

7 214

УДК 621.772.001.01
621.772.001.01

На правах рукописи

БАРАНОВ Олег Геннадьевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОТИВОПРИГАРНЫХ
ПОКРЫТИЙ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ ЖИДКОСТЕКЛЬНОМ
СВЯЗУЮЩЕМ**

Специальность 05.16.04 – “Литейное производство”

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск, 1997

Диссертационная работа выполнена на кафедре общей химии Челябинского государственного технического университета.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Ю.П.Васин.

Научный консультант – кандидат технических наук, доцент В.Г.Гурлев.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Р.К.Мысик,
кандидат технических наук, доцент Е.Ф.Аверьянов.


Ведущее предприятие – АО "Завод им. Колущенко."

Защита состоится " 12 " марта 1997 г., в _____ часов, на заседании диссертационного совета К.053.13.06 при Челябинском государственном техническом университете.

Ваш отзыв в двух экземплярах, заверенных гербовой печатью, просим направить по адресу: 454080, Челябинск, пр.им.В.И.Ленина, 76, ЧГТУ, ученому секретарю совета университета, тел.39-91-23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЧГТУ.

Автореферат разослан " ____ " _____ 1997 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета К.053.13.06
кандидат технических наук, доцент  Б.Э.Клецкин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Главной задачей литейного производства, как основной заготовительной базы машиностроения остается снижение трудовых, энергетических и материальных затрат наряду с повышением качества отливок. На сегодняшний день затраты на исправление дефектов поверхности литья, получаемого в разовых песчаных формах, составляет 40...60% от общего объема трудоемкости их изготовления, что обусловлено недостаточным качеством литейных форм. Для обеспечения требуемой чистоты поверхности при изготовлении отливок используются облицовочные смеси, противопопригарные покрытия (литейные краски) и пасты, что связано с некоторым увеличением трудоемкости формовочных работ. Используемые в настоящее время противопопригарные покрытия (ПП) не всегда обладают необходимым уровнем служебных свойств.

Поэтому актуальной задачей является разработка и внедрение новых эффективных противопопригарных покрытий, обладающих высокой стойкостью к эрозии, тепловому удару и химической инертностью к металлу и его оксидам.

Цель работы. Целью работы является создание ПП с улучшенными технологическими и служебными свойствами для окрашивания форм и стержней при производстве чугунных и стальных отливок, снижающих затраты на исправление поверхностных дефектов и улучшающих их качество и товарный вид.

Для достижения указанной цели в работе были поставлены следующие задачи:

- осуществить выбор исходных материалов для приготовления покрытий, а также модифицирующих добавок для жидкостекольного связующего;
- оценить внутренние напряжения и поверхностные свойства связующих композиций, установить оптимальное содержание модификаторов в жидком стекле;
- разработать и оптимизировать новые составы ПП, исследовать микроструктуру отвержденных красок и определить их склонность к образованию поверхностных дефектов;
- изучить смачивающую способность модифицированного жидкого стекла, исследовать поверхностную прочность и реологические

свойства ПП при высоких температурах с целью прогнозирования служебных свойств красок;

- разработать технологию модифицирования жидкостекольного связующего, провести опытно-промышленные испытания и внедрение разработанных ПП.

Научная новизна. Развита теоретические представления о выборе модифицирующих добавок в жидкостекольное связующее, определяющих технологические и служебные свойства ПП. Установлены закономерности формирования физической структуры, внутренних напряжений и дефектов в отвержденной жидкостекольной композиции. Полученные с помощью адсорбционного метода БЭТ дифференциальные кривые распределения дефектов по размерам позволили оценить и сравнить ПП с позиций возможности проникновения металла в поры формы. Предложены новые модификаторы для жидкого стекла - сульфаты аммония и алюминия. Высокотемпературными исследованиями подтверждена пригодность уравнения Бингама для описания закономерностей процессов течения и изменения реологических свойств силикатных систем, образующихся на границе металл - противогригарное покрытие, и определены наиболее вероятные комбинации параметров нелинейности для достижения адекватности экспериментальных данных теоретической зависимости. Получены математические модели, позволяющие оптимизировать составы ПП и прогнозировать условия получения стальных и чугуновых отливок с чистой поверхностью.

