

## ПРИМЕНЕНИЕ ВАГРАНОЧНЫХ ШЛАКОВ В АСФАЛЬТО- И ЦЕМЕНТОБЕТОНАХ

*И.А.Столяров, И.В.Марченкова, Семенюк С.Д., Семенюк Р.П.*

В статье рассматривается проблема загрязнения окружающей среды продуктами металлургического производства и пути возможного её решения. Объектом исследования является гранулированный ваграночный шлак ОАО «ММЗ», используемый как вторичный материальный ресурс для строительных материалов. Приводится методика исследования шлакового заполнителя в бетонах и асфальтобетонах.

Ключевые слова: ваграночный шлак, асфальто- и цементобетон, прочность, адгезия.

### 1. Введение

В настоящее время бесспорным является необходимость рационального и бережного использования природных ресурсов и сырья. Рациональность будет заключаться в снижении материалоёмкости продукции производства, более глубокой и комплексной переработке сырья и материалов, расширении использования вторичных ресурсов. Одним из наиболее перспективных направлений утилизации промышленных отходов является использование их в производстве строительных материалов, что позволяет значительно удешевить конечный продукт производства [1, 2].

Отходом металлургического производства являются шлаки. Однако правильнее было бы считать шлак не отходом, а побочным продуктом металлургического производства. При оценке шлаков, как сырья строительных материалов важной характеристикой их химического состава служит соотношение в них основных и кислотных остатков, модуль основности. Химический состав в значительной мере влияет на физические свойства затвердевших шлаков.

### 2. Методики исследования шлакового заполнителя

#### 2.1. В асфальтобетоне

Для определения возможности использования гранулированного шлака в качестве заполнителя в асфальтобетоне необходимо выяснить:

1. Адгезионные свойства битума с ваграночным шлаком.
2. Долговечность и прочность асфальтобетона.

*Для проверки адгезионных свойств используют следующий метод.*

Приготавливали битумоминеральную смесь двух составов. Затем в корзинку из металлической сетки выкладывали из одной чаши половину подготовленной смеси и распределяли её равномерным слоем. Затем опускали корзинку в стакан с кипящей дистиллированной водой, аналогичные операции проводили и со второй смесью.

Образцы выдерживали в кипящей воде 3 минуты. После кипячения корзинки с битумом помещали в стаканы с холодной водой, где выдерживали 3-5 минут, после смеси переносили на фильтровальную бумагу. Испытания на «пассивное» сцепление с шлаком (песком) считается проведенным успешно, если вид двух образцов после испытания не хуже, чем вид контрольных образцов.

В результате исследований установлено, что образцы со шлаковым заполнителем имеют лучшую адгезию с битумом, чем с песком, за счет когезионных свойств шлака.

На следующем этапе работы готовилась серия образцов – кернов различных составов, которые твердели в течение суток в помещении при комнатной температуре. Керны испытывали на сжатие и результат заносили в журнал наблюдений, по которому делали вывод о качестве подобранного состава и о его дальнейшем использовании.

### 2.1.1. Механические свойства асфальтобетона и влияние на них вида заполнителя

Проводились испытания образцов на прочность (из смеси типа А марки 1, асфальтобетон плотный мелкозернистый, крупность зерен минеральной части до 20 мм) путем испытания кернов разных составов на сжатие.

Процентное содержание каждого компонента составляет: щебень 57%, песок (шлак) 34%, минеральный порошок 9%, битума 5,7% сверх массы.

Результаты исследования представлены в таблице 1.

**Состав А:** 427 гр. щебня, 255 гр. песка фракции от 2 до 5 мм, 67,5 гр. минерального порошка, 43 гр. битума.

**Состав В:** 427 гр. щебня, 255 гр. ваграночного шлака фракции от 2 до 5 мм, 67,5 гр. минерального порошка, 43 гр. битума.

