

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ

Наряду с сырьевыми материалами природного происхождения цементная промышленность все более начинает использовать для своих целей вторичное сырье – отходы промышленности. К этим искусственным сырьевым материалам в первую очередь относятся металлургические шлаки. Шлаки – это отходы металлургической промышленности, образующиеся в условиях высоких температур в результате физико-химического взаимодействия компонентов исходных твердых материалов (топлива, руды, плавней) и газовой среды. Среди промышленных отходов шлаки занимают одно из первых мест, уступая по объему лишь отходам горнодобывающей промышленности. Их химический состав и структура изменяются в зависимости от состава пустой породы, вида выплавляемого металла, особенностей металлургического процесса, условий охлаждения и др. Наибольшим является выход доменных шлаков, на 1 т чугуна он составляет 0,6–0,7 т. При выплавке стали выход шлаков на 1 т значительно меньше: при мартеновском способе – 0,2–0,3 т, бессемеровском и томасовском – 0,1–0,2 т, при выплавке стали в электропечах – 0,1–0,04 т. Химический состав доменных шлаков представлен в основном четырьмя оксидами: CaO (29–30 %), MgO (0–18 %), Al₂O₃ (5–23 %) и SiO₂ (30–40 %), в небольшом количестве в них содержатся оксиды железа (0,2–0,6 %) и марганца (0,3–1 %), а также сера (0,5–3,1 %). Сталеплавильные шлаки характеризуются более высоким содержанием оксидов железа (до 20 %) и марганца (до 10 %). Оксиды, входящие в шлаки, образуют разнообразные минералы, установлена возможность существования в шлаках до сорока двойных и тройных соединений, ведущее место среди которых занимают силикаты, алюмосиликаты, алюминаты и ферриты – минералы, аналогичные минералам портландцементного клинкера.

На текущий момент отечественная металлургия в процессе модернизации переходит от мартеновской к плавке в электрических сталеплавильных печах, что значительно повышает качественные характеристики металла и одновременно снижает энергопотребление процесса. При этом на 1 т металла образуется до 1 т шлака, причем до 100 кг его представлены дисперсным продуктом. Диспергирование шлака вызывается фазовыми превращениями двухкальциевого силиката, снижающими его гидравлическую активность. С одной стороны, использование пылевидного материала создает проблемы, связанные с пылевыведением, с другой – существенно снижаются затраты на

измельчение вяжущего, что упрощает и удешевляет технологию. Следует добавить, что остальная часть шлаков, 90–95 %, представлена кусковым шлаком, который является эффективным заменителем щебня и песка на основе природного камня.

Сравнивали два шлака электроплавки стали Северского трубного завода, отличающихся содержанием алюминатов и ферритов.

В качестве сульфатного возбuditеля использовали природный дигидрат сульфата кальция, гипсовый камень, отход ОАО «Галоген» г. Пермь – фторангидрит и ангидрит, полученный обжигом отработанных гипсовых форм керамического производства.

Шлак и сульфатную добавку дозировали в заданной пропорции, тщательно перемешивали, увлажняли, а затем формовали образцы путем заливки теста в пластиковые формы диаметром 28 и высотой 25 мм. Сроки схватывания теста определяли непосредственно в форме путем надреза поверхности тонким лезвием. Образцы твердели в нормальных воздушно-влажностных условиях семи суток, по истечении которых определяли их прочность на торцевое сжатие.

В табл. 1 приведены составы и свойства теста и камня на его основе.

Таблица 1

Состав и свойства шлакосульфатных вяжущих

№	Состав композиции, масс. %		Водовязущ. отношение	Интервал схватывания, мин	R _{сж} , 7 сут, МПа
	Шлак	Сульфатная добавка			
1*	Шлак 1, 100 %	-	0,37	25–30	2,3
2	Шлак 1, 100 %	-	0,37	25–30	17,6
3	Шлак 1, 90 %	Фторангидрит, 10 %	0,36	25–30	27,1
4	Шлак 1, 90 %	Дигидрат, 10 %	0,35	25–30	16,6
5*	Шлак 2, 100 %	-	0,38	1–2	1,6
6	Шлак 2, 100 %	-	0,30	< 1	-
7	Шлак 2, 90 %	Дигидрат, 10 %	0,30	1–2	7,6
8	Шлак 2, 80 %	Дигидрат, 20 %	0,30	1–2	28,5
9	Шлак 2, 90 %	Фторангидрит, 10 %	0,30	1–2	19,2
10	Шлак 2, 50 %	Фторангидрит, 50 %	0,30	2–3	27,9
11**	Шлак 2, 70 %	Фторангидрит, 30 %	0,30	2–3	28,2
12	Шлак 2, 90 %	Ангидрит, 10 %	0,33	1–2	6,06
13	Шлак 2, 80 %	Ангидрит, 20 %	0,33	3–5	14,02
14	Шлак 2, 70 %	Ангидрит, 30 %	0,33	6–8	40,00
15	Шлак 2, 60 %	Ангидрит, 40 %	0,33	5–7	32,99
16	Шлак 2, 50 %	Ангидрит, 50 %	0,33	8–11	30,44
17	Шлак 2, 40 %	Ангидрит, 60 %	0,33	9–12	27,73

Примечание. * – шлак немолотый; ** – шлак молотый + немолотый, 50:50

Кроме того, изучали возможность замедления сроков схватывания шлакосульфатной композиции дефекатом – отходом сахарного производства. В настоящее время дефекат направляется в отвал, занимая полезные площади, при высыхании дефеката образуется пыль, ухудшающая экологическую обстановку. Отход содержит около 50 % CaO (в виде CaCO₃), 3 % SiO₂ (в виде кварца), 1 % MgO и около 1,5 % других оксидов. Добавка дефеката незначительно увеличивает сроки схватывания шлакосульфатной композиции, но в то же время добавка 3 % уменьшает прочность образцов в возрасте семи суток.

По данным исследований, состав 10 можно рекомендовать для кладочных и отделочных растворов, а составы 14, 15 – для получения шлакового вяжущего в шлакобетонах. Кроме того, на основе шлакового вяжущего можно получать искусственный пористый заполнитель, аналог безобжигового зольного гравия. Имеются данные, что шлаковое вяжущее в бетонах на шлаковом безобжиговом гравии более эффективно в применении, нежели цементное. Подобные композиции окажутся востребованными при изготовлении мелких стеновых камней по конвейерной технологии или для получения крупноразмерных конструкций на полигонах. Весьма важно, что их твердение протекает в ускоренном режиме и не нуждается в термообработке.

В результате исследования установлена возможность использования молотых дисперсных шлаков дуговых сталеплавильных печей для получения прочных, быстротвердеющих композиций, включающих сульфатные техногенные активизаторы – отработанные гипсовые формы и отходы производства фтористых соединений. Мы предлагаем несложную технологию производства шлаковых вяжущих, низкую себестоимость (ресурсо- и энергосбережение) и сравнительно высокие строительно-технические свойства получаемых композиций. Перспективы эффективного применения таких вяжущих в значительной степени зависят от решения проблемы подбора добавок, способных замедлить структурообразование шлакосульфатного камня без ущерба для его прочности.