

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 621.74.045

НИКОЛАЙЧИК
Юрий Александрович

**ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ
МАТЕРИАЛАМИ ПРОТИВОПРИГАРНЫХ ПОКРЫТИЙ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК ИЗ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ
СПЛАВОВ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.16.04 – Литейное производство

Минск, 2013

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете

Научный руководитель

Кукуй Давыд Михайлович,

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Машины и технология
литейного производства» Белорусского
национального технического университета,
лауреат Государственной премии Республики
Беларусь

Официальные оппоненты:

Лазаренков Александр Михайлович,

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Охрана труда»
Белорусского национального технического
университета;

Одарченко Игорь Борисович,

кандидат технических наук, доцент, декан
механико-технологического факультета
Гомельского государственного технического
университета имени П.О. Сухого

Оппонирующая организация

ОАО «БЕЛНИИЛИТ»

Защита состоится 22 февраля 2013 г. в 14⁰⁰ на заседании совета по защите диссертаций Д 02.05.14 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65, корп. 12, ауд. 310, тел. (факс) ученого секретаря (017) 292 54 06.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан «__» _____ 2013 г.

И.о. ученого секретаря

совета по защите диссертаций,

доктор технических наук, доцент

_____ В.М. Константинов

© Николайчик Ю.А., 2013

© Белорусский национальный
технический университет, 2013

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Республике Беларусь насчитывается около 135 действующих литейных цехов и участков общей мощностью более 400 тыс. т отливок в год. Из них на отливки из стали и чугуна, изготавливаемые в разовые песчаные формы, приходится около 80 % общего объема. Такие цифры обусловлены высокой производительностью и универсальностью процесса изготовления отливок в разовых песчаных формах, который позволяет получать отливки массой от нескольких граммов до десятков тонн. Одним из недостатков такой технологии является недостаточно высокое качество поверхности отливок, обусловленное образованием различных дефектов поверхности, из которых пригар – самый распространенный. Очистка отливок от пригара вызывает дополнительные затраты материальных и трудовых ресурсов, которые могут достигать 40–60 % общего объема трудоемкости изготовления, что в итоге существенно увеличивает себестоимость готовых изделий и снижает их конкурентоспособность. Профилактика образования пригара на поверхности стальных и чугунных отливок, как правило, осуществляется при помощи нанесения на поверхность литейной формы специальных противопригарных покрытий, которые позволяют не только защитить литейную форму от агрессивного воздействия металла, но и заранее предопределить будущее качество поверхности отливки.

Сегодня белорусскими литейными цехами потребляется большое количество противопригарных покрытий и в то же время значительная их часть удовлетворяется за счет импортных поставок. В связи с этим в Республике Беларусь давно назрела необходимость создания собственного централизованного производства эффективных противопригарных покрытий, что невозможно, в первую очередь, без научных изысканий и детального анализа процессов образования и профилактики пригара и других поверхностных дефектов. Поэтому выполненные в рамках диссертационной работы исследования процессов на границе раздела «расплав – литейная форма», «расплав – противопригарное покрытие – литейная форма», а также результаты исследований процессов взаимодействия нового класса материалов (наноматериалов) с базовыми компонентами противопригарных покрытий, которые направлены на совершенствование теории и технологии получения эффективных противопригарных покрытий, являются весьма актуальными.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами.

Исследования и результаты, положенные в основу диссертации, соответствуют перечню приоритетных направлений фундаментальных и прикладных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 годы, утвержденному Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 апреля 2010 г. № 585, в частности, пункту 8.3 «теории прочности, пластичности, формообразования и разрушения материалов, металлургические процессы черных и цветных металлов, сплавов на их основе, технологии производства литейных сплавов с использованием вторичных ресурсов на основе черных и цветных металлов».

Часть исследований, приведенных в диссертации, выполнена в рамках ГНТП «Технология и оборудование машиностроения», подпрограмма «Технологии

литья» 2006–2010 гг., по заданию ТЛ 5.04 «Разработать составы, технологию производства и освоить выпуск эффективных противопригарных красок для повышения качества отливок из черных сплавов». В диссертации использованы результаты гранта автора, выделенного Министерством образования Республики Беларусь на проведение исследований по теме диссертации («Противопригарные покрытия для производства качественных отливок из железоуглеродистых сплавов», № ГР 20091494, срок выполнения 2009 г.), а также результаты работы автора, выполненные в рамках действующей ГПНИ 05 «Механика, техническая диагностика, металлургия», 2011–2015 гг., направленной на проведение научных исследований и разработок по заданию № 2.2.08 «Методология и технология производства специальных защитных покрытий с использованием наноматериалов для изготовления стальных и чугунных отливок».

Цель и задачи исследований. Целью диссертации является разработка технологий приготовления и использования модифицированными наноструктурированными материалами противопригарных покрытий на основе алюмосиликатных наполнителей, предназначенных для изготовления широкой номенклатуры высококачественных стальных и чугунных отливок.

Для реализации поставленной цели определены следующие основные задачи:

1. Выполнить анализ физико-химических процессов, протекающих в контактной зоне «железоуглеродистый расплав – литейная форма».

2. Теоретически обосновать и экспериментально подтвердить механизм формирования прочности противопригарного покрытия, модифицированного наноструктурированным материалом, обеспечивающий повышение термической и эрозийной стойкости.

3. Провести анализ и обосновать выбор компонентов и новых материалов, используемых в составах противопригарных покрытий, обеспечивающих их более высокую эффективность при изготовлении отливок из стали и чугуна.

4. Исследовать и разработать составы противопригарных покрытий, обеспечивающие получение бездефектных отливок с высоким качеством поверхности, определить закономерности формирования их физико-механических и технологических свойств с использованием методов, наиболее полно отвечающих условиям изготовления стальных и чугунных отливок в разовых песчаных формах.

5. Разработать технологический процесс приготовления высокоэффективных противопригарных покрытий, предназначенных для изготовления отливок из стали и чугуна, а также опробовать и внедрить технологии приготовления и использования разработанных противопригарных покрытий в чугуно- и сталелитейных цехах.

Объектом исследования является технология изготовления высококачественных отливок из стали и чугуна с использованием противопригарных покрытий.

Предметом исследования являются противопригарные покрытия с добавками наноструктурированного материала.

Методы исследований. В ходе реализации работы применены современные методы анализа свойств материалов и композиций на их основе. Морфологию противопригарных покрытий изучали методом электронной микроскопии при помощи

сканирующего электронного микроскопа «Mira» фирмы «Teskan» (Чехия). Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы выполнены с использованием рентгеновского дифрактометра ДРОН 3М с картотекой материалов ASTM. Термогравиметрические анализы проводили на дериватографе системы Паулик-Эрден. Атомно-силовая микроскопия выполнена при помощи многофункционального сканирующего зондового микроскопа «NT-206». Трансмиссионную электронную микроскопию проводили на стационарном лабораторном микроскопе многоцелевого назначения «ТЕМ-100С».

Физико-механические свойства противопригарных покрытий изучали стандартными методами. Моделирование физических процессов в контактных зонах «расплав – литейная форма», «расплав – противопригарное покрытие – литейная форма» проводили с использованием пакетов программ: «SolidWorks 2010», «COSMOSDesignSTAR V4.0» и СКМ «Полигон V12.1».

Положения, выносимые на защиту:

1. Механизм формирования высокотемпературной прочности противопригарных покрытий и его экспериментальное подтверждение, заключающиеся в том, что в период контактного взаимодействия в противопригарном покрытии происходит интенсифицированный наноструктурированным материалом бемитом (AlOON) синтез термостойкого минерала муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), который обеспечивает увеличение адгезионной и когезионной прочности покрытия более чем на 60 %.

2. Установленные закономерности формирования при высоких температурах прочности противопригарного покрытия, модифицированного наноструктурированным бемитом (AlOON), связанные с тем, что при оптимальном содержании наноструктурированного бемита (4–5 %) в диапазоне температур 1000–1500 °С увеличивается в 1,4 раза скорость образования муллитовой фазы, а ее количество в противопригарном покрытии возрастает более чем в 2 раза.

3. Технология приготовления противопригарного покрытия, модифицированного наноструктурированным бемитом, заключающаяся в том, что на первом этапе в высокоскоростном миксере (при оборотах вала 2500–3000 об/мин) осуществляется приготовление водной суспензии наноструктурированного бемита. Параллельно с этим приготавливается эмульсия органического связующего в водно-спиртовом растворе (лак), которая затем вместе с огнеупорным наполнителем порционно подается в высокоскоростной миксер и перемешивается с суспензией наноструктурированного бемита. Приготовленное таким образом противопригарное покрытие обладает следующими свойствами: высокой седиментационной устойчивостью 99 %, что позволяет его использовать без перемешивания в течение рабочей смены; формирует на поверхности литейной формы необходимый по толщине слой 1,0–1,2 мм, исключающий образование пригара; обладает требуемой проникающей способностью 0,3–0,7 мм, которая определяет при высокотемпературном взаимодействии расплава и литейной формы зону формирования адгезионной прочности; при этом прочность на истирание противопригарного покрытия возрастает на 25 % (с 2,4 кг/мм до 3,2 кг/мм).

