

УДК 691.544:666.941.2

ЕВДОКИМОВ И.А.

Брест, БрГУ имени А.С. Пушкина

Научный руководитель – Ступень Н.С., канд. техн. наук, доцент

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕКЛОБОЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОРРОЗИЙНО УСТОЙЧИВЫХ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ

Ключевые слова: переработка, стекло, экология, добавка, бетон, цемент, стеклобетон

Аннотация. В статье представлены результаты исследования применения стеклобоя различных фракций в качестве модификатора цемента.

Актуальность. В настоящее время требования, предъявляемые к охране окружающей среды, а также стремление к разумному использованию природных ресурсов и снижению себестоимости продукции, вынуждают искать новые пути использования минеральных отходов.

Наиболее перспективным направлением является их использование в производстве цемента. Важное значение приобретают промышленные отходы, среди которых присутствуют металлургические шлаки, золы ТЭЦ. Стеклобой является одним из наиболее трудно утилизируемых видов отходов. Стеклобой имеет невысокий класс опасности, но его количество, которое складывается в окружающей среде, из-за сложности утилизации продолжает увеличиваться. Анализ данных КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод» по количеству отходов стекла, принятых на сортировку и переработку за период 2018–2021 гг., показал, что наблюдается динамика роста количества переработанных отходов стекла за период 2018–2021 гг. Причинами таких изменений является проводимая экологическая пропаганда среди населения, возросшая экологическая сознательность граждан, а также увеличение раздельного сбора определенных видов вторичных материальных ресурсов.

Эффективному вторичному использованию может подвергаться только сортовой стеклобой. Большая доля несортového стеклобоя вывозится на полигоны ТБО, который оказывает комплексное негативное воздействие на окружающую среду. Вследствие значительных объемов не утилизируемого стеклобоя, с каждым годом растет площадь земель, выводимых из хозяйственного оборота под полигоны ТБО.

Наиболее перспективным направлением использования отходов стекла является рассмотрение его как самостоятельного вида сырья, что позволяет

создавать новые технологии и получать качественные и востребованные материалы с комплексом заданных свойств и требований [1, 2].

Цель – изучить возможность применения стеклобоя в качестве гидравлической добавки в цемент.

Материалы и методы исследования. В экспериментальных исследованиях использовали цемент марки 500, следующего химического состава (в % по массе): SiO_2 – 21,44; Al_2O_3 – 4,87; Fe_2O_3 – 4,89; CaO – 64,00; MgO – 1,67; SO_3 – 2,95. Минералогический состав цементного клинкера следующий (в %):

C_3S – 63 – алит – $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – трехкальциевый силикат;

C_2S – 17 – белит – $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – двухкальциевый силикат;

C_3A – 3 – целит – $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ – трехкальциевый алюминат;

C_4AF – 17 – целит – $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ – четырехкальциевый алюмоферрит.

Для оценки влияния добавки измельченного стеклобоя в цемент приготавливали композиционные смеси с содержанием стеклобоя различных фракций от 0 до 30 % по массе. Количественное определение водорастворимых ионов кальция проводили методом комплексонометрического титрования с трилоном Б, в присутствии индикатора мурексида.

Результаты исследований. Установлено, что фракции стеклобоя более 5 мм используются в бетонах в качестве крупного заполнителя, мелкие фракции (менее 5 мм) – в качестве мелкого заполнителя (песка), а тонкомолотый порошок – как связующее. Только измельченный высокодисперсный стеклобой с размером частиц 10^{-3} мм начинает обладать гидравлическими свойствами.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями сложных систем, определением условий образования и стабильного существования различных форм гидросульфатоалюмината кальция при взаимодействии сульфатов с минералами цементного камня установлено, что вначале во всех случаях образуются кристаллы высокосульфатной формы гидросульфатоалюмината кальция, которые затем при определенных условиях могут перейти в низкосульфатную форму. Последующий переход высокосульфатной формы гидросульфатоалюмината кальция в низкосульфатную не оказывает значительного влияния на свойства и структуру цементного камня, в которых уже произошли изменения при кристаллизации высокосульфатной формы гидросульфатоалюмината кальция. При сульфатной коррозии цементного клинкера наблюдается сильное выщелачивание и расшатывание его структуры.

В таблице приведены данные по влиянию степени измельченности стеклобоя и его содержание на выщелачивание растворенного оксида кальция из цементного клинкера.

Таблица – Количество растворенного CaO – в вытяжке из образцов

Содержание CaO в вытяжке образцов без добавки	Количество растворенного CaO (%) от первоначального содержания											
	Фракция стеклобоя 2–3 мм				Фракция стеклобоя 4–5 мм				Фракция стеклобоя 10 ⁻³			
	10 %	15 %	20 %	25 %	10 %	15 %	20 %	25 %	10 %	15 %	20 %	25 %
46,8	43,2	40,8	35,2	34,9	35,7	32,4	32,0	30,1	24,0	18,6	16,0	17,2,

Анализ данных показал, что наименьшая степень выщелачивания растворенного оксида кальция наблюдается при использовании стеклобоя высокодисперсной фракции. Это объясняется наличием в цементном клинкере аморфной фазы гидросиликатов и гидроалюмосиликатов кальция, которые препятствуют процессу выщелачивания. Структура и общая пористость цементного камня становится плотнее. Данные по выщелачиванию согласуются со значением pH водных вытяжек из образцов. Сильно щелочная среда наблюдается для образцов с содержанием мелкодисперсной добавки 15–20 % (pH находится в пределах 11–12).

Заключение. Основываясь на полученных данных, можно сделать следующие выводы:

1. Установлена возможность утилизации стеклобоя в виде тонкодисперсной добавки в цемент.
2. Введение стеклобоя является эффективным способом коррозионной устойчивости цементного клинкера.
3. Разработаны составы стеклоцементных композиций с содержанием стеклобоя 15–25 % по массе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проблема утилизации стеклобоя [Электронный ресурс] / Студенческий научный форум 2014 – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2014/article/20140046091>. – Дата доступа: 24.03.2022
2. Козубская, Т. Г. Использование техногенных отходов в производстве строительных материалов / Т. Г. Козубская // Строительные материалы. – 2002. – М., № 2. – С. 10.