

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.324.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Г.И. НОСОВА», МИНИСТЕРСТВО
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 17.06.2025 г, № 10

О присуждении Понамаревой Татьяне Борисовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование и разработка новых ресурсосберегающих составов противопопригарных покрытий литейных форм для обеспечения качественной поверхности отливок» по специальности 2.6.3. Литейное производство принята к защите 16.04.2025 г. (протокол заседания № 8) диссертационным советом 24.2.324.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 455000 г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, приказ № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Понамарева Татьяна Борисовна, 6 мая 1984 года рождения. В 2006 году окончила государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», получив квалификацию инженера по специальности «Металлургия черных металлов». В 2020 году с отличием окончила магистратуру по направлению 22.04.02 «Металлургия», профиль «Литейное производство». С 2021 года по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры литейных процессов и материаловедения при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Магни-

тогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

Работает контролёром в производстве черных металлов отдела контроля качества и приёмки продукции Публичного акционерного общества «Магнитогорский металлургический комбинат».

Диссертация выполнена на кафедре «Литейных процессов и материаловедения» ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Феокистов Николай Александрович, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, кафедра «Литейных процессов и материаловедения», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Илларионов Илья Егорович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, кафедра «Технология машиностроения», профессор,

Фирстов Александр Петрович, кандидат технических наук, доцент, Нижнетагильский технологический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Нижний Тагил, кафедра «Металлургических технологий», доцент,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, в своем положительном отзыве, подписанном Барановым Владимиром Николаевичем, кандидатом технических наук, доцентом, директором Института цветных металлов, заведующим кафедрой общей металлургии ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», утвержденным Гуцом Денисом Сергеевичем, кандидатом технических наук, проектором по учебной работе ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» указали, что диссертация Понамаревой Татьяны Борисовны на тему «Исследование и разработка новых ресурсосберегающих составов противопопригарных покрытий литейных форм для обеспечения

качественной поверхности отливок» является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлены научно-обоснованные технологические решения и результаты, направленные на создание новых составов покрытий для литейных форм. Диссертационная работа соответствует пп. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а её автор – Понамарева Татьяна Борисовна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3. Литейное производство (технические науки).

Соискатель имеет 31 публикацию, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 научных статей, из них 10 статей в рецензируемых журналах научных трудов, рекомендованных для публикаций материалов диссертаций ВАК РФ, а также одна статья – в издании, входящем в наукометрические базы данных Scopus и Web of Science. Получен 1 патент РФ. Материалы диссертации в полном объёме представлены в работах, опубликованных соискателем. В публикациях отсутствуют недостоверные сведения. Общий объём научных изданий 7,37 п.л. (из них личный вклад соискателя составляет 1,83 п.л.). Личный вклад соискателя заключается в научной постановке задач исследования свойств противопригарных покрытий литейной формы, планировании и проведении лабораторных экспериментов по разработке новых составов защитных покрытий, в разработке методики определения газотворной способности покрытия для литейной формы и обработке экспериментальных данных, в анализе полученных результатов и в формировании выводов, заключений, написании научных статей, а также участии в опытно-промышленных испытаниях покрытий в условиях производства.

К наиболее значимым научным публикациям относятся:

1. Исследование газотворности противопригарной цирконовой краски для стальных отливок / К.Н. Вдовин, К.Г. Пивоварова, Т.Б. Понамарева, Н.А. Феоктистов // Литейное производство. – 2018. – № 11. – С. 16-20.

2. Исследование физико-химических превращений в цирконовом покрытии для стальных отливок / К.Н. Вдовин, Н.А. Феоктистов, К.Г. Пивоварова, Т.Б. Понамарева // Литейное производство. – 2019. – № 12. – С. 13-17.

3. Оценка влияния метакаолина на высокотемпературную прочность цирконового противопригарного покрытия для окрашивания литейных форм / Н.А. Феоктистов, В.П. Чернов, Т.Б. Понамарева, К.Г. Пивоварова // Заготовительные производства в машиностроении (кузнечно–прессовое, литейное и другие производства). – 2022. – Т. 20. – №2. – С. 51-56.

