

УДК 666.71.041.9+669.71.046.58

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СПЕКАНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОБОЧНОГО ПРОДУКТА АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Довженко И.Г.

ГОУ ВПО «Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)», Новочеркасск, e-mail: ngtu@novoch.ru

В статье приведены результаты исследований по определению влияния побочного продукта алюминиевого производства на процессы спекания и фазообразования грубозернистых керамических масс для производства кирпича. Рассмотрены варианты применения алюминиевого шлака в комбинации с легкоплавким и тугоплавким глинистым сырьем, оценена возможность выпуска высококачественных стеновых керамических изделий. Экспериментально доказана возможность снижения ресурсо- и энергоемкости производства керамического кирпича. Полученные изделия обладают высокими прочностными и эксплуатационными характеристиками. Результаты комплекса физико-химических анализов установлена возможность снижения максимальной температуры обжига изделий и времени выдержки при максимальной температуре за счет интенсификации образования жидкой фазы и кристаллизации новых фаз.

Ключевые слова: алюминиевый шлак, суглинок, тугоплавкая глина, рециклинг, жидкофазовое спекание

INTENSIFICATION OF AGGLOMERATION OF CERAMIC BRICK WITH APPLICATION OF THE WASTE OF ALUMINIUM MANUFACTURE

Dovzhenko I.G.

South-Russian State Technical University (Novocherkassk Polytechnic Institute), e-mail: ngtu@novoch.ru

In paper results of researches by definition influence of a waste of aluminium manufacture on processes of agglomeration and phase creation of coarse-grained ceramic compositions for brick manufacture are resulted. Variants of application of aluminium slag in a combination with fusible and high-melting clayey raw materials are considered, the opportunity of production high-grade wall ceramics is estimated. Decrease possibility resurso – and power consumption of manufacture of a ceramic brick is experimentally proved. The obtained products have high strength and operational characteristics. Results of a complex of physical and chemical analyses establish an opportunity of decrease in the maximal temperature of firing of products and time of exposure at the maximal temperature at the expense of an intensification of creation of a liquid phase and crystallization of new phases.

Keywords: aluminium slag, loam, high-melting clay, recycling, liquid-phase agglomeration

В настоящее время перед промышленностью строительных материалов ставится ряд стратегически важных задач, среди которых приоритетное значение имеют следующие: обеспечение промышленного и гражданского строительства качественными и экологичными материалами, снижение себестоимости выпускаемых изделий, реализация в условиях производства ресурсо- и энергосберегающих технологий, расширение сырьевой базы. Данная тенденция относится и к предприятиям по выпуску керамического кирпича [1]. При производстве рядового кирпича в качестве основного глинистого сырья применяются, как правило, низкосортные суглинки с высоким содержанием оксида железа (III), карбонатных включений и сульфатных соединений. Для производства лицевого изделий, удовлетворяющих требованиям ГОСТа [2], широко применяются высококачественные тугоплавкие глины с низким и средним содержанием оксида железа (III). Температура обжига лицевого кирпича на основе тугоплавкого глинистого сырья колеблется от 1000 до 1050 °С. При таких температурах происходит интенсификация спекания

керамической матрицы и формирование структуры и фазового состава, достигается стабилизация цвета керамического черепка. С целью снижения ресурсо- и энергоемкости производства в шихту могут вводиться легкоплавкое глинистое сырье и побочные продукты промышленности [3].

