



РИС. 1.
Фрагменты отбираемых образцов (сверху оксидированный, снизу не оксидированный).



РИС. 2. Линия реза изделия под прибыльной частью с остаточной (редуцированной) усадочной раковинной.

Влияние огнеупоров на качество стекла

Акционерное общество «Подольские огнеупоры» — современное производственное предприятие, ведущее свою историю по выпуску высокотемпературных огнеупорных изделий с 1932 года — с момента основания Подольского завода огнеупорных изделий.

Во времена СССР компания была одним из крупнейших производителей огнеупорных изделий для металлургической и стекольной промышленности. На сегодня «Подольские огнеупоры» — один из ведущих производителей плавнелитых огнеупоров для стекольной промышленности в России. Деятельность компании охватывает все отрасли стекольной промышленности: помимо тесного сотрудничества с производителями тарного, медицинского и листового стекла, «Подольские огнеупоры» имеет успешный опыт работы в сегменте специального стекла. За последнее десятилетие предприятие получило

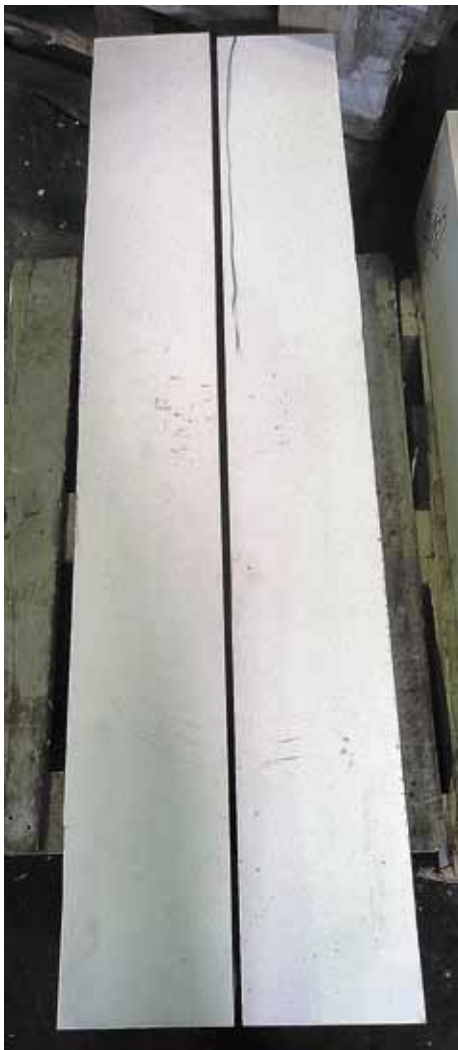


РИС. 3. Распущенный по центру палисадный блок (стороны реза).



РИС. 4. Высокотемпературная печь для исследования свойств багора. →

серьезный толчок технологического развития. Основываясь на накопленном мировом опыте, был реализован ряд проектов, направленных на существенное увеличение качества выпускаемой продукции:

- внедрение стопроцентного онлайн химического контроля расплава рентгенофлуоресцентным методом с использованием плавленолистых дисков;
- автоматизация процесса плавления;
- переход к вертикальной отливке, для получения высокоплотных изделий высотой до 2000 мм;
- внедрение онлайн температурного контроля заливки;
- улучшение условий отжига отливок;
- увеличение точности механической обработки изделий.

В 2019 году предприятие подошло к одному из важнейших проектов — внедрение кислородной продувки расплава. Для широкого круга специ-

алистов не секрет, что бадделеитокорундовые огнеупоры до сих пор остаются широко используемыми футеровочными материалами в стекловаренных печах в связи с их способностью противостоять агрессивному воздействию расплава стекла и шихтной пыли. Однако огнеупор, состоящий из корунда, бадделеита и стеклофазы, также может быть источником образования в стекле дефектов, таких как: камни, свиля, пузыри. Одной из главных причин образования вышеупомянутых пороков является содержание углерода и его соединений (монооксидов, карбидов) в огнеупоре. Основной причиной появления углерода в багоре является использование графитовых электродов во время плавки шихты в электродуговой печи. Для уменьшения науглероживания расплава используют графитовые электроды с защитным покрытием, окислительный метод плавки (электроды не касаются расплава), но даже и этих мероприятий недостаточно для избавления от вредных приме-