4. Оптимизация состава самовысыхающей противопригарной краски на основе отработанного алюмохромового катализатора / Н.А. Феоктистов, К.Г. Пивоварова, Т.Б. Понамарева, В.П. Чернов, Б.А. Кулаков, В.К. Дубровин // Теория и технология металлургического производства. – 2023. – № 3 (46). – С. 25-29.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все отзывы положительные):

1. АО «Протон-Пермские моторы», г. Пермь, главный металлург, к.т.н Шумков А.А.

2. ФГБОУ ВО «ТОГУ», г. Хабаровск, профессор, руководитель высшей школы промышленной инженерии, д.т.н. Ри Э.Х.

3. ООО «Металлург», Смоленское региональное отделение «Российская ассоциация литейщиков», г. Ярцево, технический директор, д.т.н. Чайкин В.А.

4. ФГАОУ ВО «УрФУ», г. Екатеринбург, доцент, заведующий кафедрой «Литейное производство и упрочняющие технологии», д.т.н. Сулицин А.В., ст. науч. сотр., профессор кафедры «Литейное производство и упрочняющие технологии», д.т.н. Брусницын С.В.

5. ФГБОУ ВО «СамГТУ», г. Самара, доцент кафедры «Литейные и высокоэффективные технологии» ФГБОУ ВО «СамГТУ», к.т.н. Дьячков В.Н.

6. ФГБОУ ВО «КнАГУ», г. Комсомольск-на-Амуре, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор-консультант ФГБОУ ВО «КнАГУ», д.т.н. Евстигнеев А.И.

7. ФГБОУ ВО «ВолгГТУ», г. Волгоград, профессор, заведующий кафедрой «Машины и технология литейного производства», д.т.н. Кидалов Н.А.

8. ООО Механоремонтный комплекс ПАО ММК, г. Магнитогорск, главный инженер, к.т.н. Юсин А.Н., ведущий специалист, к.т.н. Коток А.П.

9. Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (При-

волжский) федеральный университет», г. Набережные Челны, профессор кафедры «Материалов, технологий и качества», д.т.н. Панов А.Г.

10. ФГАОУ ВО «НИТУ МИСИС», г. Москва, профессор, и.о. заведующего кафедрой «ЛТиХОМ», д.т.н. Белов В.Д., инженер-технолог 1 категории Конструкторско-технологического отдела ИЦ ЛТМ «НИТУ МИСИС», доцент, к.т.н. Сироткин С.А.

В отзывах на автореферат содержатся следующие вопросы и замечания:

1. В тексте автореферата диссертации не указан способ нанесения покрытия на рабочую поверхность литейной формы. Имеются ли различия в подготовке покрытия перед нанесением его на форму при помощи кисти или пульверизатора?

2. Возможно ли применять разработанную методику оценки газотворной способности неводного противопопригарного покрытия, в котором в качестве растворителя не применяется вода?

3. В автореферате диссертационной работы отсутствуют рекомендации по режиму нанесения и температурному режиму сушки водного покрытия, наносимого на рабочую поверхность песчано-глинистой литейной формы. Также в развитие работы следует рассмотреть вопрос полной замены комплексного наполнителя на отработанный алюмохромовый катализатор.

4. На стр. 9 автореферата говорится о наличии на кривой ДСК экзотермического эффекта в интервале температур 950...1050°C. Однако кривая ДСК не приводится.

5. На стр.11 приводятся значения высокотемпературной прочности покрытия 4,1 и 4,9 кг/мм. Неясно к какому составу, температуре и времени выдержки они относятся?

6. На стр.15 ошибочно дана ссылка на таблицу 16.

7. В диссертации в качестве факторов, определяющих оптимальный состав водного противопопригарного покрытия, рассмотрены такие свойства, как условная вязкость, плотность и толщина окрашенного слоя. Насколько эти параметры являются определяющими с точки зрения последующего технологического поведения покрытия в условиях литейного цеха и как они коррелируют с образованием пригара?

