

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМООБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

3. У. Уалиева, Аль-Фараби Маджжан, Р. А. Казова, д.х.н.

Казахский национальный технический университет  
им. К. И. Сатпаева

Материалдарды куйд1ру урд1стц корреляциялык тзалмен математикалык моделж алу натижелер1 керсеттпген. Модел арцылы оптималды технологиялыц параметрлер аныктгалган.

ТүпiНi сездер: шлакты термoeцдеу, куйд1ру модел), шлакты куйд1ру.

The generalized model of the roasting process with use of the multiple correlation method is obtained. With the help of the model the optimum technological parameters of the slag thermal treatment are determined.

Key **words**: slag thermal treatment, roasting model, slag roasting.

Изучение взаимодействия в твердофазных системах при нагревании имеет большое теоретическое и практическое значение. Нами проведены физико-химические исследования исходных материалов и продуктов взаимодействия в твердофазных фосфор-силикатсодержащих системах, состоящих из техногенных компонентов техногенеза.

С применением метода множественной корреляции получена обобщенная модель процесса обжига фосфорного шлака с целью производства керамики. Опыты проведены по методу планирования технологического эксперимента. Составлена четырехфакторная матрица планирования экспериментов на пяти уровнях, обеспечивающая усреднение действия изучаемого фактора при выборке результатов экспериментов на любой уровень любого фактора.

Рассмотрены различные уровни изучаемых факторов. Критерием полноты протекания процесса обжига является степень реагирования, т. е. содержание  $p\text{-CaSiO}_3$ . По результатам экспериментов найдена зависимость степени реагирования (функция) от отдельных изучаемых факторов (температура, продолжительность, расход воздуха, класс материала) [1].

Построение графиков частных зависимостей необходимо для определения характера закономерностей и подбора аналитической формы частной функции (аппроксимации). После нахождения аналитических форм частных зависимостей находим расчетные значения частных функций. Для технологических экспериментов величина коэффициента определяет значимость функции. Функция значима, если выполняется условие:  $t_R > 2$ .

После выявления значимости частных функций выводится обобщенное уравнение:

$$Y_{об.} = (y^{\wedge} V - y_j / y V p. \quad (1)$$

где  $Y_{об}$  - обобщенная функция:

$(Y, Y_2 Y_3 \dots Y_n)$  - частные функции;

$Y_{op}$  - общее среднее всех учитываемых значений обобщенной функции в степени, на единицу меньшей числа частной функции.

Обобщенное уравнение анализируют на адекватность по величине коэффициентов корреляции  $R$  и значимости  $t_R$ . Далее выполняется проверочный теоретический расчет степени реагирования с сопоставлением его с экспериментальной для всех 25 опытов. По обобщенному уравнению находим оптимальные условия реагирования.

В опытах использовали гранулированный шлак состава (мае. %):  $SiO_2$  44,8;  $CaO$  46,2;  $Al_2O_3$  1,12;  $MgO$  2,8;  $Fe_2O_3$  0,17;  $F$  2,1;  $P_2O_5$  2,0. Для изучения степени реагирования компонентов шлака с образованием (3-метасиликата была составлена матрица планирования экспериментов на пяти уровнях (табл. 1).

Таблица 1

### Матрица четырехфакторного эксперимента

Фактор	Уровень				
	1	2	3	4	5
$X_1$ - температура, °C	500	600	800	900	1000
$X_2$ - продолжительность, мин	2	5	5	30	60
$X_3$ - расход воздуха, л/мин	0	1	2	3	4
$X$ - класс, мм	10	20	30	40	50

Получены частные уравнения, описывающие влияние отдельных факторов на степень реагирования ( $Y$ , доли):

$$Y, = 0,0020X^{\wedge}0,59, \quad (2)$$

$$y = \hat{y} - \epsilon - 0,560X_1 + 0,230 \quad (3)$$

$$Y_3 = 0,60 + 0,0081X_3, \quad (4)$$

$$Y_4 = 0,486 + 0,003X_4. \quad (5)$$

Используя коэффициент нелинейной множественной корреляции R для каждого частного уравнения (2-5) и его значимость  $t_g$ , выявили значимые функции (табл. 2). На основании частных функций найдено обобщенное уравнение, описывающее влияние всех факторов на степень реагирования:

$$Y_{06} = (0,0020X_1 - 0,59)(1 - e^{560X_2^{0,230}})(0,60 + 0,0081X_3)(0,486 + 0,003X_4)/0,63^3 \quad (6)$$

