

В.С. Байздренко (Главный конструктор),  
В.Е. Сошкин (Генеральный директор ООО «Волокнистые огнеупоры»)

## ООО «Волокнистые огнеупоры»: применение волокнистых огнеупоров для термоизоляции крышек и заслонок тепловых агрегатов

Актуальность применения волокнистых огнеупоров для теплозащиты элементов конструкции промышленных печей неоспорима. Расскажем об опыте использования волокнистых огнеупорных материалов и приведем примеры их эффективного внедрения на крышках и заслонках тепловых агрегатов.

Крышки и заслонки промышленных печей предназначены для обеспечения доступа в рабочее пространство во время таких технологических операций, как завалка шихты, загрузка, выгрузка и кантовка металла. Окна и проемы печей, закрываемые заслонками, позволяют также вести наблюдение за нагреваемой садкой, состоянием футеровки стен и свода печи, работой горелок. Конструкция крышек и заслонок печей представляет собой, как правило, сварной металлический каркас, выполненный из профильного проката и листовой стали. Каркас заслонки также может быть цельнолитым или собирается из нескольких деталей, отлитых из углеродистой стали, серого или жаропрочного чугуна. Изнутри каркас-оболочка футеруется огнеупорным материалом, который должен обладать достаточной огнеупорностью и хорошими теплоизоляционными свойствами.

В черной металлургии на крышках стенов разогрева промежуточных ковшей (оборудование МНЛЗ) монтируются горелки, устанавливаются каналы для отвода продуктов горения. Футеровка таких крышек также должна обеспечивать эффективную теплозащиту и предотвращать перегрев металлоконструкции каркаса, увеличивая ресурс ее работы. Эти требования в полной мере относятся к крышкам стенов для сушки и разогрева сталеразливочных ковшей. Эффективность теплозащиты во многом зависит от качества футеровки крышек, выполняемой из огнеупорных бетонов, шамотных изделий и новых материалов – волокнистых огнеупоров.

Металлоконструкции крышек и, особенно, их футеровка работают в тяжелых условиях. Неблагоприятное влияние на футеровку оказывают:

- высокая технологическая температура, мощные конвективные и лучистые тепловые потоки;
- резкие перепады температур (термоудары), возникающие при открывании и закрывании крышек;
- динамические нагрузки, обусловленные работой механических приводов открывания и перемещения крышек и заслонок.

Материалы футеровки должны быть устойчивы к негативному воздействию вышеперечисленных факторов, а также:

- обеспечивать снижение потерь тепла за счет низких значений теплопроводности и теплоемкости;
- иметь небольшую плотность, способствуя

Показана эффективность работы огнеупорных материалов для высокотемпературной изоляции элементов конструкций металлургических агрегатов производства компании ООО «Волокнистые огнеупоры». Приведены преимущества материала войлок «мокрый», который применяется для футеровки крышек в высокотемпературных тепловых агрегатах. Описаны волокнистые огнеупорные плиты, используемые для футеровки тигельных плавильных печей, а также для изготовления крышек для тиглей и желобов.

**Ключевые слова:** волокнистые огнеупоры, войлок «мокрый», футеровка тигельных плавильных печей.

\*\*\*

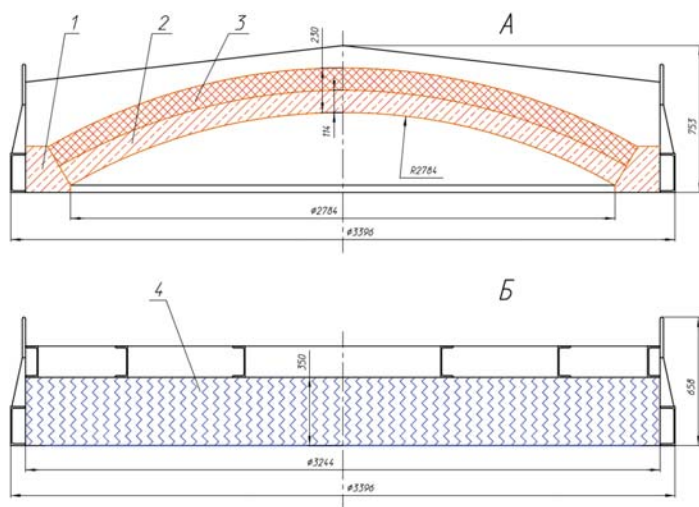
**Bayzdrenko V.S., Soshkin V.E.** «Fibrous refractory materials» Ltd. Lining with new refractory materials of thermal unit covers

