

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ НАГРЕВАНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ХИМИКО- МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА – СТАЛЬНЫХ ШЛАКОВ С АКП «KSP STEEL» (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

Н. П. Сергеев, Д. Т. Толегинов, Д. М. Прохорова
Научный руководитель – д.т.н., профессор Т. В. Вакалова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, nps4@tpu.ru*

В Казахстане накопление твердых отходов, прежде всего промышленных, связано с ресурсодобывающей и перерабатывающей специализацией промышленного комплекса. По разным оценкам в республике уже накоплено твердых техногенных отходов более чем 20 млрд. тонн, и ежегодный их прирост составляет 300 млн. тонн [1].

Металлургические шлаки составляют одну из основных долей таких отходов, утилизация которых является актуальной задачей. Шлаки представляют собой сложную систему, свойства которой зависят от вида топлива, режима его сжигания, и многих других факторов. Изучение фазового состава и поведение при обжиге шлаков является важной составляющей в определении перспективности использования в керамической промышленности [1, 2].

Целью данной работы является комплексное изучение структурно-фазовые изменения при нагревании техногенных отходов химико-металлургического комплекса – металлургических шлаков с АКП «KSP STEEL» республики Казахстан.

Вторичный металлургический шлак с АКП «KSP Steel» представляет собой тонкодисперсный порошок серого цвета, отмечается наличие стекловидной составляющей

Сопоставительный анализ данных химического и рентгеновского методов анализа свидетельствует о том, что кальциевая составляющая в металлургическом шлаке представлена гидратированным оксидом кальция – портландитом $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а также гидратированными силикатами кальция – тоберморитом $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и двухкальциевым гидросиликатом $\gamma\text{-}2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Железистая составляющая представлена двухкальциевым ферритом $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$.

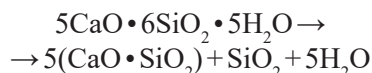
Согласно термическому анализу нагревание шлака до 1200 °С сопровождается потерями массы, равными 3,6 %. Наличие двойного эндотермического эффекта с минимумами при 220 и

253 °С обусловлено дегидратацией тоберморита $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Дальнейший нагрев тоберморита до 900 °С приводит к его полному разложению с образованием волластонита, что соответствует появлению экзотермического эффекта в интервале 850–950 °С.

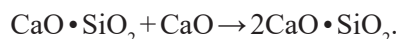
Для более детального исследования структурно-фазовых изменений металлургического шлака при нагревании был применен метод последовательных обжигов формованных образцов при температурах 600–1300 °С с интервалом 100 °С с выдержкой при максимальной температуре 2 часа.

Проведенные исследования показали, что образцы, обожженные до 1000 °С, отличаются высокой пористостью, незначительной прочностью, но сохраняют свою целостность (таблица 1). При нагревании до 1100 °С образцы покрываются сетью трещин, а, начиная с 1150 °С, полностью рассыпаются в тонкодисперсный порошок.

Сопоставительный анализ рентгеновских дифрактограмм до 1000 °С, показал процесс разложения тоберморита $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ с образованием волластонита $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$:



При температуре выше 1000 °С дифракционная картина характеризуется исчезновением рефлексов двухкальциевого феррита (разложение с образованием CaO и расплава) при температуре 1200 °С, исчезновением рефлексов волластонита при температуре 1200 °С и резким усилением рефлексов двухкальциевого силиката $\gamma\text{-}2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, что вызвано активным синтезом двухкальциевого силиката за счет реакции:



В результате при 1300 °С кристаллическая оставляющая металлургического шлака представлена практически единственной фазой – двухкальциевым силикатом, полиморфизм ко-

торого при охлаждении формованных образцов обуславливает их полное рассыпание.

Таким образом, в случае использования данного шлака в керамических технологиях не-

обходимо проведение исследований по переводу двухкальциевого силиката в другие минералы, например, в в волластонит.

Список литературы

1. Арынгазин К. Ш. и др. *Использование отходов производства. Учебно-методическое пособие* // Павлодар: Кереку, 2016. – 61 с.
2. Умбетова Ш. М. *Техногенные отходы предприятий энергетики и пути их вторичной переработки* // Вест. КазНТУ, 2009. – № 4. – С. 72–75.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ БЕЛИТСУЛЬФОАЛЮМИНАТНОГО ЦЕМЕНТА

А. С. Серпичев

Научный руководитель – к.т.н., профессор Л. И. Сычева

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
125047, Москва, Миусская 9, lis-46@mail.ru

Сульфоалюминатный цемент обладает такими важными свойствами, как ранняя прочность, высокая коррозионная стойкость и быстрое схватывание. Кроме того, синтез сульфоалюминатного клинкера происходит при 1250–1350 °С, в зависимости от исходных сырьевых материалов, что значительно ниже температуры получения портландцемента, а значит меньше расход топлива и выброс в атмосферу CO₂. Именно поэтому, в настоящее время изучению этого цемента уделяется большое внимание [1–2].

При получении сульфоалюминатного клинкера чаще всего используют такой дорогостоящий и дефицитный сырьевой материал как боксит, что ограничивает промышленное производство цемента.

Целью работы являлось получение белитсульфоалюминатного цемента из техногенных отходов и исследование его свойств.

Сырьевыми материалами для производства цемента явились: известняк, фосфогипс – отход при производстве фосфорной кислоты сернокислотным способом. Вместо боксита, который традиционно используют при производстве сульфоалюминатного цемента, в качестве глиноземсодержащих компонентов были выбраны глина и алюминиевый шлак, образующийся при вторичной переплавке алюминиевого лома.

Анализируя химический состав сырьевых компонентов (табл. 1), следует отметить, что в глине и отчасти в шлаке присутствует большое количество кремнезема, что и определило цель

работы – получение белитсульфоалюминатного цемента.

Сырьевые смеси для получения сульфоалюминатного клинкера были рассчитаны по методике Т. А. Атакузиева и Ф. М. Мирзаева с использованием коэффициента насыщения (КН) и степени насыщения (СН) [3].

Были рассчитаны 3 смеси с различными модульными характеристиками: КН во всех случаях был равен 1, а СН изменялся от 0 до 1,5.

Обжиг сырьевых смесей проводили при 1300 и 1350 °С. О степени связывания сырьевых материалов судили по количеству СаОсв в клинкере. Свободный оксид кальция присутствовал только в клинкерах со степенью насыщения равной 1 и не превышал 0,5 %.

По результатам РФА установлено, что основными фазами клинкеров являются сульфоалюминат кальция C₄A₃S̄ (3,75; 2,63; 2,15 Å), белит C₂S (2,78; 2,74; 2,18 Å), сульфосиликат кальция 2(C₂S)C̄S̄ (3,19 2,83 2,56 Å) и CaSO₄ (3,49 Å). Наибольшая интенсивность дифракции

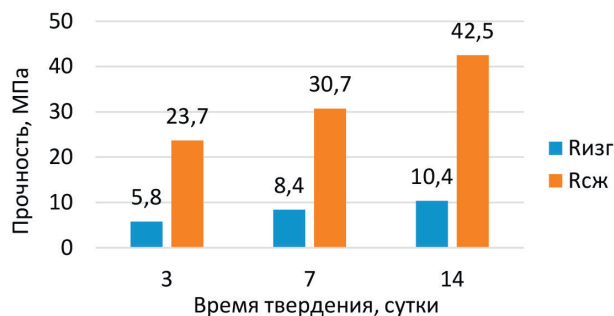


Рис. 1. Прочность цементного камня