочности на сжатие и кислотостойкости от содержания Na_2O (X_1), перлита (X_2) и температуры спекания (X_3).

Уровни варьирования назначались на основании результатов предварительных однофакторных экспериментов. Результаты экспериментов обрабатывались методами математической статистики [7,8]. Доверительный интервал полученных показателей определялся на основании результатов малых выборок с использованием распределения Стюдента при надежности, равной 0,95, соответствующей 5% уровню значимости [11].

Интервал и уровни варьирования независимых переменных прирзедены в табл. 1.

Таблица 1

Условия планирования эксперимента

Факторы		Уровни			Интервал варьирования
натуральный вид	кодирован- ный вид	варьирования			
		-1	0	+1	
А. Составы с гидроксидом натрия					
Содержание NaOH, %	X ₁	1	2	3	1
Содержание перлита, %	X ₂	40	60	80	20
Температура, °C	X ₃	900	950	1000	50
Б. Составы с силикатом натрия					
Содержание Na ₂ O, %	X ₁	2,0	2,3	2,6	0,3
Содержание перлита, %	X ₂	30	50	70	20
Температура, °C	X ₃	900	950	1000	50

В результате реализации плана эксперимента и проверки адекватности моделей были получены следующие уравнения регрессии:

А. Составы с гидроксидом натрия:

для водопоглощения

$$Y_1 = 11,3 - 6,46X_1 + 0,89X_2 - 2,38X_3 - 4,86X_1X_2 - 1,64X_1X_3 + 1,7X_2X_3;$$

для прочности при сжатии

$$Y_2 = 46,12 + 19,87X_1 - 2,38X_2 + 4,37X_3 + 2,87X_1X_2 + 3,12X_1X_3 - 2,12X_2X_3;$$

для кислотостойкости

$$Y_3 = 98,35 + 1,25X_1 - 1,33X_2 - 0,28X_3 + 1,5X_1X_2 + 0,28X_1X_3 - 0,28X_2X_3.$$

Б. Составы с силикатом натрия:

для водопоглощения

$$Y'_1 = 5,66 - 2,93X'_1 - 4,26X'_3 - 1,05X'_1X'_2 + 2,91X'_1X'_3;$$

для прочности при сжатии

$$Y'_2 = 61,75 - 6,5X'_1 + 2,38X'_2 - X'_3 - 3,25X'_1X'_3 - 4,25X'_2X'_3;$$

для кислотостойкости

$$Y'_3 = 99,09 + 0,59X'_1 + 0,76X'_2 + 0,16X'_3 + 0,54X'_1X'_2 + 0,06X'_1X'_3 - 0,16X'_2X'_3.$$

На основании уравнений регрессии рассчитаны показатели водопоглощения, прочности при сжатии и кислотостойкости для всех сочетаний факторов и построены графические модели зависимости показателей.

Анализируя влияние состава и температуры спекания на свойства спеков, можно отметить, что увеличение количества NaOH и температуры спекания приводит к возрастанию прочности. Количество перлита не влияет на прочность, однако с его увеличением возрастает степень спекания и снижается водопоглощение. Наименьшее водопоглощение обеспечивается при максимальных значениях X_1 , X_2 и X_3 (рис.). Аналогичная картина наблюдается и для кислотостойкости.

