

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ШИБЕРНЫХ УСТРОЙСТВ**

**Берикбай Акибаевич УНАСПЕКОВ**

доктор технических наук, профессор  
Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева

**Гульнар Сапарбековна САРСЕКЕЕВА**

кандидат технических наук, доцент  
Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева

**Жанылған Байсейтовна ҚОНАРБАЕВА**

старший преподаватель  
Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева

**Дулат Лесбекұлы АБДРАСИЛОВ**

преподаватель  
Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева

В последние годы для разливки стали все более широко применяются бесстопорные ковшевые затворы, в частности, шиберного типа. Шиберный затвор показан на рисунке и включает ковшевой стакан 1, две плиты: неподвижную верхнюю 2 и подвижную нижнюю 3 с контактирующими шлифованными поверхностями, а также стакан коллектора 4.

Плиты и коллектор шиберного устройства находятся снаружи ковша. Согласно технологическим требованиям, через один шиберный затвор необходимо разлить подряд несколько плавков. К специфическим свойствам (термостойкость, теплопроводность, смачиваемость металлом) стаканов и коллекторов предъявляются повышенные требования.

Освоение производства шиберных скользящих плит для бесстопорной разливки стали было начато с производства цирконового изделий [1]. Обжиг изделий производился в туннельной печи при температуре 1400–1450 °С. Продолжительность обжига составляла 74–79 ч, а выдержка – 38–52 ч. Изделия были испытаны в производственных условиях при разливке из ковшей полуспокойных и кипящих сталей (рисунок-1).

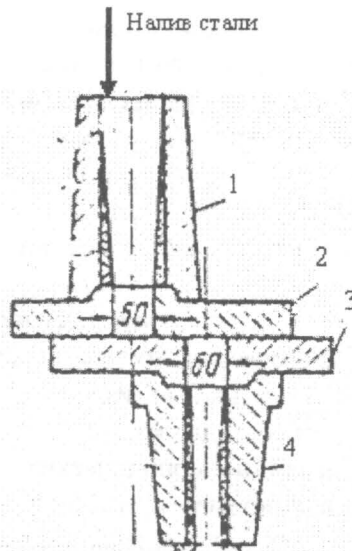


Рисунок 1 - Схема шиберного затвора для бесстопорной разливки стали:

1 – ковшевой стакан; 2, 3 – соответственно, верхняя и нижняя плиты; 4 – стакан-коллектор

Однако в процессе эксплуатации цирконовых изделий (стаканов) были выявлены их недостаточная термостойкость и склонность к разрушению. Одной из основных причин растрескивания стаканов является недостаточная термическая стойкость, которая связана с наличием в них примесей как природных, так и специально вводимых. Другой причиной недостаточной термической стойкости цирконовых стаканов являются заметные колебания пористости и плотности по высоте изделия. Работы [2], выполненные Институтом огнеупоров (г. Санкт-Петербург), показали эффективность использования вибропрессования при изготовлении стаканов по сравнению с традиционным фрикционным прессованием. Обоженные вибропрессованные стаканы отличаются по микроструктуре от стаканов, изготовленных промышленным способом (на фрикционном прессе), более равномерным распределением мелких и крупных фракций наполнителя и пор, а также меньшим размером последних.

Санкт-Петербургским институтом огнеупоров проведены работы по созданию бикерамических шамотно-цирконовых стаканов [1].

В шихту циркононой части вводили до 10 % глины. Шамотную часть изготовляли из 85 % каолинового шамота и 15 % глины. Шамот имел прерывистый зерновой состав с максимальным размером зерен 2 мм; содержание в нем фракций мельче 0,088 мм составило 40 %. При таком составе и в результате обжига при температуре 1530 °С, необходимой для спекания циркононой части, существенно снижалась пористость шамотной части, что отрицательно влияло на термическую стойкость стаканов.

