

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВКВС ПЛАВЛЕНОГО КВАРЦА.

Часть 2. Кварцевые сталеразливочные огнеупоры*

Проведена сопоставительная оценка практики производства и применения современных кварцевых сталеразливочных огнеупоров для МНЛЗ производства ОАО «Динур» с аналогичными корундографитовыми огнеупорами, производимыми в РФ по зарубежным технологиям с использованием импортного оборудования. Вопреки многочисленным прогнозам реальная 45-летняя практика непрерывного совершенствования технологии и применения кварцевых огнеупоров показала их высокую жизнестойкость. Высокая технико-экономическая эффективность их производства и применения достигнута реализацией ВКВС- и керамобетонной технологии с применением уникального и впервые реализованного в широких промышленных масштабах метода центробежного формования.

Ключевые слова: *плавленый кварц, кварцевые сталеразливочные огнеупоры, МНЛЗ, корундографитовые огнеупоры, центробежное формование, ВКВС, керамобетоны.*

С учетом современных международных отношений первостепенное значение для нашей страны приобретает вопрос о национальной технологической безопасности. Поэтому на данном этапе развития промышленности и экономики становятся весьма актуальными аспекты импортозамещения, а также разработки и промышленного применения конкурентоспособных отечественных технологий.

Кварцевые и корундографитовые сталеразливочные огнеупоры. Сопоставительная оценка технологий

Применительно к области производства и применения огнеупорных материалов в рассматриваемом направлении весьма эффективным примером является промышленная технология кварцевых огнеупоров, реализованная и постоянно совершенствуемая в ОАО «Динур» на протяжении около 30 лет [1–7].

В отличие от аналогичных по составу шликернолитых кварцевых огнеупоров, выпускавшихся на Подольском заводе огнеупорных изделий (ПЗОИ) еще с начала 70-х годов прошлого века [1, 2], кварцевые центробежноформованные огнеупоры ОАО «Динур» с керамобетонной структурой, производимые по лицензии фирмы «Керамбет-Огнеупор», за счет повы-

шенной стойкости в службе и пониженной себестоимости еще в начале 2000-х годов полностью вытеснили с рынка аналогичные изделия ПЗОИ [1, 2, 4]. Удивляет тот факт, что на протяжении четырех десятилетий среди некоторых специалистов (как металлургов, так и огнеупорщиков) бытовало и бытует мнение о бесперспективности этого класса отечественных сталеразливочных огнеупоров. Это заблуждение в значительной степени основано на зарубежной практике, где преимущественное применение находят не кварцевые огнеупоры, а более дорогие и значительно более сложные по технологии корундографитовые [8].

Следует отметить, что и на отечественном рынке огнеупоров для МНЛЗ в последние десятилетия отмечается беспрецедентная конкуренция как российских, так и лучших зарубежных производителей. Корундографитовые изделия, поставляемые фирмами «Vesuvius», «Shinagawa», «Dalmond», «Mayerton», уже в начале этого века завоевали значительную часть рынка, касающегося выпуска специальных сталей, например марганцовистых, и сталей, разливаемых большими сериями (НТМК, ОЭМК и др.).

Для уменьшения импорта корундографитовых огнеупоров для МНЛЗ в 2005 г. на двух ведущих огнеупорных предприятиях (ОАО «Динур» и Боровичский комбинат огнеупоров) были построены, а в начале 2006 г. введены в эксплуатацию два цеха по производству корундографитовых изделий мощностью 2,5 тыс./год каждый для МНЛЗ [9, 10]. Производство осуществляется на импортном сырье по новейшей лицензированной технологии швейцарской

* Часть 1 статьи опубликована в журнале «Новые огнеупоры» № 7 за 2014 г.

✉
Ю. Е. Пивинский
E-mail: pivinskiy@mail.ru

фирмы «Fresema», а основное технологическое оборудование — бельгийской фирмы EPSY. Объем инвестиций, израсходованных на строительство одного цеха, около 12 млн долл. США [11]. Кроме того, в конце 2005 г. Группой «Магнезит» (фирма «Dalmond») введено в эксплуатацию успешно работающее совместное с Китаем производство аналогичных огнеупоров мощностью 5 тыс. т в год [12].