Практическая значимость работы и реализация ее в промышленности. Разработанные ПП с применением модифицированного жидкостекольного связующего и наполнителя - материала ИМ-2201, а также отходов абразивного производства прошли опытно-промышленные испытания в литейном цехе Чебаркульского ремонтно-механического завода, внедрены на ПО "Алтайский тракторный завод" и ПО "КАМАЗ". Внедрение разработанной жидкостекольной краски на ПО "АТЗ" позволило повысить качество стержней и отливок, снизить трудоемкость очистки литья, уменьшить брак по газовым раковинам и засорам с 18...20% до 2...3%.

Опытно-промышленные испытания разработанных ПП на АО "КАМАЗ" дали положительные результаты, что позволяет заменить дорогостоящий цирконовый концентрат на материал ИМ-2201 без ухудшения качества отливок.

Экономический эффект от внедрения технологических разработок в литейных цехах АО "КАМАЗ" только за счет замены материалов составил 850 млн. руб. в ценах 1995 года. Долевое участие автора - 10%.

Основные положения, представляемые к защите :

- теоретические положения, определяющие научно обоснованный подход к выбору модификаторов для жидкостекольного связующего ПП;

- результаты исследований внутренних напряжений и относительной смачиваемости исходного и модифицированного жидкого стекла;

- математические модели оптимизации составов и технологических свойств ПП на различных огнеупорных наполнителях;

- закономерности формирования физической структуры и дефектов на поверхности отвержденных ПП;

- высокотемпературные исследования реологических свойств силикатных систем, определяющих возможности прогнозирования служебных свойств красок;

- результаты опытно-промышленных испытаний и внедрения разработанных составов ПП.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на следующих научно-технических конференциях: научно-технические конференции сотрудников и преподавателей, Челябинск, ЧГТУ, 1989-1996; "Новые формовочные материалы в литейном производстве", Челябинск, 1989; "Вопросы теории и технологии литейных процессов", Челябинск, 1991; "Охрана труда и прогрессивные технологические процессы в литейном производстве, порошковой металлургии и машиностроении", Чебоксары, 1990; "Новые перспективные материалы и технологии в металлургии", Киев, 1994;

Публикации. По теме диссертации опубликовано 4 печатные работы и подана заявка на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы из 121 наименования, 4 приложений; содержит страниц машинописного текста, 22 таблицы, 26 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

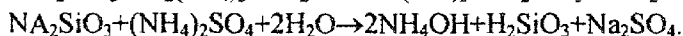
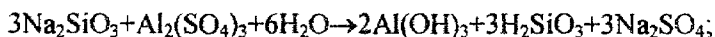
Для обеспечения высокого качества поверхности отливок в соответствующих условиях для разных видов сплавов, размеров отливок, технологических процессов изготовления форм и т.д., требуются различные покрытия. Их выбор производится практически эмпирическим путем. Большое количество разнообразных и противоречивых рекомендаций обусловлено сложностью процессов пригарообразования и затрудняет решение задачи улучшения чистоты поверхности отливок. Это требует проведения систематизированных, основанных на новых теоретических предпосылках исследований, направленных на создание покрытий, обладающих высокими технологическими и служебными свойствами.

Выбор и обоснование составляющих противопригарных покрытий

Анализ технологий изготовления отливок показал, что хорошо зарекомендовали себя как для стального, так и для крупного чугунного литья покрытия на основе циркона. Однако высокая стоимость и дефицитность используемого в качестве наполнителя красок цирконового концентрата заставляет искать более доступные и относительно недорогие материалы с высокой огнеупорностью. В настоящей работе основные исследования были выполнены с использованием таких наполнителей, как пылевидный кварц, кристаллический графит, пылевидный отход абразивного производства - циркониевый электрокорунд (ЦЭК), а также мелкодисперсный глиноземсодержащий отход производства синтетического каучука - материал ИМ-2201, не требующий дополнительной подготовки и являющийся готовым наполнителем для приготовления литейных красок и паст.