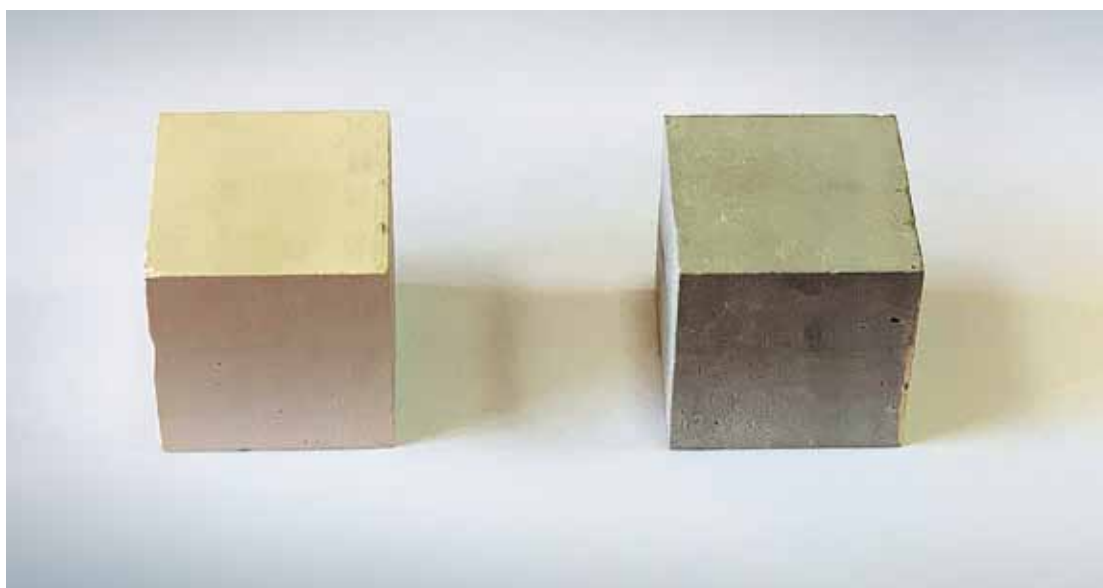


РИС. 5.
Образцы
для исследо-
вания (слева
оксидирован-
ный, справа
не оксидиро-
ванный).

сей углерода в огнеупоре, поэтому подготовленный к сливу расплав дополнительно продувают кислородом, т.е. оксидируют.

Оксидирование уже достаточно долгое время успешно применяется за рубежом, опубликованы сотни статей с подтверждающими цифрами о том, что данный технологический прием позволяет значительно улучшить качество бадделеитокорундовых огнеупоров, например: при уменьшении содержания углерода в огнеупоре с 0,15 мас. % до 0,03 мас. % показатель пузыреобразования (количество пузырей в 1 г стекла) снижается в 10 раз, плотность огнеупора увеличивается более чем на 5 %, а температура начала выделения стеклофазы из огнеупора увеличивается с 1150 °С до 1450 °С, вследствие чего увеличивается коррозионная стойкость огнеупора и уменьшается склонность к образованию пороков в стекле.

Для реализации проекта специалистами предприятия был проведен серьезный литературный и патентный поиск, проведены консультации с ведущими мировыми специалистами в области производства огнеупоров. В результате был выбран наиболее эффективный способ продувки в печи — продувка с помощью погружаемой в расплав водоохлаждаемой фурмы. По окончании плавления через свод печи в расплав вводится на определенную глубину водоохлаждаемая фурма, через которую подается кислород с заданными параметрами. В результате этого происходит существенное перемешивание расплава, приводящее к его гомогенизации и связыванию углерода с кислородом с последующим его выходом в виде углекислого газа через систему аспирации. Перемешивание улучшает химическую и температурную однородность расплава за счет значительного уменьшения осадения более тяжелых компонентов на дно ванны печи во время производственной кампании.

Результатом исследовательской и проектной работы в 2021 году стало установка на предприятии системы кислородной продувки расплава.

На сегодняшний день установка передана в опытную эксплуатацию, и специалистами предприятия проводятся работы по отработке технологии кислородной продувки расплава. Необходимо точно подобрать требуемое количество кислорода, его оптимальное давление, время и вектор продувки. В последующем необходимо провести детальные сравнительные испытания образцов: коррозионную стойкость, пузыреобразование, количество выделившейся стеклофазы, температуру начала выделения стеклофазы. Первое, что бросилось в глаза при начале опытной эксплуатации данной системы — это то, что существенно изменился цвет образцов, отбираемых во время заливки расплава в формы. После оксидирования образцы приняли теплый бело-кремовый оттенок, в отличие от серого цвета не оксидированного бакора (рис. 1).

В качестве первых опытных образцов были вертикально отлиты палисадные блоки ванной печи размером 1550*400*250 мм. Изделия были изготовлены из бакора марки БК-37 с редуцированной остаточной раковинной (RC). После окончания механической обработки и детального исследования полученных блоков, увидели, что плотность выросла на 5–7%, а структура изделий стала более плотной и однородной по всей длине, в сравнении с не оксидированными изделиями.

Для следующего этапа — исследования образцов на коррозионную стойкость в статических и динамических условиях, пузыреобразование и выпотевание стеклофазы была приобретена и запущена в работу высокотемпературная печь с рабочей температурой до 1600 °С.

Испытания образцов будут проводиться согласно Европейской методике ТС-11, успешно зарекомендовавшей себя во всем мире.

Результаты исследований и сравнительных испытаний будут опубликованы дополнительно. ■

Диева Ю.В.,

ПОДОЛЬСКИЕ ОГНЕУПОРЫ