

Глинозем, например, наиболее реакционно-способен при размере частиц 5 – 7 мкм и общем их содержании в пределах 80 – 90 %.

Примеси гидрослюды (мусковита) измельчаются очень плохо, в основном преобладают они в крупных фракциях суспензии и в дальнейшем при обжиге могут быть зародышами дефектов, снижающих электрические характеристики.

Полученные в ходе исследований данные позволят внести обоснованные изменения в технологические параметры производства фарфора.

*Поступила в редколлегию 07.05.12*

УДК 666.1.031

**С.Н. ЯИЦКИЙ**, аспирант, НТУ «ХПИ»,

**Л.Л. БРАГИНА**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,

**Н.С. ЯИЦКИЙ**, зам. нач. цеха, ПАО «ЛСЗ «Пролетарий», Лисичанск

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ОГНЕУПОРНОЙ ФУТЕРОВКИ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИСТОВОГО СТЕКЛА**

В роботі проаналізовані особливості руйнування вогнетривких матеріалів під час експлуатації в окремих ділянках ванної скловарної печі при виробництві полірованого листового скла. Розглянуто вплив технологічних та теплотехнічних параметрів на характер руйнування та тривалість служби вогнетривів різного складу.

В работе проанализированы особенности разрушения огнеупорных материалов в процессе эксплуатации на отдельных участках ванной стекловаренной печи при производстве полированного листового стекла. Рассмотрено влияние технологических и теплотехнических параметров на характер разрушения и продолжительность службы огнеупоров различного состава.

In this paper the features of refractory materials degradation during service on the separate parts of the glassmelting bath furnace in the manufacture of float glass have been analysed. Influence of technological and thermal parameters on the fracture pattern and the service length of refractories of different compositions have been studied.

Стекловаренные печи являются основными агрегатами стекольных предприятий. В печах совершаются процессы тепловой обработки сырьевых

материалов в целях получения высококачественной стекломассы и выработки продукции высокого качества, соответствующей заданным параметрам.

В последние годы произошли значительные изменения в конструкции и эксплуатацию стекловаренных печей. Все больше применяется ДЭП (дополнительный электроподогрев), который позволяет увеличить съём стекломассы и значительно уменьшить износ огнеупорной футеровки печи [1], кислородное сжигание топлива, при котором достигается значительная экономия топлива и сокращается образование и выбросы в атмосферу оксидных соединений азота [2] и др.

Одной из актуальных проблем производства листового стекла является увеличение продолжительности кампании ванн стекловаренных печей.

В конце 80-х годов прошлого столетия она составляла в среднем 3 – 3,5 года, в настоящее время в Украине она удлинилась до 6 – 8, в европейских странах – до 10 – 12 лет. Этот показатель определяется в большой степени свойствами используемых огнеупорных материалов: термостойкостью и коррозионной стойкостью по отношению к стеклорасплаву и агрессивной печной газовой среде, а также условиями службы элементов огнеупорной кладки, параметрами технологического режима варки, в частности, значениями температуры, удельным съёмом стекломассы, видом топлива и конструктивными особенностями печи [3].

**Целью настоящей работы** явилось установление состояния огнеупоров и особенности разрушения в реальных условиях наиболее изнашивающихся элементов кладки стекловаренной ванной печи при производстве листового стекла флоат-способом на Лисичанском стеклозаводе «Пролетарий».

**Результаты и их обсуждение.** Анализ состояния огнеупорных материалов кладки печи был проведен в цехе № 2 завода «Пролетарий» с учетом ее характеристик, данных технологического режима и конкретных условий эксплуатации. Тип печи – регенеративная, с поперечным направлением пламени; производительность – 350 т стекломассы в сутки; топливо – природный газ; коэффициент избытка воздуха,  $\alpha = 1,02 – 1,05$  в зоне 1-ой и 2-ой пары горелок,  $\alpha = 1,2 – 1,6$  в зоне 3-й – 5-й пары горелок; удельный съём стекломассы с 1 м<sup>2</sup> отапливаемой части печи – 1950 – 2000 кг/м<sup>2</sup>; максимальная температура – 1595 – 1600 °С. Материал стен варочного бассейна – плавленолитые бадделеитовые огнеупоры бакор 33 и бакор 36. Материал подвесных стен бассейна – бакор и динас, свода – динас, насадок регенератора – циркон, периклаз и хромомагнетит.

