

**Ю. А. Спиридонов, канд. техн. наук, доц.  
В. А. Проценко**  
(РХТУ, г. Москва)

## **ДЕКОРАТИВНЫЙ СИТАЛЛ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ**

Целью данной работы является создание декоративного стеклокристаллического материала, для которого в качестве одного из видов сырья применен доменный шлак.

Как известно, для повышения уровня жизни населения и создания комфортных условий для жизнедеятельности человека, с каждым годом стремительно возрастает производство различных материалов и товаров. Но также возрастают и отходы с этих производств. Сбросы ненужных, отработанных веществ в почву, водоемы и воздух значительно загрязняют нашу планету, создавая экологические проблемы и угрожая здоровью всего живого. Это обуславливает необходимость разработки технологий по использованию отходов как вторичного сырья для производства различных материалов и изделий из них.

Из-за постоянно растущего темпа строительства в настоящее время ощущается нужда в облицовочных материалах. В данной работе для их синтеза предпринята попытка использовать доменные гранулированные шлаки, являющиеся основным твердым отходом при получении разных сортов чугуна и ферросплавов. Это был важный шаг, ведь выход доменного шлака по массе равен выходу чугуна, а по объему выход шлака превышает в 2,5 раза. Для представления количества этого выброса стоит сказать, что по данным государственной статистики РФ за 2019 год было выпущено 51,2 млн т чугуна. [1]

В данной работе был использован шлак с составом 44.3 SiO<sub>2</sub>; 5.84 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0.41 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 44.4 CaO; 4.59 MgO; 0.41 SO<sub>3</sub> (мас. %). Это аморфный материал, богатый CaO. В шихту, использовавшуюся для синтеза стекол, помимо шлака вводили кварцевый песок, что позволило повысить содержание основного стеклообразователя в материале, и соду, необходимую для снижения вязкости расплава и облегчения варки. После изучения тематической литературы было принято исследовать 9 составов стекол, в которых различается содержание CaO и Na<sub>2</sub>O. Они представлены в нижеприведенной таблице 1. Варку стекол проводили в корундовых тиглях в лабораторной электрической стекловаренной печи при температуре 1425°C. Стекломассу отливали в виде плиток размерами 40x40x10 мм и отжигали в течение 30 мин при 600°C.

**Таблица 1 – Исследуемые составы стекол**

№	Содержание оксидов, мас.%						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>
1а	68,07	2,3	17,5	1,81	10	0,16	0,16
1б	65,57	2,3	17,5	1,81	12,5	0,16	0,16
1в	63,07	2,3	17,5	1,81	15	0,16	0,16
2а	65	2,6	20	2	10	0,2	0,2
2б	62,5	2,6	20	2	12,5	0,2	0,2
2в	60	2,6	20	2	15	0,2	0,2
3а	61,8	3	22,5	2,3	10	0,2	0,2
3б	59,3	3	22,5	2,3	12,5	0,2	0,2
3в	56,8	3	22,5	2,3	15	0,2	0,2

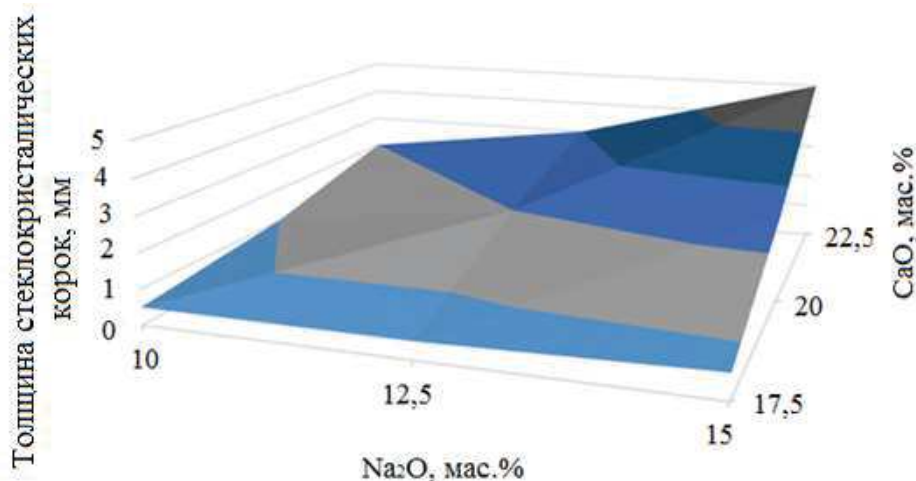
Состав шихты в граммах на 100 массовых частей стекла приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Состав шихты для исследуемых стекол в граммах**