The article shows the efficiency of application of refractory materials produced by «Fibrous refractory materials» Ltd for the high-temperature insulation of metallurgical unit elements. The article gives the advantages of «wet» felt, which is used for the lining of covers of high-temperature thermal units. Fibrous refractory plates, used for the lining of crucible melting furnaces and in the manufacture of covers for crucibles and troughs, are described.

**Key words:** fibrous refractory materials, «wet» felt, lining of crucible melting furnaces.

уменьшению массы футеровки и снижению мощности механизмов приводов перемещения крышек, ослабляя динамику механических нагрузок;

- надежно крепиться на каркасе крышки или заслонки;



**Рис. 1.** Реконструкция крышки шахтной электропечи с заменой футеровки из шамота на футеровку из волокнистых материалов: **А** – футеровка до реконструкции: **1** – пята купольного свода, кирпич ШБ (№ 67); **2** – рабочий слой свода ШБ (№ 44, № 45, № 5); **3** – теплоизоляционный слой ШЛ-1,3 (№ 44, № 5); **Б** – футеровка после реконструкции: **4** – волокнистый огнеупорный материал ВР-350



Рис. 2. Сравнительные показатели работы футеровки из шамотного кирпича и волокнистого огнеупорного материала ВР-350 (расчеты выполнены для рабочей температуры печи 950°C)

• обеспечивать технологичность монтажа футеровки и простоту ее промежуточных ремонтов.

Всеми вышеперечисленными свойствами, необходимыми для создания эффективных теплограждений, обладают волокнистые огнеупоры и, в частности, материал известный как войлок «мокрый».

Разработанный, запатентованный и производимый на ООО «Волокнистые огнеупоры» войлок «мокрый» является материалом, основу которого составляют алюмосиликатные волокна на неорганической связке со специальной пропиткой. Войлок «мокрый» сочетает свойства хорошего огнеупорного материала и прекрасного теплоизолятора. При огнеупорности 1770°C температура применения составляет от 1200°C (материал марки ВР) до 1350°C (материал марки ВРП). Коэффициент теплопроводности при 1000°C равен 0,23 Вт/м²·°C, т.е. в 5 раз ниже, чем у полновесного шамотного кирпича марки ШБ (1,22 Вт/м²·°C). Уникальной особенностью войлока является пластичность и гибкость его листов в состоянии поставки, обеспечиваемая волокнистой структурой материала и входящей в его состав пропитки. Это свойство позволяет использовать войлок для «окутывания» поверхностей сложной формы. По окончании монтажа теплоизоляция, выполненная из войлока «мокрого», проходит низкотемпературную сушку, после которой материал приобретает жесткость, охватывая базовую поверхность и повторяя ее форму.

Плотность футеровки из войлока «мокрого» в 5–6 раз ниже, чем у полновесного шамота. По завершении футеровки и сушки она находится в диапазоне от 320 кг/м³ (для материалов ВР-300, ВРП-300) до 420 кг/м³ (для ВР-400, ВРП-400). Следует отметить высокое значение степени черноты войлока ( $\epsilon = 0,90–0,94$ ), что позволяет при высоких температурах интенсифицировать лучистый теплообмен от футеровки крышки к поверхности нагреваемого материала. Эффект особенно проявляется на стендах разогрева промежуточных ковшей МНЛЗ, где поверхность футеровки крышек может иметь внушительные размеры, а высокая технологическая температура разогрева способствуют интенсификации передачи тепла излучением.