8. Согласно приведённым в работе результатам, при повышении содержания отходов алюмохромового катализатора в составе неводного покрытия выше определённого уровня наблюдается снижение прочности слоя. Можно ли уточнить, как изменяется структура покрытия при таком превышении и какие процессы при этом ограничивают его термостойкость и устойчивость к истиранию?

9. В качестве замечаний можно отметить ограниченность широты географии апробации результатов исследований.

10. На стр. 6 реферата соискатель пишет «...Среди них особого внимания заслуживают работы Антошкиной Е.Г., Баранова О.Г., Головня А.А., Илларионова И.Е., Кидалова Н.А., Кулакова Б.А., Леушина И.О., Маминой Л.И., Рулева А.А. и др...» я исследованием свойств литейной формы занимаюсь около 50 лет при этом среди литейщиков я не знаю, Антошкину Е.Г., Баранова О.Г. и Головню А.А. в списке литературы есть ссылки на их кандидатские диссертации; Рулев А.А. это мой первый аспирант, кандидат наук, в диссертации разрабатывал противопопригарные покрытия, но после аспирантуры из науки ушел, сегодня он заместитель начальника литейного цеха. К сожалению, не отмечены известные доктора наук, которые много сделали по повышению качества литейной формы, в том числе и по разработке научных подходов по борьбе с пригаром: Берг П.П., Васин Ю.П., Дорошенко С.П., Евстигнеев А.И., Жуковский С.С., Кукуй Д.М., Лясс А.М. и др.

11. На стр. 56 диссертации в таблице 3.2. указан химический состав цирконового концентрата в соответствии с ТУ 1762-002-58914756-2005, но не указан в составе торий и уран в количестве суммарно менее 0,1 экв. %.

12. В таблице 3.3. диссертации приведен микрохиманализ поверхности противопопригарного покрытия на основе цирконового концентрата, не понятно при каких температурах были проведены сушка и прокалка покрытия; если сложить проценты компонентов покрытия после сушки спектр 1, то сумма составляет 84,01 %, почему сумма не близка к 100%, где разница 15,99 %.

13. Автор вольно пользуется терминологией, в некоторых местах пишет цирконовый концентрат, где-то циркон, а в таблице Менделеева - цирконий; циркон это ортосиликат циркония $ZrSiO_4$, а цирконовый концентрат – это оксиды циркония и гафния примерно 60 масс. %; автор часто использует слова циркон,

это всегда ортосиликат циркония? Или оксиды циркония и гафния, или цирконий?

14. В настоящее время наиболее перспективным является безвоздушный способ нанесения покрытия, осуществляющийся в краскопультах высокого давления (30 - 50 бар). Подходят ли разработанные покрытия для их нанесения на рабочую поверхности литейной формы таким способом?

15. Каковы были однородность и воспроизводимость свойств отходов, используемых для приготовления ПП, в частности, отходы алюмохромового катализатора?

16. Странно выглядит описание второй главы, которая, очевидно, посвящена методологии и методам исследования, подробно указанным в автореферате выше по тексту, но в описании самой главы 2 сказано лишь о стандартных методиках, о планировании эксперимента и о разработанной автором методике определения газотворной способности.

17. Данные в таблицах 5, 6, 8 представлены без статистических характеристик. Хорошо бы и для данных таблицы 10 указать не только средние значения, но и погрешности измерения, тем более что некоторые результаты указаны почему-то с точностью до единиц, а некоторые – до десятых долей.

18. В составе комплексного наполнителя для водного противопригарного покрытия предложено использовать метакаолин и цирконовый концентрат. Не рассмотрены вопросы выбора этих материалов, а также свойств для оценки возможности их применения в составе противопригарного покрытия.