Основные исследования данной работы были выполнены с использованием в качестве связующего ПП натриевого жидкого стекла плотностью $1,40...1,50 \text{ г/см}^3$ и модулем $M=2,9...3,0$, как относительно недорогого и доступного материала. Кроме того, жидкое стекло не выделяет при заливке металла вредных газообразных продуктов. Одновременно предусматривались возможности улучшения физико-механических свойств связующего посредством введения модифицирующих добавок. Исходя из природы жидкого стекла в настоящей

работе модифицирование связующего осуществлялось сульфатом алюминия $Al_2(SO_4)_3$ и сульфатом аммония $(NH_4)_2SO_4$ - добавками, понижающими щелочность и способствующими формированию полисиликатных ионов. Процесс взаимодействия этих модификаторов с водным раствором силиката натрия описывается следующими уравнениями:



Гидролиз этих солей способствует образованию менее щелочной среды (pH 9...10), что приводит к снижению или нейтрализации отрицательных зарядов коллоидных частиц силиката натрия за счет увеличения концентрации ионов H^+ в диффузном слое мицеллы, что способствует созданию условий для перехода связующего в гелеобразное состояние. Наряду с жидкостекольными красками в работе использовались ПП с применением связующего - лигносульфонатов технических (ЛСТ). В качестве стабилизаторов были применены широко распространенные материалы - бентонит и нижнеуельская глина.

С целью нахождения оптимальных количеств модификаторов, вводимых в жидкое стекло и определяющих возможность получения эффективных ПП, на первом этапе по разработанной методике исследовалась смачивающая способность связующих композиций в зависимости от изменения их плотности и содержания модифицирующих добавок.

С помощью метода математического моделирования были определены оптимальные пределы содержания модификаторов в связующей композиции, обуславливающие наиболее высокие показатели ее кроющей способности. Так для $(NH_4)_2SO_4$ этот предел составил 1,1...1,5%, а в случае применения $Al_2(SO_4)_3$ - 0,7...1,1 от массы жидкого стекла.

На втором этапе по консольному методу Санжаровского было экспериментально установлено, что использование в указанных пределах предложенных модификаторов жидкого стекла приводит к снижению величины внутренних напряжений $\sigma_{вн}$ при отверждении связующей композиции. На основании математической обработки экспериментальных данных определено, что с вводом в раствор жидкого стекла сульфата аммония в количестве 1,1...1,5% происходит уменьшение $\sigma_{вн}$ при толщине пленки связующего $\delta=6$ мкм - на 23%, при $\delta=18$ мкм - на 35%, а при $\delta=30$ мкм - на 60%. Применение в каче-

стве модификатора сульфата алюминия в пределах 0,8...1,0% снижает величину $\sigma_{\text{вн}}$ в силикатных пленках при $\delta=6\text{мкм}$ - на 21%, при $\delta=18\text{мкм}$ - на 37,5%, а при $\delta=30\text{мкм}$ - на 70%. Пропорциональное снижение величины внутренних напряжений с увеличением толщины пленок находится в соответствии с данными других исследователей.

Разработка и оптимизация составов противопригарных покрытий

В процессе приготовления ПП необходимо выдержать принцип наиболее равномерного и однородного распределения зерен наполнителя в объеме краски, при котором толщина связующих прослоек между частицами примерно равного диаметра является величиной сравнительно постоянной. Наибольшая однородность и равномерность распределения частиц наполнителя в объеме образуется при плотной кубической или гексагональной их упаковке. При этом, чем больше толщина связующей оболочки δ , тем в большей степени снижается количество частиц наполнителя в единице объема отвержденного ПП. Снижение содержания связующего, выражаемое уменьшением толщины его пленки, в составе покрытия при выбранном методе модифицирования жидкого стекла достигается за счет улучшения условий смачиваемости. Соблюдение равнозначной прочности ПП достигается за счет уменьшения внутренних напряжений в пленках связующего при отверждении.

С применением модифицированного жидкостекольного связующего были разработаны ПП на основе различных огнеупорных наполнителей для стального и чугунного литья. При разработке и оптимизации составов ПП был применен метод математического планирования с полным факторным экспериментом. На изменение свойств красок исследовалось влияние следующих факторов: количество огнеупорного наполнителя, содержание модифицированного жидкостекольного связующего и стабилизатора. В качестве параметров оптимизации служили технологические и служебные свойства красок: вязкость, седиментационная устойчивость, глубина проникновения, поверхностная прочность (осыпаемость окрашенных образцов), относительная смачиваемость суспензией частиц наполнителя. Анализ полученных в результате математической обработки двумерных мо-

делей показал, что при производстве стальных отливок целесообразно применять следующие составы ПП (таблица).

