

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ*Гончарова Маргарита Александровна*

д-р техн. наук, заведующая кафедрой

Комаричев Артем Викторович

аспирант

ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный

технический университет»

г. Липецк, Липецкая область

**ОСОБЕННОСТИ ЗЕРНИСТЫХ КОНВЕРТЕРНЫХ ШЛАКОВ
И ИХ СОВМЕЩЕНИЕ С ВЯЖУЩИМИ СИСТЕМАМИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ**

Аннотация: в статье приводятся результаты исследования физико-механических свойств щебеночно-песчаной смеси из конвертерных шлаков фракции 0–10 мм, которые сравниваются с существующими нормативными документами. Авторами представлены таблицы со сравнительными показателями данных химического анализа и физико-механические свойства щебеночно-песчаной смеси из конвертерных шлаков фракции 0–10 мм.

Ключевые слова: бетоны, конвертерные шлаки, физико-механические свойства, заполнитель, щебеночно-песчаная смесь.

Известно, что отвердевшие матричные вещества (шлаковое вяжущее, цементный камень, наполненный полимер) становятся цементирующей смазкой в строительных композитах [1; 2; 5]. Крупнозернистая (тонкодисперсная) минеральная или органическая смесь, составляющая гораздо большую часть конгломерата и выполняющая в нем функцию заполнителя (наполнителя), скрепляется, образуя с вяжущей частью, как матрицей, единый монолит. Тонкий контактный слой вяжущего, непосредственно примыкающий к поверхности зерен заполнителя (наполнителя), образует адсорбционно-сольватную оболочку. Она обладает повышенной плотностью и твердостью по сравнению с остальной (объемной)

матричной частью [3; 4]. Контактный слой составляет в структуре искусственного конгломерата непрерывную пространственную сетку вяжущего вещества или матрицу конгломерата.

Шлаки традиционно считаются дешевым сырьем для промышленности строительных материалов. Основными областями применения является использование их в качестве крупного или мелкого заполнителя в бетонах, при строительстве дорог.

Рентгенофазовый анализ конвертерных шлаков фракции 0–10 мм показывает присутствие следующих фаз: ларнит – β -2CaO·SiO₂, оксид кальция CaO, гидроксид кальция Ca(OH)₂, вюстит FeO, графит C и майенит 12 CaO·7Al₂O₃. Строительно-технические свойства щебеночно-песчаной смеси из конвертерных шлаков приведены в таблице 1 [5].

Таблица 1

Физико-механические свойства щебеночно-песчаной смеси
из конвертерных шлаков фракции 0–10 мм

№№ п/п	Показатель	Требования ГОСТ 5578-94	Фактические показатели
Шлаковый щебень			
1.	Номинальный (наибольший или наименьший) размер зерен щебня, мм, $D_{\text{наиб}} / D_{\text{наим}}$	10 / 5	10/5
2.	Зерновой состав, полные остатки на ситах, % по массе		
	$D_{\text{наим}}$	90–100	100,0
	$0,5(d_{\text{наим}} + \text{наиб})$	30–80	56,9
	$D_{\text{наиб}}$	До 10	3,0
	$1,25D_{\text{наиб}}$	До 0,5	0,5
3.	Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы, % по массе (группа щебня по форме зерна)	До 15 (1)	5,8 (1)
4.	Содержание слабых зерен, % по массе не более	10	0,0
5.	Истираемость в полочном барабане, % (марка)	До 25 (И1)	21,1 (И1)
6.	Прочность щебня (в сухом состоянии)		
	Потеря массы при испытании, %	Св. 10 до 15	12,3
	Марка по дробимости	800	800
7.	Морозостойкость		50(циклов)

