

Челябинский государственный технический университет

На правах рукописи

ИСМАИЛОВ Низами Шайн оглы

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ФОРМОВЧНЫХ СМЕСЕЙ
С ДАШ-САЛАХИНСКИМ БЕНТОНИТОМ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛЬНЫХ СТЕИВК

Специальность 05.16.04 - "Литейное производство".

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена на кафедре литейного и сварочного производства Азербайджанского технического университета.

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент А.Я.Расулов.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор З.Я.Иткис ; ;
кандидат технических наук
Ахметдзянов Г.А.

Ведущее предприятие - Челябинский завод дорожных машин
им.Колпащенко.

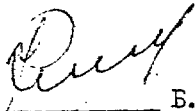
Защита состоится "24" ИЮНЯ 1993 г., в 14 ч 00 мин,
на заседании специализированного совета К 053.13.06 Челябинского
государственного технического университета.

Ваш отзыв в двух экземплярах, заверенных гербовой печатью,
просим направлять по адресу: 454080, г.Челябинск, пр.им.В.И.Ленина,
ЧГТУ, ченый совет университета, тел. 39-91-23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЧГТУ.

Автореферат разослан "18" мая 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
К 053.13.06
кандидат технических наук,
доцент


Б.Э.КЛЕЦКИН

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работ. Подавляющее количество отливок в литейном производстве изготавливается в разовых песчано-глинистых формах. Получение отливок в песчаных формах и в перспективе останется основным и преобладающим в общем объеме производства отливок. Поэтому задача совершенствования технологии получения отливок в песчаных формах является весьма актуальной.

В настоящее время в литейном производстве Азербайджана основным связующим материалом является каолинитовая глина. Однако запасы каолинитовых глин истощаются, а ее расход на среднем на одну тонну годных отливок составляет более 240 кг. Использование низкоортных глин сопряжено с опасностью образования на поверхности отливок различного рода дефектов. Эти дефекты значительно затрудняют механическую обработку отливок, удлиняют цикл производства, их устранение и исправление является одной из наиболее трудоемких операций в литейном производстве.

Анализ основных технико-экономических показателей подтверждает, что литейное производство Азербайджана является крупным потребителем формовочных материалов, большая часть которых доставляется из других регионов. Поэтому назрела настоятельная необходимость в обеспечении республики местными формовочными материалами.

В Азербайджане разведаны большие залежи бентонитовых глин. Наиболее крупным является Даш-Салахлинское месторождение, запасы которого оцениваются более чем в 30 млн. т. Однако его применение в литейном производстве сдерживается из-за отсутствия научно-обоснованных рекомендаций.

Цель работ. Исследование комплекса свойств Даш-Салахлинского бентонита, оценка его пригодности как литейного связующего, разработка и внедрение песчано-бентонитовых смесей, обеспечивающих улучшение качества отливок.

Для достижения указанной цели в работе были поставлены следующие задачи:

- изучить структуру, минералогический состав, физико-химические и технологические свойства и определить возможности использования Даш-Салахлинского бентонита как литейного связующего;

- определить основные требования к подготовке бентонитового порошкообразного связующего и разработать оптимальный режим его помола;

- разработать и оптимизировать составы песчано-бентонитовых смесей и исследовать их технологические свойства, обосновать эффективность активации Даш-Салахлинских бентонитов;

- исследовать процессы образования и устранения пригара на стальных отливках в песчано-бентонитовых формах;

- провести промышленные испытания и внедрить разработанные составы песчано-бентонитовых смесей.

Научная новизна. Исследованы структура, состав и свойства Даш-Салахлинского бентонита. Научно обоснована и экспериментально подтверждена возможность применения Даш-Салахлинского бентонита как литейного связующего. Сформулированы основные требования к подготовке бентонитового порошка, установлен механизм и определены режимы его помола, позволяющие получать связующее с высокой дисперсностью, обменной емкостью катионов и коллоидальностью. Теоретически обоснована эффективность активации Даш-Салахлинского бентонита на основе расчетов электронной плотности оболочек. С использованием математических методов планирования получены номограммы для определения оптимальных составов смесей различного функционального назначения. Современными методами исследований изучены особенности структуры уплотненных песчано-бентонитовых смесей, кинетика процесса проникновения жидкого металла в поры формы. Термодинамически обоснована возможность устранения прожилок металла при вводе гематита в песчано-бентонитовую смесь. Развита предположения о формировании и устранении пригара на стальных отливках в песчано-бентонитовых формах с окислительными добавками.

Практическая значимость работы и реализация ее в промышленности. На основании проведенных исследований разработаны песчано-бентонитовые смеси с использованием Даш-Салахлинского бентонита для машиностроительного стального литья, обеспечивающие требуемую чистоту поверхности отливок. Осуществлена широкая производственная проверка и внедрение песчано-бентонитовых смесей с добавкой гематита на СЗУ "Каспморсудоремонт" и Бакинском сталелитейном заводе, показавших следующие преимущества новых

монтмориллонита. Монтмориллонит в области OH-валентных колебаний обнаруживает полосы в следующих интервалах частот: 3705...3695; 3670...3663; 3650 и 3635...3620 см^{-1} . Полосы поглощения около 3695 и 3620 см^{-1} очень сильные и имеют сходную интенсивность, тогда как полосы 3670 и 3650 см^{-1} слабые. Единичные молекулы воды имеют узкие полосы поглощения - две полосы в области 3750...3650 и одну в области 1600...1580 см^{-1} .