Многие в те годы предполагали, что при ожидаемом освоении крупных мощностей для выпуска корундографитовых изделий по новейшим зарубежным технологиям с применением самых совершенных импортного оборудования и сырья произойдет не только полный отказ от использования кварцевых огнеупоров, но и резкое сокращение импорта огнеупоров корундографитового состава. Между тем реальная практика за весь прошедший 9-летний период показала, что новые производства в РФ по различным причинам (в том числе дефицит заказов и нестабильное качество продукции) так и не вышли на проектную производительность, а многие металлургические комбинаты по-прежнему используют в основном аналогичную импортную продукцию. Оказались ошибочными и худшие прогнозы в отношении перспектив производства кварцевых огнеупоров. Все эти годы объем их производства в ОАО «Динур» по количеству изделий (защитные трубы, погружаемые стаканы) значительно превышал объем производства аналогичных корундографитовых изделий. Например, в 2013 и 2014 гг. суммарное производство кварцевых защитных труб в ОАО «Динур» было в 4,7 раза выше, чем корундографитовых. При этом за тот же период количество корундографитовых стаканов только незначительно превышало количество кварцевых.

Основная причина столь неожиданного результата объясняется, очевидно, прежде всего весьма различающимися технико-экономическими показателями производств. Если для производителя огнеупоров основным критерием является рентабельность производства, то для потребителя — соотношение цена : качество (стойкость), которое обычно оценивается удельным расходом огнеупоров в стоимостном выражении (руб./т стали). С точки зрения производителя огнеупоров, кардинальное различие состояло и состоит в их рентабельности — высокой для кварцевых огнеупоров (самый прибыльный вид продукции для ОАО «Динур») и весьма низкой (а при пониженном объеме производства) нулевой или отрицательной для корундографитовых. Именно по этой причине производство корундографитовых изделий по зарубежным технологиям на Боровичском ком-

бинате огнеупоров после 9 лет их освоения в 2014 г. было полностью прекращено, как убыточное.

Современные кварцевые огнеупоры ОАО «Динур», изготовленные на основе ВКВС плавленного кварца собственного производства по усовершенствованной керамобетонной технологии, и в настоящее время в большом объеме используются, в том числе и на самых крупных металлургических комбинатах РФ (ММК и НЛМК). Применительно к плавке ряда широко распространенных марок стали с требуемой серийностью разливок выбор именно кварцевых защитных труб и погружаемых стаканов обусловлен не только исключительной их надежностью в службе, но и критерием цена:качество (стойкость). При сопоставлении отечественной технологии кварцевых огнеупоров и зарубежной технологии корундографитовых следует отметить, что, с точки зрения производителя, эффективность технологии кварцевых по сравнению с корундографитовыми определяется следующим. Если производство кварцевых огнеупоров основано на применении единственного сырьевого материала — кварцевого песка, переплавленного непосредственно на предприятии в кварцевое стекло, то при производстве корундографитовых необходим десяток дорогих и преимущественно зарубежных материалов. Если в стоимости кварцевых огнеупоров доля сырья составляет не более 2 %, то в стоимости корундографитовых — 40–50 %. Если технология кварцевых огнеупоров основана на применении простейшего оборудования, то в производстве корундографитовых требуется уникальное импортное и дорогостоящее оборудование. Вследствие этого капитальные затраты на создание сопоставимых производственных мощностей для корундографитовых огнеупоров, а соответственно и амортизационные отчисления, как один из факторов себестоимости, по крайней мере в 10 раз больше, чем для производства кварцевых.