Таблица

Составы ПП для стального литья

Наименования составляющих	Состав 1	Состав 2
ИМ-2201		41,0...40,0
ЦЭК	54,0...49,5	
КП-1(2)		5,0...4,5
Бентонит	2,0...5,0	
Глина формовочная		6,5...7,0
Жидкое стекло	4,0...7,0	1,5...4,0
Вода техническая	40,0...38,5	46,0...44,5

Для чугунного литья в работе предложено покрытие на основе смешанного наполнителя - маршалита и кристаллического графита с применением модифицированного жидкостекольного связующего следующего состава (% , мас.): графит ГЛ-1 - 10,5...13,5; пылевидный кварц - 34,0...32,0; жидкое стекло модифицированное $Al_2(SO_4)_3$ - 8,5...10,0; глина нижеуельская - 5,0...4,0; вода техническая - 42,0...40,5. Можно практически спрогнозировать, что предложенные новые огнеупорные наполнители ПП на основе циркона и корунда должны обеспечивать необходимые термостойкость и противопожарные свойства.

В результате электронномикроскопических исследований было установлено, что в поверхностном слое отвержденного ПП образуются микротрещины и поры. Полученные с помощью адсорбционного метода БЭТ и математического моделирования регрессионные уравнения и изотермы адсорбции позволили количественно оценить дефектность ПП, нанесенных на стержень-подложку, по величине удельной поверхности $S_{уд}$. Покрытия наносились на стержни с использованием жидкостекольного и лигносульфонатного связующих. Исследованиями различных ПП на основе ЦЭК, ИМ-2201, цирконового концентрата, талька, пылевидного кварца, кристаллического графита и шамота определено, что использование модифицированного жидкостекольного связующего в 1,5...2,0 раза уменьшает склонность покрытий к образованию поверхностных дефектов. По данным дифференциальных кривых распределения пор по радиусам установ-

лено, что наибольшая концентрация микродефектов ПП, в случае использования новых огнеупорных материалов и модифицированного жидкостекольного связующего, приходится на область их меньших размеров, чем у базовых покрытий на немодифицированном жидком стекле и традиционных наполнителях. Эти данные указывают на предпосылки снижения возможности проникновения жидкого металла в форму и улучшения противопопригарных свойств разработанных покрытий, подтверждая целесообразность применения в качестве наполнителей красок для чугунного и стального литья недефицитных и доступных материалов - отхода абразивного производства и материала ИМ-2201.

Высокотемпературные исследования и прогнозирование противопопригарных свойств покрытий

Под действием тепла залитого металла отвержденное жидкостекольное связующее образует при плавлении жидкую силикатную фазу, которая взаимодействует с оксидами металла и материалом наполнителя. Эти процессы несут ответственность за формирование трудно- или легкоотделяемого пригара. В настоящей работе представлялось интересным оценить влияние модификаторов на процессы, определяющие поверхностные явления на границе металл-силикат и позволяющие прогнозировать условия образования легкоотделяемого пригара. Для измерения вязкости силикатной массы и определения предельного напряжения сдвига при высоких температурах был выбран метод конического пластометра Ребиндера.

В результате была получена зависимость изменения глубины погружения L платинового конуса в образец от времени действия t приложенной нагрузки. По графику этой зависимости определялась скорость деформации образца. Учитывая, что деформация представляет собой простой сдвиг при погружении конуса, подсчитывались значения градиента скорости сдвига j , касательного напряжения сдвига τ и величины пластической вязкости η :

$$j = [2\pi L / 360h] \cdot [\Delta L / \Delta t], \quad (1)$$

где j - градиент скорости сдвига, с^{-1} ; h - высота образца, м; $\Delta L / \Delta t$ - скорость деформации, м/с;

$$\tau = 3P / 2\pi R^3, \quad (2)$$

где P - нагрузка, приложенная к образцу, H ; R - радиус поперечного сечения образца, m ;

$$\eta = 4\tau/3j. \quad (3)$$

Экспериментальная кривая течения силикатного расплава при температуре его размягчения наиболее достоверно описывается обобщенным реологическим уравнением Бингама:

