

УДК 691.544

*К. В. Шадт, А. А. Пономаренко*

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,  
shadt.cristina@yandex.ru

## ПРИМЕНЕНИЕ ЖЕЛЕЗИСТЫХ БОКСИТОВ И ФТОРАНГИДРИТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУЛЬФОАЛЮМИНАТНОГО ЦЕМЕНТА

*В работе представлены результаты применения железистых бокситов и отхода производства фтороводорода – фторангидрита в составе сырьевой смеси сульфоалюминатного клинкера. При  $KN=1$  и  $CH=0$  из железистой сырьевой смеси синтезирован клинкер, содержащий 64–66 %  $C_3A_3C\bar{S}$  и 19–24 %  $3(CF)\cdot C\bar{S}$ . При совместном помоле синтезированного клинкера с гипсоангидритовым камнем получен сульфоалюминатный цемент класса прочности 42,5 Б.*

Ключевые слова: железистый боксит; фторангидрит; клинкер; сульфоалюминатный цемент; свойства.

*K. V. Shadt, A. A. Ponomarenko*

Ural Federal University, Ekaterinburg

## APPLICATION OF FERRUGINOUS BAUXITE AND FLUOROXYDRITE TO OBTAIN SULFOALUMINATE CEMENT

*The report presents the results of the ferruginous bauxite application and the production waste of fluorine hydride – fluoroxydrite in the composition of the sulfoaluminate clinker raw mix. At  $SC=1$  and  $DS=0$  clinker containing 64–66 %  $C_3A_3C\bar{S}$  and 19–24 %  $3(CF)\cdot C\bar{S}$  was synthesized from the ferruginous raw material mixture. Sulfoaluminate cement of 42.5 B strength class was obtained on joint grinding of the synthesized clinker with the gypsum anhydrite stone.*

Key words: ferruginous bauxite; fluoroxydrite; clinker; sulfoaluminate cement; properties.

---

© Шадт К. В., Пономаренко А. А., 2018

В настоящее время на территории Уральского региона сосредоточены значительные запасы некондиционных железистых бокситов, ограниченно применяющихся при производстве глиноземистого цемента доменной плавкой, при которой оксид железа используется не рационально, переходя в чугун, ферросилиций и частично в минерал браунмиллерит, ухудшая тем самым гидратационную активность глиноземистого шлака. Также в отвалах предприятий по производству фтороводорода находятся сотни тысяч тонн техногенного сульфата кальция – фторангидрита, загрязняющего окружающую природную среду и не применяющегося в экономике.

Однако цементная промышленность Китая, использует аналогичное техногенное сырье (фосфогипс и отходы обогащения бокситов) для производства специального сульфатированного цемента.

В связи с этим значительный интерес представляют исследования, направленные на применение железо- и сульфатсодержащего техногенного сырья для получения специального цемента, в котором оксид железа и сульфат кальция будут полезно использованы, то есть связаны в химически активный минерал – сульфоферрит кальция.

Цель работы – исследовать возможность использования техногенных железистых бокситов Урала и фторангидрита для получения сульфоалюминатного цемента.

В качестве сырьевых материалов использовались: железистый боксит ОАО «СУБР» и железистый боксит, добываемый на месторождении «Исляхье-Бель» (Китай), известняк ОАО «Полевской мраморный карьер», нейтрализованный фторангидрит ОАО «ГалополимерПермь». Химический состав сырьевых материалов представлен в табл. 1.

Боксит, добываемый на месторождении «Исляхье-Бель», содержит больше  $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$  по сравнению с бокситом ОАО «СУБР». Также рентгенофазовый анализ показал, что бокситы содержат гидраты глинозема (diaspor, бемит и гиббсит), причем их

количество в боксите месторождения «Исляхия-бель» больше, чем в боксите ОАО «СУБР». Известняк содержит 96 %  $\text{CaCO}_3$ , фторангидрит – 88,15 %  $\text{CaSO}_4$ ; 8,89 %  $\text{CaCO}_3$ ; 2,96 %  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Таблица 1

Химический состав сырьевых материалов

Материал	$\Delta m_{\text{прк}}$ , %	Содержание оксидов, %							
		CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	MgO	TiO <sub>2</sub>	Прочие
Известняк ОАО «Полевской мраморный карьер»	42,24	53,84	2,51	0,66	0,38	–	–	–	0,37
Боксит ОАО «СУБР»	14,58	10,83	3,52	48,72	17,03	–	2,39	2,39	0,54
Боксит месторождение «Исляхия- Бель»	11,24	0,15	2,69	55,14	24,94	–	0,86	3,99	0,99
Фторангидрит ОАО «Галополимер Пермь» (ФА)	5,21	43,19	1,27	2,13	0,37	47,20	0,46	–	0,17
Гипсоангидрит овый камень ОАО «Ергач» (ГАК)	6,42	35,65	4,47	1,29	0,76	51,05	–	–	0,09

На основе сырьевых материалов совместным помолом приготовлены сырьевые смеси для спекания клинкера при температуре 1200 °С, установленной по результатам дифференциально-термического анализа. Составы сырьевых смесей представлены в табл. 2.

В результате установлено, что с увеличением количества  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в боксите, клинкер содержит 19–24 % сульфферрита кальция и 64–66 % сульфоалюмината кальция.

Таблица 2

## Составы сырьевых смесей (мас. %)

Известняк	Боксит		Фторангидрит
	ОАО «СУБР»	Месторождение «Исляхия-Бель»	
29,04	52,81	–	52,81
38,97	–	44,20	16,84

При совместном помоле синтезированных клинкеров с 15 % ГАК до удельной поверхности 340–346 м<sup>2</sup>/кг получены цементы, содержащие, %: 54,43–56,28 C<sub>3</sub>A<sub>3</sub>C $\bar{S}$ ; 16,07–23,59 3(CF)·C $\bar{S}$ ; 7,25–8,66 C<sub>2</sub>S; 9,39 CaSO<sub>4</sub>; 4,61 CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, физико-механические свойства которых представлены в табл. 3.

Таблица 3

## Физико-механические свойства цементов

Номер состава	Тонкость помола (остаток на сите № 008), %	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	Норм. густота, %	Сроки схватывания, мин		Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности при сжатии, МПа	
				начало	конец	2 сут.	28 сут.	2 сут.	28 сут.
1	2,3	346	30	15	80	9,0	8,8	40,0	52,4
2	2,8	340	30	15	80	6,7	6,4	29,8	45,2

Примечание: 1 – цемент на основе боксита ОАО «СУБР»; 2 – цемент на основе боксита месторождения «Исляхия-Бель».

По физико-механическим свойствам цементы характеризуются одинаковыми сроками схватывания, но разной прочностью. То есть, прочность цемента, содержащего железистый боксит ОАО «СУБР», больше прочности цемента, содержащего железистый боксит месторождения «Исляхия-Бель» (52,4 и 45,2 МПа соответственно).

Таким образом, применение техногенных бокситов и фторангидрита, содержащих более 20 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 88,15 % CaSO<sub>4</sub> соответственно обеспечивает получение специального сульфоалюминат-сульфоферритного цемента, в котором оксид железа и сульфат кальция связаны в более гидравлически активный минерал 3(CF)·C $\bar{S}$ .