В этой связи себестоимость производства корундографитовых изделий намного выше, чем у аналогичных кварцевых огнеупоров. При этом столь существенная разница определяется не только стоимостью исходных материалов, но и более сложными и затратными технологическими процессами. В частности, кардинальное различие отечественной технологии кварцевых огнеупоров и зарубежной технологии корундографитовых огнеупоров можно проиллюстрировать по процессу формирования аналогичных изделий (защитные трубы или погружаемые стаканы). Если процесс формирования корундографитовых изделий осуществляется

изостатическим прессованием на гидростате шведской фирмы ASEA при максимальном усилии прессования 1200 т [9], то кварцевых — на простейших станках для центробежного формования (рис. 1). Если цена гидростата ASEA составляет не менее 1 млн евро, то станки центробежного формования собственной конструкции, изготовленные в ОАО «Динур», примерно в 100 раз дешевле. Если в первом случае прессование осуществляется в эластичных оболочках с относительно непродолжительным сроком службы, то центробежное — в постоянных металлических формах с практически не ограниченным сроком службы.

Принципиальным недостатком способа изостатического прессования является невозможность получения полуфабриката заданной формы. Пресс-порошок на всех участках уплотняется одинаково, из-за неизбежного различия в плотности исходной засыпки возникают отклонения от заданной формы изделия, для выравнивания поверхности изделия требуется механическая обработка [13, с. 125]. Практически все корундографитовые изделия подвергаются наружной механической обработке. При этом масса не утилизируемой стружки достигает 10 % массы изделий. В то же время кварцевые изделия характеризуются высокой точностью геометрических размеров, что достигается непосредственно при их центробежном формовании. При этом отходы практически отсутствуют. Несмотря на высокое давление прессования (100 МПа) корундографитовые изделия изостатического прессования имеют исходную пористость 16–20 % [8], у кварцевых изделий центробежного формования она составляет 10–13 % [1, 2].

В производстве корундографитовых огнеупоров необходимой и весьма дорогостоящей операцией является глазурирование изделий для повышения их шлакоустойчивости. Для достижения требуемой термостойкости защитных труб и погружаемых стаканов используют специальное теплозащитное волокнистое покрытие (типа фетра). Таких проблем, связанных с усложнением технологии и значительным удорожанием продукции, в производстве кварцевых огнеупоров не существует ввиду их повышенной шлакоустойчивости и максимальной (среди всех известных видов керамики и огнеупоров) термостойкости.

С учетом изложенного, по предположению автора, в последнее время в среде как производителей, так и потребителей сталеразливочных огнеупоров происходит некоторая переоценка ценностей. Косвенным подтверждением повышения уровня признания и оценки технико-экономической эффективности именно

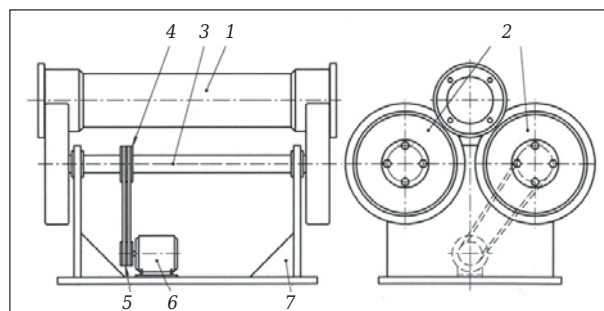


Рис. 1. Схема станка для центробежного формования изделий: 1 — литейная форма; 2 — опорные катки привода; 3 — вал привода; 4 — шкив вала привода; 5 — шкив двигателя; 6 — электродвигатель; 7 — рама

отечественных кварцевых огнеупорных изделий со стороны металлургов в последние годы является следующий факт. В выводах к статье [6], опубликованной в 2004 г. и посвященной рекордной стойкости кварцевых защитных труб, сообщалось: «В расчете на тонну огнеупора корундографитовые изделия фирмы «Везувиус» в 5 раз дороже кварцевых. При этом следует учитывать, что плотность корундографитовых огнеупоров (2,6–2,7 г/см³) существенно выше плотности кварцевых (1,91–1,93 г/см³) и поэтому в случае сравнения изделий сопоставимого объема разница в цене может увеличиваться до 7 раз». По состоянию на конец 2014 г. отмеченная разница в цене сопоставляемых огнеупоров для потребителей за прошедшие 10 лет сократилась в 2–3 раза.

