

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова»

Илларионова Ильи Егоровича

на диссертационную работу Понамаревой Татьяны Борисовны «Исследование и разработка новых ресурсосберегающих составов противопопригарных покрытий литейных форм для обеспечения качественной поверхности отливок», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3. Литейное производство

1. Актуальность темы диссертационной работы

Самым трудоёмким этапом технологического процесса производства литых изделий является процесс обрубки и очистки отливок от пригоревшей формовочной смеси. Затраты на очистку отливок от пригара достигают в некоторых случаях 30 % от совокупных затрат на её производство. Наиболее эффективным способом защитить поверхность отливки от пригара является нанесение противопопригарного покрытия на рабочую поверхность литейной формы. В свою очередь, рабочие и технологические свойства покрытия определяются его составом, а также стабильностью свойств применяемых материалов. Учитывая дефицитность многих компонентов, их импортное происхождение, а также отсутствие стабильности свойств у компонентов отечественного производства – выбранная тема диссертационной работы Понамаревой Т.Б. является актуальной и без сомнения значимой для литейной промышленности.

Диссертация Понамаревой Т.Б. нацелена на разработку научно-технологических решений, позволяющих разрабатывать новые и улучшать существующие покрытия за счёт изменения их компонентного состава, в том числе, применения техногенных отходов в качестве огнеупорного наполнителя. Важно отметить, что в работе затронут вопрос разработки противопопригарных покрытий для различных типов формовочных смесей (холоднотвердеющих и песчано-глинистых), а также различных групп отливок по массе от нескольких кг до десятков тонн. Это делает диссертационную работу более значимой с точки зрения практического применения.

2. Основное содержание работы

Диссертационная состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 156 страницах машинописного текста, который включает 46 таблиц с данными, а также 47 рисунков и 120 наименований литературных источников. В приложении представлен патент РФ, а также акты опытно-промышленных испытаний

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА	
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»	
за №	
Дата регистрации	19.05.2025
Фамилия регистратора	

разработанных покрытий в условиях ООО «Механоремонтный комплекс» ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Во введении обоснована актуальность научной задачи, решаемой в представленной диссертационной работе, сформулированы цель, задачи исследований, научная новизна и практическая значимость работы, отмечены личный вклад, соответствие паспорту специальности, степень достоверности и представлены сведения об апробации результатов исследований.

Основное содержание работы представлено в пяти главах.

В первой главе приведён аналитический обзор существующих теорий возникновения пригара на отливках из железоуглеродистых сплавов. Рассмотрены виды взаимодействия расплава с литейной формой, а также природа образующегося пригара и механизмы отверждения водных и неводных покрытий.

Подробно рассмотрены материалы, применяемые в качестве огнеупорных наполнителей и приведена их классификация. Рассмотрены основные физико-химические свойства таких наполнителей, как: цирконовый концентрат, магнезит, хромомagneзит, хромит, электрокорунд и др. Наряду с наполнителями приведены характеристики связующих веществ, суспензирующих компонентов и растворителей.

Также в первой главе рассмотрены свойства уже известных противопригарных покрытий, способы нанесения, а также приведен обзор техногенных отходов, обладающих необходимыми свойствами для возможности их применения в качестве огнеупорных наполнителей.

По результатам проведённого обзора сформулирована цель и задачи исследования.

Во второй главе представлены методики определения рабочих и технологических свойств противопригарных покрытий: условной вязкости, плотности, седиментационной устойчивости, газопроницаемости, прочности покрытия к истиранию, толщины окрашенного слоя и глубины проникновения покрытия в литейную форму. Также представлена разработанная методика определения газотворности покрытия за счёт разных источников газообразования (H_2O и CO_2), являющейся альтернативной для стандартной методики ГОСТ 23409.12-78.