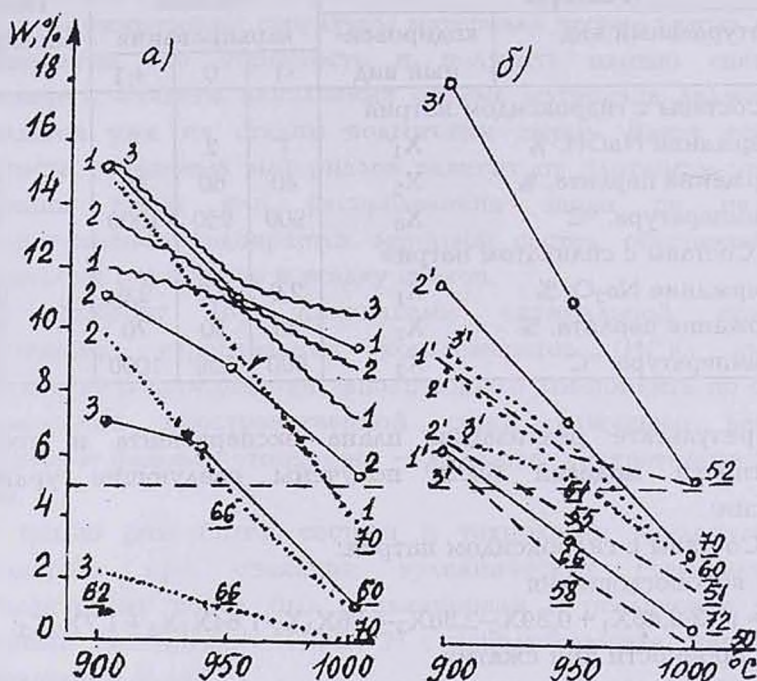


Рис. Зависимость водопоглощения стеклоконгломерата от температуры спекания и состава: а и б — модификатор гидроксид и силикат натрия, соответственно; ~~~~~ 2% NaOH, ○ — 2,5% NaOH (или 2% Na_2O), ···· 3% NaOH (или 2,3 Na_2O), - - - - 2,6 Na_2O ; перлит: 1 — 40, 2 — 60, 3 — 80, 1' — 30, 2' — 50, 3' — 70%; подчеркнутые цифры — прочность при сжатии (МПа).

Анализ результатов исследований позволяет ограничить оптимальный интервал технологических факторов для получения высоких показателей. Наименьшее водопоглощение и высокая прочность характерны для составов с содержанием NaOH — 3% (Na_2O — 2,33%). Расчетная прочность материалов в исследуемом

интервале составляет 62-72 МПа, водопоглощение 0-15,4%, кислотостойкость 99,4-99,9%.

Оптимальные составы, температура обжига и показатели материалов приведены в табл. 2. На основании приведенных данных можно заключить, что наиболее оптимальными с точки зрения как показателей материалов, так и энергетической, являются составы: I — с содержанием NaOH — 3% и перлита 60-80%, спекаемые при температуре 900°C, и II — с содержанием силиката натрия в пересчете на Na₂O, 2,0-2,3%, перлита 50-70%, спекаемые при температуре 1000°C.

Таблица 2

Оптимальный интервал показателей для составов с гидроксидом натрия (I) и силикатом натрия (II)

Содержание компонентов, %		Температура обжига, °C	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	Кислотостойкость (H ₂ SO ₄), %
Na ₂ O	перлит				
I. 2,3	60-80	900	62-70	0,5-3,0	99,4-99,9
2,3	60-80	950	62-70	0,5-3,0	— " —
2,3	40-80	1000	50-70	0,0-4,8	— " —
II. 2,0	30-50	1000	70-72	0,5-3,0	— " —
2,3	30-70	1000	60	0,0-2,5	— " —
2,6	50-70	1000	50-55	0,0-5,0	— " —
2,6	30-70	950	55-60	2,3-5,0	— " —

По полученным уравнениям, задавшись определенным набором показателей (в соответствии с нормативными требованиями), рассчитаны составы и температура спекания для некоторых видов кислотоупорных изделий, характеризующихся наиболее высокими показателями. Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о хорошем совпадении расчетных и экспериментальных данных, а также о получении стеклоконгломератов, характеризующихся: высокой кислотостойкостью (99,4-99,9), высокой прочностью (50-72 МПа), низким водопоглощением (0-6%), малоэнергоемкой технологией (снижение температуры спекания на 200-300°), использованием в качестве сырья природных стекловатых и кристаллических материалов (без предварительного обжига).