Эксплуатационные характеристики и перспективы применения

Весь 45-летний период существования в СССР и РФ кварцевых сталеразливочных огнеупоров сопровождался не только интенсивным совершенствованием технологии их производства, но и постоянным ростом качества (стойкости). Между тем следует отметить, что во многих случаях применения кварцевых сталеразливочных огнеупоров их эксплуатационный ресурс используется далеко не полностью. Это следует из данных промышленных испытаний опытных партий кварцевых керамобетонных стаканов и защитных труб, которые были проведены на НТМК и НЛМК, в сопоставлении с аналогичными корундографитовыми изделиями фирмы «Vesuvius» [3–6]. Из результатов этих испытаний сделан вывод о том, что кварцевые огнеупоры для многих случаев применения оказываются сопоставимыми по ресурсу с корундографитовыми, но цена их многократно ниже. При испытаниях на НТМК было установлено, что погружаемые стаканы с керамобетонной структурой при разливке стали с содержа-

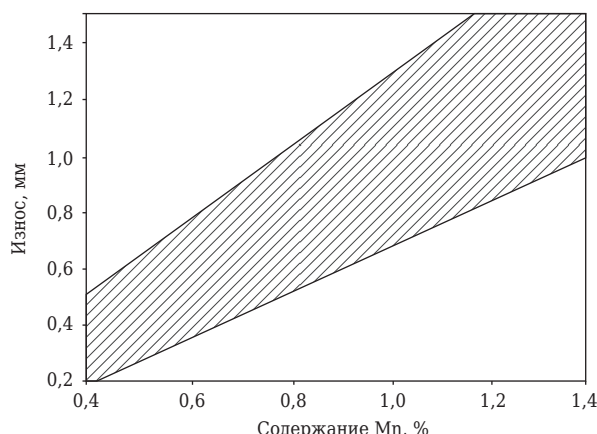


Рис. 2. Область значений общего износа кварцевых сталеразливочных стаканов в расчете на 10 т стали от содержания Mn в разливаемой стали

нием марганца 0,8–1,0 % на четырехручьевой МНЛЗ позволяют повысить стойкость прямоточных стаканов до 7–8 плавов (или 270–310 т стали). При разливке на двухручьевой МНЛЗ стойкость глухонных стаканов составляла 6–8 плавов (500–600 т стали) [3, 5]. При этом в ряде случаев остаточная толщина стенки была значительной. Разница между кварцевыми и корундографитовыми стаканами, которые испытывались одновременно, заключалась в характере износа: для корундографитовых характерен значительный наружный износ по шлаковому поясу и незначительный внутри, для кварцевых — наоборот. Кроме того, корундографитовые стаканы при разливке стали, раскисленной алюминием, часто зарастали.

Применительно к разливке сталей, раскисленных алюминием, рядовых и со средним содержанием марганца (0,9–1,1 %) кварцевые керамобетонные стаканы, как показал опыт их эксплуатации на НТМК [5], сопоставимы с корундографитовыми фирмы «Vesuvius»; последние по стоимости примерно в 4 раза выше, чем кварцевые. Еще более впечатляющими оказались испытания керамобетонных кварцевых защитных труб, проведенные на НЛМК, в сопоставлении с аналогичными корундографитовыми изделиями фирмы «Vesuvius» [6]. Средняя стойкость кварцевых труб (5,2 плавки) выше, чем корундографитовых (4,5 плавки). При этом остаточная толщина стенки у первых в несколько раз больше, чем у вторых, т. е. удельный износ корундографитовых труб оказался в 2–3 раза большим.

Характерная особенность эксплуатации сталеразливочных огнеупоров состоит в том, что в процессе их продолжительной службы в той части защитных труб и погружаемых стаканов, которая контактирует с металлом и шлаком, материал быстро превращается в

кристобалит и характеризуется достаточно высокой шлакоустойчивостью. В случае кислых и нейтральных шлаков кварцевые сталеразливочные стаканы при разливке сталей, раскисленных алюминием, имеют большую шлакоустойчивость, чем корундографитовые. В зависимости от химического состава шлака и разливаемой стали относительная доля шлакового разъедания составляет 20–50 % общего износа кварцевого погружаемого стакана при эксплуатации. Однако при разливке сталей с повышенным содержанием Mn доля износа рабочего канала существенно превышает износ наружной поверхности в шлаковом поясе.