Таблица 2

**Коэффициент корреляции R и его значимость  $t_g$   
для частных функций**

Функция	R		Значимость функции
$v_1$	0,97	34,07 > 2	Значима
	0,87	6,07 > 2	Значима
$y_3$	0	0 < 2	Незначима
	0,50	1,14 > 2	Значима

Коэффициент корреляции обобщенного уравнения при N=25 и K=4 равен 0,95 со значимостью  $t_g$  84,76 > 2. Он составил 1,9 абсолютного процента. Ошибка эксперимента при проведении пяти повторных опытов составила 1,5 %.

Анализ частных функций с увеличением зависимостей показал, что наиболее сильнодействующими (значимыми) факторами оказались температура и продолжительность обжига. С увеличением температуры возрастает интенсивность декарбонизации (от 18,94 % при 500 °С до 99 % при 1020 °С). При увеличении продолжительности обжига заметно возрастает полнота реакции (от 47,81 % в течение 2 мин до 80 % в течение 90 мин). С увеличением температуры процесса повышаются скорость и интенсивность взаимодействия в твердофазной среде. Улучшение условий взаимодействия происходит за счет образования не только дефектов на кристаллической решетке компонентов, но и вследствие образования низкоплавких эвтектик. Все это приводит к возрастанию полноты реагирования.

Увеличение продолжительности контакта реагирующих веществ позволяет улучшить условия для протекания диффузионных процес-

сов, а следовательно, привести к более глубокому превращению исходных компонентов [2].

Расход воздуха и крупность материала слабо влияют на степень образования волластонита. Это можно объяснить тем, что увеличение расхода воздуха вызывает некоторое снижение температуры на поверхности образца и снижение степени реагирования. Увеличение размеров образцов способствует усилению сопротивления диффузионным процессам, градиенту температур в центре и на периферии окускованного материала.

По обобщенному уравнению (6) определены оптимальные условия термообработки шлака: температура 1000-1050 °С, продолжительность 1 ч, скорость воздуха 0,3 м/с, класс кусков 25 мм. В указанных условиях степень реагирования составила 96-97 %.

### Литература

1. *Малышев В. П.* Вероятностно-детерминированное планирование металлургического эксперимента. - Алма-Ата: Наука, 1981. - 47 с.

2. *Бержанов Д. С., Джусипбеков У. Ж., Казова А. М.* Химическая и термохимическая подготовка фосфатного сырья для электротермии. - Алматы: Гылым, 1999. - 175 с.

В целях содействия широкому использованию не опубликованных и не востребованных по тем или иным причинам результатов научной, научно-технической или другой творческой деятельности граждан и предприятий (организаций) НЦ НТИ РК формирует

## **Банк интеллектуальной продукции (БИП)**

### **В Банк на регистрацию принимается интеллектуальная продукция:**

- описание интеллектуального продукта (идеи, гипотезы)
- концепции, методы, способы

**Представленные материалы не подвергаются содержательной экспертизе. Ответственность за полноту и достоверность сведений несет организация и (или) автор-заявитель (исполнитель).**

*Заявитель - гражданин или организация - получает уникальную возможность рекламировать с помощью НЦ НТИ РК в стране и за рубежом результат своей творческой интеллектуальной деятельности и привлечь потенциальных инвесторов к его реализации.*

### **НЦ НТИ РК гарантирует заявителю:**

- регистрацию описания интеллектуальной продукции;
- опубликование в течение 6 месяцев в периодическом издании НЦ НТИ описания интеллектуальной продукции с указанием автора;
- хранение описания в информационном фонде;
- рекламу интеллектуальной продукции путем включения реферативных и справочных сведений о ней в базы данных и обеспечения доступа к информационным фондам объектов регистрации отечественных и зарубежных пользователей через глобальные информационные сети.

**Необходимые для регистрации бланки карт на регистрацию интеллектуальной продукции можно получить в НЦ НТИ.**

**Стоимость регистрации интеллектуальной продукции 1500 тенге.**

**Стоимость ввода в информационный фонд дополнительного текста объемом до 100 страниц 1200 тенге.**

*Заинтересованные лица и организации приглашаются к сотрудничеству с НЦ НТИ в качестве посредников в сборе указанной информации на взаимовыгодных условиях.*

**Контактный телефон: 254-73-99 \_\_\_\_\_ у j**