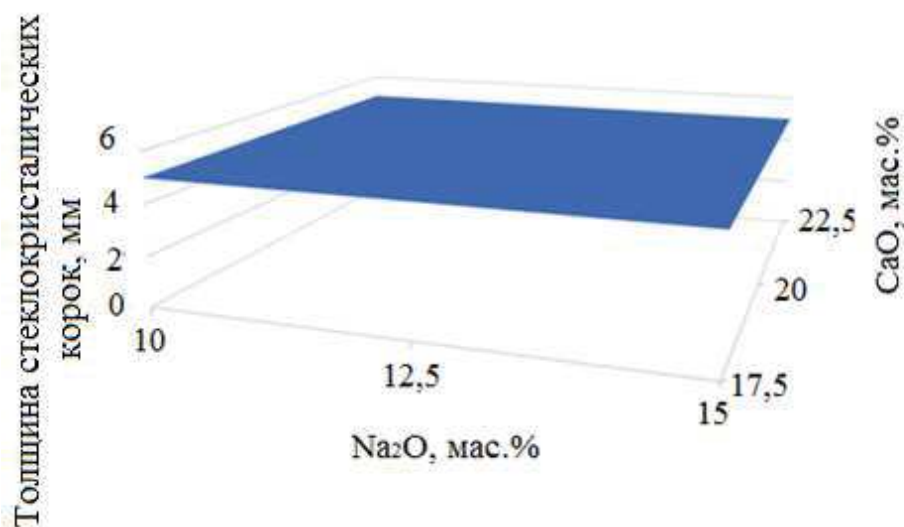
№ состава	Содержание компонентов, г		
	шлак	песок кварцевый	сода кальцинированная
1а	39,4	50,6	17,65
1б	39,4	48,1	22
1в	39,4	45,6	26,5
2а	45	45	17,65
2б	45	42,5	22
2в	45	40	26,5
3а	50,7	39,3	17,65
3б	50,7	36,8	22
3в	50,7	34,3	26,5

Для анализа кристаллизационной способности и растекаемости из каждой плитки были выпилены по 4 образца кубической формы с размерами (1x1x1) см. термообработку полученных кубиков проводили при температурах 900°C, 950°C, 1000°C и 1050°C. В каждом случае выдержка при максимальной температуре составляла 1 час. Исследование сколов полученных образцов показало, что термообработка стекол при температурах 900 и 950 °C (рис.1) приводила к их частичной кристаллизации, которая во всех случаях начиналась с поверхности образцов. По мере увеличения содержания CaO в материале толщина визуальной фиксируемой поверхностной стеклокристаллической корки увеличивалась от долей миллиметра до 5 мм. Последнее значение свидетельствовало о том, что весь образец приобретал стеклокристаллическую структуру, не имеющую видимых невооруженным глазом участков с характерным стекловидным блеском. Увеличение содер-

жания  $\text{Na}_2\text{O}$  также приводило к некоторому увеличению толщины поверхностной корки. По-видимому, это объясняется его влиянием на снижение вязкости стекломассы, что способствует повышению ее склонности к кристаллизации.



**Рисунок 1 – Толщины поверхностных стеклокристаллических корок образцов при термообработке при 900 °С и 950 °С**



**Рисунок 2 – Толщины поверхностных стеклокристаллических корок образцов при термообработке при 1000°С и 1050°С**

Проводя визуальную оценку структуры образцов, термообработанных при температурах 1000 °С и 1050 °С (рис. 2), было установлено, что у всех исследованных составов образцы имели стеклокристаллическую структуру без видимых областей незакристаллизованного стекла. Рентгенофазовый анализ термообработанных образцов показал наличие в

них двух кристаллических фаз – волластонита ( $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) и девитрита ( $\text{Na}_2\text{O}\cdot 3\text{CaO}\cdot 6\text{SiO}_2$ ). Помимо исследования структуры у материалов была измерена их растекаемость. Ее рассчитывали, исходя из размеров площадей основания образцов до и после термообработки. В качестве подложки в этих экспериментах использовали шамотный тяжеловес. Перед термообработкой образцы имели форму близкую к кубической. Площадь их основания составляла приблизительно  $1\text{ см}^2$ . В результате термообработки происходило размягчение и оплавление образцов. Они во многих случаях теряли форму и растекались в виде небольшой лепешки. Площадь, занимаемая ими на подложке, увеличивалась. Соотношение конечной и исходной площадей основания образцов, выраженное в процентах, было принято за величину растекаемости (табл.3).

**Таблица 3 – Растекаемость исследованных составов**

№	Температура, °С			
	900	950	1000	1050
1а	163	120	111	138
1б	200	200	155	212
1в	212	240	155	212
2а	238	180	185	140
2б	200	280	200	150
2в	163	220	200	212
3а	200	180	200	138
3б	163	180	200	138
3в	138	160	157	112

Как видно из данных представленных в табл. 3 наибольшие значения растекаемости показали образцы состава 1в и 2б. Их можно взять за основу при разработке технологических параметров получения декоративного стеклокристаллического материала методом спекания и кристаллизации гранул стекла в формах. Образец 1а может быть взят в качестве отправной точки для разработки технологии получения декоративного материала путем кристаллизации монолитных плит. Проведенное исследование показало, что доменный металлургический шлак может быть использован в качестве сырья для получения стеклокристаллического материала, предназначенного для внутренней облицовки стен зданий и сооружений различного назначения.

### Литература

1. Федеральная служба государственной статистики // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 04.11.2020).