УкрНИИО проведена работа по подбору огнеупоров для бесстопорных затворов ковшей [2]. Были изготовлены изделия трех типов: каолиновые, муллитовые и корундовые. Корундовые изделия готовили из шамота, состоящего из 90 % технического глинозема и 10 % ложского каолина. После сушки изделия обжигали в периодических печах: корундовые и муллитовые – при 1750 °С, каолиновые – при 1580 °С.

Испытания проводили при разливке преимущественно кипящих сталей с температурой 1590–1650 °С, продолжительности разливки 10–15 мин. Из анализа данных испытаний следует, что опытные огнеупорные детали муллитового и корундового составов характеризуются высокой металлоустойчивостью. Однако при резком охлаждении ковша после разливки на деталях появлялись трещины, что свидетельствовало о жестких условиях эксплуатации и недостаточной термической стойкости огнеупоров в данных случаях. На основании проведенных исследований и испытаний огнеупоров после их эксплуатации (службы) был сделан вывод о том, что изделия муллитового и корундового составов являются перспективными для затворов бесстопорной разливки стали.

Огнеупоры, особенно плиты, служат в тяжелых условиях и подвержены износу. Основные требования, предъявляемые к плитам, – износоустойчивость и обеспечение надежности перекрытий струи стали без подтеков металла. В работе [3] приведены результаты химических и структурно-фазовых изменений, происходящих в плитах шибберных затворов при разливке стали. Плиты, стаканы и коллекторы были изготовлены на заводе «Магнезит». Вследствие воздействия высоких температур расплавленного металла и шлака в огнеупорах происходят значительные минерально-структурные изменения, выраженные, прежде всего, образованием зональности. Автором выполнены петрографическое исследование магнезиальных плит различного состава после их эксплуатации при разливке стали. Наилучшую стойкость показали периклазовые изделия, обладающие повышенной термической

стойкостью и эрозионно-устойчивой структурой. Плиты изнашиваются преимущественно вследствие эрозии струей металла и образования термических трещин. Далее отмечается, что для повышения стойкости периклазовых плит необходимо увеличить их плотность, механическую прочность и термическую стойкость и уменьшить содержание силикатов.

Наиболее ответственным элементом скользящих затворов, определяющим надежность их работы, являются сопряженные огнеупорные плиты. Эти изделия при разливке стали из ковшей со скользящими затворами подвергаются химическому и эрозионному воздействию струи расплавленного металла, испытывают резкие термические удары, значительные механические и истирающие нагрузки.

Для разливки перегретого металла, согласно работе [4], предпочтение было отдано плавленому периклазу как наиболее металло- и шлакоустойчивому материалу. В результате экспериментальных работ были выявлены параметры технологии изготовления плит: вещественный и зерновой составы шихты, условия прессования и обжига изделия и др. Анализ характера износа огнеупора в скользящих затворах показал, что наибольшему разрушению подвергаются канал плиты и участок контактной поверхности, по длине равный ходу затвора. Следует отметить, что высокий коэффициент термического расширения периклаза и значительная его теплопроводность относятся к неблагоприятным факторам, которые, однако, компенсируются высокой химической стойкостью.

В условиях эксплуатации магнезиальных плит наблюдается эрозия и растрескивание преимущественно в радиальных направлениях. Для повышения прочности и условий шлифования периклазовых плит их пропитывают специальным раствором. После пропитки резко, в 10–12 раз, снижается открытая пористость. Значительный эффект достигается при пропитке огнеупора пеком или смолой, при этом происходит наибольшее заполнение пропиточным материалом преимущественно мелких и средних пор размером 0,05 мм, составляющих большинство пор в изделиях.

Замена ковшевых стопорных устройств шиберными затворами вызвала необходимость организации производства огнеупорных изделий, удовлетворяющих требованиям разливки в основном кипящих, полуспокойных, спокойных и легированных сталей

В работе [5] отмечается, что разливка электростали, в т. ч. конструкционной, через шиберные затворы с применением огнеупоров магнетитового состава сопровождается затягиванием разливочного

канала, сужением струи, снижением скорости заполнения и нарушением технологии разливки, ухудшением качества слитка.