4. Установленные в результате натурных испытаний и моделирования, закономерности протекания процессов в контактной зоне «расплав – литейная форма», позволившие определить, что противопригарное покрытие, модифицированное

наноструктурированным бемитом, снижает скорость потери расплавом температуры в 1,3 раза, что увеличивает заполняемость тонкостенных полостей формы более чем на 60 % и гарантирует получение высококачественных тонкостенных отливок.

Личный вклад соискателя. Автором работы под руководством заведующего кафедрой «Машины и технология литейного производства» Белорусского национального технического университета, доктора технических наук, профессора, лауреата Государственной премии Республики Беларусь Д.М. Кукуя были проведены работы по анализу процессов контактного взаимодействия металла и литейной формы, технологии получения противопригарных покрытий, разработана комплексная методика проведения исследований, изучены механизмы и выявлены закономерности формирования свойств противопригарных покрытий, модифицированных наноструктурированными материалами, промоделированы процессы контактного взаимодействия металла и литейной формы, создана физическая модель и разработан противопригарный механизм покрытия и практически доказана его адекватность, разработана технология изготовления противопригарных покрытий. Исследования свойств наноструктурированных материалов, высокотемпературных процессов, происходящих в противопригарном покрытии, выполнены при содействии директора «ОХП Институт импульсных процессов с опытным производством» ГНПО ПМ НАН Беларуси, доктора технических наук Л.В. Судник. Промышленная апробация результатов работы осуществлена автором при содействии и консультационной поддержке кандидата технических наук, доцента кафедры «Машины и технология литейного производства» Белорусского национального технического университета В.А. Скворцова. Мероприятия по пилотному проекту организации производства отечественных противопригарных покрытий были выполнены в сотрудничестве с директором НПРУП «Технолит», кандидатом технических наук С.Л. Ровиным.

Апробация результатов диссертации. Материалы и результаты диссертационной работы были доложены и обсуждены на II Международной научно-технической конференции «Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейном производстве» (Украина, г. Краматорск, 2009), Международной научно-практической конференции «Энергоэффективные технологии» (г. Минск, 2010), Международной научно-технической конференции «Литейное производство и металлургия. Беларусь» (г. Минск, 2010).

Опубликованность результатов диссертации. По материалам диссертации опубликовано 14 научных работ, включая 8 статей в научно-технических журналах и 6 тезисов докладов на научно-технических конференциях. Получен патент Республики Беларусь на изобретение № 15178. Зарегистрированы технические условия ТУ РБ 100512754.005-2007. Общий объем публикаций составил 9 авторских листов.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации составляет 118 страниц, включая 11 таблиц и 45 иллюстраций на 34 страницах, 10 страниц библиографического списка из 137 источников и 13 страниц приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В первой главе выполнен анализ процессов, происходящих в контактной зоне «расплав – литейная форма», и определены основные факторы, определяющие образование дефектов поверхности отливок из железоуглеродистых сплавов. Показано, что эффективная профилактика дефектообразования возможна путем создания на поверхности литейной формы высокопрочного эрозионностойкого защитного слоя противоположного покрытия, изолирующего ее открытые капилляры и предотвращающего фильтрацию в них расплава, а также исключающего протекание химико-термических реакций взаимодействия оксидов расплава и литейной формы. При этом установлено, что противоположное покрытие должно обладать высокой термостойкостью, которая может быть обеспечена искусственным синтезом в период контактного взаимодействия расплава и литейной формы муллитоподобных минералов.

Рассмотрены основные реакции твердофазного синтеза муллита из алюмосиликатных материалов (базовых огнеупорных наполнителей противоположных покрытий), показана необходимость их интенсификации путем применения каталитически активных, наноструктурированных материалов. Автором предложены пути повышения высокотемпературной прочности противоположного покрытия за счет формирования в контактной зоне «расплав – литейная форма» матрицы муллита игольчатого строения, которая способна не только образовать дискретную взаимосвязь частиц наполнителя, обеспечив достаточную когезионную прочность противоположного покрытия при высоких температурах $\sigma_{\text{ког}}^t$, но и, обладая химическим сродством к основному материалу литейной формы (кварц), создать адгезионную связь покрытия и литейной формы $\sigma_{\text{адг}}^t$:

$$\sigma_{\text{ког}}^t = \sum \sigma_{\text{адг}}^t + \sum \sigma_1^t + \sum \sigma_2^t, \text{ МПа}, \quad (1)$$

где $\sum \sigma_{\text{адг}}^t$ – суммарная адгезионная прочность контактов муллита алюмосиликатный наполнитель при высоких температурах, МПа;

$\sum \sigma_1^t$ – суммарная когезионная прочность муллита при высоких температурах, МПа;

$\sum \sigma_2^t$ – суммарная когезионная прочность алюмосиликатного наполнителя при высоких температурах, МПа.

На основании проведенного анализа сформулированы цели и задачи исследований.

Во второй главе приведены методы исследований физико-механических свойств, морфологии и микроструктуры, фазового состава исходных компонентов и противоположных покрытий, а также методы исследования взаимодействий в контактной зоне «расплав – литейная форма», определяющих качество отливок из железоуглеродистых сплавов. Описано программное обеспечение, которое применено для моделирования процессов в контактной зоне «расплав – литейная форма» и описаны методы математической обработки результатов экспериментов.

В третьей главе проведены исследования закономерностей формирования физико-механических свойств противоположных покрытий при нормальной температуре. С учетом предложенного механизма повышения высокотемпературной прочности противоположного покрытия, основанного на искусственном протекании в нем процессов муллитобразования, был выбран наиболее эффективный огнеупорный

наполнитель (природный минерал дистен-силлиманит), использование которого в совокупности с наноструктурированным бемитом должно приводить в процессе высокотемпературного воздействия к интенсификации реакций твердофазного синтеза муллита, что обеспечит повышение высокотемпературной прочности противопригарного покрытия в период взаимодействия с расплавом. На основании известных данных о физико-химических свойствах выбраны жидкие составляющие противопригарного покрытия: связующее – поливинилацетатная дисперсия (ПВАД) и растворитель – водно-спиртовой раствор алифатического изопропилового спирта.

Разработана технология приготовления противопригарных покрытий, модифицированных наноструктурированным материалом, заключающаяся в том, что на первом этапе в высокоскоростном миксере (при оборотах вала 2500–3000 об/мин) осуществляется приготовление водной суспензии наноструктурированного бемита. Параллельно с этим приготавливается эмульсия органического связующего в водно-спиртовом растворе (лак), которая затем вместе с огнеупорным наполнителем порционно подается в высокоскоростной миксер и перемешивается с суспензией наноструктурированного бемита. Установлены закономерности формирования физико-механических свойств приготовленного таким образом противопригарного покрытия, модифицированного наноструктурированным бемитом:

$$\delta = 0,0203x_4^3 - 0,1268x_4^2 + 0,2563x_4 + 0,5762; \quad (2)$$

$$h = -0,0031x_4^3 + 0,0212x_4^2 - 0,0723x_4 + 0,5312; \quad (3)$$

$$\eta = 0,2444x_4^3 - 1,5369x_4^2 + 3,1853x_4 + 21,252; \quad (4)$$

$$\sigma = -0,162x_4^2 + 0,894x_4 + 1,9373; \quad (5)$$

$$C = -0,0833x_4^2 + 1,15x_4 + 96,008, \quad (6)$$

где δ – толщина красочного слоя, мм;

h – проникающая способность, мм;

η – вязкость, с;

σ – прочность слоя покрытия к истиранию, кг/мм;

