

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЙ ЦЕМЕНТ НА ОСНОВЕ ДОМЕННОГО ШЛАКА ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

*М.И. Кузьменков, В.М. Стариков, А.А. Сакович - Белорусский
государственный технологический университет,
г. Минск, Беларусь*

Одним из путей уменьшения затрат при строительстве автомобильных дорог является применение более дешевых минеральных вяжущих вместо портландцемента и его разновидностей, стоимость которых непрерывно растет в связи с постоянным увеличением цен на энергоносители. В этой связи перспективным может быть использование техногенных продуктов при производстве вяжущих.

Как известно, в настоящее время весьма широко для этих целей используются высокоосновные гранулированные доменные шлаки, которые применяются в качестве активной минеральной добавки на стадии помола портландцемента.

Гораздо менее изученным является получение вяжущего, в составе которого шлак является преобладающим компонентом. Это обусловлено прежде всего тем, что до сих пор ведется поиск высокоэффективных активаторов для возбуждения скрытой вяжущей способности, заложенной в данном стеклообразном продукте.

Как известно, прочностные свойства цементного камня, полученного на основе любого цемента, зависят от полноты растворения цементных частиц, которая в свою очередь определяется скоростью нуклеофильной атаки, зависящей от диф-

фузионных торможений, создаваемых аморфными и кристаллическими новообразованиями на поверхности цементной частицы (klinkерной, шлаковой). Вторым фактором, непосредственно влияющим на прочность цементного камня, является активность жидкофазного реагента. Если первый процесс является неотъемлемым фактором для всех цементов, и на него сложно повлиять, то второй может быть интенсифицирован за счет введения в цемент активирующих добавок.

Один из наиболее эффективных методов активации шлака – сульфатная активация, которая достигается путем введения сульфатсодержащих добавок и является наиболее перспективным направлением для Республики Беларусь [1,2]. На основании литературных данных и ранее проведенной исследовательской работы было установлено положительное влияние сульфатсодержащих добавок на высокоосновный и низкоосновный портландцементные клинкера [3].

Целью настоящей работы являлась разработка состава сульфатсодержащей добавки на основе алюминатного сырья и фосфогипса и ее количество, потребное для активации.

Химический анализ сырьевых материалов на содержание основных оксидов проводился по общепринятым стандартным методикам [4].

Получение бесklinkерного вяжущего осуществлялось путем совместного помола доменного гранулированного шлака с сульфоалюминатной добавкой и известью. Тонкость помола составов вяжущего контролировалась по остатку на сите №008 и не превышала 15%.

Для определения фазового состава сырьевых материалов и полученных продуктов, а также продуктов гидролиза и гидратации шлаковых фаз использовались инструментальные ме-

тоды: дифференциально-термический и рентгенофазовый анализы.

Определение нормальной густоты и сроков схватывания вяжущих проводилось по ГОСТ 310.3-78.

Изготовление образцов для испытания предела прочности при сжатии бесклнкерных вяжущих проводилось по ГОСТ 310.4-78. Для этого готовили раствор (1 часть вяжущего и 3 части стандартного песка), затем формовали образцы-балочки 40х40х160 мм, которые подвергали испытанию через установленные интервалы времени [4].

В работе использовался доменный гранулированный шлак ОАО "Северсталь". В качестве активатора твердения применяли воздушную строительную известь III сорта ОАО "Красносельскстройматериалы" и специально синтезированную сульфоалюминатную добавку (САД). САД синтезировали при температуре 900°C из тонкомолотой смеси, состоящей из глины месторождения "Погораны" (Волковысский район) и фосфогипса Гомельского химического завода, химический состав которых представлен в таблице 1.