Различиями в ИК-спектрах каолинита и монтмориллонита объясняется высокая связующая способность бентонитов. Монтмориллонит в большей степени способен участвовать в водной среде в реакциях катионно-анионного обмена. Это позволяет изменять структурно-механические параметры системы "бентонит-вода", следовательно, дает возможность регулировать прочностные свойства песчано-бентонитовых смесей.

Исследованы физико-химические и технологические свойства Даш-Салахлинских бентонитов, регламентируемые по ГОСТ 3226-77 и ГОСТ 3594-77. Определены гранулометрический состав и дисперсность, содержание влаги и глинистых составляющих, коллоидальность, химический состав, емкость обменных катионов, связующие свойства, долговечность, огнеупорность и др. характеристики в сравнении с соответствующими свойствами Махарадзевского и других бентонитов, широко используемых в литейном производстве.

Установлено, что по гранулометрическому составу Даш-Салахлинские бентониты характеризуются следующими данными: O4 - 0,2...0,7 %; O16 - 2,40...3,40 %; O10 - 93,88...94,60 %, тогда как Махарадзевские бентониты: O4 - 0,28...0,88 %; O16 - 1,96...2,68 %; O10 - 92,80...92,20 %. Дисперсность данных бентонитов составляет соответственно 70,84...74,3 % и 63,3...70,14 % (частиц размером менее 0,001 мм). Относительная высокая дисперсность Даш-Салахлинских бентонитов обуславливает их высокую коллоидальность, которая составляет 96...99 %, а для Махарадзевских - 84...90 %. При этом содержание глинистых составляющих для первых превышает 83,50 %, для вторых достигает 82,70 %. По химическому составу, емкости обменных катионов и по содержанию примесей Даш-Салахлинские бентониты отвечают требованиям, предъявляемым к литейным связующим. Химический состав бентонита Даш-Салахлин, %: SiO_2 - 57,0...62,0; Al_2O_3 - 17,0...21,0; Fe_2O_3 - 3,0...5,0; $\text{CaO} + \text{MgO}$ - 3,0...6,0; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ - 2,0...3,6. Со-

держание основных составляющих монтмориллонита ($SiO_2 + Al_2O_3$) превышает 70 %, что свидетельствует о хорошем качестве исследуемых бентонитов. Относительно низкое содержание оксидов металлов обуславливает термохимическую устойчивость Даш-Салахлинских бентонитов. Емкость обменных катионов составляет 93...100,42 мг-экв., что намного превышает аналогичный показатель широко используемых в литейном производстве бентонитов Дашуковского (84,60), Биклянского (48,4) и Махарадзевского (60,0) месторождений.

Даш-Салахлинские бентониты отличаются относительно высокой концентрацией водородных ионов в водной вытяжке ($pH = 9,0...9,5$), что указывает на щелочной характер бентонитов. По этому показателю исследуемый бентонит не уступает Отланлинскому и превосходит Дашуковский (7,0...7,1) и Махарадзевский (8,0...8,5).

Связующую способность Даш-Салахлинских бентонитов оценивали по пределу прочности при сжатии в сухом и влажном состояниях (ГОСТ 3594.7-77). Исследованиями установлено, что прочность при сжатии песчано-бентонитовой смеси в зависимости от количества вводимой воды изменяется в пределах 450...550 кПа (по-сухому) и 110...130 кПа (по-сырому). По связующим свойствам исследуемые бентониты несколько уступают Отланлинским бентонитам (650 и 150 кПа), однако превосходят Биклянские, Дашуковские и Махарадзевские.

В целях повышения качества бентонитового связующего исследован процесс механической диспергации воздушно-сухих глин в шаровой мельнице. Рентгеноструктурным анализом установлено, что монтмориллонит увеличивает межслойное расстояние в процессе гидратации. В кальциевых бентонитах базисные поверхности в микроагрегатах могут отойти друг от друга до 19 Å. На наружной базисной поверхности микро- и макроагрегатов монтмориллонита формируется более мощный гидратно-ионный диффузный слой за счет интенсификации процессов диссоциации и набухания частиц.

На основании исследований выдвинуты положения, определяющие механизмы и режимы помола бентонита. При сухом помоле механическая диспергация должна решать две задачи. Процесс должен протекать таким образом, чтобы, во-первых, обеспечивалось преимуще-

щественное разрушение естественных агрегатов глин по плоскости спайности, т.е. расслоение агрегатов на тонкие пакеты, что обуславливает увеличение эффективной удельной поверхности частиц глин за счет высвобождения базальных поверхностей кристаллов. Во-вторых, должна достигаться преобладающее разламывание кристаллов в направлении перпендикулярном базальным плоскостям. После 8...9 ч сухого помола Даш-Салахлинского бентонита значительно повышаются гидрофильные свойства и емкость обменных катионов (рис. I.).