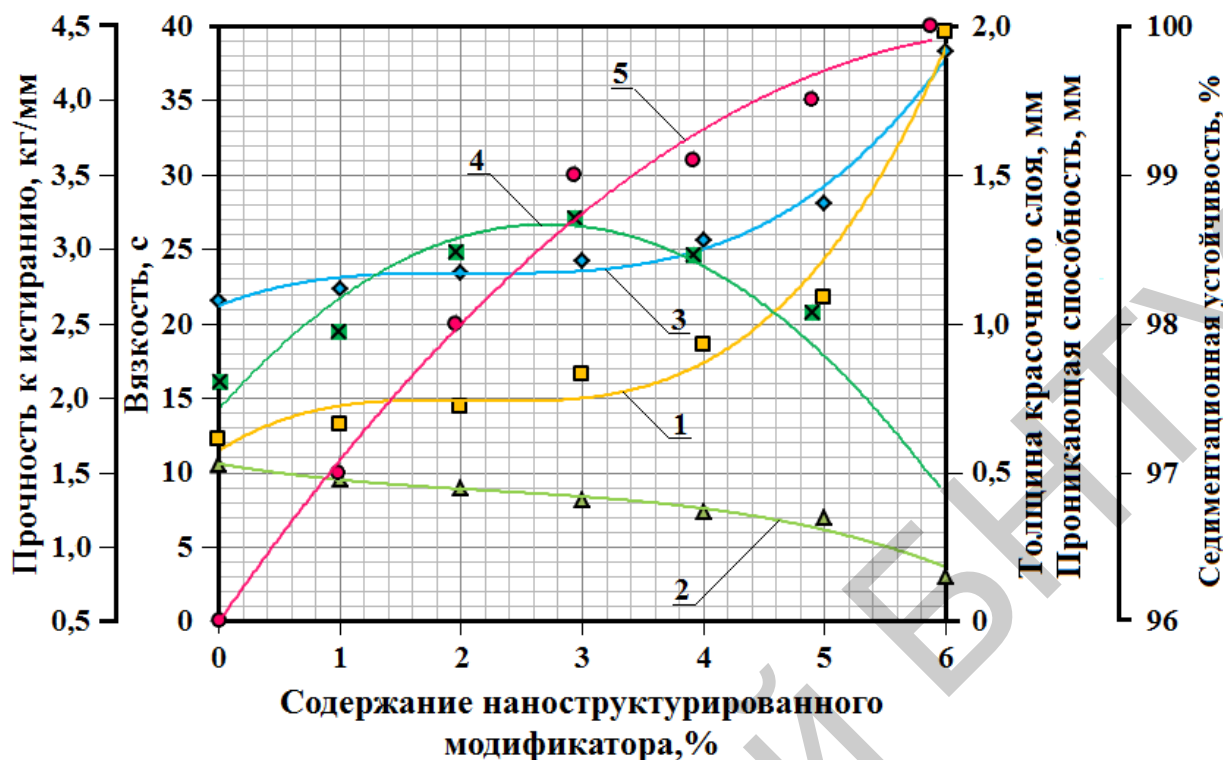
C – седиментационная устойчивость покрытия, %;

x_4 – концентрация наноструктурированного модификатора, %.

Среднеквадратичная погрешность при измерении свойств противопригарных покрытий не превышала 5 %. Достоверность аппроксимации результатов экспериментов показана в таблице. Результаты экспериментов в графической форме приведены на рисунке 1.

Таблица – Достоверность аппроксимации результатов экспериментов физико-механических свойств покрытия математическими зависимостями (2)–(6)

Свойство покрытия	Зависимость	Коэффициент детерминации R^2
Толщина красочного слоя, мм	(2)	0,9733
Проникающая способность, мм	(3)	0,9855
Вязкость, с	(4)	0,9846
Прочность к истиранию, кг/мм	(5)	0,9332
Седиментационная устойчивость, %	(6)	0,9891

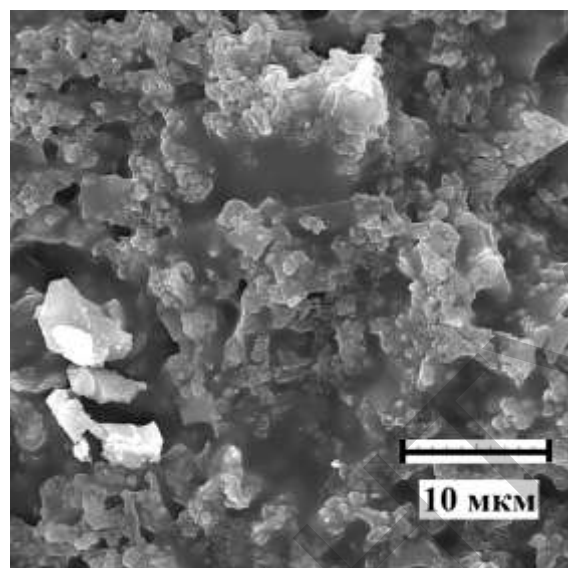
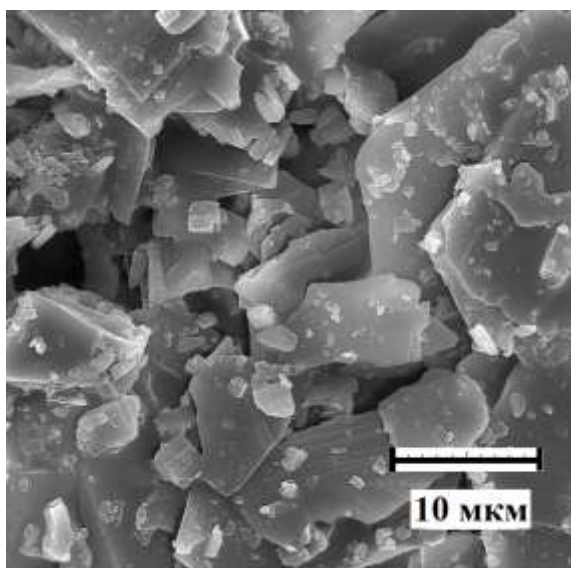


1 – толщина красочного слоя; 2 – проникающая способность;

3 – вязкость; 4 – прочность к истиранию; 5 – седиментационная устойчивость

Рисунок 1 – Физико-механические свойства противопригарного покрытия, модифицированного наноструктурированным бемитом

Установлено, что модифицирование противопригарного покрытия наноструктурированным бемитом позволяет качественно изменить исследуемые свойства покрытия. Увеличение концентрации наномодификатора приводит к более интенсивному росту вязкости, характер изменения которой описывается кубической параболой. На основании результатов исследований определена предельно-максимальная концентрация наноструктурированного бемита, которая составляет 5 %. Показано, что модифицированное покрытие обладает более высокой седиментационной устойчивостью (99 %). Установлено, что изменение прочности на истирание противопригарного покрытия при модифицировании наноструктурированным бемитом связано с качественным преобразованием микроструктуры покрытий (рисунок 2). Модифицированное наноструктурированным бемитом покрытие, обладающее в жидком состоянии высокой однородностью, формирует при отверждении пленки с большим числом адгезионных контактов между базовым наполнителем и связующим. При концентрации наноструктурированного бемита до 5 % происходит его усвоение в полимерной матрице ПВАД, тем самым повышается когезионная прочность манжет связующего. В итоге модифицированное покрытие обладает повышенными более чем на 25 % прочностными и трибологическими характеристиками (прочность на истирание покрытия увеличивается с 2,4 до 3,2 кг/мм).



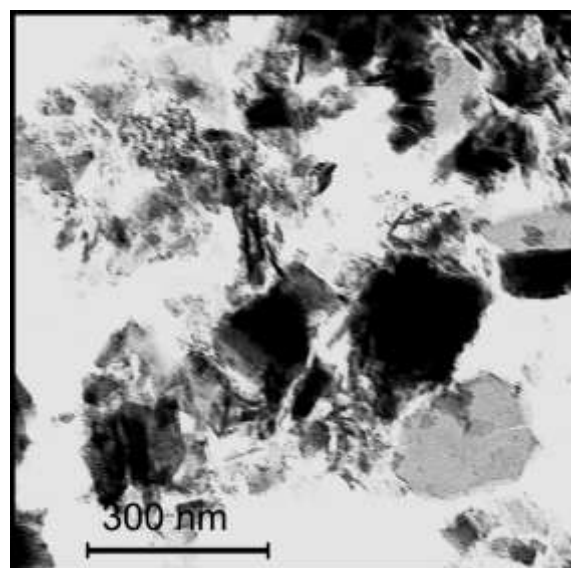
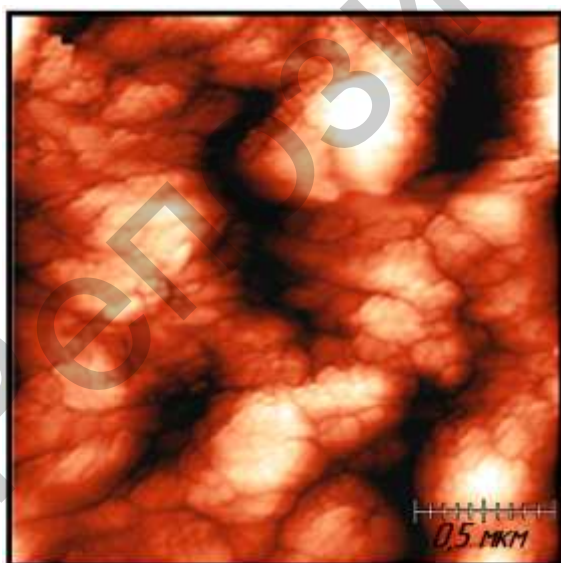
а

б

а – без модификатора ($\times 5000$); б – модифицированное ($\times 5000$);

Рисунок 2 – Микроструктура противопопригарных покрытий

Четвертая глава посвящена разработке механизма формирования высокотемпературной прочности противопопригарных покрытий. Исследование высокотемпературных процессов, происходящих в противопопригарном покрытии, проводили при помощи современных физико-химических методов анализа. Для этого были изучены микроструктурные, теплофизические и топографические свойства как покрытия, так и наноструктурированного модификатора. Исследованием образцов наноструктурированного бемита атомно-силовой микроскопией установлено (рисунок 3, а), что материал представляет собой ультрадисперсный порошок волокнистого строения, состоящий из микроагломератов размером от 1 до 3 мкм.