Интенсивность воздушного обдува наружных стен варочного бассейна – 0,9 – 1,0 м<sup>3</sup>/с на 1 м кладки. Практика эксплуатации ванн печей свидетельствует, что к наиболее изнашивающимся элементам относятся: главный свод, влёты горелок, подвесные стены варочной части печи, своды регенераторов; периметр варочной зоны и дно бассейна; насадки регенератора [4].

Степень и характер износа указанных элементов футеровки оценивали в зависимости от их расположения в печи, температурных параметров, состава огнеупорных материалов и стекломассы, наличия теплоизоляционного слоя.

Нанесение теплоизоляционного слоя является способом энерго и ресурсосбережения, благодаря уменьшению потерь тепла через огнеупорную футеровку печи.

На стекловаренной печи цеха № 2 теплоизоляция выполнена следующим образом:

- главный свод и свод регенератора – слой толщиной 300 мм из легкового динаса и специальной динасовой массы;
- подвесные стены и горелки – слой толщиной 115 мм. из легковесного шамотного кирпича;
- периметр варочного бассейна – слой толщиной 175 мм. который изолирует 2/3 высоты бруса бассейна и состоит из шамотной плиты, асбестобескальцевой плиты и цирконовой массы грубого помола.

В таблице приведены результаты мониторинга состояния огнеупорной футеровки печи после полуторагодичной эксплуатации.

Установлено, что после полуторагодичной эксплуатации печи огнеупоры стен варочного бассейна в наибольшей степени подверглись разрушению в зоне максимальных температур (4-ая пара горелок), где толщина бруса уменьшилась 250 мм до 100 мм, в меньшей степени под первым влётом горелки – до 150 мм и по всему периметру варочной зоны вне пламенного пространства еще менее – до 160 – 180 мм.

Специфические особенности разрушения бакоровых огнеупоров подвесных стен варочной части выразились в образовании мощного граничного реакционного слоя толщиной  $\approx 20 - 30$  мм вследствие агрессивного воздействия летучих компонентов шихты и расплава, особенно в зоне варочного бассейна, на влётах горелок от загрузочного кармана до 3-й пары горелок.

Появление указанного слоя, характеризовавшегося низкой механической прочностью, сопровождалось его последующим отслаиванием, обрушением и распространением коррозии вглубь огнеупорной кладки.

Результаты мониторинга состояния огнеупорной футеровки печи

Часть конструкции	Факторы, влияющие на коррозию материала	Используемые огнеупорные материалы	Степень и характер износа
Главный свод	Пыление и испарение шихты; термическая нагрузка под действием пламени	Динас	Уменьшение толщины на 20 мм
		Цирконовые вставки	Незначительный износ
Опора и защита свода	То же	Циркон	Незначительный износ
Подвесные стены варочной части	То же	Бакор-36, циркон	Значительный износ, реакционный слой до 30 мм
Влет горелки	То же и смена температур	Бакор-36	То же
Боковые стены	Граница раздела газ – огнеупор – расплав	Бакор-36, бакор-33	Максимальное разъедание на уровне зеркала расплава до 150 мм, коррозия швов
Угловой огнеупор варочного бассейна	Высокая скорость стекломассы	Бакор-36, бакор-33	Износ на уровне зеркала стекломассы до 80 мм.
Свод регенератора	Высокая температура, смена температур, пыление и испарение шихты	Динас	Незначительный износ
Насадка регенератора- верхняя часть (1000 – 1400 °C)	Высокая температура, резкая смена температур и окислительно-восстановительного потенциала	Циркон, магнетит	Образование мощного реакционного слоя
Шансовые кольца	Термомеханическая нагрузка до 0,25 Н/мм <sup>2</sup>	Высокоглиноземистый огнеупор	Без изменений

Это согласуется с данными о разрушении бакоровых огнеупоров приведенными в работе [5]. Следствием агрессивного воздействия летучих компонентов явилась значительная коррозия верхних двух рядов насадок регенератора из циркона в форме восьмигранных горшков: при исходной толщине стенки горшка, равной 30 мм, реакционный слой настолько значительно увеличился, что на 2/3 перекрыл его объем.