$$\tau^{1/n} = \tau_0^{1/n} + (\eta \cdot j)^{1/m}, \quad (4)$$

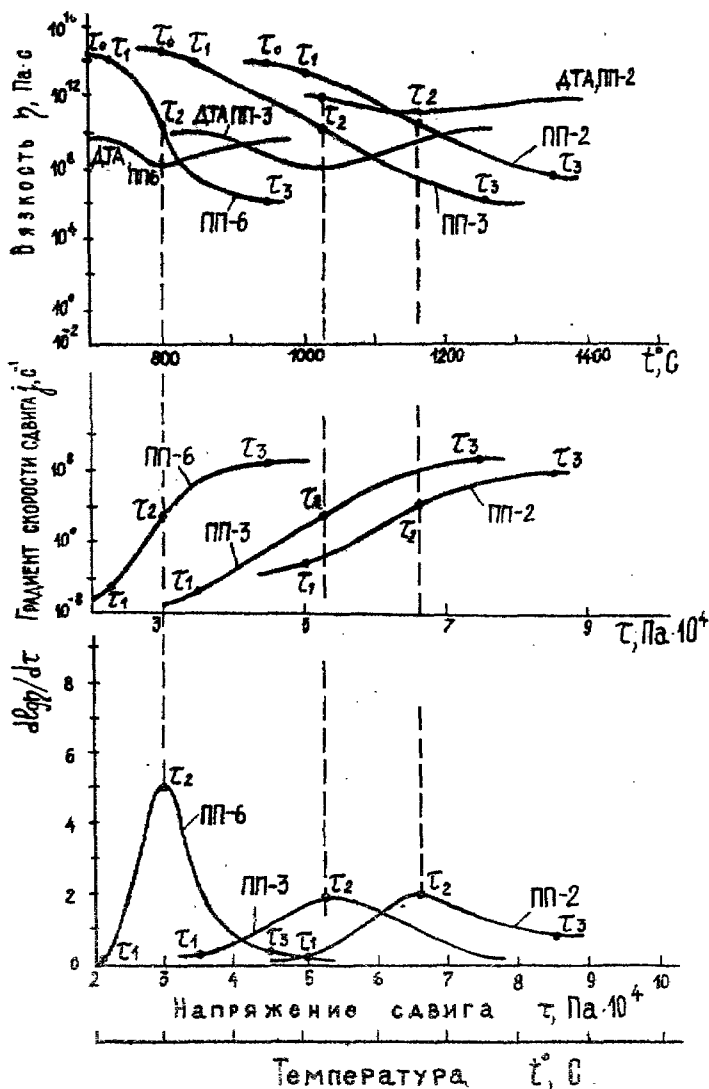
где: τ_0 - предел текучести системы; n и m - параметры нелинейности.

Физический смысл этого уравнения заключается в том, что взаимодействие металла с ПП происходит только тогда, когда нагретая силикатная масса способна деформироваться, то есть имеет соответствующую вязкость. Соотношение параметров нелинейности, величины которых определяются природой, составом системы и ее структурой, должно удовлетворять неравенству $m > n$. Результаты испытаний приведены в виде диаграмм (рис.) описываемых кривыми течения силиката. По характеру полученных кривых можно заключить, что градиент скорости сдвига при течении силикатной массы является нелинейной функцией напряжений сдвига, развивающийся при воздействии температуры расплавленного металла и изменяющийся по величине в большей степени, чем возрастающие напряжения. Для нахождения параметров нелинейности n и m и проверки адекватности экспериментальных данных принятой модели производились вычисления в откликах $\tau^{1/n}$ и $j^{1/m}$. В результате анализа n и m отдало предпочтение откликам τ^1 и $j^{1/2}$, так как в этом случае отношение дисперсий равно или меньше табличных значений критерия Фишера. В этом случае уравнение (1) примет вид

$$\tau = \tau_0 + (\eta \cdot j)^{1/2}. \quad (5)$$

Значения предела текучести системы для всех кривых течения были определены путем экстраполяции реологической модели Бингама, обработанной в координатах $\tau - j^{1/2}$, и составили: для покрытий с исходным силикатным связующим $\tau_{0(m=6)} = 2,01 \cdot 10^4$ Па, для ПП с жидким стеклом, модифицированным сульфатом аммония $\tau_{0(m=3)} = 3,06 \cdot 10^4$ Па, и сульфатом алюминия $\tau_{0(m=2)} = 4,7 \cdot 10^4$ Па. Определено, что в рассматриваемом интервале температур наблюдается падение величины вязкости на несколько порядков. Особенно резкое снижение вязкости происходит у ПП с исходным силикатным связующим в относительно узком температурном интервале $690 \dots 870^\circ C$,

Реологические характеристики ПП



τ_0 - предельные напряжения сдвига; τ_1 - напряжение сдвига, соответствующее условно-постоянной малоизменяющейся вязкости; τ_2 - критические напряжения сдвига; τ_3 - напряжения сдвига, соответствующие максимально разрушенной структуре

что подтверждается данными дифференциально-термического анализа (ДТА) исходного силиката. Температурные интервалы падения вязкости покрытий с модифицированным связующим значительно шире и составляют: при модифицировании $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - 780...1150⁰С, а при добавке $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - 800...1270⁰С. Следовательно, температура начала течения красок с модифицированным силикатом смещается в сторону более высоких значений, т.е. повышается термостойкость отвержденного связующего и ПП в целом.

Результаты реологических исследований подтверждены термогравиметрическими испытаниями образцов силикатного связующего как исходного, так и модифицированного сульфатами аммония и алюминия. Эндотермические пики кривых ДТА, связанные с плавлением силикатов, совпадают с экспериментальными данными исследований падения вязкости. Максимумам производных $\ln\eta/dt$ для каждого силикатного связующего (исходного и модифицированного) соответствуют динамические пределы текучести.

На участке $\tau_1 - \tau_3$ происходит резкое снижение значений вязкости, приближаясь по характеру к бингамовской пластической вязкости предельно разрушенной структуры, которая определяется по уравнению: $\eta = (\tau_3 - \tau_1) / j$, при $\tau_3 > \tau_1$.

Исследованиями смачивающей способности жидкого стекла определено, что при высоких температурах уменьшение величины краевого угла смачивания металла расплавом силиката от 53⁰ до 40⁰ происходит при использовании модификатора $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в интервале температур 1150...1280⁰С, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - в области температур от 980 до 1150⁰С, а для немодифицированного жидкого стекла - при температурах 780...850⁰С. Поэтому с применением модифицированного жидкого стекла в качестве связующего ПП создаются более благоприятные условия для получения отливок с чистой поверхностью. Это объясняется тем, что в указанных случаях, особенно при использовании $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, не только ухудшается смачивание силикатным расплавом поверхности отливки, но и снижается продолжительность нахождения силиката в жидкой и вязкопластической фазах, что затрудняет процессы, определяющие образование трудноудаляемого пригара.

Исследования поверхностной прочности покрытий при высоких температурах показали, что модифицирование жидкостекольного связующего в литейных красках снижает осыпаемость окрашенных

стержней после термоудара в 1,3...1,5 раза по сравнению с известными покрытиями с использованием исходного жидкого стекла. Применение в качестве наполнителя материала ИМ-2201 повышает поверхностную прочность ПП как на неорганическом, так и на органическом связующих.

Результаты исследований дают основания прогнозировать улучшенные служебные свойства разработанных противопригарных покрытий при использовании в качестве связующего модифицированного жидкого стекла и наполнителя - мелкодисперсных отходов, содержащих высокоогнеупорные оксиды.

Производственные испытания и промышленное внедрение результатов исследований

Разработанные составы противопригарных покрытий были опробованы на ПО "Алтайский тракторный завод", АО "КАМАЗ" и Чебаркульском ремонтно-механическом заводе.

Наиболее подверженной браку по газовым раковинам и засорам отливкой в чугунолитейном цехе ПО "АТЗ" является "корпус гидрораспределителя". Внутренние каналы изделия в цехе выполнялись стержнем, окрашенным краской на ЛСТ-связующем и наполнителе - кристаллическом графите. На основании исследований предложен следующий состав противопригарного покрытия, (% масс.) : кварц пылевидный - 35; графит кристаллический - 10; глина формовочная - 4; жидкое стекло, плотностью 1,45...1,50 г/см³ - 8; модификатор - 0,9 (от массы жидкого стекла); вода техническая - 43. Газотворность краски составила 8...10 см³/г, что более чем в 2 раза ниже газотворности серийного покрытия. Внедрение этой противопригарной краски позволило снизить брак отливок по газовым раковинам и засорам с 18...20% до 2...3% и обеспечило повышение качества и надежности ответственного гидроузла трактора.