Для футеровки крышек и заслонок тепловых агрегатов специалистами фирмы «Волокнистые огнеупоры» разработана оригинальная технология с применением специальной крепежной арматуры и огнеупорных клеев нескольких марок, с разной температурой применения. Арматура разрабатывается или подбирается индивидуально для каждой крышки с учетом особенностей ее конструкции. В целях обеспечения продол-

жительной работы тепловой изоляции подбираются материал, оптимальные размеры крепежа, глубина его залегания, выполняется схема монтажа теплозащиты, определяющая порядок ведения футеровки.

В перечень подготовительных и основных работ по футеровке крышек, выполняемых техническим персоналом компании, входят:

- анализ технического задания с исходными данными, полученными от заказчика (конструкция каркаса крышки, толщина существующей футеровки, температура эксплуатации крышки, особенности режима эксплуатации);
- согласование с заказчиком технических предложений, если такие появляются, о модернизации металлоконструкции или новых проектных решений (технический проект);
- выбор марки материала для футеровки с соответствующей рабочей температурой и плотностью;
- выполнение теплового и прочностного расчетов, на основании которых определяется толщина футеровки, глубина залегания крепежной арматуры и подбираются варианты ее конструкции;
- разработка конструкторской документации на элементы крепежа;
- разработка технологии ведения футеровки;
- технико-экономический анализ;
- подготовка коммерческого предложения;
- поставка материалов, крепежной арматуры и технической документации;
- шефмонтаж с обучением технического персонала и исполнителей работ.

На рис. 1 (вид А) показана крышка шахтной электropечи для термической обработки крупногабаритных деталей. Размеры рабочего пространства печи: 2,5 м (высота) и 2,7 м (диаметр). Рабочая температура 950–1000°C.

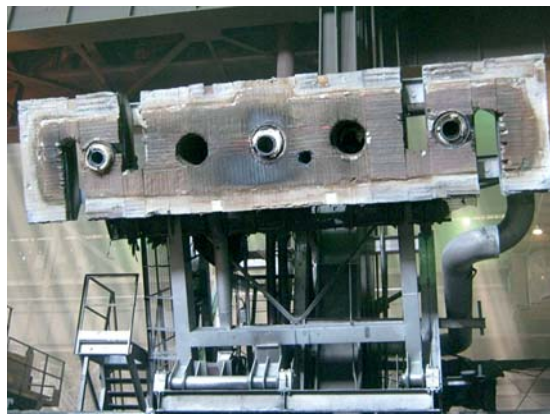
По полученному от заказчика техническому заданию проработаны варианты замены футеровки с целью улучшения теплотехнических показателей работы: уменьшения температуры наружной поверхности крышки, снижения тепловых потерь, уменьшения массы крышки за счет футеровки. Техническим проектом предполагалась доработка металлоконструкции каркаса крышки (вид Б).

На рис. 2 сведены в диаграммы результаты тепловых расчетов, которые предшествовали работе над техническим проектом реконструкции.

Анализ состояния крышки печи и результаты расчетов новой конструкции показывают, что при замене футеровки из шамотного кирпича на футеровку из волокнистого огнеупорного материала ВР-350 выявле-



**Рис. 3.** Рабочий этап монтажа футеровки на крышке стэнда разогрева промковшей (конверторный цех НТМК)



**Рис. 4.** Крышка стэнда разогрева промковшей в эксплуатации («ЕВРАЗ», конверторный цех НТМК)

ны следующие преимущества:

- снижение удельных тепловых потерь с поверхности крышки в 7 раз (рис. 2, а);
- снижение температуры наружной поверхности футеровки крышки в 4 раза, и составляет 51°С по сравнению с 214°С до замены футеровки (рис. 2, б);
- уменьшение массы футеровки из огнеупорного волокна в 3,6 раза (рис. 2, в);
- повышение производительности и снижение трудоемкости процесса футеровки. Монтаж волокнистой футеровки на крышке достаточно прост по сравнению с набором купольного свода печи и не требует специальной оснастки (шаблонов или кружал);
- снижение номенклатуры огнеупорных изделий. При монтаже волокнистой футеровки используется огнеупорный материал одного вида – листы ВРП-350. Для кирпичной кладки купола требуется ассортимент кирпичей, состоящий из позиций: нормальный кирпич, пятовый и клиновой нескольких типоразмеров.