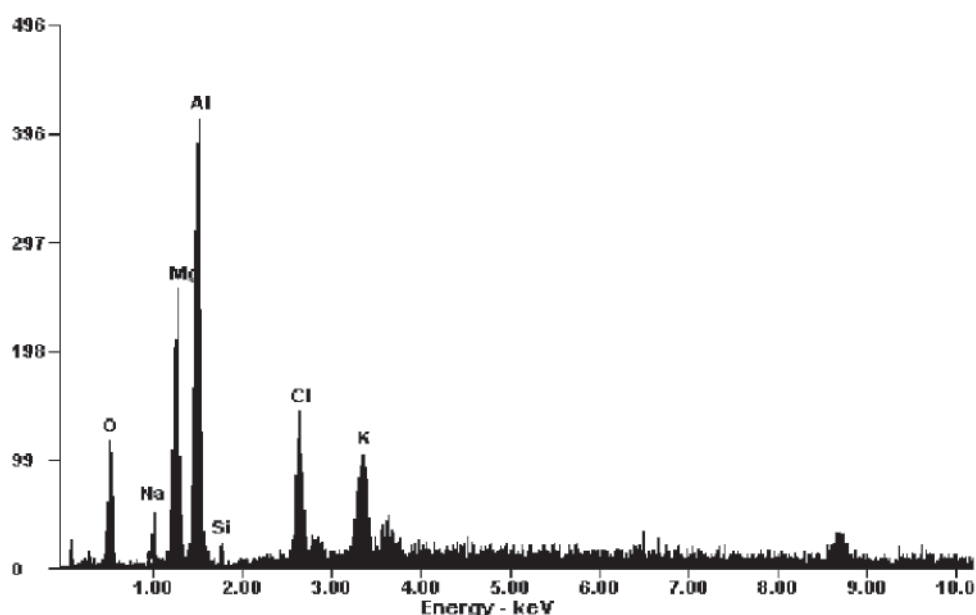
Одним из таких побочных продуктов является малоиспользуемый при производстве строительных материалов алюминиевый шлак [4]. На сегодняшний день в России ежегодно на предприятиях по выпуску алюминиевых изделий образуется около 100 тыс. тонн солевых шлаков, которые практически в полном объеме подлежат захоронению на специально отведенных полигонах [5]. Эффективных способов рециклинга алюминиевого шлака пока не существует. На его захоронение затрачиваются значительные материальные средства. При этом происходит утрата ценного энергетического потенциала техногенного сырья. Вследствие вышесказанного разработка рациональной технологии керамического кирпича с применением малоиспользуемого побочного продукта алюминиевого производства является весьма актуальной

задачей. Наличие значительного количества хлоридов и глинозема позволяет использовать рассматриваемый алюминиевый шлак для интенсификации спекания керамики и получения изделий высокого качества.

Цель работы – исследование влияния вводимого в грубозернистые керамические массы побочного продукта алюминиевого производства на процессы фазо- и структурообразования кирпича, оценка возможности интенсификации спекания керамической матрицы и снижения энергоёмкости обжига изделий.

При проведении исследований в качестве компонента, интенсифицирующего спекание керамической матрицы применял-

ся алюминиевый шлак, характеризующийся следующим химическим составом, масс. %: Al_2O_3 – 26,80; SiO_2 – 8,62; MgO – 21,04; $KCl+NaCl$ – 38,21; пр. оксиды – 0,31; Al – 3,42%; П.П.П. – 1,60. Гранулометрический состав рассматриваемого шлака представлен преобладающей фракцией с размером зерен менее 0,14 мм, что делает перспективным его использование в грубозернистых керамических массах в качестве плавня. Элементный рентгеноспектральный анализ выполнялся на оборудовании ЦКП «Нанотехнологии ЮРГТУ (НПИ)» – рентгеновском микроанализаторе EDAX Genesis. Результаты рентгеноспектрального анализа побочного продукта приведены на рисунке.