Анализ серийной технологии получения стальных отливок в литейном цехе ЧРМЗ (г. Чебаркуль) позволил выделить ряд технологических недостатков, в том числе: высокая осыпаемость - (более 0,4%), газотворная способность стержневой смеси - 56...60 см³/г, газотворность противопригарного покрытия - 25...30 см³/г. Это обуславливало брак отливок по пригару, газовым раковинам и засорам. Наряду с другими мероприятиями, для снижения брака была предложена малогазотворная краска на основе пылевидного отхода абразивного

производства (циркониевый электрокорунд) с использованием модифицированного жидкостекольного связующего. При проведении опытно-промышленных испытаний все полученные отливки были признаны годными ОТК. Это послужило основанием для рекомендации по внедрению разработанного покрытия для изготовления крупных стальных отливок.

На литейном заводе АО "КАМАЗ" с целью замены дорогостоящего и дефицитного наполнителя ПП - цирконового концентрата были разработаны и внедрены составы противопригарных красок с использованием материала ИМ - 2201, основу которого составляют оксиды алюминия и хрома. В сталелитейном корпусе было опробовано ПП на основе ИМ - 2201 и пылевидного кварца с модифицированным жидкостекольным связующим взамен краски на основе ЦБ. Опытные промышленные испытания разработанного состава ПП показали, что качество поверхности опытных стальных отливок не отличалось от серийных и по заключению специалистов соответствовало требованиям производства. В чугунолитейном корпусе с целью снижения себестоимости литья также было предложено заменить наполнитель литейных красок - цирконовый концентрат на материал ИМ - 2201, обладающий высокой химической и термической стойкостью. Опытные отливки по качеству и чистоте поверхности не уступали серийным. Внедрение разработанных противопригарных покрытий с использованием продукта ИМ - 2201 в чугунолитейном и сталелитейном корпусах АО "КАМАЗ" позволило отказаться от дорогостоящего цирконового наполнителя в ПП, что обеспечило значительный экономический эффект.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. На основании анализа физико-химического взаимодействия модифицирующих добавок с жидким стеклом дана классификация различных соединений, определяющих возможности регулирования процессами гелеобразования. Осуществлен научно обоснованный выбор модификаторов на основе процессов гидролиза неорганических добавок в растворах силиката натрия, предложен новый высокоогнеупорный и недефицитный наполнитель.

2. С применением математического моделирования определены оптимальные пределы содержания модифицирующих добавок: для

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - 1,1...1,5%, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - 0,7...1,1%, обуславливающие высокие показатели кроющей способности, снижение внутренних напряжений при отверждении связующей композиции. Установлено, что с вводом в жидкостекольное связующее сульфата аммония происходит уменьшение внутренних напряжений при толщине пленки равной 6 мкм на 23%, при 18 мкм - на 35%, при 30 мкм - на 60%, а при модифицировании сульфатом алюминия в отвержденном силикате $\sigma_{\text{вн}}$ снижаются на 21; 37,5 и 70% соответственно.

3. Установлена связь между объемом наполнителя, диаметром его частиц и толщиной связующей прослойки. Обосновано достижение равнозначной прочности ПП при меньшем содержании жидкого стекла за счет его модифицирования. Разработаны и оптимизированы составы противопопригарных покрытий на различных огнеупорных наполнителях с использованием модифицированного жидкостекольного связующего для стального и чугунного литья.

4. Электронномикроскопическими исследованиями установлено, что в поверхностном слое ПП, в манжетах отвержденного связующего имеет место образование микротрещин и пор. Количественная оценка дефектности противопопригарных покрытий произведена с помощью математической обработки экспериментальных данных адсорбционного метода БЭТ.

5. По данным дифференциальных кривых распределения пор по радиусам установлено, что наибольшая концентрация микродефектов ПП на модифицированном жидкостекольном связующем приходится на область их меньших размеров, чем у покрытий на исходном жидком стекле. Эта тенденция четко прослеживается и при использовании новых огнеупорных наполнителей, указывая на предпосылки снижения возможности проникновения жидкого металла в форму и улучшения противопопригарных свойств разработанных покрытий.