УкрНИИО [6] проведены сопоставительные испытания стаканов, стаканов-коллекторов шибберных плит для разливки сталей различных составов: магнезитового, муллитового и муллитокорундового. Наблюдалось резкое повышение износа канала магнезитового стакана-коллектора, в то время как огнеупоры муллитового и муллитокорундового составов практически не изнашивались. Установлено, что замена магнезиальных огнеупоров высокоглиноземистыми (корундовыми) с более низкой теплопроводностью способствует снижению затягивания канала плит шибберных затворов. На основании полученных экспериментальных исследований при разливке легированных конструкционных и высоколегированных сталей авторы приходят к выводу о нецелесообразности применения огнеупорных деталей из магнезитового состава в шибберных затворах при разливке стали.

В работе [7] отмечается, что определяющим показателем работы стаканов-коллекторов является низкая теплопроводность, наряду с высокой металло- и шлакоустойчивостью. Этим требованиям полностью отвечают высокоглиноземистые (муллитокорундовые) огнеупоры. Для изготовления стаканов-коллекторов использовали шамот ШМК-78 с водопоглощением 3–4 %.

Сушка и обжиг изделий были выполнены в туннельной печи при 1630 °С. Наблюдение за разливкой стали и анализ результатов испытаний показали, что зарастания канала не наблюдалось, струя металла истекала ровно, технология разливки не нарушалась. Выполненные ими петрографические исследования показали, что при разливке спокойной стали фазовый состав рабочей зоны стаканов в большинстве случаев изменился незначительно. Как наименее измененная, так и рабочая зона огнеупора после эксплуатации состояли из мелких зерен корунда и мелкозернистого муллита с прослойками стекла. В связке заметно увеличилось количество муллита. В заключении авторы отмечают разработанную технологию и освоение производства муллитокорундовых стаканов-коллекторов для шибберных затворов, отличающихся высокой стойкостью при их эксплуатации и относительно низкой теплопроводностью по сравнению с магнезитовыми. Применение их позволит уменьшить настлеобразование в процессе разливки и улучшить качество слитков.

Перейдем к рассмотрению работ, касающихся производства корундовых огнеупоров. Здесь следует отметить, что корунд является одним из наиболее высокоогнеупорных и химически стойких окислов.

Изделия из него обладают рядом ценных свойств, в т. ч. хорошими механическими свойствами, наибольшей устойчивостью в условиях воздействия восстановительной атмосферы при высоких температурах. Корундовые огнеупоры становятся наиболее приемлемым материалом для ведения некоторых высокотемпературных процессов в современной черной и цветной металлургии, химической, энергетической и других отраслях промышленности.

В работе [8] описывается опыт освоения производства корундовых плит для шибберных затворов разливки стали. В основе технологии лежит использование корундового шамота, получаемого обжигом смеси глинозема и каолина при 1620–1640 °С. Изделия обжигали в короткой туннельной печи при 1630–1640 °С. Линейная усадка плит в обжиге составляет 4,4 % по длине, 3,4 % – по ширине, 4,0 % – по толщине.

Испытания корундовых плит проводили с целью определения их стойкости и влияния на нее пропитки бакелитовым лаком. Исследования огнеупоров после эксплуатации показали, что под воздействием высоких температур, расплавленного металла и шлака в них происходят минерально-структурные изменения с образованием зональности. Различается неизменная часть изделия, рабочая зона и корочка. Рабочая зона обычно резко отделяется от неизменной части или переходной зоны трещиной. Трещины рабочей зоны шириной 0,1 мм направлены параллельно или перпендикулярно рабочему каналу. Независимо от марки разливаемой стали, в плитах по направлению от неизменной части к рабочей зоне уменьшается количество корунда и увеличивается содержание непрозрачного стекловидного вещества.

Авторы отмечают, что выполненные работы позволили полностью перевести на бесстыпорную разливку стали мартеновский цех предприятия и заменить применявшиеся ранее цирконовые плиты более эффективными и стойкими корундовыми изделиями.