	Потеря массы после испытания на морозостойкость не более, %	5,0	16,4
	Марка по морозостойкости песка	F50	Не кондиция
8.	Потеря массы при определении стойкости против силикатного распада не более, %	5,0	7,0
9.	Потеря массы при определении стойкости против железистого распада не более, %	8,0	5,6
10.	Содержание пылевидных частиц не более, % по массе	3,0	1,0
11.	Содержание глины в комках не более, %	0,25	0,0
12.	Плотность (без пор) материала зерен, кг/м ³	—	3060
13.	Плотность зерен (включая поры- объемная масса) песка, кг/м ³	—	2790
14.	Плотность (включая поры и пустоты объемная насыпная масса) песка, кг/м ³	—	1437
15.	Пористость зерен щебня	—	8,8
16.	Пустотность щебня	—	48,5
17.	Водопоглощение, %	—	5,35

Песок из отсевов дробления шлаков

18.	Модуль крупности (группа песка по крупности):	Св.2,0 до 2,5(средний)	2,06(средний)
	Номинальный (наибольший и наименьший) размер зерен песка, мм, $D_{\text{наиб}}/D_{\text{наим}}$	5/0	5/0
	Полный остаток на сите с размером ячеек, 2,5 мм, % по массе	—	19,4
	Полный остаток на сите с размером ячеек, 1,25 мм, % по массе	—	28,9
	Полный остаток на сите с размером ячеек, 0,63 мм, % по массе	—	40,8
	Полный остаток на сите с размером ячеек 0,315 мм, % по массе	—	53,0
	Полный остаток на сите с размером ячеек, 0,16 мм, % по массе	—	64,1
	Остаток частиц с размером менее 0,16 мм, % по массе	—	35,9
19.	Полный остаток на сите с сеткой №063	Св.30 до 45	40,8
20.	Содержание зерен крупностью св. 10 мм не более, %	0,5	0,0
21.	Содержание зерен крупностью св. 5 мм не более, %	15,0	0,0
22.	Содержание зерен крупностью менее 0,16 мм не более, %	10,0	35,9
23.	Содержание пылевидных частиц не более, % по массе (метод мокрого просеивания)	7,0	23,9

24.	Содержание пылевидных частиц не более, % по массе (метод набухания)	3,0	1,68
25.	Содержание глины в комках не более, %	0,25	0,0
26.	Морозостойкость	50 циклов	
27.	Потеря массы после испытания на морозостойкость не более, %	5,0	14,0
28.	Марка по морозостойкости песка	F50	Не кондиция
29.	Плотность (без пор) материал зерен, кг/м ³	–	3060
	Плотность зерен (включая поры-объемная масса) песка, кг/м ³	–	2980
	Плотность (включая поры и пустоты – объемная насыпная масса) песка, кг/м ³	–	1568
	Пористость зерен песка, %	–	2,61
	Пустотность песка (объем межзерновых пустот), %	–	47,5

В таблице 2 приведены сравнительные данные химического анализа сталеплавильного шлака по фактическому содержанию компонентов, и требований ГОСТ 5578-94 «Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия», ограничивающих содержание данных компонентов.

Таблица 2
Сравнительные показатели данных химического анализа

Наименование показателя	Данные химического анализа	Требования ГОСТ 5578-94
Содержание металлических включений (корольки, скраб), мас. %	11,32	Не более 5,0 в щебне* Не более 3,0 в песке*
Содержание оксидов железа и марганца (FeO + MnO), мас. %	7,81	В песке и щебне не более 3,0
Содержание сульфидной серы, мас. %	0,11	Не более 1,5
Содержание в щебне и песке сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO ₃	0,275	Не более 4,5
Потери при прокаливании в щебне и песке, мас. %	8,3	не более 7,0 в отвальном шлаке

Согласно полученным результатам, можно сделать следующие выводы:

- конвертерные шлаки не соответствует требованиям ГОСТ 5578-94 по содержанию металлических включений (корольки, скрап, оксидов железа и марганца (FeO+MnO) и потерю при прокаливании;

– по данным количественного рентгенофазового анализа сталеплавильный шлак содержит вьюстит FeO количестве 4,7–6,9 мас. %, содержание которого не соответствует требованиям ГОСТ 5578–94, (не более 3,0.)