Установлено, что на эксплуатационные характеристики кварцевых сталеразливочных огнеупоров доминирующее влияние оказывает содержание Mn в разливаемой стали, так как аморфный SiO_2 (кварцевое стекло) под действием марганца восстанавливается до кремния по реакции $2\text{Mn} + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons 2\text{MnO} + \text{Si}$. Под влиянием агрессивного воздействия MnO в системах $\text{SiO}_2 - \text{MnO}$ и $\text{SiO}_2 - \text{MnO} - \text{FeO}$ образуются относительно легкоплавкие соединения [1, 2] с температурой плавления в пределах 1250–1370 °С, что существенно ниже температуры стали в промежуточном ковше (1540–1580 °С). Это приводит практически к однозначной зависимости между содержанием Mn в стали и скоростью коррозии кварцевых сталеразливочных стаканов. Так, согласно данным [15, с. 51] при увеличении содержания Mn в стали от 0,6 до 1,2 % степень износа возрастает в 5 раз. Обобщающие данные по влиянию содержания Mn в разливаемой стали на общий износ (разъедание канала и шлаковый износ) кварцевых сталеразливочных погружаемых стаканов показаны на рис. 2 [2, 16].

Проанализированы как данные испытаний в службе кварцевых стаканов производства Первоуральского динасового завода (в различные годы и различного качества), так и данные по аналогичным стаканам других производителей, в том числе зарубежных. Общий характер зависимости состоит в увеличении скорости износа по мере роста содержания Mn в стали. Однако при равном значении содержания Mn в стали показатели скорости износа могут различаться. Так, при содержании Mn 0,4 и 1,0 % показатели износа могут различаться в 2,5 и 1,8 раза соответственно.

При прочих равных условиях (химический состав стали) удельный износ сталеразливочных кварцевых стаканов значительно зависит от свойств и структуры материала. В частности, минимальным износом характеризуются центробежно-формованные стаканы с кера-

мобетонной структурой производства Первоуральского динасового завода. Так, при разливке стали СтЗсп (0,65 % Mn) на НТМК общий удельный износ отдельных стаканов не превышал 0,2 мм на 10 т стали, что позволяло разливать 6–8 плавов при общей продолжительности службы 8–10 ч [5]. При разливке марганцовистых сталей (1,35 % Mn) на четырехручьевого МНЛЗ ОЭМК достигнута стойкость кварцевых керамобетонных стаканов 3–4 плавки (до 150 т стали). На стойкость кварцевых сталеразливочных огнеупоров существенное влияние их общая пористость и в особенности поровая структура. Минимальная стойкость характерна для стаканов со структурой, имеющей крупные (диаметром >5 мкм) поры, которые, как известно, проницаемы для шлаков и стали.

Повышенная стойкость в службе огнеупоров, полученных на основе ВКВС, обусловлена в основном их тонкокапиллярным строением. Оно определяется как зерновым составом (прежде всего присутствием в ВКВС сверхтонких частиц), так и низкой общей пористостью материала. Максимальный диаметр пор в материале стаканов составляет 0,2–2,0 мкм (рис. 3). При этом диаметр основной доли пор находится в пределах 10–200 нм, т. е. изделия характеризуются нанопористой структурой. Материалы, полученные шликерным литьем, как правило, имеют более тонкопористую структуру, чем отформованные центробежным методом. Однако в пределах характеристик поровой структуры, показанной на рис. 3, особых различий в стойкости стаканов не обнаружено [2, 16]. На износ и ресурс службы кварцевых сталеразливочных огнеупоров значительно влияет ряд технологических факторов, в частности температура и скорость разливаемой стали, а также тип МНЛЗ. Например, при прочих равных условиях большая стойкость стаканов (по массе разлитой стали) достигается на двухручьевого МНЛЗ, чем на четырехручьевого. Это обусловлено увеличением продолжительности пребывания стакана в контакте с металлом (в последнем случае примерно в 2 раза).