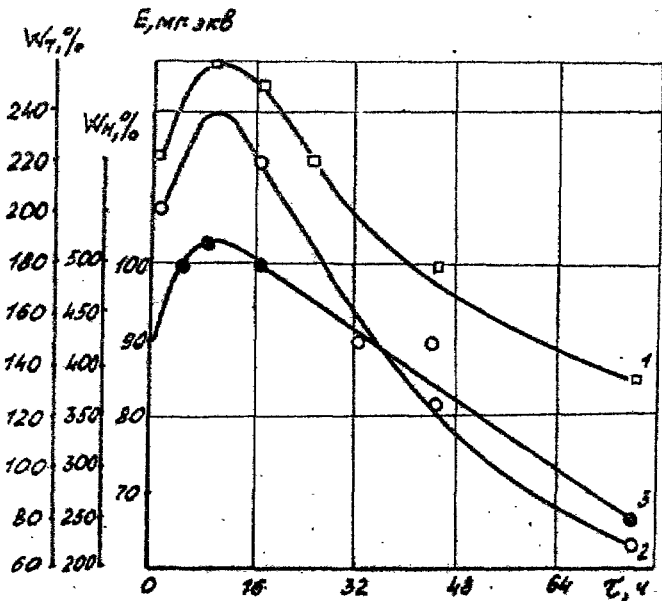


Рис. I. Зависимость влажности верхнего предела пластичности (1), влажности максимального набухания (2) и емкости обменных катионов (3) Даш-Салахлинского бентонита от продолжительности сухого помола

Влажность верхнего предела пластичности ($W_t, \%$) достигает от 220 до 260, влажность максимального набухания ($W_n, \%$) от

500 до 600 и емкость обменных катионов (E , мг-экв.) от 90 до 110. При этом удельная поверхность частиц увеличивается от 100...140 до 300...330 м²/г.

Результаты сравнительных испытаний отечественных бентонитов с привлечением современных методов исследований позволяют считать, что Даш-Салахлинские бентониты относятся к бентонитам марки БСIT₂ и полностью отвечают требованиям литейного связующего, а по ряду физических, химико-минералогических и технологических характеристик превосходят широко применяемые в настоящее время бентонитовые глины.

Разработка формовочных смесей и исследование их свойств

Анализ и сравнение стандартных смесей показали, что Даш-Салахлинские бентонитовые порошки стабильно обеспечивают прочность по-сырому 110...130 кПа, по-сухому 450...550 кПа, тогда как Махарадзевские 100...120 и 300...490 кПа. При этом технологические свойства смесей являются вполне удовлетворительными (формуемость 70...75 %, уплотняемость 45...50 %, текучесть 55...70 %, осыпаемость 0,2...0,6 %). Опыты, проведенные с бентонитовой суспензией, показали, что смеси отличаются лучшими физико-механическими и технологическими свойствами по сравнению со смесями на бентонитовых порошках. Установлено, что оптимальная плотность бентонитовой суспензии составляет 1,25...1,30 г/см³ при примерном соотношении воды и бентонита, равном 3:1. Исследованы некоторые свойства песчано-бентонитовых смесей с суспензией в зависимости от продолжительности выдержки образцов на воздухе. Показана возможность снижения на 10...15 % расхода бентонита, что подтверждает эффективность применения его суспензий в качестве связующего.

Исследованиями экспериментально установлена возможность и целесообразность активации исследуемых бентонитов, обусловленная протекающими обменными процессами. Теоретически обоснована эффективность процесса, подтвержденная расчетами электронной плотности оболочек. Электронная плотность оболочек (X) атомов определялась отношением числа электронов N в оболочке к объему иона, участвующему в образовании той или иной структуры:

смесей: легкая выбиваемость, повышенные противопожарные свойства, снижение трудоемкости обрубки и очистки отливок, улучшенные санитарно-гигиенические условия труда и экологии. Суммарный годовой экономический эффект составил более 265 тыс.руб.

Основные положения, представляемые к защите:

- результаты исследований структуры, состава и свойств Даш-Салахлинского бентонита;
- механизм помола и оптимальные режимы подготовки бентонитового порошкообразного связующего;
- разработанные и оптимизированные составы формовочных смесей на Даш-Салахлинском бентоните с окислительными добавками и их основные технологические свойства;
- результаты исследования физико-химического взаимодействия заливаемого металла с материалами песчано-бентонитовой формы;
- технология изготовления машиностроительных стальных отливок с улучшенной чистотой поверхности.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на следующих научно-технических конференциях: "Прогрессивные процессы изготовления качественных отливок в песчаных формах", Челябинск, 1987; 41- научно-техническая конференция ЧПИ, Челябинск, 1988; "Прогрессивные технологии производства литых заготовок", Челябинск, 1988; "Пути повышения качества и экономичности литейных процессов", Одесса, 1988, 1990; "Прогрессивные технологические процессы производства отливок", Чебоксары, 1988, 1990; "Рациональное использование материальных ресурсов в литейном производстве", Челябинск, 1991; "Новые материалы и технологии в повышении эксплуатационной надежности машин и инструментов", Баку, 1990; научно-технические семинары ИШ АН Украины, Киев, 1989, 1990; научные конференции Азербайджанского технического университета, Баку, 1988-1992.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, основных выводов, списка литературы из 132 наименований, 4-х приложений; содержит 147 страниц машинописного текста, 37 таблиц, 51 рисунок.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Одним из путей улучшения качества отливок является замена каолинитовой глины бентонитовой, что снижает общее глиносодержание смеси в 2...3 раза. Однако широкое применение бентонитовых глин в качестве связующих смесей в литейном производстве Азербайджана сдерживается из-за отсутствия надежных данных по структуре, минералогическому составу, физико-химическим и технологическим свойствам бентонитов, что не позволяет дать научно-обоснованные рекомендации производству.

Исследование состава, структуры и свойств бентонитов

В качестве объекта исследований выбраны бентониты Дашуковского, Асканского, Биклянского, Махарадзевского, Даш-Салахлинского месторождений, а также Нижнеувельская огнеупорная глина. С помощью рентгеноструктурного анализа на дифрактометре ДРОН-ЗМ изучены структура и состав указанных бентонитов и глины.