– в соответствии с требованиями ГОСТ 5578-94 щебень и песок должны обладать устойчивой структурой против силикатного сульфидного распадов, однако шлак содержит значительное количество майенита $C_{12}A_7$, который в присутствии сульфатных вод способен гидратироваться с образованием высокосульфатной формы гидросульфоалюмината кальция (эттрипгит). Не устойчив против силикатного распада;

– конвертерный шлак содержит значительное количество ларнита $\beta\text{-}C_2S$ и майенита $C_{12}A_7$, обладающих вяжущими свойствами и может быть использован для изготовления минеральных вяжущих веществ помолом. Майенит $C_{12}A_7$ является нежелательной фазой цементов, так как схватывается за 15 минут, вследствие чего шлак можно использовать только для изготовления композиционного водостойкого гипсового вяжущего. – сталеплавильный шлак фракции 0-10 мм обладает низкой морозостойкостью, что ограничивает его применение в районах с низкими зимними температурами.

– сталеплавильный шлак фракции 0–10 мм по содержанию металлических включений не удовлетворяет требованиям норм, в результате чего его использование потребует дополнительных мероприятий (добавок) при приготовлении бетонов и растворов для строительных конструкций.

– количество пыли и зерен с крупностью менее 0,16 мм в сталеплавильном шлаке значительно превышает допускаемое нормами значение; вызовет значительное увеличение расхода воды при приготовлении бетонной смеси и строительных растворов, увеличит расходы цемента, что сделает производство бетона и строительного раствора с таким заполнителем экономически невыгодным.

– так как исследуемый сталеплавильный шлак содержит железо в виде корольков и различных соединений, то рационально рассмотреть возможность их

вторичной переработки с целью извлечения металла и дальнейшее применение полученных шлаков в строительстве.

– не рекомендуется для изготовления бетонов и растворов.

Однако, выявление у этого материала собственных вяжущих свойств, может негативно сказаться на его качестве, как мелкого заполнителя, поскольку в этом случае он тоже будет взаимодействовать с водой с образованием на первом этапе твердение коллоидов. В этой ситуации можно говорить об образовании системы, в которой целых 2 вещества – цемент и шлак, образуют коллоиды, а это в свою очередь должно привести к снижению прочностных характеристик и увеличению усадки изделий.

Известно, что за формирование плотного каркаса в бетоне отвечает крупный заполнитель. На сегодняшний момент оценить качество заполнителей можно по ГОСТ 8267-93. Но такая оценка не является удовлетворительной, так как многие, в том числе и топологические, свойства заполнителей существенно влияют на его прочность. Применение крупных заполнителей, соответствующих требованиям стандартов, но имеющих различную крупность, гранулометрический состав и форму зерен, а также разного минералогического состава и взятых из разных месторождений, дает различные результаты по плотности, прочности и другим показателям свойств бетонов.

Список литературы

1. Бочарников А.С. Магнитные герметизирующие композиции / А.С. Бочарников, А.Д. Корнеев, М.А. Гончарова и др. // Строительные материалы. – 2007. – №2. – С. 2–3.
2. Бочарников А.С. Композиционные материалы на основе цементно-водных активированных систем для инъекционного уплотнения бетона ограждающих конструкций / А.С. Бочарников, М.А. Гончарова, А.В. Комаричев // Строительные материалы. – 2015. – №5. – С. 31–33.
3. Бочарников А.С. Магнитные герметизирующие эпоксидные композиционные материалы с наполнителями из отходов производств: монография /

А.С. Бочарников, М.А. Гончарова, А.В. Глазунов / Под ред А.С. Бочарникова. – Липецк: Издательство ЛГТУ, 2009. – С. 119.

4. Патент РФ №2550712. Устройство для герметизации мест примыкания металл-бетон в ограждающих конструкциях защитных сооружений. – 2015. – Бюл. №13.

5. Гончарова М.А. Системы твердения и строительные композиты на основе конвертерных шлаков // Монография. – Воронеж: ВГАСУ, 2012. – 138 с.