

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛИКАТНОГО РАСПАДА ШЛАКА ТЕКУЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА БЕЛОРУССКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АСФАЛЬТОБЕТОНЕ

В процессе переработки лома черных металлов на Белорусском металлургическом заводе образуются электросталеплавильные шлаки, которые получают в результате передельного процесса выплавки стали в дуговых электросталеплавильных печах. В настоящий момент Белорусский металлургический завод (БМЗ) располагает запасами шлаков в отвалах и шлаков текущего производства в количестве более 800 тысяч тонн.

Щебень, получаемый из отвальных электросталеплавильных шлаков, имеет устойчивую структуру, обладает физико-механическими характеристиками (марка по прочности М1000, истираемость И1, морозостойкость F25), сопоставимыми с физико-механическими характеристиками гранитного щебня.

Однако электросталеплавильный шлак текущего производства в зависимости от внешних условий способен существовать в нескольких кристаллических формах с различной структурой. Каждая модификация (α - β - , γ - Ca_2SiO_2) имеет свою область температуры и давления, при которых она стабильна. Под действием как физических, так и химических факторов окружающей среды происходит процесс распада шлака текущего производства [1]. В основе разрушения шлаков лежит трещинообразование, возникающее вследствие неравномерного его охлаждения, микронеоднородности структуры, а также изменения объема активных компонентов, взаимодействующих с окружающей средой. В результате разрушения, количество дефектов, а следовательно, общая величина напряжений в шлаке снижается, обеспечивая дальнейшую устойчивость [2].

Основные составляющие электросталеплавильного шлака текущего производства приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Химико-минералогический состав шлака

Оксиды	Содержание, %			
	Проба №1	Проба №2	Проба №3	Проба №4
SiO_2	16,14	2,84	20,01	14,16
Al_2O_3	4,74	3,82	2,21	1,52
CaO	45,50	44,94	32,91	39,12
$\text{CaO}_{\text{свобод.}}$	1,13	0,27	0,53	0,74
MgO	5,07	5,17	5,11	5,13
SO_3	0,92	0,3	0,74	0,54

Для распознавания шлаков, подверженных силикатному распаду, рекомендовано петрографическое исследование с количественным определением кристаллов силиката кальция, или определение химическим путем. Также для проверки склонности предлагаются следующие уравнения [3].

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

$$\% \text{CaO} \leq 0,9 (\% \text{SiO}_2) + 0,6 (\% \text{Al}_2\text{O}_3) + 1,75 (\% \text{S}). \quad (2)$$

Если неравенства неверны, то шлак производства склонен к распаду. Расчет по формулам (1) и (2) и данным таблицы 1 приводят к следующим результатам:

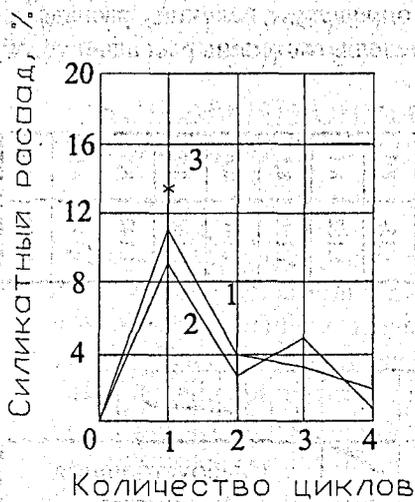
$$45,5 \% > 18,9 \%; \quad (1)$$

$$45,5 \% > 18,8 \%; \quad (2)$$

то есть условия не выполняются. Данный шлак текущего производства имеет не устойчивую структуру и требует проведения дополнительных исследований.

Распад шлаков текущего производства в штабелях происходит за длительный период (2-3 года). Для строительных целей могут применяться только шлаки с устойчивой структурой и степенью распада менее 3% [3]. В связи с этим, для оценки устойчивости структуры и возможности последующего применения электросталеплавильного шлака Белорусского металлургического завода в качестве крупного заполнителя для асфальтобетона требуется разработать соответствующую методику.