Бентонит Дашуковского месторождения содержит кварца (ДХ: 3,34; 1,81; 1,37; 1,19), монтмориллонита (ДХ: 3,42; 3,06; 1,71; 1,67), каолинита (ДХ: 7,14; 3,57; 2,34; 1,48) и карбоната кальция (ДХ: 3,03; 1,91; 1,86; 1,04). Асканский бентонит содержит монтмориллонит, монотермит (ДХ: 4,35; 3,43; 2,38; 2,06), галлуазит (ДХ: 4,40; 3,50; 2,49; 2,32), бейделлит (ДХ: 4,45; 3,53; 2,36), кварца. Биклянский бентонит содержит каолинит, кварц, мусковита (ДХ: 10,03; 3,34; 2,56; 1,49) и монтмориллонит. Махарадзевский бентонит содержит монтмориллонит, галлуазит, воллостанит (ДХ: 3,83; 3,52; 2,97; 2,18), псевдovolлостанит (ДХ: 3,23; 2,80; 1,97) и гидроалюмината кальция (ДХ: 3,72; 2,69; 2,55; 1,64). Нижнеувельская каолинистая глина состоит из кварца, накрита (ДХ: 7,15; 3,59; 2,41), биотита (ДХ: 2,65; 2,46; 2,19) и гидрослюда (ДХ: 3,90; 3,53; 2,60; 1,71).

Результаты рентгеноструктурных исследований Даш-Салахлинского бентонита с получением дифрактометрических кривых указывают на его монтмориллонитовый состав, выраженный диоктаэдрической (1,49 Å), щелочно-земельной (14,2...14,6 Å), а также щелочной (13,5...13,7 Å) разновидностями. При насыщении глицерином указанные рефлексы увеличиваются, в основном до 17,8 Å.

а иногда до $18,3 \text{ \AA}$. При нагревании до $600 \text{ }^\circ\text{C}$ в исследуемых бентонитах наблюдается усадка слоев до $9,5 \dots 10,2 \text{ \AA}$ и появление новых четких рефлексов $4,8 \dots 4,9 \text{ \AA}$, $3,17 \dots 3,26 \text{ \AA}$, что является одним из основных характерных признаков минералов монтмориллонитовой группы. Кроме монтмориллонита, составляющего основу (более 80 %) Даш-Салахлинского бентонита, также обнаружены в небольших количествах сопутствующие минералы, о чем свидетельствуют рефлексы: гидрослюда ($9,6 \dots 10,0$; $4,96 \dots 5,01$; $3,30 \dots 3,34 \text{ \AA}$), хлорита ($14,7$; $7,2$; $4,70 \text{ \AA}$) и реже каолинита ($7,1$; $3,5$; $2,8 \text{ \AA}$). Наличие серии слабых линий ($11,0$; $5,56$; $3,82$; $2,64 \text{ \AA}$) указывает на незначительное количество смешаннослойных образований.

Проведенные рентгеноструктурные исследования позволили установить особенности структуры и минералогический состав бентонитов. По сравнению с другими месторождениями бентонитов Даш-Салахлинский бентонит содержит большое количество минералов монтмориллонитовой группы, которые обеспечивают их высокую связующую способность.

Термический анализ бентонитов и глин указанных месторождений проводили на дериватографе Q-1500D "Паулик" (Венгрия). Исследование показало, что для Дашуковских бентонитов характерные эндотермические эффекты происходят при $50 \dots 150 \text{ }^\circ\text{C}$ (удаление адсорбированной воды), $200 \dots 235 \text{ }^\circ\text{C}$ (удаление межпакетной воды), $500 \dots 760 \text{ }^\circ\text{C}$ (удаление конституционной воды) и $800 \dots 860 \text{ }^\circ\text{C}$ (разрушение кристаллической решетки). Наблюдаемый при $900 \dots 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ экзотермический эффект связан с образованием нового кристаллического соединения. Для Асканского бентонита эндотермические эффекты происходят при $50 \dots 100 \text{ }^\circ\text{C}$ и $450 \dots 500 \text{ }^\circ\text{C}$, а экзотермический эффект при $955 \dots 975 \text{ }^\circ\text{C}$. Это соответствует минеральному составу Асканского бентонита, который содержит минералы монотермита, галлуазита и бейделлита. Биклянский бентонит содержит мусковит с данными ДТА: эндотермические эффекты при $750 \dots 850 \text{ }^\circ\text{C}$ и $1020 \dots 1090 \text{ }^\circ\text{C}$. В Махарадзевском бентоните, кроме монтмориллонита, проявляются по данным ДТА гидроалюминаты кальция: эндозффекты с максимумами при 155 и $285 \text{ }^\circ\text{C}$; экзотермические эффекты при 545 и $930 \text{ }^\circ\text{C}$. Термический анализ Нижнеуевельской огнеупорной глины подтвердил ее каолинитовую основу с определенным содержанием биотита: эндозффект при $1160 \text{ }^\circ\text{C}$ и экзозффект при $1200 \text{ }^\circ\text{C}$, обезвоживание происходит при $150 \dots 200$ и $400 \dots 450 \text{ }^\circ\text{C}$.