Практика применения сталеразливочных стаканов вполне сопоставима по качеству на металлургических заводах России показывает очень большой разброс в тоннаже разливаемого металла. Кроме проанализированных факторов, в большей мере это определяется различными технологическими (металлургическими) причинами — в результате из службы удаляются работоспособные стаканы со значительной остаточной толщиной стенки. Для объективной оценки максимальных эксплуатационных возможностей в статье [16] предложено и обосно-

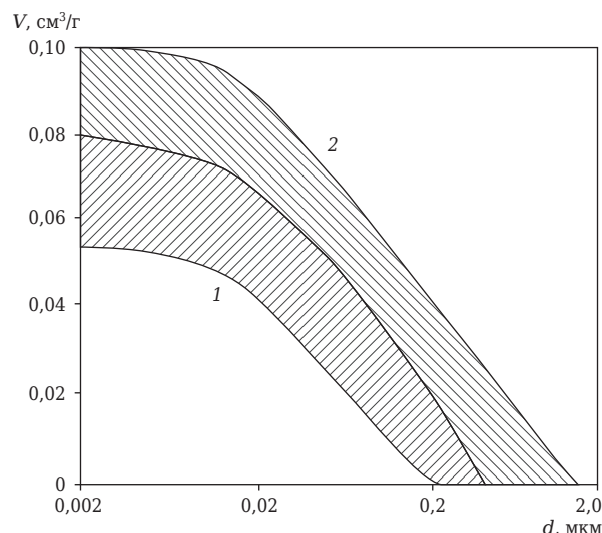


Рис. 3. Характеристика (область значений) поровой структуры кварцевых сталеразливочных огнеупоров, полученных шликерным литьем (1) и центробежным формованием (2)

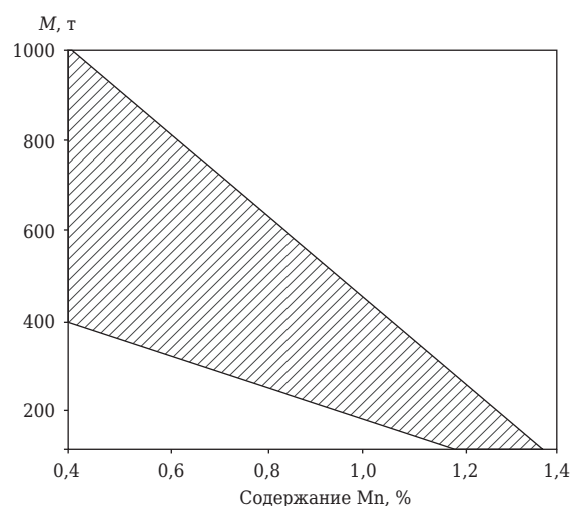


Рис. 4. Область потенциального ресурса M службы кварцевых сталеразливочных стаканов в зависимости от содержания Mn в разливаемой стали

вано понятие *потенциального ресурса* службы погружаемых стаканов, исходя из предположения, что «срабатываемая» при службе толщина стакана в шлаковом поясе составляет 20 мм. Для погружаемых стаканов с керамобетонной структурой исходная толщина стенки 30 мм является оптимальной. При равном содержании Mn в разливаемой стали потенциальный ресурс службы может существенно различаться (по аналогии с данными рис. 2). При применении кварцевых стаканов высшего качества в оптимальных условиях эксплуатации можно достичь их достаточно высокой стойкости при разливке стали с содержанием Mn вплоть до 0,8–1,0 % (рис. 4).

Объективность предложенной автором настоящей статьи оценки потенциального ресурса погружаемых стаканов, производимых в ОАО «Динур» по керамобетонной технологии, подтверждена данными их промышленных испытаний на НТМК при разливке стали с содержанием марганца 0,8–1,0 %.