За сравнительно небольшой срок своей деятельности компания «Волокнистые огнеупоры» добилась определенных успехов и приобрела опыт в практической реализации технических решений по устройству теплозащиты на агрегатах металлургических и машиностроительных заводов.

На рис. 3 показан рабочий этап монтажа футеровки крышки промковша МНЛЗ-2 («ЕВРАЗ», конверторный цех НТМК).

На рис.4 представлена та же крышка, находящаяся



**Рис. 5.** Крышка шахтной термической печи, футерованная войлоком («мокрым») («ЕВРАЗ», колесо-бандажный цех НТМК)



**Рис. 6.** Крышки желоба для передачи расплава алюминия (ООО «МордовВторСырье», г. Саранск)

ся в эксплуатации. После запуска крышки в работу специалистами комбината отмечено, что:

- материал ВРП-350 обладает монтажной технологичностью и высокими теплоизолирующими свойствами. Последнее обеспечивает сохранность крепежной арматуры и металлоконструкции крышки;
- стойкость футеровки из ВРП-350 на крышке промковша составила более 5 месяцев без ремонта. При ранее используемом материале и способе монтажа теплозащиты межремонтный срок эксплуатации футеровки составлял один месяц.

На рис.5 показана крышка шахтной термической печи колесо-бандажного цеха НТМК. Примененный для футеровки войлок «мокрым» на крышках диаметром 3000 и 3800 мм с толщиной теплоизоляции 100 мм позволил стабилизировать температурное поле в рабочем пространстве печи, значительно повысить качество нагрева и исключить брак при термообработке деталей.

После проведения испытаний работы шахтной печи с новой крышкой специалистами комбината сделаны следующие заключения:

- результаты испытаний показали, что разница в перепаде температур в рабочем пространстве печи существенно уменьшилась, а температура кожуха крышки снизилась с 350–400 до 110–120°С.
- качество нагрева металлопродукции значительно улучшилось.
- уменьшился расход топлива на 20%.

На основании положительных результатов на НТМК принято решение о футеровке всех крышек войлоком ВРП-350 производства ООО «Волокнистые огнеупоры», что практически реализовано. Ожидаемый эффект около пяти миллионов рублей.

В настоящее время ведется совместная работа специалистов компании «Волокнистые огнеупоры» с проектировщиками металлургического комбината по созданию принципиально новой конструкции крышки, которая позволит улучшить показатели тепловой работы печи, снизить трудоемкость монтажа футеровки и увеличить ресурс ее работы.

Для машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий, производящих алюминиевое литье, компания «Волокнистые огнеупоры» производит огнеупорные материалы для футеровки тигельных плавильных печей, а также крышки для тиглей и желобов. Крышки изготавливаются из волокнистых огнеупорных плит ПВ-400 (ПВ-450). Для придания дополнительной жесткости плиты армируются жаростойкой сталью, либо устанавливаются в легкий стальной каркас, выпол-





Рис. 7. Футеровка крышки электропечи ОКБ-827 (ЗАО «Завод Киров-Энергомаш», Санкт-Петербург)



Рис. 8. Крышка стэнда разогрева сталеразливочных ковшей в работе («МЕЧЕЛ», Челябинский металлургический комбинат, ЭСПЦ-6)

няемый по чертежам КБ компании. Обладая высокими теплоизоляционными свойствами, волокнистая футеровка плавильных печей, а также крышки тиглей позволяют экономить до 30% электроэнергии.