19. В автореферате диссертационной работы не обоснован выбор смолы марки СФПР-50. Исходя из каких соображений произведён этот выбор.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновываются их известными научными исследованиями по тематике диссертационной работы, а также публикационной активностью, в том числе высокорейтинговых научных журналах. Илларионов И.Е. заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, Заслуженный деятель науки Чувашской Республики является авторитетным учёным в области исследования материалов для изготовления литейных форм, в том числе защитных покрытий для предотвращения образования дефек-

тов на поверхности литого изделия. Область научных интересов Фирстова А.П. также связана с процессами формообразования в литейном производстве, основные результаты которой опубликованы в известных отечественных журналах. В ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» на протяжении многих лет функционирует научная школа, деятельность которой в том числе направлена на изучение и разработку составов покрытий для изготовления литейных форм. Это подтверждает их способность квалифицировано определить и оценить научную новизну и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научно-обоснованная концепция создания противопригарных покрытий, позволяющая применять недефицитные материалы в качестве огнеупорного наполнителя в противопригарных составах для литейной формы, а также обеспечивающая получение высокого уровня технологических, рабочих и защитных свойств покрытий и бездефектную поверхность литых изделий;

предложен подход эффективного использования недефицитного метакаолина в составе комбинированного наполнителя совместно с цирконовым концентратом для водного противопригарного покрытия рабочей поверхности литейной формы и отработанного алюмохромового катализатора ИМ-2201 для неводного противопригарного покрытия, обеспечивающих получение требуемых свойств защитного слоя на литейной форме;

доказано положительное влияние метакаолина в составе комбинированного наполнителя водного противопригарного покрытия для литейной формы на высокотемпературную прочность за счет образования муллитовой фазы в процессе температурного воздействия, что позволило повысить его прочность при температуре 1500 °С с 3,0 до 4,1 – 4,9 кг/мм;

введены в научную практику зависимости высокотемпературной прочности противопригарного покрытия от температуры, времени контактного взаимодействия на границе раздела «расплав – литейная форма» и от количества метакаолина, позволившая повысить прочность покрытия на 30 – 60 % в зависимости от его компонентного состава.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

доказано, что в результате теплового воздействия литейного сплава на противопригарное покрытие его газотворная способность складывается из объёма выделившихся H_2O и CO_2 , при этом наиболее вредное влияние на качество поверхности литого изделия оказывают водяные пары, а превышение порогового значения $5 \text{ см}^3/\text{г}$ приводит к образованию газовых дефектов на отливке;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы:** методы планирования эксперимента с получением результатов, обладающих новизной, стандартные методики исследования для решения поставленных задач с помощью рентгенофлуоресцентного, рентгенофазового, термического и гранулометрического методов анализа, а также разработанная методика дифференцированного определения газотворности противопригарного покрытия литейной формы за счет разных источников газообразования, позволившая определить влияние его компонентного состава на процесс выделения газов;

изложен механизм повышения высокотемпературной прочности водного противопригарного покрытия для рабочей поверхности литейной формы за счет протекания реакций первичного и вторичного синтеза муллита и его образования в интервале температур $950 - 1500 \text{ }^\circ\text{C}$ при использовании метакаолина в составе комплексного наполнителя защитного покрытия. Полная замена цирконового концентрата на отработанный алюмохромовый катализатор в неводном покрытии для формы гарантирует получение физико-механических показателей и технологических свойств на одном уровне с применяемыми неводными покрытиями в настоящее время;

раскрыт и выявлен вклад в решение проблемы использования дефицитного цирконового концентрата в составе водного противопригарного покрытия за счёт снижения его концентрации при добавлении метакаолина в соотношении $(\text{МК})/(\text{Ц}) = 0,6 - 0,8$, а также его полной замены на отработанный алюмохромовый катализатор ИМ-2201 в составе неводного покрытия для литейных форм;

изучено влияние составов противопригарных покрытий на основные нормируемые в технической документации (ТУ 2223-003-81482096-2017) свойства раз-

рабатываемых покрытий для литейной формы, такие как: условная вязкость, плотность, седиментационная устойчивость, прочность слоя покрытия к истиранию, характеризующие противопопригарные покрытия на этапе приготовления, а также показатели толщина слоя, глубина проникновения, газотворность, газопроницаемость противопопригарного покрытия, которые обеспечивают необходимый уровень защиты поверхности отливки от образования дефектов совместно с нормируемыми;