Нормативные требования к кислотоупорным изделиям и расчетные технологические параметры для кислотоупорных стеклоконгломератов

Наименование	Нормативные требования к изделиям высшей категории качества:		Примеры расчетных параметров для стеклоконгломератов с назначением изделий:	
	кирпич класса А ГОСТ 474-80	плитка марки КШ ГОСТ 961-84	кирпич	плитка строительная
1. Кислотостойкость, % не менее	96,3	98,5	99,4/99,4*	99,9/99,8*
2. Водопоглощение, % не более	7,5	4,0	5,6/5,5*	2,3/2,24*
3. Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	40	50	62/61*	62/63*
4. Состав стеклоконгломерата: Na ₂ O перлит			2,3 40	2,3 80
5. Температура спекания, °С	1200	1200	950	900

* Примечание: в знаменателе приведены экспериментальные данные.

**ՑԱԾՐԱԶԵՐԱՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԵՌԱՆԿՑՄԱՆ ԹԹՎԱԿԱՅՈՒՆ
ԱՊԱԿԵ ԿՈՆԳԼՈՄԵՐԱՏԻ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐՆԵՐԻ
ՕՊՏԻՄԱՑՈՒՄ**

Ռ. Ն. ՅԱԶԻՉՅԱՆ

Մատենատիրական վիճակագրական մեթոդով ընտրվել են թթվակայուն ապակե կոնգլոմերատների տեխնոլոգիական պարամետրերը: Այդ ապակե կոնգլոմերատները ստացվում են ապակենման և բյուրեղային ապառների եռակցումով վերափոխիչների ներկայությամբ: Որոշված են ցուցիչների օպտիմալ ինտերվալը և բացահայտված է կարևորագույն հատկությունների համապատասխանությունը թթվակայուն իրերի պահանջներին:

THE OPTIMIZATION OF THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF CAKING PRESITERING ACID RESISTENT GLASS CONGLOMERATS

R. N. YAZICHJAN

To develop the compound and technology of acid-resistant conglomerate we planed and realized the full factor experiment 2^3 by using the D-optimality principle.

The research analyze result allowed to limit the optimal interval of technological factors to receive the high prescribe value.

The given information in the work is evident to receive glass conglomerates, which are characterized with high acid resistance (99.4-99.9%), with high strength (50-75 MPa), with low water absorption (0-6%), with few power-intensive technology (decreasing the caking temperature to 200-300°C), using as row material nature glass and crystal acid-proof materials (without preliminary burning).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Смирнов А.А., Кантакузен А.В.* Химическая аппаратура из кислотоупорной керамики. М., Госстройиздат, 1957.
- [2] *Будников П.П., Бережной А.С., Булавин И.А.* Технология керамики и огнеупоров. М., Стройиздат, 1972, 551 с.
- [3] *Зайонц Р.М., Кордонская Р.К.* Керамические химически стойкие изделия. М., Изд. лит. по строительству, 1966, 188 с.
- [4] *Алавердова Э.А.* Получение керамических кислотоупорных материалов на основе туфовых пород Арм. ССР и исследование их свойств. Автореферат дисс. на канд. техн. наук, ЕрПИ, 1970.
- [5] *Саакян Э.Р.* Новые искусственные ячеистые материалы, легкие заполнители и изделия на их основе. Автореферат дисс. доктора техн. наук, МХТИ, М., 1992.
- [6] *Рыбьев И.А.* Строительные материалы на основе вяжущих веществ. М., Высшая школа, 1978, 309 с.
- [7] *Вознесенский В.А.* Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. М., Финансы и статистика, 1981, 260 с.
- [8] *Машевич В.Е.* // Строительные материалы, 1973, v. 9, с. 24.
- [9] *Тихомиров В.Б.* Планирование и анализ эксперимента. М., Легкая индустрия, 1974, 167 с.
- [10] *Нахимов В.А.* Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. М., Финансы и статистика, 1981, 263 с.
- [11] *Зейдаль А.Н.* Элементарные ошибки измерений. М., Наука, 1967, с. 5.