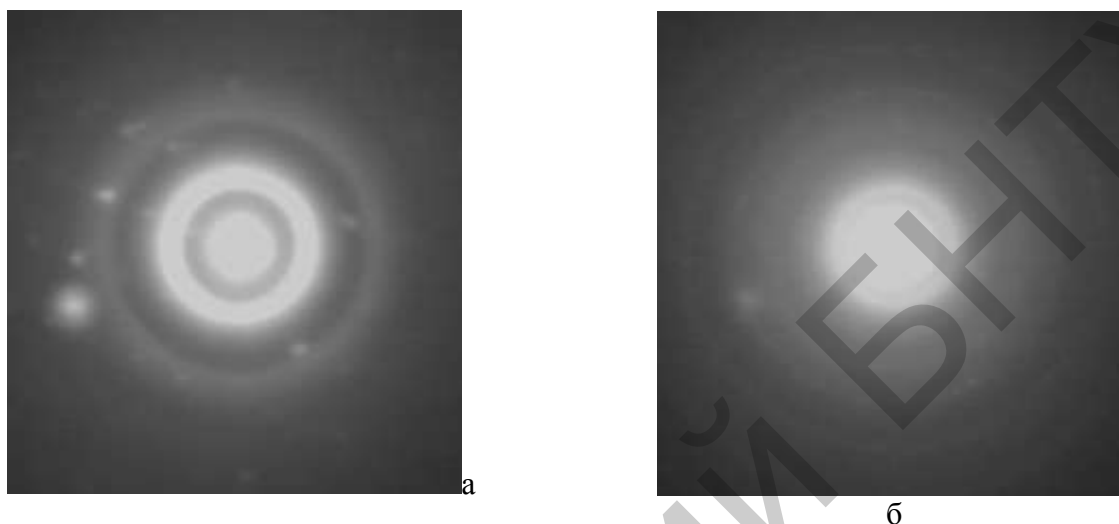
а

б

а – топография поверхности наноструктурированного бемита; б – наноструктура бемита

Рисунок 3 – Топография поверхности и наноструктура бемита

Анализ структуры волокон, выполненный с использованием метода трансмиссионной микроскопии, позволил установить, что волокна состоят из очень тонких разупорядоченных пластинчатых частиц средним размером 50–150 нм (рисунок 3, б), кристаллическая структура которых неоднородна и представлена как изолированными монокристаллами, так и структурами с сильно аморфизированной кристаллической решеткой (рисунок 4).



а – изолированные монокристаллы; б – аморфизированная кристаллическая структура
Рисунок 4 – Электроннограммы наноструктурированного бемита

Термогравиметрическим анализом (рисунок 5) установлено, что в процессе нагрева наноструктурированного бемита происходит образование при температуре 285 °С частиц новой более дисперсной фазы – шпинели дефектного типа $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, поверхностная активность которых, установленная путем сравнения рентгенограммы нано $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (рисунок 6, а) с рентгенограммой грубодисперсного $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (30–50 мкм) (рисунок 6, б), в процессе синтеза муллита в противоположном покрытии значительно выше, чем у частиц последнего.

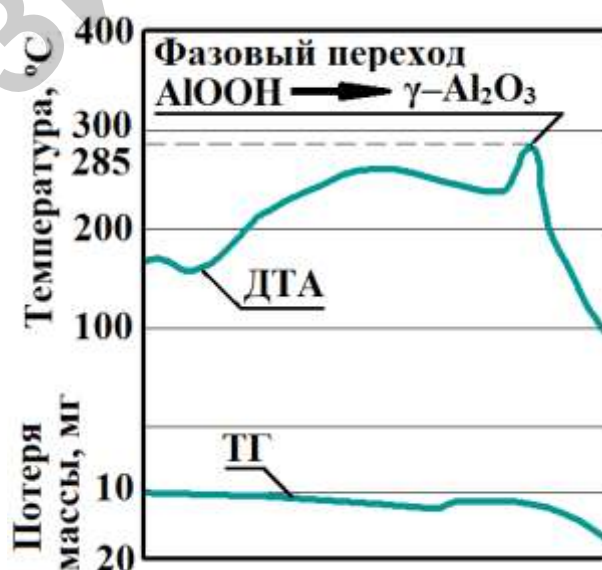
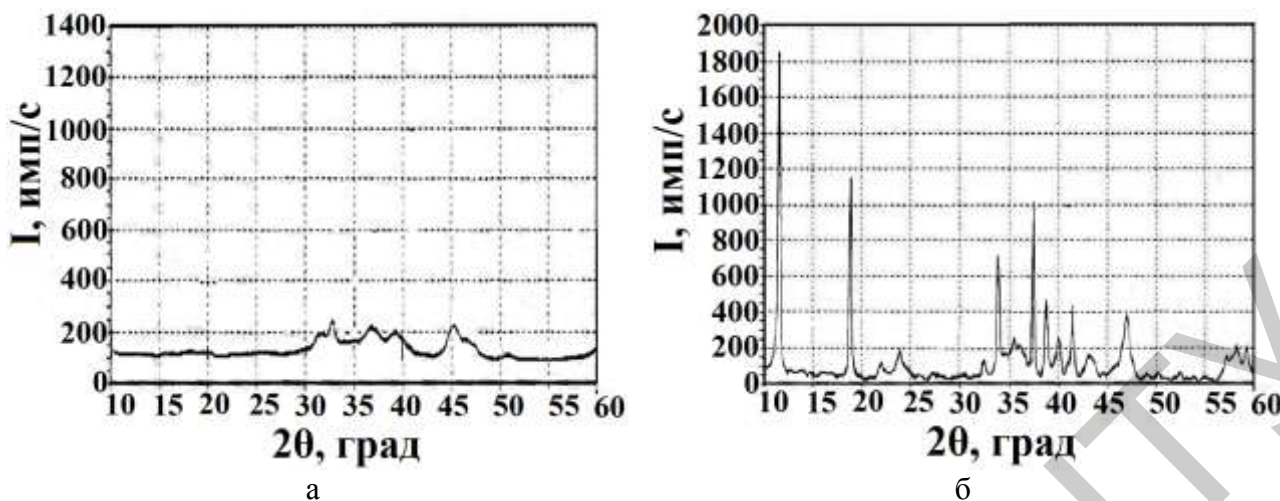


Рисунок 5 – Дериватограмма наноструктурированного бемита



а – нано γ - Al_2O_3 ; б – грубодисперсный γ - Al_2O_3

Рисунок 6 – Рентгенограммы γ - Al_2O_3

При исследовании процессов образования муллита, выполненных с использованием математического планирования полнофакторного эксперимента 2^3 , установлена необходимая и достаточная концентрация наноструктурированного модификатора (4–5 %), обеспечивающая в диапазоне температур 1000–1500 °С увеличение скорости образования муллитовой фазы в 1,4 раза, а ее количества в 2 раза, что, в свою очередь, приводит в период взаимодействия расплава и литейной формы к увеличению когезионной и адгезионной прочности противопопригарного покрытия на 60 %.

Установлена зависимость высокотемпературной прочности противопопригарного покрытия от количества наноструктурированного бемита, температуры и времени контактного взаимодействия на границе раздела «расплав – литейная форма»:

$$\sigma = -9,89311 + 0,00904T + 0,10011\tau + 0,19525C, \quad (7)$$

где σ – прочность красочного слоя, кг/мм;

T – температура, °С;

τ – время, мин;

C – концентрация наноструктурированного модификатора, %.