Чтобы объективно оценить перспективы производства и применения современных кварцевых огнеупоров, следует развенчать заблуждения, бытующие среди некоторых специалистов, которые считают, что при использовании кварцевых изделий может отмечаться засорение стали кремнием (появление оксидных включений). Между тем экспериментальное подтверждение этого утверждения вплоть до настоящего времени отсутствует (и оно вряд ли возможно). Ведь даже самый простой расчет (исходя из известных данных [3, 5] по стойкости кварцевых стаканов и реальному их износу — 2–3 кг SiO₂ на 500–600 т стали, а также по стойкости и износу защитных труб [6]) показывает, что даже если весь объем изношенного огнеупора перейдет в сталь, количество кремния в ней все равно будет в тысячи раз меньше его исходного содержания в стали. У многих марок стали содержание кремния составляет 0,20–0,40 %. А между тем, по нашей оценке, значительная доля изношенного огнеупора переходит в шлаки, которые богаты кремнеземом (содержание SiO₂ в них колеблется от 25 до 35 %). Следует отметить также, что многие корундографитовые огнеупоры в качестве одного из компонентов содержат кварцевое стекло.

Таким образом, из вышеизложенного вполне очевиден следующий вывод — именно

45-летняя реальная практика эффективного и широкомасштабного производства и применения кварцевых сталеразливочных огнеупоров является критерием истины и свидетельствует об их высокой жизнестойкости. Применительно к разливке многих марок стали и определенным требованиям по серийности разливаемых плавов современные кварцевые огнеупоры центробежного формования на основе ВКВС плавленного кварца собственного производства ОАО «Динур» вполне конкурентоспособны по сравнению не только с отечественными, но и с лучшими зарубежными аналогами. Об этом свидетельствует и тот факт, что с начала 1987 по 2014 год на Первоуральском динасовом заводе по ВКВС-ной центробежной технологии произведено около 4 млн высококачественных крупногабаритных изделий этого класса.

О значительном и пока еще не реализованном ресурсе кварцевых огнеупоров свидетельствует вывод в статье, посвященной сопоставительным промышленным испытаниям в службе на НТМК кварцевых керамобетонных погружаемых стаканов и таких же корундографитовых стаканов фирмы «Везувиус»: «При разливке стали с содержанием марганца 0,8–1,0 % на четырехручьевой МНЛЗ стойкость кварцевых прямоточных стаканов достигла 7–8 плавов (270–310 т стали). При разливке на двухручьевой МНЛЗ стойкость глухондных стаканов составила 6–8 плавов (500–600 т стали). При разливке стали, раскисленной алюминием, стойкость кварцевых стаканов существенно превышает стойкость корундографитовых» [5].

(Продолжение следует)

Библиографический список

1. **Пивинский, Ю. Е.** Кварцевая керамика и огнеупоры. В 2 т. Т. I. Теоретические основы и технологические процессы / Ю. Е. Пивинский, Е. И. Суздальцев; под ред. Ю. Е. Пивинского. — М.: Теплоэнергетик, 2008. — 672 с.
2. **Пивинский, Ю. Е.** Кварцевая керамика и огнеупоры. В 2 т. Т. 2. Материалы, их свойства и области применения / Ю. Е. Пивинский, Е. И. Суздальцев; под ред. Ю. Е. Пивинского. — М.: Теплоэнергетик, 2008. — 464 с.
3. **Пивинский, Ю. Е.** Керамические и огнеупорные материалы: избр. тр. В 2 т. Т. 2 / Ю. Е. Пивинский. — СПб.: Стройиздат СПб., 2003. — 668 с.
4. **Пивинский, Ю. Е.** Реология дисперсных систем, ВКВС и керамобетоны. Элементы нанотехнологий в силикатном материаловедении: избр. тр. В 3 т. Т. 3 / Ю. Е. Пивинский. — СПб.: Политехника, 2012. — 682 с.
5. **Рожков, Е. В.** Разработка и служба кварцевых погружаемых стаканов повышенной стойкости / Е. В. Рожков, Ю. Е. Пивинский, В. И. Хабарова [и др.]

// Огнеупоры и техническая керамика. — 1997. — № 12. — С. 22–25.

Rozhkov, E. V. High-durability submerged fused silica nozzles for continuous steel casting machines: Design, fabrication and service [et al.] / E. V. Rozhkov, Yu. E. Pivinskii, V. I. Khabarova // Refractories and Industrial Ceramics. — 1997. — Vol. 38, № 11. — P. 467–470.

