

ХИМИЧЕСКОЕ ОБЛАГОРАЖИВАНИЕ БОКСИТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ОГНЕУПОРОВ

*В.А. БОРИСОВ^{1,2}, А.А. РЕШЕТОВА³, А.Д. КИСЕЛЕВ³, Л.Н. АДЕЕВА⁴, Т.В. ВАКАЛОВА³,
А.Б. АРБУЗОВ¹, Р.И. КРАЙДЕНКО³*

¹Институт проблем переработки углеводородов СО РАН

²Омский государственный технический университет

³Томский политехнический университет

⁴Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

E-mail: borisovtiger86@mail.ru

В настоящее время около 70 % огнеупоров в мире производится в Китае [1]. Россия располагает огромными запасами месторождений бокситов, однако низкое качество отечественного сырья требует создания новых технологий обогащения высококремнистого и высокожелезистого боксита. Примесь железа больше остальных влияет на огнеупорные качества, получающихся из боксита изделий. Содержание Fe_2O_3 в сырье для керамики должно быть ниже 2% [2]. В настоящее время всё чаще используются методы на основе химических или биологических процессов. Одним из наиболее перспективных методов может послужить хлораммонийное удаление железа, в силу относительно мягких условий протекания процессов и легкости регенерации вскрывающего агента – хлорида аммония [3]. Целью данной работы является поиск оптимальных условий хлораммонийного удаления железа из боксита и исследования полученного концентрата.

В данной работе проведена оптимизация степени удаления железа из боксита с использованием ортогонального центрального композиционного планирования эксперимента (ОЦКП).

В работе использовался боксит Гавриловского участка Барзасского месторождения Кемеровской области РФ (табл. 1).

Таблица 1 - Химический состав исследуемого боксита

Содержание, масс.%								
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	в пересчете на K_2O	в пересчете на Na_2O	ппп
33,6	45,1	3,9	3,5	1,3	0,2	0,3	0,4	11,7

В предварительных экспериментах были выявлены 3 наиболее значимых фактора, влияющих на удаление железа: масса хлорида аммония (X_1), продолжительность (X_2) и температура хлораммонийной обработки (X_3). В работе использовался ОЦКП, построенный на основе полного факторного эксперимента 2^3 . Все факторы варьировались на 5 уровнях: -1,4712; -1; 0; +1; +1,4712. В соответствии с этим массу NH_4Cl (X_1) задавали: 1,69; 1,74; 1,84; 1,94; 1,99 г. Продолжительность хлораммонийной обработки (X_2) задавали: 21'20"; 21'30"; 22'30"; 23'30"; 23'58". Температуру хлораммонийной обработки (X_3) задавали: 390; 395; 405; 415; 420 °С. Использовали фракции боксита и хлорида аммония с размерами частиц $-0,2 \div +0,1$ мм. В тигли помещалась тщательно перетертая в агатовой ступе смесь, состоящая из 3 г боксита и NH_4Cl согласно матрице планирования эксперимента (таблица 2). Тигли помещали в муфельную печь, предварительно нагретую до заданной температуры и выдерживали необходимое время. Содержимое тиглей выщелачивали, осадок отфильтровывали, в полученных образцах определяли содержание железа в пересчете на Fe_2O_3 .

Таблица 2 - Результаты, полученные по методике ОЦКП.

№	X_1	X_2	X_3	Содержание Fe_2O_3 , %	Степень удаления Fe_2O_3 , %
1	+	+	+	2,14	45,1
2	-	+	+	3,56	8,7
3	+	-	+	3,20	17,9
4	-	-	+	2,90	25,6

Секция 4. Силикатные и тугоплавкие неметаллические материалы из природного и технического сырья

5	+	+	-	3,20	17,9
6	-	+	-	2,85	26,9
7	+	-	-	2,76	29,2
8	-	-	-	2,18	44,1
9	0	0	0	1,50	61,5
10	0	0	0	1,44	63,1
11	0	0	0	1,54	60,5
12	0	0	0	1,55	60,3
13	0	0	0	1,41	63,8
14	+1,4712	0	0	1,64	57,9
15	-1,4712	0	0	2,10	46,2
16	0	+1,4712	0	2,15	44,9
17	0	-1,4712	0	2,63	32,6
18	0	0	+1,4712	2,94	24,6
19	0	0	-1,4712	3,16	19,0

Математическая модель и оптимальные условия были рассчитаны в программе Microsoft Office Excel 2003. Полная модель второго порядка, включающая все эффекты взаимодействия:

$$Y_f = 62,0 + 3,57X_1 - 0,02X_2 - 2,04X_3 + 12,5X_1X_2 + 13,1X_1X_3 + 9,70X_2X_3 - 9,78X_1^2 - 22,1X_2^2 - 37,7X_3^2$$

Расчетные и экспериментальные данные имеют хорошую корреляцию, незначимые коэффициенты b_1 , b_2 , b_3). Упрощенная модель (представительная) является адекватной.

$$Y_e = 62,0 + 12,5X_1X_2 + 13,1X_1X_3 + 9,70X_2X_3 - 9,78X_1^2 - 22,1X_2^2 - 37,7X_3^2$$

здесь Y_f - это репрезентативная полная (full) модель второго порядка, а Y_e это представительная (established) модель второго порядка. Из данной модели видно, что центр плана находится в непосредственной близости с точкой оптимальных условий. Поэтому дальнейшее увеличение степени извлечения железа не возможно, но т.к. мы достигли содержания оксида железа ниже 2%, дальнейший поиск не требуется.

По результатам химического анализа обработанного боксита (Табл. 3) можно сделать заключение об эффективности удаления железа из боксита спеканием с хлоридом аммония.

Таблица 3 - Химический состав концентрата

Содержание, масс. %							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	в пересчете на K ₂ O	в пересчете на Na ₂ O
38,8	54,9	1,4	3,4	1,2	0,2	0,4	0,2

ИК спектроскопия концентрата и исходного боксита показала, что полосы поглощения связей О-Н оксидных соединений железа в области 440-620 см⁻¹ значительно уменьшаются [5].

Можно сделать заключение, что, согласно математической модели, дальнейшее увеличение степени удаления железа невозможно при использовании исследованных факторов. В оптимальных условиях: масса NH₄Cl 1,84 г, время обработки 22,5 минуты, температура 405 °С – степень удаления Fe₂O₃ составляет 64 %. Полученный концентрат может использоваться в качестве сырья для производства огнеупорных материалов.

Список литературы

1. M.Xin, S.Pan, L.Fu e.a China's Refractories Production and International Trade/ // China's Refractories. – 2011. – №3. – P. 1-5.
2. Nymphodora Papassiopi, Katerina Vaxevanidou, Ioannis Paspaliaris Effectiveness of iron reducing bacteria for the removal of iron from bauxite ores // Minerals Engineering 23 (2010) 25–31
3. Дьяченко, А.Н., Крайденко, Р.И. Патент РФ № 2314354, 10 января 2008.