Результаты рентгеноспектрального анализа алюминиевого шлака. Анализируемый алюминиевый шлак имеет следующий элементный состав, в масс. %: Al – 17,61; O – 25,56; Cl – 20,63; Mg – 12,69; K – 10,18; Si – 4,03; Na – 7,40

В качестве пластичных компонентов применялись шихты из тугоплавких глин Владимировского (ВКС-2) и Курдюмовского (К-II) месторождений, легкоплавкий

полиминеральный суглинок Маркинский с высоким содержанием оксида железа (III). Данные о химическом составе глинистого сырья приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав глинистого сырья

Наименование	Содержание, % по массе								
	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	R_2O	SO_3	ППП
Суглинок Маркинский	57,19	5,32	11,75	0,68	9,26	1,94	1,18	1,21	11,20
Марка шихты:									
– ВКС-2	59,63	2,59	23,60	1,04	0,37	0,59	3,27	-	8,08
– К-II	62,32	1,20	22,16	1,60	0,84	0,48	2,78	-	8,62

Из предварительно проведённых исследований было принято оптимальное соотношение между компонентами. Алюминиевый шлак вводился в массы в количе-

стве 10%. Песок использовался в качестве отошающей добавки. Шихтовые составы и принимаемый режим обжига образцов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Составы керамических масс и параметры обжига образцов

Номер состава	Температура обжига, °С	Время выдержки, ч	Содержание компонентов, масс. %				
			ВКС-2	К-П	Суглинок	Шлак алюминиевый	Песок
В.0	1000	2	72,5	-	12,5	-	15
В.1	950	1	72,5	-	12,5	10	5
В.2	1000	1	72,5	-	12,5	10	5
К.0	1000	2	-	72,5	12,5	-	15
К.1	950	1	-	72,5	12,5	10	5
К.2	1000	1	-	72,5	12,5	10	5

Керамические образцы формовались пластическим способом при формовочной влажности 20–25%. После сушки образцы

обжигали в муфельной печи. Физико-механические и эксплуатационные свойства образцов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Свойства обожженных образцов

Показатель	В.0	В.1	В.2	К.0	К.1	К.2
Предел прочности на сжатие, МПа	32,7	36,0	44,5	30,2	33,8	42,1
Средняя плотность, кг/м ³	1700	1720	1750	1670	1700	1730
Огневая усадка, %	2,2	2,6	3,0	2,0	2,4	3,0
Водопоглощение, %	12,8	11,7	9,0	13,3	12,0	9,6
Морозостойкость, цикл	50	54	65	50	53	62

Из табл. 3 видно, что образцы В.1 и К.1, изготовленные с применением алюминиевого шлака при более низкой температуре по сравнению с базовыми образцами В.0 и К.0, имеют повышенную огневую усадку и среднюю плотность. Механическая прочность и морозостойкость значительно не изменяются. Образцы В.2 и К.2 имеют повышенную механическую прочность на сжатие (на 36 и 39% соответственно) и морозостойкость (на 15 и 12 циклов) по сравнению с базовыми составами.

Было установлено, что алюминиевый шлак не оказывает существенного влияния на цветность образцов. Образцы В.0, В.1 и В.2 имеют красный цвет, образцы К.0, К.1 и К.2 – бежевый цвет. Красный цвет кера-

мического черепка образцов В.0, В.1 и В.2 объясняется большим содержанием оксида железа (III) в применяемом глинистом сырье и кристаллизацией в процессе обжига гематита. Бежевый цвет образцов К.0, К.1 и К.2 обусловлен преобладанием в керамической массе беложгущейся тугоплавкой глины с низким содержанием оксида железа (III) и повышенным содержанием щелочей, за счет чего не происходит кристаллизации гематита, а окислы железа переходят в щелочно-силикатный расплав [6].