Установлены зависимости, описывающие динамику образования муллита в противопопригарном покрытии, модифицированном наноструктурированным бемитом, в зависимости от температуры и времени контактного взаимодействия на границе раздела «расплав – литейная форма» (рисунок 7):

$$C = 4,1211 \ln(\tau) + 6,4026; \quad (8)$$

$$C = 3,3551 \ln(\tau) + 4,0679; \quad (9)$$

$$C = 2,9157 \ln(\tau) + 4,0515; \quad (10)$$

$$C = 19,615 \ln(T) - 130,14; \quad (11)$$

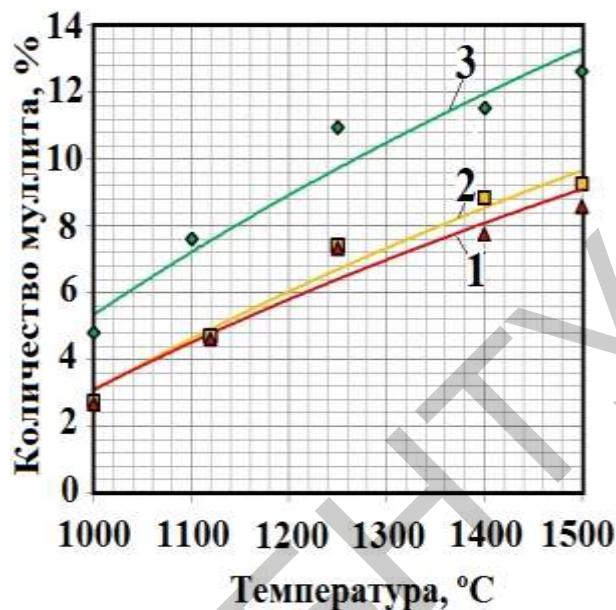
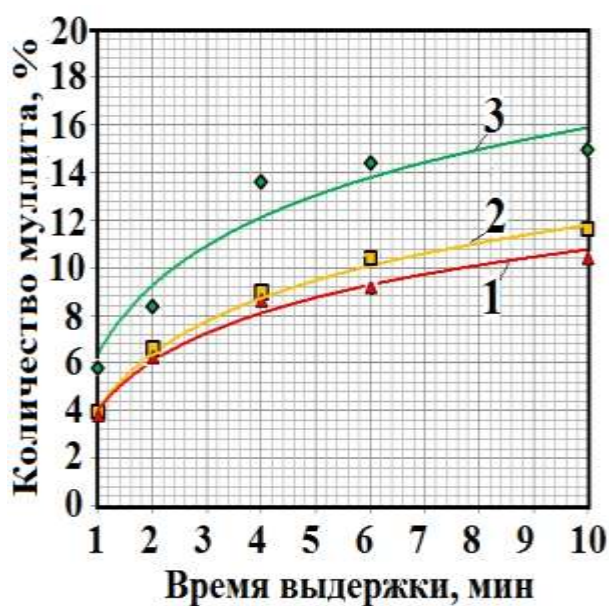
$$C = 16,215 \ln(T) - 108,92; \quad (12)$$

$$C = 14,783 \ln(T) - 99,006; \quad (13)$$

где C – количество образующегося муллита, %;

τ – время выдержки, с;

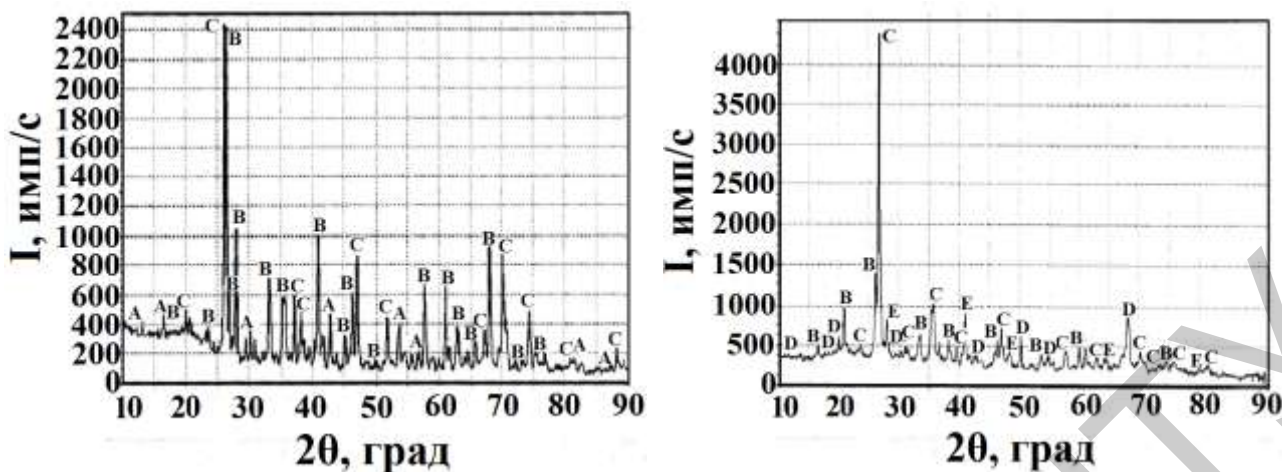
T – температура, °С.



а – выдержка при 1500 °C; б – нагрев вместе с печью;
 1 – без модификатора; 2 – с грубодисперсным $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$;
 3 – с наноструктурированным AlOOH

Рисунок 7 – Термокинетические зависимости образования муллита в противопопригарных покрытиях

Рентгенофазовым анализом (рисунок 8) показано, что образование муллита происходит во всех исследуемых противопопригарных покрытиях и связано, в первую очередь, с его первичным синтезом из дистена (кианита). Содержание второй составляющей базового наполнителя (силлиманита) остается практически на неизменном уровне из-за того, что муллитизация силлиманита происходит при более высоких температурах, что создает некоторый запас повышения высокотемпературной прочности противопопригарных покрытий при температурах более 1500 °C. Характер образования муллита в противопопригарных покрытиях с добавкой грубодисперсного $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (кривая 1, рисунок 7) аналогичен характеру образования без модификатора, что говорит об определенных затруднениях первичного и вторичного синтеза. Из рисунков 7, а, б (кривая 3) видно, что наноструктурированный модификатор не только увеличивает суммарный выход муллита более чем на 50 %, что возможно при активном вторичном синтезе, но также увеличивает скорость его образования, интенсифицируя первичный синтез за счет повышения глиноземистого модуля, что в итоге способствует упрочнению противопопригарного покрытия при минимальных температурах и времени выдержки.



а

б

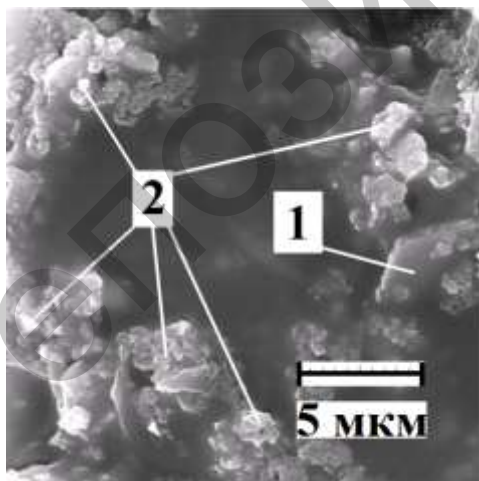
а – до нагревания; б – после нагревания до 1500 °С;

А – бемит (AlOOH); В – дистен ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$); С – силлиманит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$);

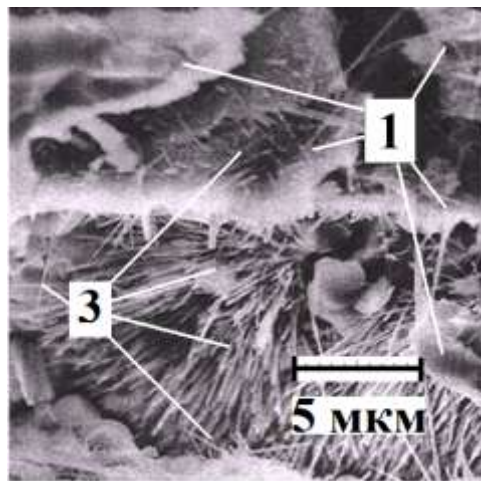
Д – муллит ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$); Е – кварц (SiO_2)

Рисунок 8 – Рентгенограммы противопопригарных покрытий

Результаты исследований позволили подтвердить разработанную гипотетическую модель формирования высокотемпературной прочности противопопригарных покрытий, которая реализуется за счет интенсификации высокотемпературного синтеза игольчатого муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) (рисунок 9) в присутствии наноструктурированного бемита (AlOOH). Установлено, что в период контактного взаимодействия, когда прочность противопопригарного покрытия не может быть обеспечена связующим из-за его деструкции, она формируется за счет интенсифицированных наноструктурированным бемитом процессов образования из кианита новой высокопрочной (σ_1^t) фазы – муллита в виде игольчатых габитусов, которые образуют дискретную взаимосвязь (суммарную адгезионную прочность контактов ($\sum \sigma_{\text{адг}}^t$) частичек термодинамически устойчивого при этих температурах силлиманита, обладающего прочностью (σ_2^t)).