проведена модернизация существующих математических моделей влияния компонентного состава на свойства противопопригарных покрытий, применяющихся для защиты отливок от пригара, позволяющие определять зависимость основных свойств от их компонентного состава комплексного наполнителя.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в технологический процесс в литейном цехе ООО «Механоремонтный комплекс» ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» противопопригарные покрытия: на основе комбинированного наполнителя (водное покрытие) при изготовлении песчано-глинистых литейных форм для крупных отливок и на основе отработанного алюмохромового катализатора (неводное покрытие) при изготовлении форм из холоднотвердеющих смесей для мелких и средних отливок. Использование данных противопопригарных покрытий гарантирует снижение затрат на изготовление литейной формы в 2,5 раза для водного и получение экономического эффекта порядка 800 000 руб./мес. при применении покрытия на алюмохромовом катализаторе;

определены пределы содержания недефицитных материалов - метакаолина и отработанного алюмохромового катализатора в составе противопопригарных покрытий для литейных форм, обеспечивающих получение седиментационной устойчивости не менее 98 %, прочности слоя к истиранию не менее 2,5 кг/мм, толщины окрашенного слоя 0,8 – 1,0 мм, газопроницаемости от 55 до 60 ед., условной вязкости 13,0 – 17,0 с.;

созданы научные и технологические решения, позволяющие применять недефицитные материалы в качестве огнеупорных наполнителей противопопригарных

покрытий, а также обеспечивающих управление свойствами покрытия в зависимости от его компонентного состава;

представлены рекомендации тепловой сушки окрашенной литейной формы из песчано-глинистой смеси, для формирования прочного защитного слоя при температуре 250 °С.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

эксперименты проведены по стандартным и разработанным методикам в исследовательской лаборатории МГТУ им. Г.И. Носова. Химический состав компонентов противопригарных покрытий анализировали на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре Quant`X Термо Техно по методике, описанной в ГОСТ Р 55410-2013. Химический состав отливки определяли на оптико-эмиссионном спектрометре SPECTRO MAXx (Германия) по ГОСТ Р 54153-2010. Изучение морфологии поверхности образцов осуществляли на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM – 6490LV, рентгеноструктурный анализ выполнен на рентгеновском дифрактометре SHIMADZU XRD-7000. Синхронный термический анализ (СТА), включающий дифференциальную сканирующую калориметрию (ДСК) и определение потери массы (ТГ), проводили на приборе STA 499 F3 Jupiter фирмы Netzsch. Шероховатость поверхности отливок определяли на оптическом профилометре Contour GT K1. Все представленные методы исследований проведены в исследовательских лабораториях МГТУ. Гранулометрический анализ на анализаторе Malvern Mastersizer 2000 (Великобритания) проведен ЗАО «Урал-Омега»;

теория диссертационной работы построена на базе современных исследований физико-механических свойств материалов для создания литейной формы с целью описания закономерностей формирования свойств покрытий при воздействии повышенных температур в зоне контакта с жидким расплавом;

идеи базируются на обобщении передового опыта производства противопригарных покрытий для литейных форм, исследованиях свойств существующих покрытий и анализа нормативно-технической документации к ним;

использованы сопоставления данных, полученных в результате исследований, с материалами, представленными в независимых научных источниках;

установлено качественное совпадение результатов планируемого эксперимента с данными лабораторных исследований противопопригарных покрытий для литейных форм, а также с результатами опытно-промышленных испытаний разработанных составов в условиях литейного производства;

использованы современные методики сбора и обработки информации, лабораторные измерительные системы для определения свойств компонентов, применяющихся для изготовления защитных покрытий рабочих поверхностей литейных форм, высокопроизводительные компьютерные комплексы и лицензионное программное обеспечение (MS Excel), позволяющее обработать результаты проведённых экспериментов и выявить влияние компонентного состава противопопригарных покрытий литейных форм на их свойства.

Личный вклад соискателя состоит в научной постановке задачи исследования, планировании и проведении экспериментов по влиянию компонентов противопопригарного покрытия на комплекс свойств, в разработке методик исследования и обработке экспериментальных данных, в анализе полученных результатов и в формировании выводов, заключений, написании научных статей. Организация и проведение опытно-промышленных испытаний в производственных условиях.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

В отзыве ведущей организации:

1. Компонентный состав водного противопопригарного покрытия включает декстрин, к которому предъявляется главное требование – термостойкость не менее 300 °С. В тексте диссертационной работы недостаточно обосновано выбор пороговой температуры 300 °С.