В третьей главе приведены результаты исследований противопригарных покрытий двух типов: водного покрытия марки Ц-1 и покрытия с органическим растворителем марки ЛК-22Ц. В качестве наполнителя в исследованных покрытиях применялся цирконовый концентрат. Кроме того, приведены результаты исследований свойств материалов, которые применяются в настоящее время для производства противопригарных покрытий, либо могут быть применены в качестве их компонентов как альтернативные.

На основании результатов комплексных исследований свойств компонентов (рентгенофлуоресцентного, рентгенофазового, термического и гранулометрического анализов) обосновано применение алюмохромового катализатора и метакаолина в качестве огнеупорных наполнителей при производстве покрытий. Определены технологические свойства покрытий, в том числе ненормируемые, послужили дополнительным ориентиром для разработки новых составов и гарантированного обеспечения требуемого качества поверхности отливок.

В четвертой главе приведены разработанные составы противопригарных покрытий на водной и органической основах. Представлены составы противопригарных покрытий для стального литья с частичной заменой цирконового концентрата на метакаолин и полной заменой его отходами отработанного алюмохромового катализатора. При помощи известных методов планирования эксперимента определены компонентные составы покрытий, обеспечивающие необходимый уровень технологических и рабочих свойств: плотности (не менее $1,65 \text{ г/см}^3$), вязкости (12–13,5 с), седиментационной устойчивости (не ниже 95 %), кроющей способности, глубины проникновения (не менее 2,0 мм) в литейную форму, прочности покрытия к истиранию (не менее 2,0 кг/мм), газотворности (не более $14 \text{ см}^3/\text{г}$) и газопроницаемости (не менее 60 ед.). Экспериментально определено, что применение метакаолина совместно с цирконом в качестве огнеупорного наполнителя позволяет снизить долю цирконового концентрата на 40 – 45 % при сохранении рабочих и технологических свойств на необходимом уровне. Некоторые свойства – седиментационная устойчивость и высокотемпературная прочность при добавлении метакаолина выше, чем у известных покрытий, применяемых на литейном заводе, что положительно скажется на качестве поверхности литого изделия. При этом экспериментально определено влияние метакаолина на высокотемпературную прочность покрытия (увеличение с 2,2 до 2,5–3,3 и с 3,0 до 4,1–4,9 кг/мм) за счёт выделения муллитовой фазы в температурном интервале от 1000 до 1500 °С.

Разработанное неводное покрытие на основе алюмохромового катализатора также не уступает по свойствам цирконовому покрытию. Благодаря более низкой стоимости применённого наполнителя, относящегося к отходам техногенного происхождения, стоимость самого покрытия значительно снижается, что положительно сказывается на себестоимости литейной продукции.

Также автор работы показал эффективность использования разработанной методики определения газотворности, позволяющей разделить источники газообразования. Выявление различных источников выделения газов из покрытия, а также возможность оценки этого показателя противопригарного покрытия при выборе его компонентного состава позволило уменьшить общую

газотворность при нагреве, что существенно снижает вероятность образования газовых дефектов на литых изделиях.

В пятой главе приведены результаты испытаний разработанных покрытий в лабораторных и промышленных условиях. Опытно-промышленные испытания проводили в условиях литейного цеха ООО «Механоремонтный комплекс» на отливках, относящихся к различным группам по массе. Результаты проведенных промышленных испытаний показали, что разработанные составы покрытий позволяют защитить отливки от пригара, обеспечить шероховатость поверхности на необходимом уровне, а также получить экономический эффект порядка 800000 руб/мес. от частичной или полной замены дорогостоящего цирконового концентрата.

По результатам проведенных исследований сформулированы основные выводы по диссертационной работе.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность полученных теоретических и научных результатов вытекают из проведенных исследований, в основу которых положены корректно спланированные и поставленные эксперименты, проведенные на современном аналитическом оборудовании. Кроме того, достоверность представленных в работе результатов подтверждена современными методиками исследований, которые были применены для изучения свойств исходных компонентов и противопопригарных покрытий, а также опытно-промышленными испытаниями.