а



б

а – до высокотемпературного взаимодействия; б – после взаимодействия;

а, б – $\times 10000$;

1 – зерно алюмосиликатного наполнителя; 2 – наноструктурированный модификатор; 3 – габитусы муллита игольчатого строения

Рисунок 9 – Микроструктура противопопригарных покрытий

Как показали результаты практических исследований, приведенный механизм является не только работоспособным при защите литейной формы от агрессивного воздействия расплава, но и высокоэффективным средством профилактики образования пригара на отливках из железоуглеродистых сплавов.

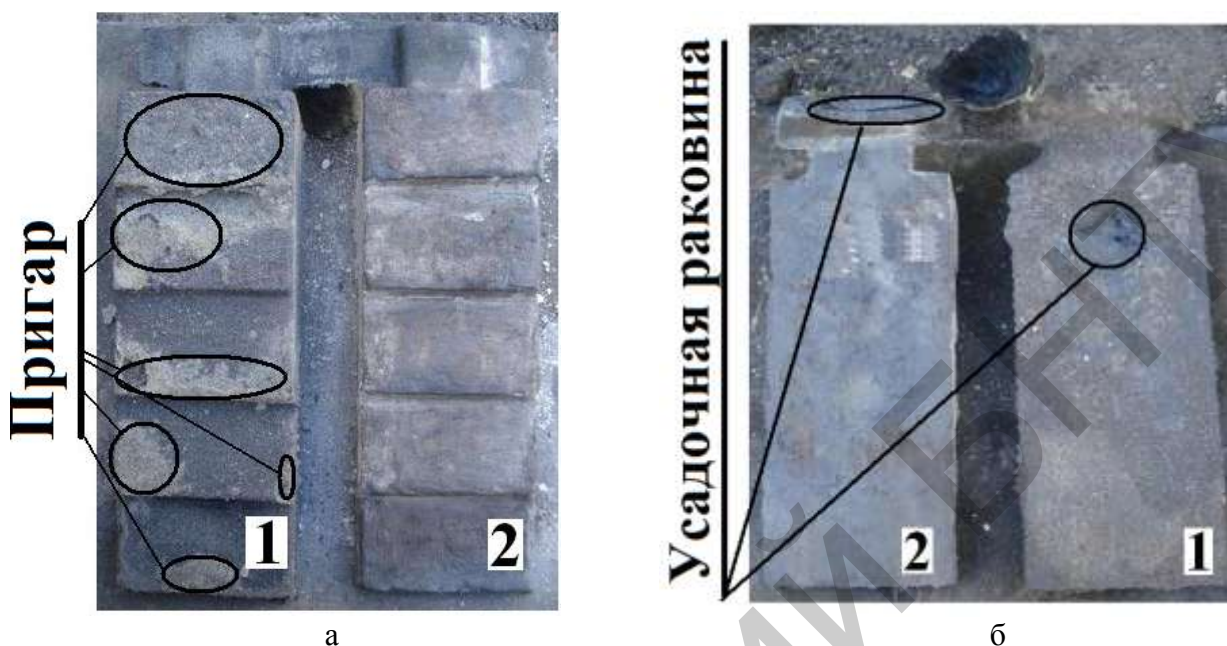
Исследование процессов в контактной зоне «расплав – литейная форма» (проведенных с использованием сплава СЧ 20 ГОСТ 1412-85, температура заливки 1320 °С) позволило установить (рисунок 10), что противопопригарное покрытие, модифицированное наноструктурированным бемитом, снижает скорость падения температуры расплава при его движении по тонким каналам, тем самым увеличивая величину формозаполняемости на 190 мм (28 %) больше, чем с покрытием без модификатора, и на 327 мм (60 %) больше, чем в неокрашенную форму.



а – противопопригарное покрытие, модифицированное наноструктурированным бемитом;
б – противопопригарное покрытие без модификатора; в – неокрашенная форма
1–7 – контрольные точки на спирали Керри;

Рисунок 10 – Спирали Керри, полученные в эксперименте

Исследование эффективности противопригарного покрытия на ступенчатой технологической пробе (рисунок 11) позволило установить, что покрытие позволяет получать отливки (в том числе тонкостенные и с высокими ребрами) с чистой поверхностью и без литейных дефектов.



а – вид снизу; б – вид сверху

1 – отливка, полученная в неокрашенную форму; 2 – отливка, полученная в окрашенную форму противопригарным покрытием, модифицированным наноструктурированным бемитом

Рисунок 11 – Отливка «Ступенчатая плита»

В пятой главе изложены практические результаты работы. Производственные испытания противопригарного покрытия, модифицированного наноструктурированным бемитом, в условиях ОАО «Бобруйский машиностроительный завод» (г. Бобруйск), ОАО «Сморгонский литейно-механический завод» (г. Сморгонь), ОАО «Минский завод отопительного оборудования» (г. Минск), РУП «Вистан» (г. Витебск), ОАО «БелАЗ» (сталелитейный цех, г. Могилев), ОАО «Технолит-Полоцк» (г. Полоцк), ОАО «Спецлит» (г. Могилев) подтвердили результаты предшествующих лабораторных исследований, практически доказав возможность повышения эффективности противопригарных покрытий наноструктурированными материалами. Показано, что противопригарное покрытие, модифицированное наноструктурированным бемитом, позволяет сократить брак по пригару на 30 % при изготовлении отливок насосной группы из износостойких чугунов марок ИЧХ28Н2, ЧХ22Г (ГОСТ 7769-82) и нержавеющей сталей марок 12Х18Н9ТЛ, 12Х18Н12М3ТЛ (ГОСТ 5632-72) методом литья в сухие песчано-глинистые формы; устранить брак по пригару, королькам, а также снизить затраты на очистку отливок узлов печных установок из СЧ15 (ГОСТ 1412-85) на 65 %, получаемых в формы из холоднотвердеющих смесей; устранить брак по пригару и снизить затраты на очистные операции на 40 % при изготовлении тонкостенных чугунных отливок.

Разработаны технологические решения и создан участок централизованного производства противопопригарных покрытий для изготовления отливок из железоуглеродистых сплавов, что позволило в период с 01.06.2008 г. по 01.12.2011 г. изготовить и реализовать белорусским литейным предприятиям 75 648 кг покрытий, тем самым осуществить импортозамещение покрытий отечественными на общую сумму 354 296 178 (триста пятьдесят четыре миллиона двести девяносто шесть тысяч сто семьдесят восемь) бел. руб. (в ценах 2008–2011 гг.).

Разработанное противопопригарное покрытие прошло токсикологическую экспертизу и согласовано в Республиканском центре гигиены и эпидемиологии и общественного здоровья Министерства здравоохранения; прошло экспертизу на предмет соответствия противопожарным нормам и согласовано с Минским городским управлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. На разработанный состав противопопригарного покрытия зарегистрированы технические условия Республики Беларусь (ТУ РБ 100512754.005-2007). Результаты диссертационной работы подтверждены патентом Республики Беларусь № 15178 (заявка № а 20100909 от 10.06.2010 г., дата регистрации в Государственном реестре изобретений – 11.08.2011 г.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

В результате выполнения диссертационной работы решена важная научно-техническая задача, направленная на повышение качества поверхности отливок из железоуглеродистых сплавов за счет использования высокоэффективных противопопригарных покрытий, модифицированных наноструктурированным материалом.

1. Выполненный анализ процессов, происходящих в контактной зоне «расплава – литейная форма», позволил установить основные причины образования дефектов поверхности отливок из железоуглеродистых сплавов и определить пути их устранения за счет создания на поверхности литейной формы высокопрочного эрозиянностойкого защитного слоя противопопригарного покрытия, изолирующего ее открытые капилляры и предотвращающего фильтрацию в них расплава. При этом установлено, что противопопригарное покрытие должно обладать высокой термостойкостью, которая может быть обеспечена искусственным синтезом в период контактного взаимодействия расплава и литейной формы муллитоподобных минералов [3, 8, 9, 13].

2. Разработан и экспериментально подтвержден механизм формирования высокотемпературной прочности противопопригарных покрытий, который заключается в том, что в процессе нагрева наноструктурированного бемита при температуре 285 °С происходит образование частиц новой, более дисперсной фазы с высокой поверхностной активностью (шпинели дефектного типа $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$), которая обеспечивает в период контактного взаимодействия расплава и литейной формы интенсивное протекание реакций первичного и вторичного синтеза в противопопригарном покрытии муллитовой фазы ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), формирующей термостойкий слой, предотвращающий возможность протекания химико-термических реакций взаимодействия оксидов расплава и литейной формы [3, 6, 8].