В работе [9] выявлены основные причины образования радиальных трещин и посечек. Авторы считают, что данные изменения в структуре изделия возникают в процессе обжига и указывают на необходимость отработки режима обжига изделий и рациональной схемы садки их на печные вагонетки. В начальный период освоения производства изделия устанавливали в два ряда на ребро с перекрытием корундовым кирпичом между рядами и сверху. При такой садке получался массовый брак по радиальным трещинам.



Широкое применение скользящих ковшевых затворов при разливке стали обуславливает необходимость совершенствования технологии изготовления огнеупорных плит и коллекторов с учетом их износа при эксплуатации [10]. В результате исследований установлено, что износоустойчивость огнеупорных изделий определяется в основном их минеральным составом, структурой и свойствами. Циклическое действие высоких температур, расплавленного металла и шлака вызывает в огнеупорах значительные изменения минерального состава и структуры, выражающиеся в образовании зональности. Установлен основной механизм разрушения плит – возникновение термических трещин и проникновение металла и шлака в поры и трещины. Корундовые изделия, по сравнению с периклазовыми, имеют более низкие показатели теплопроводности, термического расширения и силы трения между контактирующими плоскостями плит, что обуславливает более медленный отвод тепла от струи металла. Высокая теплопроводность периклазовых плит и вкладышей вызывает при закрытом положении затвора значительный отвод тепла, что обуславливает образование настывлей, разрушающих контактирующие плоскости при последующих перекрытиях.

В работе [11] с целью снижения температуры обжига спеченного шамота на 150–200 °С вводили добавки 1,5–2,0 %  $TiO_2$  в период измельчения глинозема. Обжиг шамота проводился при довольно низких температурах в пределах 1400–1450 °С; при этом глинозем представлял собой пористый наполнитель. Как показала практика, осуществление такого обжига в промышленности в условиях массового производства затруднительно. Кроме того, обжиг изделий из такого наполнителя сопровождается усадкой изделий около 8,0 %. Здесь необходимо отметить, что добавка 1%  $TiO_2$  и наличие 1,25 %  $Fe_2O_3$  снижает температуру начала деформации под нагрузкой 0,2 МПа до 1730 °С.

Наряду с этим следует учитывать, что титан в значительных его количествах способен изменять валентность и, следовательно, структуру огнеупора, что приводит к его значительному разрыхлению и разрушению при переменной окислительно-восстановительной атмосфере обжига. Авторы предлагают для изготовления крупнокристаллического корундового шамота использовать добавку 1–2 %  $H_3BO_3$ , что способствует очистке глинозема от щелочей. Выбору добавок, их количеству, влиянию на изменения физических и физико-химических свойств необходимо уделять особое внимание в технологии изготовления огнеупоров. Однако до настоящего времени отсутствуют

исследования, направленные на улучшение теплотехнологических процессов при производстве плотных корундовых огнеупоров.

Следует отметить, что на ряде предприятий стран СНГ [12] используют безобжиговые, муллитокорундовые стаканы и стаканы-коллекторы, которые по эксплуатационным свойствам не уступают обожженным. Применение их в шиберных затворах позволяет повысить кратность использования, уменьшить трудоемкость замены отработанных стаканов и снизить настылеобразование в канале в процессе разливки.

Одним из прогрессивных направлений развития огнеупорной промышленности является разработка технологии и освоение производства высокостойких периклазоуглеродистых огнеупоров для конвертеров.

В СНГ проводятся работы, направленные на создание износостойких периклазоуглеродистых огнеупоров из отечественного сырья [13].

Исследовано влияние вида периклаза, вида и количества связки, содержание графита и молотого периклаза, давления прессования и температуры термообработки на предел прочности при сжатии, кажущуюся плотность и открытую пористость периклазоуглеродистых огнеупоров.

Разработана промышленная безотходная технология изготовления периклазоуглеродистых огнеупоров из плавленного и спеченного периклаза и графита на органических связках.

В работах [14–18] и патентах [19, 20] описываются результаты разработок конструкции быстросменных шиберных затворов для использования их в металлургической промышленности.