2. Для повышения высокотемпературной прочности водного покрытия в его состав вводится метакаолин, частично замещающий дорогостоящий цирконовый концентрат, при этом одновременно снижающий стоимость защитного покрытия. В тексте диссертационной работы не приведены пояснения, почему в качестве огнеупорного наполнителя водного покрытия не был применён алюмохромовый катализатор.

3. Разработанные составы покрытий опробованы только для производства стального литья. Возможно ли применение данных покрытий на чугунном литье?

4. С какой целью проводили исследования свойств противопопригарных покрытий, не регламентированных ГОСТ 10772-78?

В отзыве официального оппонента Илларионова И.Е.:

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 противопопригарного 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 противопопригарных 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.

4. Чем обусловлен выбор фенолоформальдегидной смолы СФПР-050 в качестве связующего, которая включена в состав неводного покрытия для повышения его высокотемпературной прочности?

5. В табл. 4.13 диссертационной работы представлены результаты количественного определения фаз муллита и кристобалита химическими методами с при-

менением стандартизованных методик, представленных в ГОСТ 24704-2015. Почему такие исследования не проводились рентгенофазовым методом?

В отзыве официального оппонента Фирстов А.П.:

1. Газопроницаемость противопопригарного покрытия 60 ед. (по новым единицам измерений $\text{м}^4/\text{Н}\cdot\text{с}$) для формовочных смесей (ПГС и ХТС) низкая. При низкой газопроницаемости возможно образование газовых дефектов на отливках.

2. Чем обоснован выбор цирконового концентрата ($\text{ZrO}_2\cdot\text{SiO}_2$), который включен в состав комбинированного наполнителя, для водного противопопригарного покрытия?

3. В тексте диссертации применяется два термина – противопопригарное покрытие и краска. Чем обосновано использование двух терминов?

4. Чем обусловлен выбор в качестве огнеупорного наполнителя для неводных покрытий отработанного катализатора ИМ 2201?

От членов диссертационного совета:

1. В работе представлены составы противопопригарных покрытий. При каких условиях проводят сушку покрытий и к каким последствиям приведет несоблюдение условий сушки?
2. Разработанные противопопригарные покрытия для стального литья можно ли применять при производстве чугуновых, никелевых или бронзовых литых изделий?
3. При каких температурах протекает реакция муллитизации метакаолина.
4. Как определяли высокотемпературную прочность противопопригарного покрытия?
5. При создании покрытия с комбинированным наполнителем вы заменяете часть цирконового концентрата на метакаолин. Нельзя полностью отказаться от дорогостоящего компонента?
6. Требуемый комплекс свойств для разработанных противопопригарных покрытий (водного и неводного) одинаков или имеются различия?
7. Какую методику планирования эксперимента вы использовали для получения уравнений регрессии? Проводили проверку коэффициентов уравнений на значимость?

8. Каким способом вы наносили антипригарные покрытия на форму? Какие достоинства у разных способов нанесения?

Соискатель Понамарева Татьяна Борисовна ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

В диссертационной работе представлена разработанная методика дифференцированного определения газотворности противопригарных покрытий. Данная методика применима для всех типов противопригарных покрытий, в состав которых входят разные виды воды и углеродсодержащих соединений (органические и неорганические), окисление и разложение которых протекает с образованием воды и диоксида углерода. Высокая точность измерения газотворности в сравнение с методикой, регламентированной ГОСТ 23409.12-78 обусловлена тем, что для анализатора CW-800 предусмотрена калибровка по стандартным образцам с аттестованными значениями массовой доли воды и диоксида углерода в отличие от методики, регламентированной ГОСТ.