3. Установлены закономерности формирования при высоких температурах прочности противопопригарного покрытия, модифицированного наноструктурированным

бемитом, связанные с тем, что при оптимальном содержании наноструктурированного бемита (4–5 %) в диапазоне температур 1000–1500 °С увеличивается в 1,4 раза скорость образования муллитовой фазы, а ее количество в противополопригарном покрытии возрастает более чем в 2 раза, что, в конечном итоге, приводит к интенсификации образования термо- и эрозионностойкого противополопригарного покрытия в зоне контакта «расплав – литейная форма» [6, 8].

4. Разработана технология приготовления противополопригарных покрытий, модифицированных наноструктурированным материалом, заключающаяся в том, что на первом этапе в высокоскоростном миксере (при оборотах вала 2500–3000 об/мин.) осуществляется приготовление водной суспензии наноструктурированного бемита. Параллельно с этим приготавливается эмульсия органического связующего в водно-спиртовом растворе (лак), которая затем вместе с огнеупорным наполнителем порционно подается в высокоскоростной миксер и перемешивается с суспензией наноструктурированного бемита. Приготовленное таким образом противополопригарное покрытие обладает следующими свойствами: высокой седиментационной устойчивостью 99 %, что позволяет его использовать без перемешивания в течение рабочей смены; формирует на поверхности литейной формы необходимый по толщине слой 1,0–1,2 мм, исключающий образование пригара; обладает требуемой проникающей способностью 0,3–0,7 мм, которая определяет при высокотемпературном взаимодействии расплава и литейной формы зону формирования адгезионной прочности, при этом прочность на истирание противополопригарного покрытия возрастает на 25 % (с 2,4 до 3,2 кг/мм) [1, 5, 8, 10, 12, 14–16].

5. Установлено, что образующаяся в диапазоне температур от 1000–1500 °С муллитовая фаза, обладающая низкой теплопроводностью, создает в полости литейной формы возможность сохранения температуры заливаемого расплава, что увеличивает формозаполняемость на 28 % по сравнению с противополопригарным покрытием без модификатора и более чем на 60 %, чем в неокрашенную форму, что в итоге позволяет использовать такое покрытие при изготовлении тонкостенных отливок с высоким ребрами [2, 4, 7, 11].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Запатентованное противополопригарное покрытие, модифицированное наноструктурированным бемитом, опробовано в реальных условиях при изготовлении различных отливок из стали и чугуна и внедрено на ОАО «Бобруйский машиностроительный завод» (г. Бобруйск), ОАО «Сморгонский литейно-механический завод» (г. Сморгонь), ОАО «Минский завод отопительного оборудования» (г. Минск), ОАО «Вистан» (г. Витебск), ОАО «БелАЗ» (сталелитейный цех, г. Могилев), ОАО «Технолит-Полоцк» (г. Полоцк), ОАО «Спецлит» (г. Могилев).

Разработаны технологические решения и создан участок централизованного производства противополопригарных покрытий для изготовления отливок из железоуглеродистых сплавов, что позволило в период с 01.06.2008 г. по 01.12.2011 г. изготовить и реализовать белорусским литейным предприятиям 75 648 кг покрытий, тем самым осуществить импортозамещение покрытий отечественными на общую сумму 354 296 178 (триста пятьдесят четыре миллиона двести девяносто шесть тысяч сто семьдесят восемь) бел. руб. (в ценах 2008–2011 гг.).

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при проведении исследований и разработке широкой гаммы новых противопригарных покрытий для специальных способов литья отливок из железоуглеродистых сплавов. Разработанные технологические решения по организации выпуска отечественных противопригарных покрытий могут быть положены в основу создания современного рентабельного производства эффективных противопригарных покрытий. Результаты и комплексные методики исследований процессов в контактной зоне «расплав – литейная форма» могут быть использованы в учебном процессе, при подготовке специалистов в области литейного производства.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных журналах

1. Противопригарное покрытие для изготовления отливок из стали и чугуна / Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик, В.А. Скворцов, С.Л. Ровин, Н.В. Романова // *Литье и металлургия*. – 2008. – № 3. – С. 162–165.

2. Кукуй, Д.М. О возможности моделирования влияния противопригарного покрытия на тепловые процессы в период заливки формы расплавом / Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик, Л.В. Судник // *Литье и металлургия*. – 2009. – № 3. – С. 82–85.

3. Эффективность модифицирования материалов наноструктурированными порошками оксидов и гидроксидов алюминия / П.А. Витязь, А.Ф. Ильющенко, Л.В. Судник, Ю.А. Николайчик // *Порошковая металлургия : Респ. межвед. сб. науч. тр.* – Минск : Бел. навука, 2009. – Вып. 32. – С. 121–130.

4. Кукуй, Д.М. Моделирование процессов, происходящих на границе раздела расплав – противопригарное покрытие – форма / Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик // *Металлургия : Респ. межвед. сб. науч. тр.* – Минск, 2009. – Вып. 32. – С. 84–91.

5. Противопригарные покрытия белорусского производства для улучшения качества отливок из железоуглеродистых сплавов / Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик, С.Л. Ровин, Н.В. Романова // *Литье и металлургия*. – 2010. – № 1, 2. – С. 85–87.

6. Кукуй, Д.М. Термодинамический анализ химических реакций в контактной зоне металл – противопригарное покрытие – литейная форма / Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик, Л.В. Судник // *Литье и металлургия*. – 2010. – № 3, спецвыпуск. – С. 1–7.

7. Кукуй, Д.М. Исследование процессов заполнения литейной формы при использовании противопригарных покрытий с добавками наноструктурированных материалов / Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик // *Литье и металлургия*. – 2011. – № 1. – С. 16–19.

8. Повышение высокотемпературной прочности противопригарных покрытий путем модифицирования наноструктурированными материалами / Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик, М.А. Бейнер, Л.В. Судник // *Литье и металлургия*. – 2011. – № 4. – С. 23–30.

Материалы конференций

9. Кукуй, Д.М. Водные противопригарные покрытия на основе алюмофосфатных связующих / Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик, В.А. Скворцов // *Новые материалы и технологии их обработки : материалы VIII Респ. студ. науч.-тех. конф., Минск, 23–26 апреля 2007 г.* / Белорус. нац. техн. ун-т : редкол. : Н.И. Иваницкий [и др.]. – Минск, 2007. – С. 22–24.

10. Кукуй, Д.М. Противопригарные покрытия для изготовления отливок из стали и чугуна / Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик, В.Ю. Копач // *Новые материалы и технологии их обработки : материалы IX Респ. студ. науч.-техн. конф. посвящ. 50-летию МТФ, Минск, 21–23 апреля 2008 г.* / Белорус. нац. техн. ун-т : редкол. : Н.И. Иваницкий [и др.]. – Минск, 2008. – С. 90–91.

11. Кукуй, Д.М. О возможности моделирования процессов, происходящих на границе раздела расплав – противопригарное покрытие – форма / Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик, Л.В. Судник // Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейном производстве : материалы II Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию ЗАО «НКМЗ», Краматорск 7–11 сентября 2009 г. / под общ. ред. А.Н. Фесенко. – Краматорск, 2009. – С. 129–131.

12. Кукуй, Д.М. Вопросы энерго- и ресурсосбережения при использовании эффективных противопригарных покрытий / Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик // Энергоэффективные технологии. Образование, наука, практика: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 15–17 мая 2010 г. / Белорус. нац. техн. ун-т : редкол. : Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2010. – С. 141–143.

13. Кукуй, Д.М. Повышение качества отливок противопригарными покрытиями на основе наноструктурированных материалов / Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик, И.А. Михалькевич // Новые материалы и технологии их обработки : материалы XI Респ. студ. науч.-техн. конф., Минск, 22–24 апреля 2010 г. / Белорус. нац. техн. ун-т : редкол. : Н.И. Иваницкий [и др.]. – Минск, 2010. – С. 95–96.

14. Кукуй, Д.М. Исследование режимов перемешивания компонентов противопригарных покрытий для литейных форм и стержней / Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик, О.В. Бодас // Новые материалы и технологии их обработки : материалы XI Респ. студ. науч.-техн. конф., Минск, 22–24 апреля 2010 г. / Белорус. нац. техн. ун-т : редкол. : Н.И. Иваницкий [и др.]. – Минск, 2010. – С. 76–77.

Патент

15. Противопригарная краска для литейных форм и стержней : пат. 15178 Респ. Беларусь, МПК В22D 3/00/ П.А. Витязь, А.Ф. Ильющенко, Л.В. Судник, Д.М. Кукуй, Ю.А. Николайчик, Е.В. Жук ; заявитель Гос. научн. учр. Инст. порошк. метал. – № а 2010090 ; – заявл. 2010.06.10 ; опубл. 2011.08.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 6. – С. 83

Технические условия

16. Краски противопригарные ПКД марок В и С. Технические условия : ТУ РБ 100512754.005-2007.