#### Список использованной литературы

1. Петрин И.В., Голуб В.Я., Доменко В.А. и др. Цирконовые изделия для бесстопорной разливки стали // Огнеупоры. 1975. № 12. – С. 10–12.
2. Алексеева А.И., Горячева З.Е., Кортель А.А. и др. Вибропрессованные и литые цирконовые стаканы для промежуточных ковшей МНЛЗ // Огнеупоры. 1977. № 3. – С. 20–23.
3. Карклит А.К., Матеркин Ю.В. Бикерамические стаканы для промежуточных ковшей УНРС // Огнеупоры. 1974. № 1. – С. 4–7.
4. Усатиков И.Ф., Анисимова Т.А., Ксенз И.И. Огнеупоры для бесстопорных затворов // Огнеупоры. 1975. № 6. – С. 9–11.
5. Перепелицын В.А., Симонов К.В., Бочаров Л.Д. и др. Износ магнезиальных плит при бесстопорной разливке стали // Огнеупоры. 1986. № 8. – С. 31–37.
6. Гавриш Д.И., Воеводин Б.Н., Карклит А.К. и др. Периклазовые плиты для скользящих ковшевых затворов // Огнеупоры. 1976. № 12. – С. 4–7.



7. Калита Г.Е., Евич Г.И., Сизова Е.К. и др. Влияние состава огнеупоров на качество разливаемых подшипниковых сталей // Огнеупоры. 1983. № 12. – С. 16–18.
8. Сагалевиц Ю.Д., Дикун Л.А., Хрещенюк В.А. и др. Муллитокорундовые огнеупоры для разлижки стали через шибберные затворы // Огнеупоры. 1981. № 5. – С. 25–29.
9. Ялонский С.Т., Давыдов И.П., Щербина Г.А. и др. Производство муллитокорундовых стаканов-коллекторов для шибберных затворов сталеразливочных ковшей // Огнеупоры. 1981. № 12. – С. 3–5.
10. Усатилов И.Ф., Михайлова К.А., Антонов С.А. и др. Производство корундовых огнеупоров и их служба в шибберных затворах // Огнеупоры. 1987. № 2. – С. 18–20.
11. Мухин А.А., Карась Г.Е., Энтин В.И. и др. Освоение производства корундовых плит для шибберных затворов // Огнеупоры. 1990. № 1. – С. 20–24.
12. Симонов К.В., Бочаров Л.Д., Кукушкин и др. Износ огнеупоров в шибберных затворах сталеразливочных ковшей // Огнеупоры. 1990. № 1. – С. 24–30.
13. Дегтярева Э.В., Кайнарский И.С., Писарева Н.В. и др. Разработка технологии плотного корундового огнеупора повышенной термостойкости // Огнеупоры. 1975. № 2. – С. 40–46.
14. Питак Н.В., Евич Л.И., Кослита Г.Е. и др. Безобжиговые муллитокорундовые огнеупоры для шибберных затворов сталеразливочных ковшей // Огнеупоры. 1983. № 12. – С. 11–13.
15. Симонов К.В., Загнойко В.В., Бурдина Г.В. и др. Влияние технологических параметров на свойства и износостойкость периклазоуглеродистых огнеупоров // Огнеупоры. 1988. № 12. – С. 27–33.
16. Золотухин В.И., Соломин Н.П., Полубесов С.Г. Бесстопорная разлижка стали: современные тенденции и направления // Техника машиностроения. 1999. № 4. – С. 83–84.
17. Золотухин В.И., Соломин Н.П., Полубесов С.Г. Шибберные системы нового поколения // Металлург. 2000. № 1. – С. 40–42.
18. Золотухин В.И., Соломин Н.П., Полубесов С.Г. Быстростенные огнеупоры для шибберных затворов нового поколения // Огнеупоры и техническая керамика. 2001. № 11. – С. 30–35.
19. Пат. 2104123 РФ / Заявка №96119148 от 26.09.96.
20. Пат. 2119406 РФ / Заявка №97120654 от 10.12.97.