На дифференциальных кривых нагревания бентонитов Даш-Салахлинского месторождения отмечаются характерные данные ДТА монтмориллонита: эндозффекты при $80...250\text{ }^{\circ}\text{C}$ (с максимумом $150...210\text{ }^{\circ}\text{C}$), обусловленные потерей адсорбционной воды ($10...12\%$) и при $600...760\text{ }^{\circ}\text{C}$ с максимумом $680...730\text{ }^{\circ}\text{C}$ (удаление конституционной воды $\sim 5\%$). Третий эндозффект при $790...850\text{ }^{\circ}\text{C}$, где происходит полная дегидратация и разрушение кристаллической решетки монтмориллонита. Как правило, после указанного эндотермического эффекта следует небольшой экзотермический пик в интервале $900...1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, обусловленный кристаллизацией аморфных продуктов разрушения глинистых материалов.

Проведенные термографические исследования подтверждают, что минеральный состав Даш-Салахлинских бентонитов преимущественно включает монтмориллонит. По сравнению с бентонитами Дашуковского, Биклянского, Махарадзевского месторождений дегидратация Даш-Салахлинских бентонитов происходит при более высокой температуре, что свидетельствует о его высоком качестве.

Электронномикроскопические исследования каолинита, Дашуковского и Даш-Салахлинского бентонитов выполнены на растровом электронном микроскопе РЭМ-200. Исследования показали, что частицы каолинита имеют наибольшие размеры в плоскости чешуек в пределах $0,3...0,4\text{ мкм}$, а толщина их $0,05...2\text{ мкм}$. Частицы Дашуковского бентонита более мелкие и округлые, отдельные чешуйки имеют размеры $0,1...0,2\text{ мкм}$.

Электронномикроскопический снимок Даш-Салахлинского бентонита показал, что структурные составляющие бентонита очень мелкие и тонкие, почти прозрачные, часто образуют хлопьевидные агрегаты. Основные размеры чешуек колеблются от $0,01...0,02$ до $0,1...0,2\text{ мкм}$. Преобладают частицы округлой формы.

Методом инфракрасной спектроскопии изучали характер химической связи воды с структурными составляющими глинистых связующих. Спектры записывали на спектрофотометре "Specord 75" в области частот $4000...40\text{ см}^{-1}$. На основании сравнительного анализа спектров каолинита и Даш-Салахлинского бентонита установлено, что полоса 3695 см^{-1} , которая отсутствует в спектре монтмориллонита, относится к внутриповерхностным OH^- группам каолинита; полоса 3610 см^{-1} является общей для спектров каолинита и

из цеховой смеси, характерным является наличие неполностью окисленных прожилок. Наличие прожилок металла — одна из основных причин прочного сцепления поверхности отливки со слоем формочной смеси.

Исследованиями установлено, что при изготовлении отливок на песчано-бентонитовых смесях с добавкой мелкодисперсного гематита происходит в большинстве случаев полное устранение прожилок, что приводит к ослаблению сил связи пригарной корки с металлом. Это связано с усилением окислительных процессов на границе металла с формой.

Рассмотрены термодинамические условия процессов, протекающих на границе металл-форма. Приведены возможные реакции разложения Fe_2O_3 , рассчитаны упругость диссоциации оксидов железа, температура разложения гематита, определены изменения энтальпии, энтропии и энергии Гиббса некоторых реакций в системе $FeO - SiO_2$. Исследована окислительная способность формочных смесей различного состава при температурах 900, 1100, 1300 °C. Экспериментально установлено, что песчано-бентонитовые смеси с добавкой гематита имеют более высокую окислительную способность и обеспечивают окисление прожилок металла, проникших в поры формы.

На основании проведенных исследований процессов образования и устранения пригара на отливках, изготовленных в формах из песчано-бентонитовой смеси с добавкой гематитовой руды, подтвержден механизм улучшения чистоты поверхности стальных отливок и образование легкоотделимой пригарной корки за счет окисления прожилок металла и формирования оксидного слоя, снижающего сцепление металла с формой.

Промышленные испытания и внедрение разработанных смесей в производство стальных отливок

Производственная проверка разработанных песчано-бентонитовых смесей осуществлена на СПО "Каспморсудоремонт" и Бакинском сталелитейном заводе.

Промышленные испытания в литейном цехе СПО "Каспморсудоремонт" показали, что песчано-бентонитовые смеси с использованием в качестве противопригарной добавки гематитовой руды обеспечивают получение отливок без пригара на большей части поверхности.

На Бакинском сталелитейном заводе была поставлена задача ликвидировать металлизированный пригар на отливках, изготовляемых в формах из жидкостекольной смеси.

Промышленные испытания показали, что разработанные формовочные смеси с использованием Даш-Салахлинского бентонита успешно заменяют жидкостекольные смеси, а по выбиваемости и достигаемой чистоте поверхности отливок превосходят их. Подтверждено, что в производственных условиях использование в качестве противопригарной добавки гематитовой руды обеспечивает получение отливок с чистой, без пригара поверхностью.

По результатам производственного опробования выявлены существенные преимущества разработанных смесей. Применение бентонита позволяет сократить расход песка, заменить привозные огнеупорную глину и жидкое стекло местным бентонитом. При этом содержание глинистого связующего в смеси уменьшается в 2...3 раза, снижается брак отливок на 2 %, увеличивается производительность труда, сокращаются расход топлива и цикл производства, устраняется пригар и понижаются трудозатраты на очистку отливок.

Широкое использование разработанных формовочных смесей с использованием в качестве связующего Даш-Салахлинского бентонита и усовершенствование технологии изготовления стальных отливок на их основе подтверждено техническими актами испытаний и внедрения. Суммарный годовой экономический эффект от внедрения песчано-бентонитовых смесей на СПО "Каспморсудоремонт" и Бакинском сталелитейном заводе составил более 265 тыс.руб.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ литературных источников, а также отечественный и зарубежный опыт свидетельствуют о том, что в настоящее время и обозримом будущем наиболее перспективным связующим литейных форм являются бентонитовые глины, а наиболее распространенными смесями — песчано-бентонитовые.