Известны методы определения устойчивости шлака, но они мало доступны и длительны по срокам испытания (до 32 суток). Так по методике СоюздорНИИ пробы шлака подвергают пятикрат-



1 – обработка при 0,3 МПа в течение 6-ти часов; 2 – обработка при 0,3 МПа в течение 2-х часов; 3 – испытания по ГОСТ 3344-73. 1,2,3 – суммарные потери массы по циклам

Рисунок 1 – Влияние режима автоклавной обработки на распад сталеплавильного шлака:

ной обработке в автоклаве при давлении 0,3 МПа в течение 2 часов. По методике Донецкого ПромстройНИИпроекта шлак подвергают трехкратной обработке при давлении 0,9 МПа в течение 4 часов. По методике УралНИИЧМ осуществляется 30-суточная выдержка щебня из шлака в дистиллированной воде с последующим испытанием в автоклаве в течение 6 ч (продолжительность методики до 32 суток). В результате под действием как физических, так и химических факторов происходит процесс распада. Кинетика распада шлака определяется изменением его напряженного состояния. При тепловлажностной обработке шлака количество трещин увеличивается за счет расклинивающего действия воды, давления пара, гидратации активной составляющей. Продолжение испытаний приводит к резкому уменьшению величины распада. Этому также способствует частичная цементация вершин трещин, которая происходит благодаря повышенной химической активности материала в напряженном состоянии.

Исходя из описанной схемы распада, режим тепловлажностной обработки шлака должен находиться в соответствии с его структурными свойствами и кинетикой их изменения. На рис. 1 показано влияние режима автоклавной обработки на распад сталеплавильного шлака [2].

С увеличением количества циклов и продолжительности испытания шлака суммарные потери массы его возрастают, и после трех циклов превосходят потери, определенные по стандартной методике. В дальнейшем они стабилизируются, что

объясняется образованием вторичной структуры, устойчивой к распаду. Это позволяет ограничить обработку шлака при 0,3 МПа тремя циклами продолжительностью по 2 часа и сушкой неохлажденного материала в разогретом до 423 – 473 К сушильном шкафу (продолжительность методики 12-16 часов).

На основании данной методики (три цикла продолжительностью по 2 часа при давлении пара 0,3 МПа) провели испытания шлакового текущего производства щебня фракций 5, 10, 15 мм на устойчивость. Одновременно нами предложено проводить испытания на дробимость (D_1) (по стандартной методике [4]) шлака текущего производства до испытания на силикатный распад и после (D_2). В результате установлена зависимость степени распада от прочности шлака текущего производства (химического состава приведенного табл. 2). На основании полученной зависимости разработана методика определения силикатного распада шлака текущего производства, приведенная ниже.

Таблица 2 – Фазовый состав электросталеплавильных шлаков, % (данные ИОНХНАНБ)

Фаза / Образцы	№ 1 от 3.12.03	№ 2 от 14.11.03	№ 3 1998 год
$Ca_2SiO_4 (\alpha, \beta, \gamma)$	80,6	86,5	85,4
$MgFe_2O_4$	7,8	6,2	6,8
$MnAl_2O_4$	4,2	3,8	3,2
$CaCO_3$	3,9	2,0	3,2
$AlFe_3C_x$	5,0	-	-
Влажность	0,5	1,5	1,4

Методика определения силикатного распада шлака текущего производства. На первом этапе рассеивают навески шлакового щебня текущего производства на стандартные фракции. Для испытания отбирают три навески фракции 5 мм или 10 мм не менее 0,5 кг каждая. По [4] определяют дробимость (D_1) электросталеплавильного шлака (с точностью до 1 %).

На втором этапе по значению полученной дробимости (D_1) и табл. 3 определяют значение коэффициента дробимости (K_d).

Затем по формуле (1) определяют величину дробимости (D_2).

$$\frac{D_1}{D_2} = K_d \quad (1)$$

На третьем этапе по зависимости, представленной на рис. 2, определяем величину распада соответствующую D_2 . По значению распада и в соответствии с [5] определяют степень распада и устойчивость шлака текущего производства.