РЭЗІЮМЭ

НІКАЛАЙЧЫК Юрый Аляксандравіч

Тэхналогія прыгатавання і выкарыстання мадыфікаваных нанаструктураванымі матэрыяламі проціпрыгарных пакрыццяў для вырабу адлівак з жалезавуглеродзістых сплаваў

Ключавыя словы: тэхналогія вырабу адлівак, якасць паверхні, проціпрыгарныя пакрыцця, тэрмаўстойлівасць, дзітэн-сіліманіт, нанаструктураваны беміт, муліт.

Мэтай дысертацыі з'яўляецца распрацоўка тэхналогій прыгатавання і выкарыстання мадыфікаваных нанаструктураванымі матэрыяламі проціпрыгарных пакрыццяў на аснове алюмасілікатных напаўняльнікаў, прызначаных для вырабу шырокай наменклатуры высакаякасных адлівак з сталі і чыгуну.

Метады даследвання і апаратура: вязкасць (вязказімер ВЗ-4); шчыльнасць (вагавы метады (аналітычныя вагі ВЛКТ-500-М)); электронная мікраскапія (электронны мікраскоп «Mira» фірмы «Teskan»); рэнтгенафазавы і рэнтгенаструктурны аналіз (ДРОН ЗМ); атамна-сілавая мікраскапія («NT-206»); трансмісійная электронная мікраскапія («ТЕМ-100С»); тэхналагічныя пробы («Спіраль Кэры», «Ступковая пліта»); мадэляванне («SolidWorks 2010», «COSMOSDesignSTAR V4.0» і СКМ «Палігон V12.1»).

Атрыманыя вынікі і іх навізна: У выніку выканання дысертацыйнай работы вырашана важная навукова-тэхнічная задача, накіраваная на павышэнне якасці паверхні адлівак з жалезавуглеродзістых сплаваў у выніку выкарыстання высокаэфектыўных проціпрыгарных пакрыццяў, мадыфікаваных нанаструктураванымі матэрыяламі. Распрацаваны і эксперыментальна падцверджаны механізм павышэння высокатэмпературнай трываласці проціпрыгарных пакрыццяў, сэнс якой ў тым, што ў працэсе кантактнага ўзаемадзеяння на мяжы падзелу «расплаў – ліцейная форма» ў проціпрыгарным пакрыцці адбываецца інтэнсіфікаваны нанаструктураваным бемітам ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) сінтэз высокатэмпературнага мінерала муліта ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$), які забяспечвае павелічэнне адгезійнай і кагезійнай трываласці пакрыцця больш чым на 60 %. Распрацавана тэхналогія прыгатавання і выкарыстання проціпрыгарных пакрыццяў, мадыфікаваных нанаструктураванымі матэрыяламі, і ўсталяваны залежнасці фарміравання іх уласцівасцяў.

Ступень выкарыстання: Вынікі работы выкарыстаны пры распрацаванні тэхналагічных рашэнняў і стварэнні ўчастка цэнтралізаванай вытворчасці проціпрыгарных пакрыццяў для вырабу адлівак з жалезавуглеродзістых сплаваў, што дало магчымасць у перыяд з 01.06.2008 г. па 01.12.2011 г. вырабіць і рэалізаваць беларускім ліцейным прадпрыемствам 75 648 кг пакрыццяў, тым самым ажыццявіць імпартазамышчэнне пакрыццяў айчыннымі на агульную суму 354 296 178 (Трыста пяцьдзесят чатыры мільёны дзвесце дзевяноста шэсць тысяч сто семдзесят восем) бел. руб. (у цэнах 2008–2011 гг.).

РЕЗЮМЕ

НИКОЛАЙЧИК Юрий Александрович

Технологии приготовления и использования модифицированных наноструктурированными материалами противопригарных покрытий для изготовления отливок из железоуглеродистых сплавов

Ключевые слова: технология изготовления отливок, качество поверхности, противопригарные покрытия, термостойкость, дистен-силлиманит, наноструктурированный бемит, муллит.

Целью диссертации является разработка технологий приготовления и использования модифицированными наноструктурированными материалами противопригарных покрытий на основе алюмосиликатных наполнителей, предназначенных для изготовления широкой номенклатуры высококачественных стальных и чугунных отливок.

Методы исследования и аппаратура: вязкость (вискозиметр ВЗ-4); плотность (весовой метод (аналитические весы ВЛКТ-500-М)); электронная микроскопия (электронный микроскоп «Mira» фирмы «Teskan»); рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ (ДРОН ЗМ); атомно-силовая микроскопия («NT-206»); трансмиссионная электронная микроскопия («ТЕМ-100С»); технологические пробы («Спираль Керри», «Ступенчатая плита»); моделирование («SolidWorks 2010», «COSMOSDesignSTAR V4.0» и СКМ «Полигон V12.1»).

Полученные результаты и их новизна. В результате выполнения диссертационной работы решена важная научно-техническая задача, направленная на повышение качества поверхности отливок из железоуглеродистых сплавов в результате использования высокоэффективных противопригарных покрытий, модифицированных наноструктурированным материалом. Разработан и экспериментально подтвержден механизм повышения высокотемпературной прочности противопригарных покрытий, который заключается в том, что в процессе контактного взаимодействия на границе раздела «расплав – литейная форма» в противопригарном покрытии происходит интенсифицированный наноструктурированным бемитом (AlOOH) синтез высокотемпературного минерала муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), обеспечивающего увеличение адгезионной и когезионной прочности покрытия более чем на 60 %. Разработана технология приготовления и использования противопригарных покрытий, модифицированных наноструктурированными материалами, и установлены зависимости формирования их свойств.

Степень использования. Результаты работы использованы при разработке технологических решений и создании участка централизованного производства противопригарных покрытий для изготовления отливок из железоуглеродистых сплавов, что позволило в период с 01.06.2008 г. по 01.12.2011 г. изготовить и реализовать белорусским литейным предприятиям 75 648 кг покрытий, тем самым осуществить импортозамещение покрытий отечественными на общую сумму 354 296 178 (триста пятьдесят четыре миллиона двести девяносто шесть тысяч сто семьдесят восемь) бел. руб. (в ценах 2008–2011 гг.).

SUMMARY

NIKOLAICHIK Yuri Aleksandrovich

Technologies of manufacture and use modified by nanostructured materials refractory coatings for produce of casts from iron-carbon alloys

Keywords: manufacturing of castings, surface quality, refractory coating, thermal shock resistance, kyanite-sillimanite, nanostructured boehmite, mullite.

Aim of the research work: development of technologies of manufacture and use of refractory coatings, modified by nanostructured materials on the base of aluminosilicate fillers, intended for manufacturing of a wide range of high quality steel and iron castings.

Methods of investigation and apparatuses: viscosity (viscometer VS-4); density (weight method (analytical scales VLKT-500-M)); electronic microscopy (electronic microscope «Mira», «Teskan» corporation); X-ray analysis (DRON 3M); atomic-power microscopy («NT-206»); transmission electronic microscopy («TEM-100C»); technological samples («Spiral of Kerry», «Step slab»); simulation («SolidWorks 2010», «COSMOSDesignSTAR V4.0» and SKM «Poligon V12.1»).

Obtained results and their novelty. As a result of the dissertation, an important scientific and technical problem, aimed at the improving of the surface quality of casting from iron-carbon alloys is solved by using highly refractory coatings, modified by nanostructured materials. The mechanism for improving high-temperature durability of the refractory coatings had been developed and experimentally verified. It consists that in the process of contact interaction at the «melt – casting mold» boundary in the refractory coating is intensified synthesis of nanostructured boehmite (AlOOH) of a high-temperature mineral mullite ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), which increases adhesive and cohesive coating strength by more than 60 %. The technology of preparation and use of refractory coatings, modified by nanostructured materials is developed and dependences of formation properties are fixed.

The degree of use. The results of the work are used in the development of technology and the creation of a centralized production area of the refractory coatings for making castings from iron-carbon alloys, which allowed a period between 01.06.2008 and 01.12.2011 to produce and implement by the Belarusian foundries 75 648 kg of the refractory coatings, thus, implement import substitution by domestic coatings for a total sum of 354 296 178 bel. rub. (in the prices of 2008–2011).

Научное издание

НИКОЛАЙЧИК Юрий Александрович

ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ
МАТЕРИАЛАМИ ПРОТИВОПРИГАРНЫХ ПОКРЫТИЙ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК ИЗ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ
СПЛАВОВ

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.16.04 – Литейное производство

Подписано в печать __. __. 2013. Формат 60×84 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 1,28. Уч.-изд. л. 1,00. Тираж 60.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск