

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Степановой Татьяны Викторовны
«Литейная форма из керамических стержней для стальных отливок нефтегазового
комплекса», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.6.3 Литейное производство

Актуальность темы диссертационного исследования

Рост потребности в литых заготовках для нефтегазового комплекса и усложнение их конструкции определяют необходимость поиска новых технологий и материалов для изготовления литейных форм и стержней. Литые крупных заготовок сложной конфигурации в объемные наливные керамические формы по Шоу-процессу является одним из распространенных, но отличается многофакторностью, большим количеством сложных операций, а также требует значительных затрат на формовочные материалы.

В этой связи актуальным представляется подробное изучение процессов изготовления наливных керамических форм и стержней по постоянным моделям, разработка составов смесей и процессов формообразования, чему и посвящена диссертационная работа Степановой Т.В.

Структура и содержание диссертации

Во введении работы обоснована актуальность темы исследования, представлена степень ее разработанности, определены цель и задачи работы, приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методы исследований, основные научные положения и результаты, выносимые на защиту, степень достоверности, сведения об апробации, публикациях и личном вкладе автора.

В первой главе представлен литературный обзор состояния вопроса по теме диссертационного исследования, проанализированы характеристики изделий для нефтегазовой отрасли, сформулированы основные требования к литым заготовкам.

Представлены современные подходы к изготовлению наливных объемных форм, приведены их недостатки и отмечена возможность улучшения сопутствующих их реализации процессов.

В качестве базовой технологии выбран Шоу-процесс, реализованный в условиях ООО «БВК» (г. Челябинск). Гидролизированный раствор этилсиликата (ГРЭС) является связующим, а огнеупорный наполнитель – песок Kerfalit (Италия). Проведен анализ базовой технологии, выявлены наиболее значительные дефекты стерж-

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»	
за №	
Дата регистрации	23.05.2025
Фамилия регистратора	

ней и отливок, причины их возникновения, определены цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе приведены сведения об использованных в работе приборах, материалах, программном обеспечении и методах исследований. Описаны методика и оснастка, разработанные для определения склонности керамики к образованию трещин и анализа качества поверхности стержня. Даны сведения о методе трехмерного лазерного сканирования, использованном для анализа геометрической точности модельной оснастки, стержней и отливок.

Третья глава посвящена исследованиям кинетической зависимости процесса гелеобразования от параметров гидролиза этилсиликата марки ЭТС-40. Установлено, что применение ГРЭС с соотношением $H=H_2O/OC_2H_5$ более 0,5 нецелесообразно для приготовления керамической суспензии. Получены экспериментальные составы для гидролиза с различным условным содержанием SiO_2 и при постоянном отношении молей воды и этоксильных групп, равном 0,45.

Составлено уравнение регрессии, описывающее кинетику гелеобразования в зависимости от ряда факторов.

Выявлено, что прямое влияние на время огеливания и гелеобразования оказывает только условное содержание SiO_2 в ГРЭС. С его повышением время огеливания и гелеобразования увеличивается. Поиск рационального условного содержания SiO_2 основывался на использовании математической модели и метода обобщенного приведенного градиента (редактор MS Excel). Оптимизация проводилась по значению целевой функции, характерному для технологического процесса.

Проведены результаты исследования влияния трех фракций песка Kerfalite на структуру и свойства керамических стержней. Влияние отечественных наполнителей (плавленого кварца, дистен-силлиманитового концентрата, муллитизированного материала ШК-42) на аналогичные параметры оценивалось на составах с количеством связующего 25%, условным содержанием SiO_2 в ГРЭС – 24%.

Получены графические зависимости предела прочности на разрыв образцов от содержания мелкой фракции наполнителя после выжигания спирта и прокалики. Построены зависимости склонности керамических образцов к образованию трещин и качества их поверхности от содержания мелкой фракции в огнеупорном наполнителе. Наилучшее сочетание прочности, качества поверхности и минимальной склонности к образованию трещин наблюдается на образцах, изготовленных на основе трех фракций материала ШК-42. Дополнительно для огнеупорного наполнителя бы-

ли определены химический и фазовый составы, микроструктура поверхности зерен. На основании экспериментальных данных статистическим анализом получена система четырех уравнений регрессии.

Выявлено, что условное содержание SiO_2 в ГРЭС, количество жидкой фазы в суспензии и мелкой фракции в ней должно составлять соответственно: 24 – 25%; 24 – 28%; 52 – 55%. Для указанных интервалов содержаний компонентов определены значения предела прочности керамических образцов.

По причине образования пены при приготовлении керамической суспензии было исследовано влияние на ее свойства и характеристики стержней пеногасителя марки «Пента-462А». Установлено, что его введение в количестве 0,8 – 1% подавляет пенообразование после перемешивания примерно через 10 с.

Анализ микроструктуры керамических стержней, изготовленных с пеногасителем, показал наличие мелкой сетки трещин, обеспечивающей, по мнению автора, улучшение их физико-механических характеристик и блокирующей образование крупных трещин, ухудшающих качество поверхности.

Далее в главе приведены рациональные составы для гидролиза этилсиликата и керамической суспензии.

Приведены результаты рентгенофазового, дериватографического и дилатометрического анализа керамических стержней. Показан фазовый состав образца: муллит – 71,8%; кристобалит – 20,9%; кварц – 6,1%; силлиманит – 1,2%. Сделан вывод о том, что керамические образцы с наполнителем ШК-42 показывают высокую точность и возможность прокали при температурах 800 – 850 °С.

В главе отмечается, что установленные закономерности формирования структуры керамических стержней связаны с формой частиц наполнителя, соотношением пылевидной и зернистой составляющих, а также между ГРЭС и наполнителем.

Округлая форма частиц муллитизированных материалов (по данным растровой электронной микроскопии) определяет высокую уплотняемость и более плотное строение керамических стержней по сравнению с базовым вариантом. Для рассматриваемых наполнителей соотношение между зернистой и пылевидной составляющими по массе 1 : 2,4 обеспечивает плотную структуру литейной керамики, а между связующим и наполнителем 1 : 3 вызывает релаксацию возникающих при выжигании спирта усадочных напряжений и формирование мелкой сетки трещин. Такая структура, по мнению автора, определяет получение повышенной прочности и требуемой газопроницаемости литейных форм из керамических стержней.

В четвертой главе приведено описание технологии изготовления стержней и полуформ верха и низа на примере опытной партии отливок «Колесо рабочее» из стали 20ГЛ ГОСТ 977-88.

Результаты механических и металлографических испытаний, неразрушающих методов контроля подтвердили высокое качество полученных отливок и их соответствие техническим условиям. Шероховатость поверхности опытных отливок составляет Rz40 и превосходит аналогичный показатель для литых заготовок, полученных по базовой технологии (Rz80).

Базовая технология обеспечивала допуски линейных размеров отливки, соответствующие классу 11т по ГОСТ Р53464-2009, а разработанная – по классу 9т.

Анализ технико-экономических показателей эффективности разработанной технологии показал возможность сокращения прямых затрат на изготовление формы на 63,2% и полной цеховой себестоимости на 14% по сравнению с базовой.

В заключение автором приведены основные научные и практические результаты диссертационной работы.

Публикации и апробации результатов работы

По теме диссертации опубликованы четыре научные статьи, из них две в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, и две в наукометрической базе данных Scopus. Получено два патента РФ на изобретения.

Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на Международном съезде литейщиков в 2021 и 2022 годах (г. Москва), на Всероссийской конференции RusMetalCon «Материаловедение и металлургические технологии» в 2020 и 2021 годах (г. Челябинск) и на Всероссийской конференции RusMetalCon «Материаловедение и металлургические технологии» в 2022 году (г. Сочи).

Научная новизна и теоретическая значимость

Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена совокупность научных положений, обеспечивающих новые технологические решения в процессе точного формообразования из огеливаемых суспензий.

В том числе:

- получены кинетические зависимости процесса гелеобразования от параметров подготовки этилсиликатного связующего (отношение молей воды и этоксильных групп, условное содержание SiO_2 в ГРЭС и др.) для определения рациональных параметров, обеспечивающих заданное время гелеобразования;

- методами рентгенофазового анализа, дериватографии, дилатометрии и растровой электронной микроскопии установлены закономерности формирования структуры керамических стержней с мелкой сеткой трещин для повышения их физико-механических свойств и определения рациональной температуры прокаливания керамических стержней;

- определены математические зависимости, характеризующие взаимосвязь в системе «структура – свойства – составы», применительно к процессу точного формообразования из огеливаемых суспензий для определения рационального состава керамической суспензии;

- методом лазерной дефектоскопии получены новые данные по влиянию различных наполнителей на точность геометрии отливок из стали ответственного назначения.

Практическая ценность работы

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан технологический процесс изготовления крупногабаритных керамических стержней для точных отливок нефтегазового комплекса. Проведен подбор и анализ формовочных материалов, разработан рациональный состав ГРЭС и суспензии, определены параметры проковки керамических стержней. Эффективность разработанной технологии изготовления керамических стержней достигнута применением отечественных экономичных муллитизированных наполнителей и введением в суспензию технологической добавки пеногасителя нового поколения («Пента-462 А» ТУ 2257-058-40245042-2003). Результаты исследования опробованы и внедрены на сталелитейном заводе ООО «БВК» (г. Челябинск), что подтверждается актом промышленных испытаний и актом внедрения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность

Высокая степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность подтверждаются применением в работе современных методов исследований, воспроизводимостью полученных результатов, их согласованностью с представленными теоретическими данными, основанными на обзоре и анализе имеющегося опыта в области теории и технологии материалов на керамической основе для литейного производства. Результаты и выводы диссертации не противоречат данным, представленным по ее тематике в независимых источниках.

Особого внимания заслуживает высокий инструментальный уровень исследовательской базы при проведении механических металлографических испытаний, а также неразрушающего контроля.

Замечания по работе:

1. Отсутствует упоминание об объекте и предмете диссертационного исследования.

2. В тексте автореферата отсутствуют ссылки на рисунки 6 – 8.

3. По какой причине не рассматривался вариант применения готового связующего вместо гидролизованного раствора этилсиликата? На многих предприятиях, изготавливающих отливки литьем по выплавляемым моделям, ушли от длительной технологии гидролиза с применением опасных химических веществ.

4. Гидролиз с применением изопропилового спирта известен и применяется, в частности, в производстве готовых связующих типа ГС-20. Что нового автором внесено в этот процесс?

5. Что значит термин «специфическая трещиноватость керамики»? За счет чего она обеспечивает стержням улучшенные физико-механические характеристики и блокирует образование крупных трещин, ухудшающих качество их поверхности?

6. На каком основании сделан вывод о достаточности количества использованных в работе литературных источников – 85, из которых 8 – зарубежных?

7. В тексте автореферата не указаны дальнейшие перспективы развития темы диссертационного исследования.

Заключение

Работа написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Вышеприведенные замечания частично носят дискуссионный характер и не снижают актуальности и ценности работы, а также ее теоретической и практической значимости.

Диссертация Степановой Татьяны Викторовны является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, имеющие существенное значение для развития литейного производства нашей страны, в том числе в отношении изготовления форм из керамических стержней по извлекаемым моделям для стального литья.

Диссертационная работа отвечает требованиям, установленным п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 «О порядке присуждения ученых степеней» (в действующей редакции), а ее автор – Степанова Татьяна Викторовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3 Литейное производство.

Официальный оппонент:

доцент, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Металлургические
технологии и оборудование» федераль-
ного государственного бюджетного об-
разовательного учреждения высшего
образования Нижегородский государ-
ственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева,

научная специальность 05.16.04 –
Литейное производство

16.05.2025 г.

 Александр Николаевич Грачев

Почтовый адрес места работы: 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24

Телефон: +7(831)436-43-95; E-mail: mto@nntu.ru

Подпись официального оппонента

Грачева А.Н. заверяю,

Ученый секретарь Ученого совета фе-
дерального государственного бюджет-
ного образовательного учреждения
высшего образования Нижегородский
государственный технический универ-
ситет им. Р.Е. Алексеева, кандидат тех-
нических наук, доцент



 Игорь Николаевич Мерзляков