6. **Пивинский, Ю. Е.** О рекордной стойкости в службе кварцевых защитных труб для разливки стали / Ю. Е. Пивинский, А. М. Гороховский, А. В. Макаров // Новые огнеупоры. — 2004. — № 12. — С. 17, 18.

Pivinskii, Yu. E. Record-breaking durability of quartz protecting tubes for steel teeming tested under service conditions / Yu. E. Pivinskii, A. M. Gorokhovskii, A. V. Makarov // Refractories and Industrial Ceramics. — 2005. — Vol. 46, № 1. — P. 27, 28.

7. **Гришпун, Е. М.** Двадцатилетняя эпоха сотрудничества / Е. М. Гришпун, Ю. Е. Пивинский // Новые огнеупоры. — 2007. — № 1. — С. 15–25.

8. **Кащеев, И. Д.** Оксидно-углеродистые огнеупоры / И. Д. Кащеев. — М. : Интермет Инжиниринг, 2000. — 265 с.

9. **Сакулин, В. Я.** Огнеупоры для непрерывной разливки стали / В. Я. Сакулин, В. П. Мигаль, А. П. Маргшвили [и др.] // Новые огнеупоры. — 2006. — № 11. — С. 93–96.

10. **Польщиков, Г. В.** Опыт эксплуатации огнеупорных изделий и масс в футеровке металлургических агрегатов ОАО ММК / Г. В. Польщиков, С. П. Ситкин, Е. В. Сидоров [и др.] // Новые огнеупоры. — 2007. — № 7. — С. 9–11.

11. «Динур» продолжит развиваться и наращивать объем выпуска товарной продукции // Огнеупоры и техническая керамика. — 2006. — № 3. — С. 47–49.

12. **Аксельрод, Л. М.** Огнеупорные материалы компании «Dalmond Trading International Ltd» / Л. М. Аксельрод, А. А. Трисветов, М. Цай // Новые огнеупоры. — 2005. — № 6. — С. 6–16.

13. **Попильский, Р. Я.** Прессование порошковых керамических масс // Р. Я. Попильский, Ю. Е. Пивинский. — М. : Металлургия, 1983. — 176 с.

14. **Пивинский, Ю. Е.** Исследования в области получения материалов на основе ВКВС плавленного кварца. Часть 1. Сопоставительная оценка и отличительные особенности технологий кварцевой керамики и огнеупоров / Ю. Е. Пивинский, П. В. Дякин // Новые огнеупоры. — 2014. — № 7. — С. 33–40.

15. Огнеупоры для МНЛЗ: труды конференции ; пер. с нем. — М. : Металлургия, 1986. — 135 с.

16. **Гришпун, Е. М.** О технологии производства и службе кварцевых сталеразливочных огнеупоров. Часть 1. Технологические особенности. Часть 2. Некоторые свойства и особенности службы / Е. М. Гришпун, Ю. Е. Пивинский, Е. В. Рожков // Огнеупоры и техническая керамика. — 1999. — № 4. — С. 42–45; № 6. — С. 42–46.

Grishpun, E. M. Production process and service of quartz steel — casting refractories. Part 1. Features of the process / E. M. Grishpun, Yu. E. Pivinskii, E. V. Rozhkov // Refractories and Industrial Ceramics. — 1999. — Vol. 40, № 3/4. — P. 170–173. ■

Получено 26.10.14

© Ю. Е. Пивинский, 2015 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



**The 11th
PACRIM 11 Pacific Rim Conference of Ceramic Societies**
August 30 ~ September 4, 2015 / ICC Jeju, Jeju, Korea

11-я Международная Азиатско-Тихоокеанская конференция по керамике

30 августа – 4 сентября 2015 г.

о. Чеджу, Корея



Техническая программа:

1. Многомасштабное моделирование
2. Инновационные методы обработки и производства керамики
3. Нанотехнологии для получения конструкционной керамики
4. Многофункциональные материалы и системы
5. Керамика для энергетики и защиты окружающей среды
6. Керамика в биологии, медицине и охране здоровья человека
7. Специальные симпозиумы

www.pacrim11.org