2. С привлечением современных методов исследования изучены структура, минералогический и химический состав бентонитов, проведены сравнения по термическим превращениям, физико-химическим и технологическим свойствам. Установлено, что Даш-Салахлинские бентониты отвечают требованиям литейного производства и могут быть применены как связующее для смесей.

3. Определено, что Даш-Салахлинский бентонит содержит более 80 % монтмориллонита, относится к кальциевым с достаточно высоким содержанием емкости обменных катионов (более 100 мг-экв.), имеют высокую дисперсность и коллоидальность (97...99 %), которые обуславливают их хорошие связующие свойства и могут быть классифицированы как БСГТ₂ по ГОСТ 3226-77.

4. Сформулированы основные требования и установлен механизм подготовки высококачественного бентонитового порошка. Установлено, что оптимальный режим помола продолжительностью 8...9 ч обеспечивает достаточную дисперсность, высокую обменную емкость и коллоидальность бентонитов.

5. Показана возможность использования суспензии Даш-Салахлинского бентонита в качестве связующего формовочных смесей и установлено, что использование суспензии бентонита в смесях позволяет сократить расход порошкообразного связующего на 10...15 %. Теоретически и экспериментально обоснована эффективность активации Даш-Салахлинского бентонита.

6. С привлечением математического метода планирования экспериментов построена математическая модель песчано-бентонитовой смеси. Получены уравнения регрессии, позволяющие оценить основные технологические свойства смесей. По результатам математического моделирования на ЭВМ построены номограммы, для определения области оптимальных составов смесей различного функционального назначения.

7. Исследовано влияние продолжительности выдержки образцов из песчано-бентонитовых смесей на предел прочности при сжатии, газопроницаемость, осыпаемость и изменение массы, характеризующие процессы в литевой форме. Определены оптимальное время для вылеживания песчано-бентонитовых смесей и допустимая продолжительность выстаивания форм до заливки. Установлено, что оптимальные свойства песчано-бентонитовой смеси формируются в течение первых 4-х ч после ее изготовления.

8. Изучены особенности структуры уплотненных песчано-глинистых и песчано-бентонитовых смесей на растровом электронном микроскопе. Исследована кинетика процесса проникновения жидкого металла в поры формы методом моделирования. Определены величины давления проникновения и эффективный диаметр пор. Подтверждено, что при использовании песчано-бентонитовых смесей потенциально уменьшается проникновение металла в поры формы.

9. Металлографическими и рентгеноспектральными методами исследована поверхность стальных отливок, изготовленных в формах из различных смесей. Изучен химический состав смесей и пригарных корок. Подтверждено, что поверхность стальных отливок при использовании смесей с окислительными добавками подвергается окислению и обезуглероживанию. Определены глубина обезуглероженного слоя и микроструктура контактной зоны для различных смесей в зависимости от толщины стенки отливки.

10. Исследованиями окислительной способности песчано-бентонитовых смесей при высоких температурах установлено, что с вводом гематита интенсифицируются окислительные процессы на границе металл-форма и возникают условия полного окисления прожилок металла. Установлено, что эффективной противпригарной добавкой для песчано-бентонитовых смесей является молотая железная руда.

11. Промышленные испытания в литейных цехах подтвердили, что разработанные на Даш-Салахлинском бентоните формовочные смеси с окислительной добавкой позволяют получать стальные отливки без пригара. Разработанные песчано-бентонитовые смеси внедрены в производство при изготовлении форм мелких и средних стальных отливок на СПО "Каспморсудоремонт" и на Бакинском сталелитейном заводе. Экономический эффект от внедрения составил более 265 тыс. рублей (в ценах 1991 г.).

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Расулов А.Я., Исмаилов Н.Ш. К вопросу применения бентонитовой глины в литейном производстве // Пути повышения надежности конструкционных материалов: Тематический сборник научных трудов: Баку: АзПИ, 1980. - С.36-40.

2. Исмаилов Н.Ш., Расулов А.Я. Даш-Салахлинская бентонитовая глина - эффективный связующий материал для формовочных смесей // Прогрессивные методы производства литых заготовок: Тезисы докладов научно-технической конференции - Челябинск, 1988. - С.41.

3. Исмаилов Н.Ш., Расулов А.Я. Беспригарная формовочная смесь для конвейерного стального литья с применением Даш-Салахлинской бентонитовой глины // Пути повышения качества и экономичности литейных процессов: Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции - Одесса, 1988. - С.18.

$$x = \frac{N}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3N}{4\pi r^3}$$

где r - радиус иона, А.

Расчеты с учетом замещения каждого иона Ca^{2+} в обменной реакции двумя ионами Na^+ показали, что эквивалентная электронная плотность двух ионов Na^+ в 1,3 раза превышает электронную плотность иона Ca^{2+} . Повышение эквивалентной электронной плотности ионов в кристаллической решетке связующих материалов должно привести к закономерному увеличению прочности смесей. На основании изложенных соображений и расчетов эквивалентной электронной плотности ионов Ca^{2+} и Na^+ подтвержден положительный эффект активации солями натрия, Даш-Салахлинского бентонита, в обменном комплексе которого преобладают ионы кальция. Выполнены расчеты количества активирующей добавки для смеси с Даш-Салахлинским и другими бентонитами, широко используемыми в литейном производстве. Установлено, что для активации Даш-Салахлинского бентонита необходимо вводить 0,25 % соды от массы смеси, что позволяет повысить прочность смеси на 10...15 %.