**Состав С:** 427 гр. щебня, 127 гр. ваграночного шлака, 127 гр. песка, 67,5 гр. минерального порошка, 43 гр. битума.

Таблица 1. Свойства асфальтобетона

Одни сутки									
Состав образца	h, мм	d, мм	A, м	V, м <sup>3</sup>	Масса, кг	ρ <sub>0</sub> , кг/м <sup>3</sup>	Сжатие		
							F, кН	R, МПа	
А	1	77	71,4	0,004	0,000308	0,714	2320	10	2,5
	2	72			0,000288	0,668		9,8	2,45
	3	75			0,0003	0,696		10	2,5
В	1	77	71,4	0,004	0,000308	0,699	2270	11	2,75
	2	76			0,000304	0,690		11,2	2,8
	3	70			0,00028	0,635		11,1	2,77
С	1	72	71,4	0,004	0,000288	0,677	2351	10,5	2,63
	2	76			0,000304	0,714		10,6	2,65
	3	75			0,0003	0,705		10,6	2,65

### 2.2. В цементобетоне

Для определения возможности использования гранулированного шлака в качестве заполнителя в цементном бетоне необходимо выяснить:

1. Эффективность шлакового заполнителя с точки зрения прочности получаемого бетона;

2. Долговечность, стойкость по отношению к воздействиям агрессивных сред.

В работе использована распространённая методика оценки прочности и долговечности, основанная на комплексном контроле его прочности и деформативных свойств. На начальном этапе проводится исследования свойств проб ваграночного шлака с помощью лабораторного оборудования, по результатам которых делают вывод о качестве шлака и пригодности его использования в качестве заполнителя для бетонов.

В данной работе проводились испытания по определению прочности образцов балочек предварительно выбранного состава на изгиб и осевое сжатие их половинок.

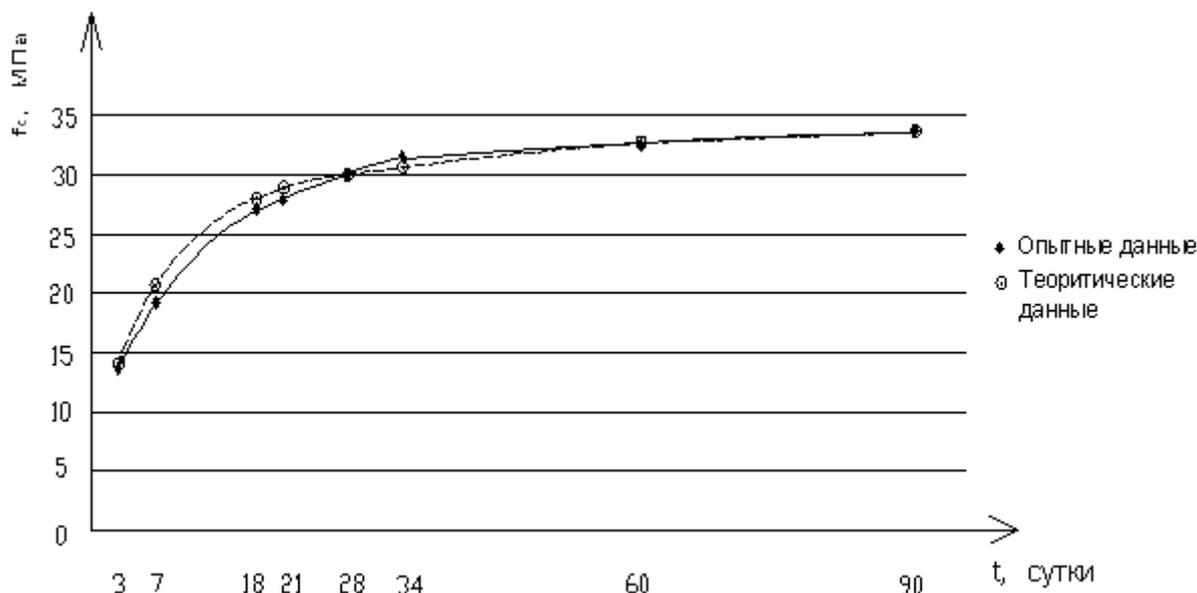


Рис. 1. Прочность бетона на кварцево-шлаковом заполнителе

На рисунке 1 представлены экспериментальные данные и теоретическая зависимость которая описывается уравнением гиперболы вида:

$$R_t = R_{28} \cdot \frac{t}{4,2 + 0,85 \cdot t}, \quad (1)$$

где  $t$  – время в сутках.

В работе проводились испытания бетона на круге истирания, в ходе которого выяснилось, что исследуемый материал достаточно устойчив к истиранию и потеря массы к площади не превышает допустимого значения. По опытным данным  $I = 0,0656 < 0,08$

Модуль упругости исследуемого бетона в возрасте 28 суток соответствует требованиям СНБ 5.03.01 – 02 и его можно определять по таблице 6.2 [3].