Для выявления влияния алюминиевого шлака на процессы фазообразования были проведены рентгенографические исследования. Результаты рентгенофазового анализа приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты РФА

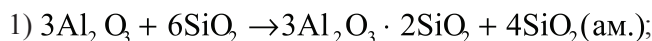
Фаза	Наличие фаз в образце					
	В.0	В.1	В.2	К.0	К.1	К.2
Муллит $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	-	-	+	-	-	+
Кварц $\beta - SiO_2$	+	+	+	+	+	+
Плагиоклаз $(Ca, Na)[(Al, Si)AlSi_2O_8]$	+	-	-	+	-	-
Гематит $\alpha - Fe_2O_3$	+	+	+	-	-	-

У образцов, изготовленных с применением шлака, на дифрактограммах отмечается наличие интенсивного гало. Резуль-

татами электронной микроскопии было подтверждено, что в обожженных образцах, содержащих алюминиевый шлак (В.1, В.2,

К.1, К.2), наблюдается повышенное по сравнению с образцами базовых составов (В.0, К.0) количество стеклофазы. Высокая механическая прочность и морозостойкость образцов с применением алюминиевого шлака

может быть объяснена образованием значительного количества стеклофазы и кристаллизацией первичного муллита. Наиболее вероятно, что процесс муллитобразования происходит по следующим схемам [7]:



Реакция 1 протекает за счет взаимодействия γ -модификации глинозема, вводимого в керамические массы алюминиевым шлаком, с кварцем, содержащимся в глинистом сырье. Образование муллита по реакции 2 происходит из метакаолинита с аморфизацией части кремнезема. Обе вышеприведенные реакции термодинамически вероятны в рассматриваемом температурном интервале [8].

На основании проведенных экспериментов были сделаны следующие выводы:

- при вводе в керамическую массу 10% побочного продукта происходит интенсификация процессов спекания и фазообразования керамического черепка, которая осуществляется за счет увеличения количества стеклофазы и кристаллизации муллита;

- отсутствие в обожженном керамическом черепке плагиоклаза свидетельствует о том, что он полностью входит в расплав;

- возможно протекание реакций образования в процессе обжига первичного муллита при температуре обжига 1000 °С из исходных сырьевых компонентов;

- существует возможность снижения энергоемкости процесса обжига керамического кирпича за счет снижения максимальной температуры обжига на 50 °С и времени выдержки без потери качества продукции;

- применение алюминиевого шлака позволяет разработать ресурсо- и энергосберегающую технологию производства лицевого керамического кирпича;

- вследствие того, что интенсификация спекания происходит под действием хлоридов щелочных металлов, отсутствует необходимость реализации дополнительных мер по предупреждению высолообразования на лицевых поверхностях изделий [9].

Список литературы

1. Состояние производства стеновых керамических материалов в Российской Федерации / Т.З. Лыгина, Р.К. Садыхов, А.В. Корнилов и др. // Строительные материалы. – 2009. – №4. – С. 10–11.
2. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия: ГОСТ 530–2007.
3. Довженко И.Г. Эффективность применения сталеплавильных шлаков в грубозернистых массах для производства керамического кирпича // Фундаментальные исследования. – 2011. – №4. – С. 78–82.
4. Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 368 с.
5. Федотова А.В., Федотов В.М. Исследование ресурсных характеристик литейных алюминиевых шлаков // Цветные металлы-2010: материалы Второго международного конгресса, 2–4 сентября. – Красноярск, 2010. – С. 809–810.
6. Павлов В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики. – М.: Стройиздат, 1977. – 240 с.
7. Будников П.П., Гинстлинг А.М. Реакции в смесях твердых веществ. – М.: Стройиздат, 1971. – 488 с.
8. Матвеев В.И., Бабушкин Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. – М.: Стройиздат, 1986. – 408 с.
9. Альперович И.А., Бурмистров В.Н. Способы предотвращения высолов на глиняном кирпиче. Обзор. – М.: ВНИИЭСМ, 1977. – 55 с.

Рецензенты:

Бахвалов Ю.А., д.т.н., профессор кафедры «Прикладная математика» Южно-Российского государственного технического университета, г. Новочеркасск;

Евстратов В.А., д.т.н., профессор, декан факультета сервиса машин и оборудования ШИ филиал Южно-Российского государственного технического университета, г. Шахты.

Работа поступила в редакцию 30.05.2011.