Представленные в работе выводы и рекомендации обоснованы:

- исследованием нормируемых и ненормируемых показателей противопопригарных покрытий, которые определяют эффективность его применения для защиты поверхности отливок от пригара;
- планированием лабораторных экспериментов и получением системы математических уравнений, описывающих влияние компонентного состава на свойства покрытий. Высокой сходимостью значений свойств, полученных при помощи системы уравнений, с экспериментальными;
- опытно-промышленными испытаниями покрытий при производстве отливок различных масс и габаритов.

4. Научная ценность и практическая значимость результатов диссертационной работы

Научная ценность диссертационной работы Понамарева Т.Б. заключается в разработке математической модели, которая позволяет определять влияние компонентного состава на комплекс основных свойств покрытия: вязкость, плотность, толщину и прочность к истиранию. Это позволило определить рациональный состав водных и органических покрытий, в которых в качестве

наполнителя были использованы материалы, являющиеся альтернативными для дорогостоящего цирконового концентрата.

Определён механизм повышения высокотемпературной прочности покрытия на 30–60 % за счёт процесса муллитизации метакаолина, протекающего при температурах близких к 1500 °С. Определено влияние оксида алюминия, входящего в состав цирконового концентрата на высокотемпературную прочность.

Разработана новая методика дифференцированного определения газотворности покрытия за счёт различных источников газообразования, что позволяет оценивать влияние каждого компонента на этот процесс и снижать газотворность покрытия в целом.

Практическая ценность работы заключается в разработке новых составов противопригарных покрытий, которые показали свою эффективность при опытно-промышленных испытаниях в литейном цехе ООО «МРК», а также в снижении стоимости противопригарных покрытий за счёт применения альтернативных материалов взамен дорогостоящего цирконового концентрата.

5. Основные замечания и вопросы по диссертационной работе

1. Для водного покрытия предполагается использовать в качестве наполнителя метакаолин, который позволяет снизить долю дорогостоящего цирконового концентрата. Метакаолин способствует выделению муллитовой фазы, что приводит к повышению высокотемпературной прочности с 3,0 до 4,1 – 4,9 кг/мм. В работе не в полном объеме рассмотрены требования к характеристикам качества метакаолина и цирконового концентрата, которые являются основными составляющими комплексного наполнителя, позволяющего обеспечить требуемый уровень свойств противопригарного покрытия и получение эффекта от частичной замены цирконового концентрата на метакаолин.

2. Дифрактограмма характеризуется положением и интенсивностью дифракционных максимумов (рефлексов). На рис.3.7, 3.10, 3.13, и 3.21 представлены дифрактограммы исследуемых материалов. Идентификации их фазового состава представлена в виде карточек из картотеки лицензионной базы ICDD PDF-2 Release 2014. Информативнее было на их дифракционном спектре указать рефлексы, принадлежащие расшифрованным фазам.

3. Во второй главе диссертационной работы представлена разработанная методика дифференцированного определения газотворности покрытия. Неясно, для всех ли типов противопригарных покрытий может быть применена эта методика, а также каким образом обеспечивается более высокая точность измерения газотворности в сравнение с методикой, регламентированной ГОСТ 23409.12-78.

5. В табл. 4.13 диссертационной работы представлены результаты количественного определения фаз муллита и кристобалита химическими методами с применением стандартизованных методик, представленных в ГОСТ 24704-2015. Почему такие исследования не проводились рентгенофазовым методом?

6. Заключение по диссертационной работе

Аннотация полностью отражает содержание диссертационной работы.

Выражаю согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело соискателя ученой степени кандидата технических наук Понамаревой Татьяны Борисовны и их дальнейшую обработку.

кафедры «Технология машиностроения»  Илларионов Илья Егорович

Подпись Илларионова Ильи Егоровича заверяю:

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.И. Ульянова»
д.э.н., профессор



6