Химический состав компонентов

Таблица 1

Компоненты	Химический состав, % по массе										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO ₂	R ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Примеси
Доменный гранулированный шлак	37,52	5,62	0,93	46,8	4,89	0,46	-	0,35	-	0,32	Остальное
Глина	68,72	14,71	5,12	1,4	1,01	-	1,29	-	-	-	Остальное
Фосфогипс	0,6	0,17	0,17	38,64	0,21	-	0,36	55,2	1,5	0,1	Остальное

Основной фазой доменного гранулированного шлака является стеклофаза, в которой по данным РФА присутствуют следующие кристаллические фазы: геленит ($\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$), окерманит ($2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$), волластонит ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), мервинит ($3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$), монтичеллит ($\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$), диопсид ($\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$), двухкальциевый силикат, а также FeO , FeS , MnS , MgO .

Результаты физико-механических испытаний приведены в таблице 2.

Влияние состава бесклнкерного вяжущего на прочность образцов

Таблица 2

Темпера- тура обжи- га САД	Состав до- бавки (фос- фогипсгли- на), % по массе	Состав вяжуще- го, % по массе		Предел прочности при сжатии/изгибе (МПа) в возрасте, сутки		
		Шлак	Известь	САД	7	28
800	80:20	90	5	5	9,7/2,4	23,7/5,4
		80	10	10	8,8/2,2	17,81/3,9
		80	15	5	8,9/2,2	19,2/5,2
800	70:30	85	5	10	18,5/6,1	24,8/6,1
		85	10	5	20,4/6,3	25/6,7
		80	15	5	20,1/6,2	26,5/6,7
900	80:20	90	5	5	16,2/4,7	25,3/6,8
		80	10	10	12,5/3,1	21,5/6,4
		80	15	5	14,7/3,4	23,8/6,6
900	70:30	85	5	10	22,1/6,8	28,7/7,1
		85	10	5	27,9/6,9	34,1/7,3
		80	15	5	24/6,7	30,3/7,1
Контрольный					15,1/4,2	23,7/6,7

В качестве контрольного образца был использован состав вяжущего на основе доменного гранулированного шлака, нейтрализованного фосфогипса и мелких остатков гашения извести.

Анализ результатов испытаний образцов на прочность при сжатии показал, что наибольшей прочностью обладает вяжущее, включающее: гранулированный шлак - 85%, САД - 5%, известь - 10%.

Исследование продуктов гидратации шлакового вяжущего оптимального состава с помощью инструментальных методов позволило установить, что рост прочности обусловлен образованием высокосульфатной формы гидросульфоалюмината кальция ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) и низкоосновных гидросиликатов кальция типа тоберморита ($5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Таким образом, активация доменного шлака на стадии помола с САД и известью обеспечивает высокие физико-механические свойства вяжущего. Предел прочности при сжатии составляет 30 – 35 МПа. Вяжущее с такими свойствами может с успехом быть использовано для укрепления дорожных оснований вместо портландцемента.

Несмотря на более низкие по сравнению с мировыми цены на энергоносители в Республике Беларусь, стоимость цементного клинкера, тем не менее, превышает стоимость ввозимого доменного шлака. С учетом тенденций к постоянному увеличению стоимости топлива в недалеком будущем следует ожидать увеличения этой разницы. Кроме того, использование местных шлаков, в частности электросталеплавильного шлака Белорусского металлургического завода, позволит снизить стоимость такого шлакового вяжущего примерно в 2-2,5 раза

по сравнению с портландцементом, что обеспечит ему надежную конкурентоспособность на белорусском рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 2041/75 Россия, МКИ С 04 В 7/14. Способ получения строительных материалов из шлака металлургического производства/Бородянская М.В.-№5062785/33; Заявл. 23.09.92; Оpubл. 09.08.95.

2. Заявка 2463755 Франция, МКИ С 04 В 23/00. Гидравлическое вяжущее на основе извести и высушенного шлака / Paris Rene. - № 7921323; Заявл. 24.08.79; Оpubл. 27.02.81.

3. Кузьменков М.И., Куницкая Т.С. Повышение гидравлической активности белитового цемента // Цемент и его применение. - 1998. - №3. - С.22-24.

4. Бутт Ю.М. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. -М.: Высшая школа, 1980. -532 с.