6. На основании проведенных исследований противопопригарных покрытий подтверждена целесообразность применения в качестве наполнителей красок для чугунного и стального литья недефицитных и доступных материалов - отработанного катализатора ИМ-2201 и отхода абразивного производства.

7. Установлено, что градиент скорости сдвига, при течении силиката в противопопригарных покрытиях, является нелинейной функцией напряжений сдвига, развивающийся при воздействии температуры расплавленного металла и изменяющийся по величине в большей

степени, чем возрастающие напряжения. Определены наиболее вероятные комбинации параметров нелинейности для достижения адекватности экспериментальных данных теоретической зависимости - уравнению Бингама.

8. Результаты исследования показали, что вязкость силикатных расплавов снижается с увеличением напряжений и температуры. Определено, что в рассматриваемом интервале температур (700...1400°C) наблюдается падение величины вязкости силиката ПП на несколько порядков, особенно у немодифицированного жидкого стекла. Экспериментально установлено, что температура начала размягчения модифицированных силикатов смещается в сторону более высоких значений и обуславливает повышение термостойкости разработанных покрытий, что подтверждено термогравиметрическими исследованиями.

9. Исследования поверхностной прочности покрытий при высоких температурах показали, что модифицирование жидкостекольного связующего в противопопригарных красках снижает осыпаемость стержней после термоудара в 1,3...1,5 раза по сравнению с известными покрытиями на исходном жидком стекле. Применение в качестве наполнителя материала ИМ - 2201 повышает поверхностную прочность противопопригарных красок как на неорганическом, так и на органическом связующих.

10. Внедрение в чугунолитейном цехе ПО "АТЗ" разработанного противопопригарного покрытия на модифицированном $Al_2(SO_4)_3$ жидком стекле позволило снизить брак отливок по газовым раковинам и засорам с 18...20% до 2...3%, что обеспечило повышение качества и надежности ответственного гидроузла трактора.

11. Опытно-промышленные испытания и внедрение разработанных ПП с использованием материала ИМ-2201 в чугунолитейном и сталелитейном корпусах АО "КАМАЗ" позволило отказаться от цирконового наполнителя в противопопригарных красках. Это обеспечило значительный экономический эффект, в котором долевое участие автосотра составляет 85 млн. рублей (в ценах 1995 г.).

Основные положения диссертации опубликованы
в следующих работах:

1. Баранов О. Г., Васин Ю. П., Гурлев В. Г., Пудовкин В. В. Физико-химическое изучение свойств жидкостекольных смесей, опреде-

ляющих их выбиваемость // Новые формовочные материалы в литейном производстве: Тез. докл. науч. техн. конф.-Челябинск, 1989.-с. 27-29.

2.Васин Ю. П., Гурлев В. Г., Баранов О. Г., Пудовкин В. В. Применение жидкого стекла при разработке противопригарных покрытий // Охрана труда и прогрессивные технологические процессы в литейном производстве, порошковой металлургии и машиностроении: Тез. межреспубл. научно-практ. конф.-Чебоксары, 1990.-с. 209-210.

3.Гурлев В. Г., Бортников М. М., Крюкова И. В., Баранов О. Г. Улучшение условий труда выбивщиков при использовании жидкостеклянных смесей сталелитейного производства // Вопросы теории и технологии литейных процессов: Сб. научн. тр./Под ред. докт. техн. наук проф. В. М. Александрова.-Челябинск: ЧГТУ, 1991.-с. 127-135.

4.Васин Ю. П., Гурлев В. Г., Баранов О. Г. Использование модифицированного жидкого стекла в противопригарных покрытиях // Новые перспективные материалы и технологии в металлургии: Тез. докл.-Киев, 1994.-с. 3-7.

Издательство Челябинского
государственного технического университета

ДР № 020364 от 20.01.92. Подписано в печать 28.01.97. Формат
69 x 84 1/16. Печать офсетная. Усл.печ.л.0,93. Уч.-изд. л.1.
Тираж 100 экз. Заказ 10/28.

УОИ издательства. 454080, г.Челябинск, пр. им.В.И.Ленина, 76.