Главный свод варочной части изменился незначительно: наблюдались

отдельные оплавленные участки первой секции с уменьшением толщины кладки на 10 – 20 мм при первоначальной толщине сводового камня 450 мм. В остальных секциях внутренняя поверхность свода практически не подверглась существенным изменениям, за исключением оплавления огнеупоров на отдельных участках (рисунок).

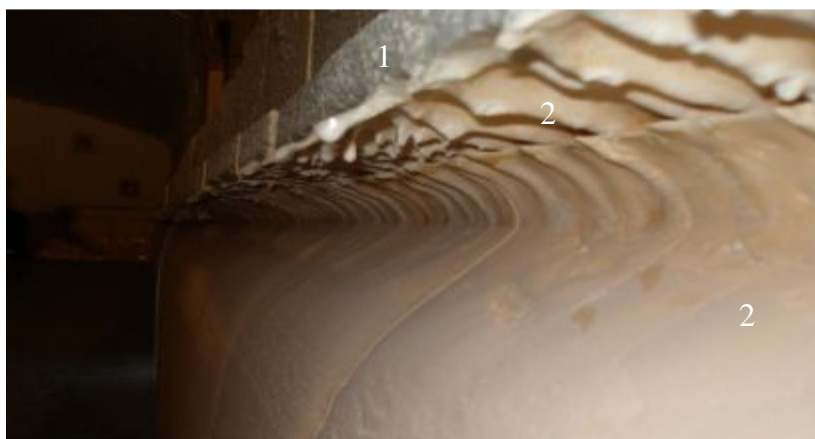


Рис. – Разъедание расплавом стекла палисадного бруса варочного бассейна:  
1 – неизменная часть огнеупора; 2 – разъеденная часть огнеупора.

### **Выводы.**

Результаты систематического анализа службы огнеупорных материалов в стекловаренной печи при производстве листового флоат-стекла свидетельствуют о наиболее интенсивном разрушении огнеупоров в зоне квельпункта и на границе раздела газ – стеклорасплав – огнеупор.

В зонах загрузки, силикато- и стеклообразования степень разрушения огнеупоров определяется количеством летучих компонентов шихты.

Использование мероприятий, направленных на снижение проявления указанных факторов, позволит продлить кампанию стекловаренных печей с безаварийной работой до 10 – 12 лет.

**Список литературы:** 1. Панкова Н.А. Теория и практика промышленного стекловарения: учебное пособие / Н.А. Панкова, Н.Ю. Михайленко. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. – 102 с. 2. Viduna J. Oxy-fuel Melting – Environmental Benefits, Latest Burner Technology for Frit Producer, Field Results / J. Viduna, C. Artero // Enamels and Enamelling Technology. – Praga: Mefrit, 2008. – P. 52 – 57. 3. Яцишин Й.М. Технологія скла: навчальний посібник у 3 ч. / Й.М. Яцишин, Т.Б. Жеплинський, С.І. Дяківський. – Львів: Бескид Біт, 2004. – Ч. II: Технологія скляної маси. – 2004. – 250 с. 4. Шаеффер Н.А. Технология стекла / Н.А. Шаеффер, К.Х. Хойзнер. – Кишинев: СТИ-Print, 1998. – 280 с. 5. Токарев В.Д. Анализ службы огнеупорных материалов в ваннах стекловаренных печей / В.Д. Токарев, С.С. Игнатьев, О.Н. Попов // Стекло и керамика. – 2005. – № 5. – С. 19 – 22.