Таблица 3 – Значение коэффициента дробимости

Дробимость, D_1	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0
K_d	1,186	1,183	1,18	1,77	1,74	1,71	1,169	1,167	1,164	1,162	1,159	1,157	1,154	1,152	1,150	1,148	1,144	1,142	1,141	1,139

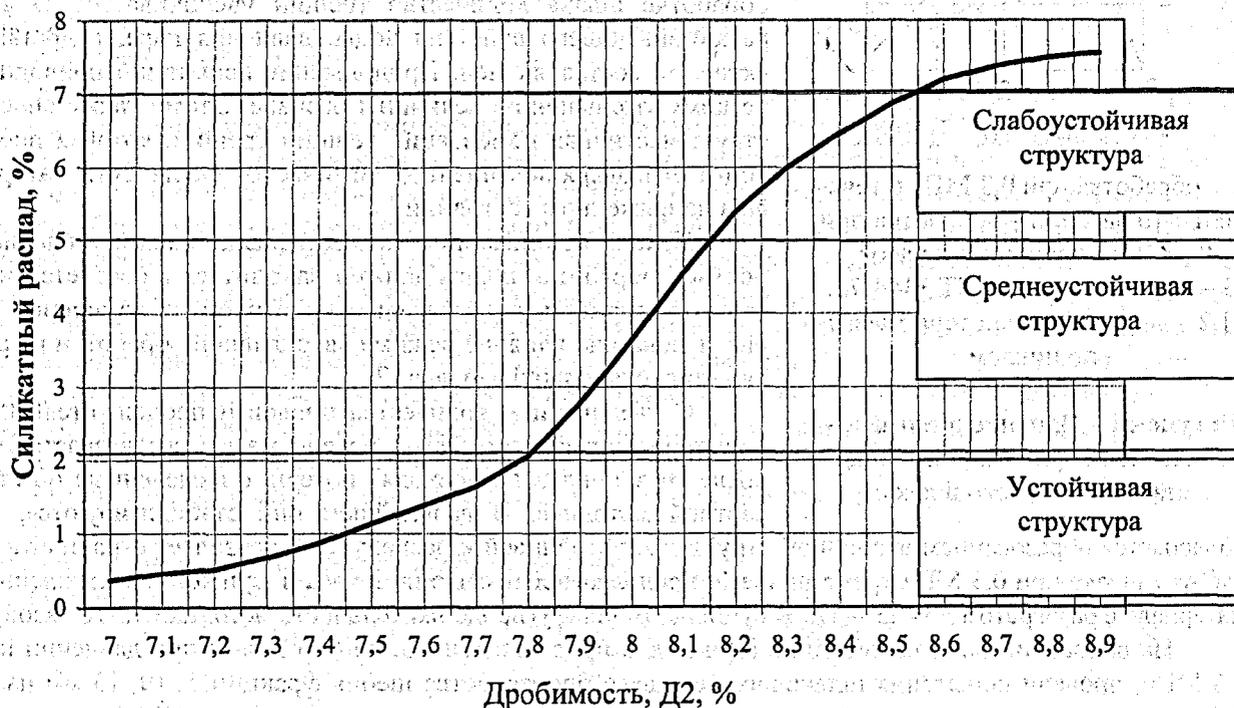


Рисунок 2 – Зависимость силикатного распада от дробимости электросталеплавильного шлака текущего производства

Применение данной методики позволяет определить, что при значении дробимости менее 7,8 % структура шлака текущего производства является устойчивой. Кроме этого, продолжительность испытания шлака на распад сокращается с 12-16 часов до 2-3 часов и обеспечит доступность методики для определения силикатного распада электросталеплавильного шлака текущего производства в лабораторных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киршина К.В. Опарина О.Н. О методике определения устойчивости структуры щебня из сталеплавильного шлака. УралНИИЧМ; Свердловск, 1980, т. 37
2. Рекомендации по устройству искусственных оснований из отвальных сталеплавильных шлаков при строительстве промышленных зданий и сооружений, Донецк. 1979
3. Ицкович С.М., Балашевич В.А. Отходы металлургии строительству., изд-во Полымя, Минск, 1973, с.57.
4. ГОСТ 8269.0-97. Щебень из природного камня, гравий и щебень из гравия для строительных работ. Методы испытаний.
5. ГОСТ 3344-83. Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства.