

УДК 691.544

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ КАУСТИЧЕСКОГО ДОЛОМИТА

Н. С. Ступень

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

Представлены экспериментальные данные по использованию вторичного сырья в виде комплексной модифицирующей добавки, состоящей из стеклобоя и электросталеплавильного шлака, в магнезиальное вяжущее на основе каустического доломита. Разработанные составы композиционных магнезиальных вяжущих на каустическом доломите рекомендованы для производства строительных изделий, эксплуатируемых в помещениях с влажностью более 60 %.

### Введение

Проблема накопления твердых бытовых отходов производства и потребления является одной из главных экологических проблем Республики Беларусь. Ежегодно на территории страны образуется около 33–34 млн т производственных отходов, в том числе токсичных – около 24 млн т, а также свыше 3 млн т твердых коммунальных отходов. Всего в стране свыше 1400 видов отходов с широким спектром морфологических и химических свойств [1].

Комплексное использование сырья и отходов связано с решением проблемы создания безотходных и экологически чистых промышленных технологий. Разработка и освоение безотходных технологий имеет огромное значение для предприятий ресурсоемких отраслей промышленности, таких как химическая, металлургическая, угольная, целлюлозно-бумажная и строительных материалов.

Доля использованного вторичного сырья в производстве строительных материалов незначительна. При современном уровне и масштабах потребления природных сырьевых материалов значение фактора полноты использования и вовлечения в общественное производство вторичных материальных ресурсов имеет первостепенное значение. Роль этого фактора особенно велика при оценке экономической эффективности народного хозяйства в различных его отраслях, в том числе отходов производств, сельского хозяйства и некондиционных природных полезных ископаемых.

Замена традиционного природного сырья промышленными твердыми бытовыми отходами приносит значительный экономический эффект. Немаловажным фактором в современных условиях является также то, что при утилизации многотоннажных отходов существенно сокращаются площади земель, отчуждаемых под карьеры, резко снижается загрязнение воздушного и водного бассейнов [2].

В настоящее время одним из направлений технического прогресса в промышленности строительных материалов стало широкое использование попутно добываемого сырья и отходов промышленности, создание комплексных производств, а также утилизация твердых бытовых отходов.

Металлургия традиционно является одним из главных «поставщиков» техногенного сырья для промышленности строительных материалов.

Особенность ее многотоннажных отходов заключается в том, что техногенное сырье уже прошло высокотемпературную обработку, кристаллические структуры в отходах сформированы, и они не содержат органических примесей. Наибольшее применение получили доменные шлаки черной металлургии.

С экологической точки зрения наиболее трудно утилизируемым твердым отходом считается стекло. Оно не подвергается разрушениям под воздействием воды, атмосферы, солнечной радиации, мороза. Кроме того, стекло – это коррозионноустойчивый материал, который не разрушается под воздействием большинства сильных и слабых органических, минеральных и биокислот, солей, а также грибов и бактерий. Стекло способно сохраняться без особых разрушений десятки и даже сотни лет. Поэтому очень важным экологическим аспектом является использование стеклобоя в качестве добавок при производстве строительных материалов.

Цель исследований – разработка составов композиционных магнезиальных вяжущих на основе каустического доломита с использованием вторичного сырья: электросталеплавильного шлака и стеклобоя.

### Методика и объекты исследования

Для исследований использовали полуобжиговой доломит месторождения Руба (Витебская область); раствор бишофита ( $MgCl_2 \cdot 6 H_2O$ ) с массовой долей  $MgCl_2$  15 %; стеклобой бытовых отходов с размером частиц  $10^{-3}$  мм (КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод»); молотый электросталеплавильный шлак (Белорусский металлургический завод (ОАО «БМЗ – Управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин)). Химический состав гранулированного шлака, используемого для исследований, следующий:  $SiO_2$  – 30–40 %,  $CaO$  – 30–50 %,  $Al_2O_3$  – 4–20 %,  $MnO$  – 0,5–2 %,  $FeO$  – 0,1–2 %,  $SO_3$  – 0,4–2,5 %. Шлаки – это искусственные силикаты, состоящие из оксидов кремния, алюминия, железа, кальция, магния, марганца, серы и др. Соотношение тех или иных минералов определяется не только химическим составом шлаков, но и условиями их охлаждения.

В экспериментальных исследованиях использованы физико-химические методы, определение показателей пористости образцов определяли по кинетике водопоглощения.

Для оценки влияния комплексной добавки, состоящей из стеклобоя и молотого электросталеплавильного шлака, на водостойкость образцов из магнезиального цемента приготавливали композиционные вяжущие с содержанием добавок с различным массовым содержанием компонентов (от 0 до 25 %). В качестве затворителя использовали раствор природного бишофита плотностью  $1,28 \text{ г/см}^3$ . Исследование свойств композиционных вяжущих проводили на образцах-кубиках  $2 \times 2 \times 2 \text{ см}$ , изготовленных из теста нормальной густоты литевым способом. Добавки вводили на стадии помола полуобожженного доломита. Исследуемые образцы твердели в воздушно-сухих условиях (28 сут). Перед испытанием образцы высушивали в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре  $105 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### Результаты и их обсуждение

Экологичность, декоративность, повышенная прочность на изгиб, высокая прочность на сжатие, малая усадка, быстрое твердение, не требующее влажного хранения как для бетонов на портландцементе, хорошая износостойкость (в три раза выше, чем у портландцемента), стойкость к действию масел, лаков, красок, органических растворителей, щелочей, солей, включая сульфаты, очень высокая огнестойкость – это перечень преимуществ магнезиальных вяжущих по сравнению с портландцементом. Но магнезиальные цементы на каустическом магнезите и доломите имеют ряд отрицательных качеств при схватывании и структурообразовании, а изделия из магнезиального цемента обладают низкой водостойкостью.