На рис. 6 показаны крышки, установленные на желобе для передачи жидкого алюминия от плавильных печей к миксеру (ООО «МордовВторСырье», г. Саранск).

На рис. 7 показана крышка шахтной термической электропечи ОКБ-827, футерованная войлоком ВР-350 (ЗАО «Завод Киров-Энергомаш», Санкт-Петербург)

Это одна из первых работ проведенных компанией по внедрению волокнистых огнеупорных материа-

лов, получившая одобрение и признание у производителей.

На рис. 8 показана крышка стэнда разогрева сталеразливочных ковшей (ЧМК, г. Челябинск). Футеровка из войлока «мокрого» и технология ее крепежа позволила значительно повысить эксплуатационный ресурс крышки.

Компания ООО «Волокнистые огнеупоры» производит качественные огнеупорные материалы для высоко-

температурной изоляции элементов конструкций металлургических агрегатов. Высоквалифицированные специалисты решают инженерные задачи, относящиеся к производству новых материалов с улучшенными свойствами, технологии монтажа футеровки, разработке чертежной документации, связанной с внедрением волокнистых огнеупоров на промышленных агрегатах и проведением шеф-монтажных работ и авторского надзора.

Предприятия России, ближнего и дальнего зарубежья, убедившись в достоинствах наших материалов и качестве выполняемых работ, выражают готовность и согласие к долгосрочному и взаимовыгодному сотрудничеству.

С.П. Павлинич (д-р техн. наук, зав. кафедрой МиТЛП, УГАТУ, г. Уфа), Р.К. Мысик (д-р техн. наук, профессор кафедры ЛП и УТ, УрФУ, Екатеринбург), М.В. Зайцев, С.В. Бакерин, А.М. Хайруллина (аспиранты, УГАТУ), С.В. Брусницын (д-р техн. наук, профессор кафедры ЛП и УТ), А.В. Сулицин (канд. техн. наук, доцент кафедры ЛП и УТ, УрФУ, Екатеринбург)

## Влияние технологических параметров плавки и литья на качество сложнопрофильной отливки из интерметаллидного титанового сплава

Фасонное литье из титановых сплавов завоевало прочные позиции в производстве авиационной техники в нашей стране и за рубежом. Очевидные экономические преимущества фасонных отливок в сравнении с деформированными заготовками способствуют расширению области их применения в авиастроении. Этому во многом способствует высокий уровень механических свойств литого металла, по ряду важнейших характеристик не отличающийся от уровня свойств деформированных заготовок. По показателям ударной вязкости КСУ и коэффициента вязкости разрушения  $K1C$  свойства литых сплавов даже несколько превосходят уровень аналогичных деформированных. Однако усталостные характеристики материала отливок существенно уступают соответствующим характеристикам деформированного металла. Значения этих характеристик – 220–280 МПа для отливок, 400–500 МПа для штамповок – являются типичными. Пониженные значения усталостной прочности ограничивают возможности применения литых вращающихся деталей

Приведены результаты исследования влияния параметров плавки и литья на качество сложнопрофильной отливки из интерметаллидного титанового сплава. Изучен характер возникающих в отливке дефектов и определены вероятные причины их возникновения.

**Ключевые слова:** литье по выплавляемым моделям, интерметаллидный титановый сплав, технологические параметры плавки и литья, литейные дефекты.

\*\*\*

**Pavlinich S.P., Mysik R.K., Zaitsev M.V., Bakerin S.V., Khairullina A.M., Brusnitsyn S.V., Sulitsin A.V.** Influence of technological parameters of melting and casting on quality of intermetallic titanium alloy figurine castings

The results of investigations of influence of melting and casting parameters on quality of intermetallic titanium alloy castings figurine are described. The character of appearing casting defects was investigated and likely causes of their occurrence was determined.

**Key words:** lost wax casting, intermetallic titanium alloy, technological parameters of melting and casting, casting defects.