

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СУЛЬФОАЛЮМОФЕРРИТНЫХ ЦЕМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

*Е.И. Барановская¹, А.А. Мечай¹, И.А. Белов², М.В. Попова¹,
Р. Шяучюнас³, А. Эйсинас³*

¹Белорусский государственный технологический университет

²Государственное предприятие «Институт НИИСМ»

³Каунасский технологический университет

e-mail: AA_m@tut.by¹, beton2007@yandex.ru², raimundas.siauciunas@ktu.lt³

Актуальность исследований, посвященных получению быстротвердеющих высокопрочных сульфоалюмоферритных цементов, обусловлена их востребованностью в монолитном строительстве при быстром возведении массивных бетонных конструкций, где жесткими требованиями являются отсутствие усадочных деформаций, сульфатостойкость, повышенная водонепроницаемость. Поскольку технология получения таких материалов достаточно сложная, требует использования дефицитного дорогостоящего сырья (бокситов), что значительно ограничивает объемы выпуска (около 1 % от общего выпуска цемента) и обуславливает высокую стоимость (около 1000 – 1500 € за 1 т), число мировых лидеров по их производству ограничено.

К главным качественным характеристикам алюминатного, сульфоалюмоферритного и белито-сульфоалюминатного цементов можно отнести высокую морозостойкость и стойкость ко всем видам агрессивных сред по сравнению с бетонами на обычном портландцементе, что обусловлено повышенной плотностью и прочностью цементного камня. Кроме того, такие цементы обладают способностью к быстрому нарастанию прочности (до 40–50 МПа в возрасте 2 сут.). Несмотря на актуальность и указанные преимущества существуют определенные проблемы при получении и применении специальных цементов. Имеются значительные разногласия в вопросах фазо- и структурообразования при синтезе клинкеров для алюминатных и белито-сульфоалюминатных цементов. Минералы клинкера отличаются неустойчивостью структуры, склонностью к образованию твердых растворов с различными оксидами, к полиморфным превращениям. Фазовая и структурная нестабильность клинкерных минералов приводит к изменению их гидратационной активности. Продукты их гидратации при эксплуатации могут вести себя достаточно непредсказуемо, так как являются чувствительными к изменению параметров окружающей среды. На сегодняшний день не установлен механизм перекристаллизации продуктов гидратации в сульфоалюминатных и сульфоалюмоферритных системах, что затрудняет предупреждение отрицательных явлений при твердении, приводящих к резким изменениям прочности структуры материала.

Целью работы являлась разработка составов клинкеров на основе техногенного сырья для получения быстротвердеющих высокопрочных сульфоалюмоферритных цементов и изучение их основных свойств.

В отличие от зарубежных исследований, предполагающих применение дефицитного дорогостоящего сырья, в работе использовались такие источники CaO, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaSO₄, как фосфогипс, осадок (шлам) химической водоподготовки, известь-недопал, железистый кек, шлаки литья алюминиевых сплавов, лом и бой огнеупоров силикатной группы. В настоящее время в Беларуси и ЕС указанные отходы складировются, загрязняя окружающую среду, либо перерабатываются в незначительных количествах.

Был осуществлен синтез клинкеров с различным соотношением используемых сырьевых компонентов – фосфогипса, мела и бокситовой глины (состав 1 и состав 2). Синтез клинкеров проводили в лабораторных условиях при температурах обжига 1150°C и 1200°C для состава 1 и состава 2 соответственно. Время обжига – 2 часа, скорость нагрева – 5°C/мин. Клинкер подвергался помолу в лабораторной шаровой мельнице. С помощью рентгенофазового анализа были исследованы состав и структура полученных клинкеров. Главными фазами, обуславливающими характерные свойства быстротвердеющих цементов, являются сульфоалюминат кальция – йеленит (3CaO·3Al₂O₃·CaSO₄) и сульфоалюмоферрит кальция (3Ca₄((Al_(1-x)Fe_x))₆O₁₂(SO)₄). Указанные соединения гидратируются с образованием этtringита, а также его железистых аналогов, характеризующихся игольчатым габитусом кристаллов, что обеспечивает так называемое микроармирование структуры и высокую прочность образцов уже в первые сутки твердения.

Были проведены исследования по определению основных свойств полученных цементов. С помощью суперпластификатора С-3 было снижено водоцементное отношение до 0,25 – для состава 1, до 0,2 – для состава 2. В таблице 1 представлены результаты исследования основных физико-механических свойств цементов.

Таблица 1 – Основные физико-механических свойств цементов

Состав	Предел прочности при сжатии, МПа		Сроки схватывания, мин	
	3 сут	7 сут	начало	конец
Состав 1 (В/Ц = 0,3)	20	25	–	–
Состав 2 (В/Ц = 0,3)	30	34	–	–
Состав 1 (В/Ц = 0,25)	28	32	10	16,5
Состав 2 (В/Ц = 0,2)	50	53	10,5	13,5

Исходя из данных, полученных на основании испытаний цементов в соответствии с европейскими стандартами EN 13454 и EN13279, установлено, что синтезированные составы сульфоалюмоферритного цемента удовлетворяют всем требованиям европейских стандартов и могут успешно применяться в Республике Беларусь и за рубежом.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № X17ЛИТГ-005) и Научного совета Литвы.