

На рис. 3 представлены полученные С.А. Мироновым графики изменения температуры бетона и воздуха, на которые наложены рассчитанные по модели авторов значения для начальной температуры бетона +10 °С и +25 °С.

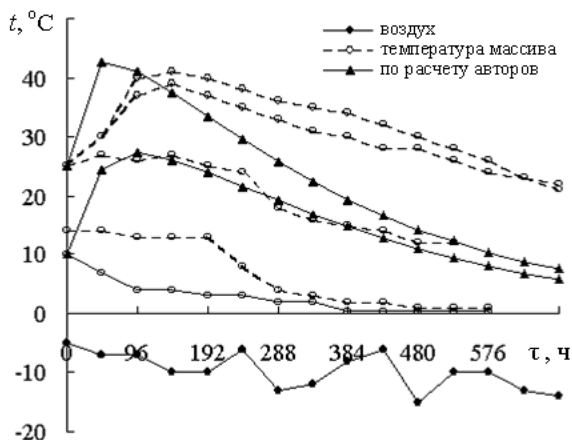


Рис. 3. Изменение температуры в бетонном массиве.

Анализ приведенных графиков показывает, что расчеты по предлагаемой модели твердения бетонного массива вполне удовлетворительно коррелируются с другими методами и могут быть рекомендованы для широкой апробации.

УДК 504.054

СУЛЬФАТНАЯ АКТИВАЦИЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ

КАЛЫСКА А. О., БУСЕЛ А. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Известно, что электросталеплавильные шлаки в составе бетонов по ряду причин используются менее активно чем, например, доменные. Основные причины этому следующие: низкая гидравлическая

активность, склонность к распаду и существенные колебания химического состава [3].

Сегодня основное применение электросталеплавильные шлаки Белорусского металлургического завода (БМЗ) в строительстве находят в качестве неукрепленных оснований дорожных одежд, наполнителя для асфальтобетона, и др.) [4]. На БМЗ установлено дробильно-сортировочное оборудование, с помощью которого шлак из отвала перерабатывается в фракционированные смеси, шлаковые щебень и песок. Следует отметить, что мелкая его фракция (0-5 мм) является маловостребованной. Между тем, по нашим данным, она обладает потенциальными вяжущими свойствами.

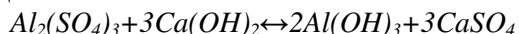
В НИИЛ бетонов и строительных материалов Белорусского национального технического университета проведены исследования мелкой фракции шлака БМЗ со временем пребывания в отвале более 2 лет. Свежеобразованный шлак в серии экспериментов не использовался, так как имеет неустойчивую структуру, для стабилизации которой необходимо выдерживание в отвале не менее года.

Минералогический состав шлака исследовали методом рентгенофазового анализа, который показал, что наиболее сильные дифракционные отражения в рентгеновских спектрах образца шлака принадлежат кварцу SiO_2 , кальциту CaCO_3 , магнезиту MgCO_3 , энстатиту MgSiO_3 , магнетиту Fe_3O_4 , фаялиту Fe_2SiO_4 , Zn-Fe-шпинели ZnFe_2O_4 , форстериту $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, β -ортосиликату кальция $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$ (ларниту), γ -ортосиликату кальция $\gamma\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$ (шеннониту), ранкиниту $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$, окерманиту $2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$, монтичеллиту $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, мервиниту $\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$, гелениту $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, мелилиту $\text{Ca}_2(\text{Al, MgSi})\text{Si}_2\text{O}_7$, гиллебрандиту $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Минералогический анализ пробы не обнаруживает составляющих с высокой гидравлической активностью в нормальных условиях (20°C при атмосферном давлении). Основной причиной тому, очевидно, можно считать условия охлаждения и хранения шлаков, которые способствуют практически полной кристаллизации его составляющих (медленное остывание и хранение на открытой площадке).

Одним из способов химической активации металлургических шлаков является применение сульфатного компонента (сульфатная активация), в результате чего при гидратации могут образовываться

минералы с вяжущими свойствами, например этtringит. Известно, что этот минерал может образовываться в присутствии гипса и гидроксида кальция [2]. Гидроксид кальция может появляться в шлаке в результате гашения свободной CaO, присутствующей в свежем шлаке, и неполного перехода его в CaCO₃ при хранении в отвале. При затворении шлака сульфатным активатором (в качестве активатора применяли раствор сульфата алюминия, являющегося побочным продуктом Гомельского химического завода) происходит следующая реакция:



Для проверки высказанного предположения контрольные образцы дробленого шлака затворялись водой (состав 1), а основные - раствором сульфата алюминия (составы 2-6). Результаты определения прочности в возрасте 7 суток нормально влажностного твердения показывают, что происходит набор прочности основных образцов до 3 МПа (табл. 1). Контрольные образцы в этих условиях набирают очень малую прочность. В возрасте 28 суток прочность основных образцов увеличилась незначительно – до 5 МПа, что свидетельствует о том, что интенсивный набор прочности завершается в первые дни после затворения.