### 3. Использование шлака в качестве заполнителя для декоративного бетона

Декоративные бетоны с обнаженной посредством шлифования структурой находят в строительстве широкое применение (мозаичные полы, лестничные ступени и другие элементы с фактурой «террацо»).

Нами проведены опыты по использованию в декоративном бетоне гранулированного шлака Могилевского Metallургического завода взамен мраморной крошки и других добавок. Шлак черного цвета на шлифованной поверхности затвердевшего бетона хорошо контрастирует со светлым цементным камнем и по декоративности не уступает дорогостоящим аналогам. При использовании шлака бетон имеет повышенную стойкость против истирания, так как шлак стекловидной и практически плотной структуры значительно тверже мрамора (твердость мрамора – 3, шлака – более 5). Для выявления рекомендаций по использованию гранулированного ваграночного шлака в качестве заполнителя прогнозированы также требования зарубежных стандартов [4,5].

По германскому стандарту, шлак, применяемый в качестве заполнителя, должен содержать не менее 29% SiO<sub>2</sub> и не более 45% CaO. По английскому стандарту условия пригодности шлака в качестве заполнителя выражается следующими формулами:

$$\% \text{CaO} + 0,8(\% \text{MgO}) < 1,2(\% \text{SiO}_2) + 0,4\%(\text{Al}_2\text{O}_3) + 1,75(\% \text{SO}_3), \quad (2)$$

$$\% \text{CaO} < 0,9(\% \text{SiO}_2) + 0,6\%(\text{Al}_2\text{O}_3) + 1,75(\% \text{SO}_3). \quad (3)$$

Этим требованиям ваграночные шлаки ОАО «Могилевский металлургический завод» удовлетворяют.

Мощность дозы  $\gamma$  – излучения равна 0,035-0,040 мкЗв/час, что значительно меньше нормативного значения, составляющего 0,2 мкЗв/час.

#### 4. Заключение

Применение отходов металлургического производства, представленных в виде гранулированных ваграночных шлаков, позволяет получить асфальтобетон а также декоративные бетоны по прочности не уступающие асфальто- и цементобетону на заполнителе из песка, что обуславливает экономию средств и как следствие получение дешевых материалов для строительства.

Использование отходов ОАО «Могилевский металлургический завод» препятствует их накоплению в больших количествах и тем самым устраняет необходимость траты на их утилизацию или хранение в отвалах.

Гранулированные ваграночные шлаки относятся к четвертому классу опасности по международному классификатору отходов утвержденному Министерством Природы Республики Беларусь, что допускает его использование в строительных материалах.

Итогом исследования на данном этапе является внедрение и более широкое использование ресурсосберегающих технологий, удешевление стоимости материалов, сохранение благоприятной экологической обстановки.

#### Литература

1. *Семенюк С.Д.* Отработанные пески формовочных смесей – мелкий заполнитель бетонов / *С.Д. Семенюк, Р.П. Семенюк* // Бетон и железобетон. – 1992.-№7. – с. 29-30.
2. *Ковширко, Д.А.* Исследование эффективности использования гранулировано ваграночного шлака в качестве заполнителя для жаропрочного бетона / *Д.А. Ковширко, С.Д.Семенюк* // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2003. – №2 (12) Минск. – с. 64-73.
3. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02 / Минстрой -архитектуры РБ. – Минск, 2003. – 140с.
4. *Ицкович С.М.* Отходы металлургии строительству / *С.М.Ицкович, В.А.Балашевич, В.А. Богдан, И.Н.Тихомиров.* – Минск: Польша, 1973. – 56 с.
5. *Гладких, К.В.* Шлаки – не отходы, а ценное сырье / *К.В.Гладких.* – М.: Стройиздат, 1966. – 42 с.

#### **Столяров Илья Александрович**

Студент строительного факультета  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(29) 743-22-31

#### **Марченкова Ирина Владимировна**

Студентка строительного факультета  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(29) 742-21-41.

#### **Семенюк Славик Денисович**

Заведующий кафедрой «Строительные конструкции, здания и сооружения», д-р тех. наук, доцент  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(22) 222-09-27

#### **Семенюк Раиса Петровна**

Ст. преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство»  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(22) 225-24-47