Результаты лабораторных исследований показали, что при изготовлении смесей с использованием Даш-Салахлинского бентонита для формовки по-сырому удовлетворительные физико-механические свойства во влажном состоянии достигаются при содержании составляющих, масс.ч.: кварцевого песка 9...81; бентонита 2,5...7,5; железной руды 2,5...7,5; остальное - обратная смесь. При этом свойства смесей изменялись в пределах: прочность при сжатии 40...80 кПа, газопроницаемость 138...264 ед. и влажность 4,0...5,0 %.

В указанных интервалах проведена оптимизация составов и свойств смесей методом математического планирования экспериментов, позволившем установить математические модели второго порядка с учетом взаимодействия между факторами. После обработки данных экспериментов с уровнем значимости $\alpha = 0,05$ на ЭВМ были получены математические модели исследуемых величин в виде регрессионных уравнений для газопроницаемости (K), прочности (σ), осыпаемости (S) и текучести (T) смесей:

$$K = 246,9 - 5,173X_1 - 5,458X_2X_3 - 25,59X_1^2 - 23,33X_2^2 - 40,82X_3^2 ;$$

$$B = 83,54 - 2,522X_1 - 9,946X_3 + 3,583X_1X_2 + 3,583X_2X_3 - 7,218X_1^2 - 7,218X_2^2 - 21,89X_3^2 ;$$

$$S = 0,2279 - 1,1309 \cdot 10^{-2}X_2 - 0,222X_3 + 1,75 \cdot 10^{-2}X_1X_2 - 1,8333 \cdot 10^{-2}X_1X_3 - 2,1667 \cdot 10^{-2}X_2X_3 + 1,9919 \cdot 10^{-2}X_2^2 + 0,1373X_3^2 ;$$

$$T = 72,79 - 1,053X_2 + 1,053X_3 + 0,973X_1^2 - 3,878X_2^2 + 0,973X_3^2 .$$

На основе полученных уравнений регрессии физико-механических свойств смеси построена номограмма (рис.2) и определены области оптимальных составов песчано-бentonитовых смесей различного функционального назначения.

$$K = 230 \text{ ед.} \quad B = 70 \text{ кПа} \quad S = 0,28\% \quad T = 67\%$$

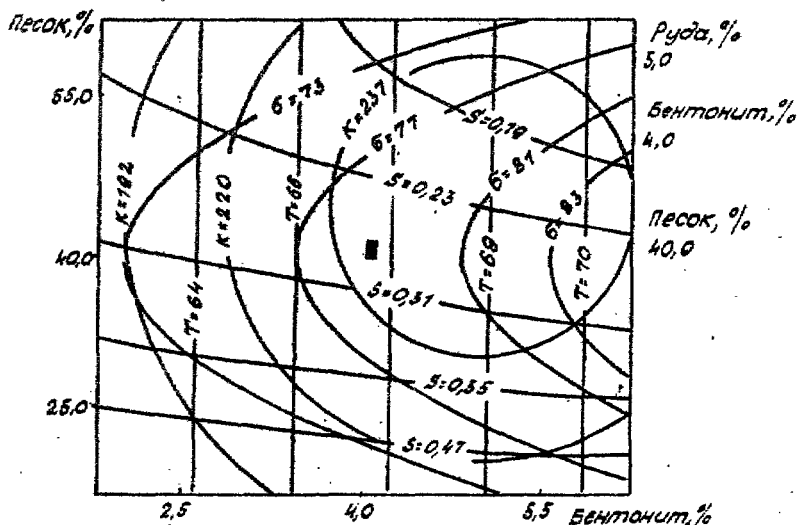


Рис.2. Номограмма для определения оптимальных составов песчано-бentonитовых смесей различного функционального назначения

Установлено, что достаточными физико-механическими и технологическими свойствами обладают смеси, содержащие, масс.ч.: 40...50 песка; 3,0...5,0 бентонита и 3,0...5,0 руды, остальное - отработанная смесь. При этом достигаются следующие свойства смеси: прочность 60...80 кПа, газопроницаемость 190...237 ед., осыпаемость 0,2...0,6 %, текучесть 60...70 %.

Оптимизированный состав облицовочной смеси был принят для дальнейших исследований. Исследованиями подтверждена чувствительность песчано-бентонитовых смесей к испарению влаги, которая определяется температурой и влажностью окружающей среды. Установлено, что требуемые свойства смеси формируются до 4-х ч ее вылеживания и заливку форм необходимо производить в этот период. По истечению этого времени возрастает опасность образования дефектов поверхности отливок в процессе заливки форм металлом.

Исследование процессов образования и устранения пригара на стальных отливках

На процесс пригарообразования оказывает влияние различные факторы. Среди них особое место занимает структура формовочных смесей, которая исследована на растровом электронном микроскопе РЭМ-200. Определено, что в отличие от каолинитового связующего бентонит лучше обволакивает зерна наполнителя, что указывает на преимущества структурных характеристик песчано-бентонитовых смесей. Установлено, что структура реальных смесей существенно отличается от "шаровой модели". Вследствие неправильной формы зерен шаровой контакт реализуется крайне редко. Найдено, что средняя протяженность и толщина манжет бентонитового связующего составляет 60...180 мкм и 3...10 мкм соответственно. Подтверждено, что по структурным характеристикам песчано-бентонитовая смесь превосходит песчанс-глинистую, и это должно способствовать снижению глубины проникновения металла в поры формы. Исследована кинетика проникновения металла в поры формы методом моделирования процесса. С этой целью усовершенствована установка Иткиса З.Я., позволяющая определить критическое давление проникновения металла в поры формы и эффективный диаметр пор.