При разработке состава водного противопригарного покрытия в качестве комбинированного наполнителя были выбраны: цирконовый концентрат марки КЦП 45 с содержанием примесей (оксида железа до 0,09 % и оксида алюминия не менее 1,7 %), со средним размером частиц от 0,63 до 120 мкм, из которых около 60 % размером до 30 мкм; метакаолин марки МКЖЛ-1 со средним размером частиц от 0,5 до 10 мкм, с низким содержанием оксида железа, свободного кварца, слюды и конституционной влаги (не более 0,5 %). Применение данных компонентов позволяет обеспечить требуемый уровень свойств покрытия.

Выбор цирконового концентрата ($ZrO_2 \cdot SiO_2$), в составе водного противопригарного покрытия связан с тем, что он хорошо зарекомендовал себя в качестве наполнителя для мелкого, среднего и крупнотоннажного литья. Он имеет высокую температуру плавления (2200 °C), химически инертен к материалу формы, мелкодисперсный. Обеспечивает высокую чистоту поверхности в отличие от других огнеупорных наполнителей.

Для неводного противопригарного покрытия в качестве наполнителя был выбран отработанный алюмохромовый катализатор ИМ-2201, так как обладает высокой температурой плавления (1950 °C), относится к мелкодисперсным мате-

риалам, не требующим дополнительной подготовки, также характеризуется постоянством химического и фазового составов, имеет гигиенический паспорт и большие запасы.

В работе представлены разработанные противопригарные покрытия. В промышленных условиях сушку водного противопригарного покрытия, нанесенного на поверхность литейной формы, проводят около 8 часов при температуре до 300°C. Несоблюдение условий сушки может привести к образованию дефектов газового происхождения на поверхности отливки.

Разработанные противопригарные покрытия можно применять для окрашивания литейных форм при производстве отливок из стали и чугуна. Возможность их использования для цветного литья не рассматривалась.

Образование муллита из метаксолина проходит по реакциям первичной и вторичной муллитизации. Первичный синтез проходит в интервале температур 950-1050 °C.

Высокотемпературную прочность противопригарного покрытия определяли при температурах 1000 – 1500 °C по методике, представленной в ГОСТе для прочности покрытия к истиранию. Замеры проводили на образцах после охлаждения до нормальных температур.

При разработке водного состава противопригарного покрытия используется комбинированный наполнитель: метаксолин совместно с цирконовым концентратом. Метаксолин обладает высокой водопотребностью, поэтому его как самостоятельный наполнитель применять не получается.

Свойства водных и неводных противопригарных покрытиях, имеют различия и сходства. Требования из нормативной документации по условной вязкости, плотности покрытия, прочности покрытия к истиранию для водных покрытий имеют одни значения, для неводных – другие.

Определение рационального состава противопригарных покрытий проводили с использованием математического планирования эксперимента с использованием полного факторного эксперимента 2^3 . После вычисления коэффициентов провели проверку значимости полученных коэффициентов с помощью критерия Стьюдента.

В лабораторных условиях противопопригарные покрытия наносили на поверхность литейной формы кистью, в промышленных условиях окрашивали с помощью пульверизатора. Каждый способ имеет свои достоинства. При нанесении покрытия кистью, покрытие глубже проникает в поры формы и наблюдается лучшее сцепление нанесенного покрытия с поверхностью литейной формы. Окрашивание с помощью пульверизатора осуществляется быстрее и слой нанесенного покрытия более равномерный.

На заседании 17.06.2025 г. диссертационный совет принял решение за разработку новых научно обоснованных технологических решений, позволяющих создавать новые противопопригарные покрытия литейных форм, обеспечивающие требуемое качество поверхности отливок при снижении затрат на изготовление литейной формы за счёт применения комбинированного наполнителя в составе водного противопопригарного покрытия и техногенного отхода в качестве наполнителя неводного покрытия, присудить Понамаревой Татьяне Борисовне ученую степень кандидата технических наук. Разработанные научно-технические решения имеют существенное значение для развития литейной отрасли страны и снижают импортозависимость отечественных предприятий от зарубежных компонентов для создания литейных покрытий.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.6.3. Литейное производство, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за 16, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Валерий Михайлович Колокольцев

Игорь Юрьевич Мезин

17.06.2025