Ранее была возможность утилизации стеклобоя в виде тонкодисперсной добавки в магнезиальный цемент на каустическом доломите и разработаны составы стеклокломагнезиальных композиций с содержанием стеклобоя 20–25 % по массе [3]. В таблице приведены результаты исследований влияния комплексной модифицирующей добавки состоящей и стеклобоя и шлака на водостойкость образцов из магнезиальных вяжущих на основе каустического доломита.

**Таблица.** – Зависимость коэффициента размягчения и водопоглощения образцов от содержания стеклобоя и шлака (размер частиц  $10^{-3} \text{ мм}$ )

Содержание стеклобоя, %	Содержание шлака, %	Коэффициент размягчения (Кр)	Водопоглощение по массе (W), %
0	0	0,55	15,5
20	0	0,60	10,5
0	20	0,61	15,0
5	5	0,63	14,7
10	5	0,70	12,9
15	10	0,70	11,2
20	15	0,75	9,3
25	20	0,81	9,5
20	20	0,84	8,9
25	25	0,85	9,0

Результаты наших исследований показывают, что наиболее высокими показателями водостойкости (низкими показателями водопоглощения и высокими показателями коэффициента размягчения) обладают образцы, изготовленные из смесей, содержащих 20–25 % стеклобоя и 20–25 % шлака. Водопоглощение образцов на основе композиционного вяжущего оптимального состава уменьшается примерно в 1,7 раз, а коэффициент размягчения увеличивается примерно в 1,5 раза.

Действие добавок стеклобоя и шлака при твердении магнезиального цемента на основе каустического доломита связано с протеканием химического взаимодействия между аморфной формой  $\text{SiO}_2$  и оксидами и гидроксидами магния и кальция в растворе хлорида магния с образованием труднорастворимых соединений. Физико-химическими методами исследования установлено, что в модифицированном цементном камне уменьшается содержание кристаллической фазы гидроксида магния (брусита) и увеличивается доля конденсационной и коагуляционной структур гидросиликатов и гидроалюмосиликатов магния и кальция. За счет введения в состав магнезиального цемента стеклобоя и шлака удается значительно улучшить параметры пористости затвердевших образцов: показатель однородности пор увеличивается примерно в 1,7 раза, а средний размер пор стал в 2,5 раза меньше. Это объясняется тем, что образующиеся в модифицированном цементном камне гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроалюмосиликаты магния и кальция, а также их комплексы с хлоридом магния имеют несколько больший объем, чем исходные вещества. Возникновение новообразований протекает через стадию аморфной гелевидной фазы, которая в сочетании с кристаллической и коагуляционной улучшает поровую структуру цементного камня, повышает плотность и прочность образцов из модифицированных вяжущих. Кроме этого, коллоидные частицы микрокремнезема, который присутствует в стеклобое и шлаке, являются дополнительными центрами кристаллизации этих новообразований.

#### Выводы

1. Установлена возможность утилизации стеклобоя и электроплавильного шлака в виде тонкодисперсной комплексной добавки в магнезиальный цемент на каустическом доломите.

2. Разработаны составы магнезиальных композиционных вяжущих с содержанием стеклобоя и шлака (20–25 % по массе), характеризующиеся высокими прочностными и водостойкими показателями. Повышение водостойкости образцов из композиционного вяжущего объясняется возникновением труднорастворимых новообразований в цементном камне и улучшением поровой структуры.

3. Показана возможность замены 40–50 % каустического магнезита вторичным сырьем при производстве строительных материалов, что позволяет уменьшить их стоимость и способствует решению экологической проблемы по утилизации вторичного сырья и твердых отходов. Разработанные составы композиционных магнезиальных вяжущих на каустическом доломите могут быть рекомендованы для использо-

вания в производстве строительных изделий, эксплуатируемых в помещениях с влажностью более 60 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гнедов, А. Н. Отходы производства. Обращение, учет, платежи в бюджет за размещение / А. Н. Гнедов. – Минск : Дикта, 2014. – 256 с.
2. Алехин, Ю. А. Экономическая эффективность использования вторичных ресурсов в производстве

строительных материалов / Ю. А. Алехин, А. Н. Люсов. – М. : Стройиздат, 1988. – 344 с.

3. Ступень, Н. С. Стекломагнезиальные композиции: экологические аспекты / Н. С. Ступень // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. прац / Палес. аграр.-экалаг. ін-т НАН Беларусі ; рэдкал.: М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брэст, 2018. – Вып. 11. – С. 98–100.

#### USE OF SECONDARY RAW MATERIALS FOR MODIFICATION MAGNESIA BINDER BASED ON CAUSTIC DOLOMITE STUPEN N.

Experimental data on the use of secondary raw materials in the form of a complex modifying additive consisting of cullet and electroslag in a magnesian binder based on caustic dolomite are presented. The developed compositions of composite magnesia binders on caustic dolomite are recommended for the production of construction products that are operated in rooms with a humidity of more than 60 %.