Установлено, что из исследованных смесей наибольшее давление проникновения характерно для песчано-бентонитовой смеси с добы-

кой 5 % мелкодисперсного гематита. Гематит закупоривает поры в песчано-бентонитовой смеси, повышая давление проникновения металла, более чем на 20 % уменьшает $d_{зр}$. Следовательно, указанное должно способствовать снижению высоты и толщины прожилков металла. Проведенными исследованиями проникновения металла в порн формы на отливках, изготовленных в производственных условиях, установлено, что на цеховых смесях высота прожилков металла имеет более высокие значения (0,7...1,0 мм), чем в песчано-бентонитовых с добавкой гематита (0,1...0,3 мм).

Подтверждено выдвинутое ранее положение, что с вводом в смесь окислительных добавок создаются условия для устранения прожилков металла и снижения пригара на поверхности стальных отливок.

Термогравиметрическими исследованиями различных смесей и их составляющих объяснены происходящие превращения в форме и установлено их влияние на качество поверхности отливок.

Изучение микроструктуры поверхности контакта, приконтактной зоны и матричного металла отливки проведено на микроскопе MeF-2 фирмы "Reichert". Определены глубина обезуглероженного слоя контактной зоны отливки, образующегося в форме из различных формовочных смесей, структура поверхностного и основного металла отливки. Установлено, что поверхность стальной отливки в форме подвергается обезуглероживанию при использовании смесей с добавками гематита и без них. Применение окислительных добавок способствует увеличению содержания свободного кислорода в газовой фазе более продолжительное время, что приводит к интенсификации процессов обезуглероживания и окисления. Установлена линейная зависимость глубины обезуглероженного слоя от толщины стенки отливки.

Исследование с помощью рентгеноспектрального микроанализатора РЭМ-100У химического состава контактной зоны металл-форма позволило установить, что в поверхностном слое стальных отливок (0,2 мм), изготовляемых в формах с применением гематита, увеличивается содержание Si , превышающее содержание в основном металле в 2...3 раза. Это связано с тем, что на отливке остаются следы продуктов реакции между окислами железа и кремнеземом, которые имеют фаялитовую природу. Для отливок, изготовленных

4. Исмаилов Н.Ш., Расулов А.Я. Термографические исследования бентонитовой смеси // Прогрессивные технологические процессы производства отливок, материалов и их обработка: Тезисы докладов Межреспубликанской научно-технической конференции - Чебоксары, 1988. - С.36.

5. Исмаилов Н.Ш., Расулов А.Я. Повышение качества поверхности стальных отливок для нефтехимического машиностроения // Охрана труда и прогрессивные технологические процессы в литейном производстве, порошковой металлургии и машиностроении: Тезисы докладов Межреспубликанской научно-практической конференции. - Чебоксары, 1990. - С.47.

6. Исмаилов Н.Ш., Расулов А.Я. Качество поверхности стальных отливок и теплоаккумулирующая способность песчано-бентонитовой смеси // Повышение качества и экономичности литейных процессов: Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции. - Одесса, 1990. - С.34.

7. Исмаилов Н.Ш. Высокотемпературные превращения материалов песчано-бентонитовой смеси // Пути повышения надежности конструкционных материалов: Тезисы докладов научно-технической конференции АзПИ, Баку, 1990. - С.12.

8. Исмаилов Н.Ш. Расчет формовочных смесей методом планирования эксперимента // Тезисы докладов научно-технической конференции АзПИ, Баку, 1990. - С.21.

9. Исмаилов Н.Ш., Расулов А.Я. Новая беспригарная формовочная смесь для сырой формовки мелкого и среднего стального конвейерного литья // Пути повышения надежности конструкционных материалов: Тематический сборник научных трудов АзПИ, Баку, 1990. - С.71-76.

10. Расулов А.Я., Исмаилов Н.Ш., Нуралиев Ф.А. О механизме улучшения чистоты поверхности стальных отливок при использовании бентонитовой смеси с железной рудой // Пути повышения надежности конструкционных материалов: Сборник научных трудов АзПИ, Баку, 1991. - С.76-80.

11. Исмаилов Н.Ш. Электронномикроскопические исследования песчано-бентонитовой смеси // Новые материалы и технологии в повышении эксплуатационной надежности машин и инструментов: Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции. - Баку, 1991. - С.43.

12. Исмаилов Н.Ш. Некоторые физико-химические особенности бентонитов Азербайджана // Рациональное использование материальных ресурсов в литейном производстве: Тезисы докладов научно-технической конференции. - Челябинск, 1991. - С.69.

13. Исмаилов Н.Ш. Литейное производство в Азербайджане // Рациональное использование материальных ресурсов в литейном производстве: Тезисы докладов научно-технической конференции. - Челябинск, 1991. - С.68.

14. Исмаилов Н.Ш. Беспригарная формовочная смесь для стального литья // Информационный листок № 12-92, ЦНТИ, Челябинск, 1992. - С.1-4.



Подписано к печати 30.03.93, формат 60x90 1/16. Печ. л. 1,25.
Уч.-изд. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ 67/189.

Издательство при ЧГТУ. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.