Таблица 1

Прочность образцов шлака

состав №	количество активатора, % от m шлака	возраст, сут			
		7	14	21	28
1	0	0,6	1,1	1,2	1,3
2	1,0	2,4	2,5	2,8	2,4
3	1,5	3,3	3,5	3,8	3,1
4	2,0	3,2	3,8	4,0	4,5
5	2,5	3,3	3,8	4,3	5,5
6	3,0	3,2	3,6	4,6	5,5

При работе со смесью шлака с активатором наблюдалось быстрое схватывание смеси, которое, по нашему предположению, может быть результатом образования в первую очередь сульфата кальция (гипса) и гелеобразного гидроксида алюминия, связывающих значительное количество воды. Дальнейшее твердение вызвано медленным процессом возникновения гидратных новообразований, в частности, гидросульфоалюмината кальция.

Снимки структуры затвердевшего шлака, сделанные при помощи сканирующего электронного микроскопа «Vega II LMU» (Tescan, Чехия) показывают (рис. 2), что в ней появляются игольчатые новообразования, характерные для гидросульфоалюмината кальция [2], который вносит положительный вклад в рост прочности материала за счет механического переплетения кристаллов. В этом случае можно говорить об армировании структуры. На снимках контрольных образцов шлака, затворенных водой (рис. 1), такого явления не наблюдается.

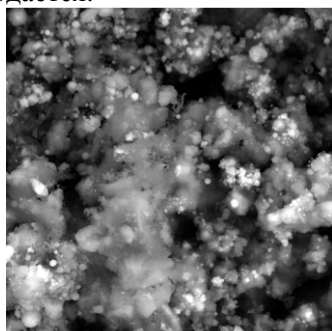


Рис. 1. Шлак, затворенный водой

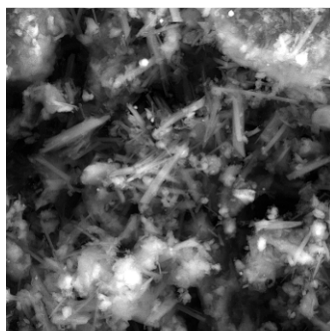


Рис. 2. Шлак, затворенный сульфатным активатором

Рентгенофазовый анализ затвердевшего активированного шлака показал появление характерных для гидросульфоалюмината кальция пиков ($d = 9,79; 5,64$) на дифрактограмме (рис. 3).

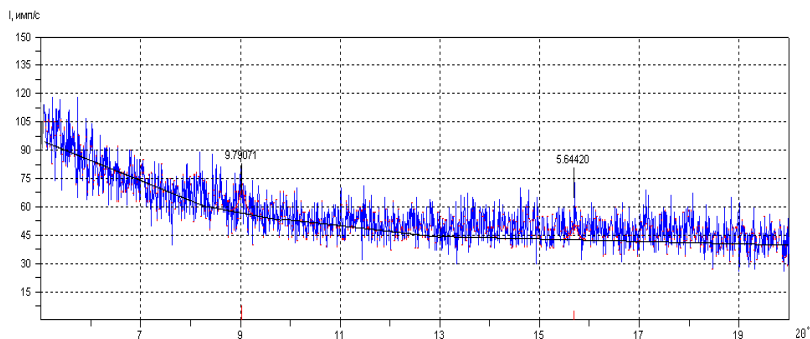


Рис. 3. Дифрактограмма затвердевшего шлака с активатором

По совокупности полученных данных авторы считают перспективной сульфатную активацию электросталеплавильных шлаков. При этом возникает реальная возможность получить самоотверждающую шлаковую смесь, которую можно использовать в основаниях дорожных одежд в случаях, где требования допускают марку по прочности укрепленных смесей М20-М40 [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильные дороги. Основания из материалов, укрепленных неорганическими вяжущими. Правила устройства: ТКП 028-2006. – Введ. 01.01.07. – Минск: Департамент «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций, 2007. – 80 с.
2. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества / А. В. Волженский. - М.: Стройиздат, 1986. - 464 с.
3. Дворкин Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности : учеб.-справ. пособ. / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ростов н/Д. : Феникс, 2007. – 368 с.
4. Костенко А. К. Оценка эколого-экономической эффективности использования электросталеплавильного металлургического шлака в дорожном строительстве. Минск: «Вестник БНТУ» 2.2008.

УДК 621.781

ПРИМЕНИМОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ДЛИТЕЛЬНО- ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

КОВШАР С.Н., МЕХДИ ХОРМОЗИ

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

При обследовании строительных конструкций одним из показателей их состояния является фактическая, или остаточная, прочность материала, из которого они изготовлены. Как правило, фактическая прочность не совпадает с проектной и с начальной. Железо-