

~~05.16.04~~
~~11927~~

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
Челябинский политехнический институт им. Ленинского комсомола

На правах рукописи

Инженер Иткис З.Я.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ И УСТРАНЕНИЯ ПРИГАРА
НА СТАЛЬНЫХ ОТЛИВКАХ В МАССОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Специальность № 05-323 "Литейное производство"

05.16.04

Автореферат диссертации на
искание ученой степени кандидата
технических наук.

Челябинск
1969

Работа выполнена на кафедре литейного производства Челябинского политехнического института им. Ленинского комсомола. Экспериментальная часть работы проведена на Челябинских тракторном, механическом и Уральском автомобильном заводах.

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент Ю.П. Васин.

Официальные оппоненты: заслуженный деятель науки и техники, доктор технических наук, профессор П.Н. Берг, кандидат технических наук, доцент Б.В. Бауман.

Ведущее предприятие - завод дорожных машин им. Колющенко.

Автореферат разослан *27 октября 1969 г.*

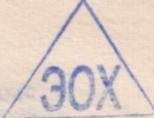
Защита диссертации состоится *10 декабря 1969 г.* на заседании Ученого Совета по присуждению ученых степеней металлургического факультета при Челябинском политехническом институте им. Ленинского комсомола: Челябинск, 44, проспект им. В.И. Ленина, 76, конференцзал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Челябинского политехнического института.

Просим Вас и сотрудников Вашего учреждения, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Совета по присуждению ученых степеней металлургического факультета при Челябинском политехническом институте им. Ленинского комсомола или прислать отзыв. (Отзыв прсыдается в 2-х экземплярах, заверенных печатью).

Ученый секретарь Совета

канд. техн. наук, доцент *Гончар* (В.Н. Гончар)



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
Челябинский политехнический институт им. Ленинского комсомола

На правах рукописи

Инженер Иткис З.Я.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ И УСТРАНЕНИЯ ПРИГАРА
НА СТАЛЬНЫХ ОТЛИВКАХ В МАССОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Специальность № 05-323 "Литейное производство"

Автореферат диссертации на
искание ученой степени кандидата
технических наук.

Челябинск
1969

Работа выполнена на кафедре литьевого производства Челябинского политехнического института им. Ленинского комсомола. Экспериментальная часть работы проведена на Челябинских тракторном, механическом и Уральском автомобильном заводах.

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент Ю.П. Васин.

Официальные оппоненты: заслуженный деятель науки и техники, доктор технических наук, профессор П.П. Берг, кандидат технических наук, доцент Б.В. Бауман.

Ведущее предприятие - завод дорожных машин им. Колющенко.

Автореферат разослан

Защита диссертации состоится
на заседании Ученого Совета по присуждению ученых степеней металлургического факультета при Челябинском политехническом институте им. Ленинского комсомола: Челябинск, 44, проспект им. В.И. Ленина, 76, конференцзал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Челябинского политехнического института.

Просим Вас и сотрудников Вашего учреждения, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Совета по присуждению ученых степеней металлургического факультета при Челябинском политехническом институте им. Ленинского комсомола или прислать отзыв. (Отзыв прсылается в 2-х экземплярах, заверенных печатью).

Ученый секретарь Совета
канд. техн. наук, доцент *Гончар* (В.Н. Гончар)

ВВЕДЕНИЕ

Развивающееся машиностроение предъявляет все более повышенные требования к качеству отливок, подавляющая часть которых изготавливается в разовых песчаных формах. Одновременно ставится задача по снижению припусков на механическую обработку и максимальному приближению литых заготовок к деталиам по размерам, весу и чистоте поверхности.

Одним из основных недостатков отливок, изготавляемых в песчано-глинистых формах как самых распространенных в литьевом производстве, является пригар. Проблема получения отливок с чистой поверхностью постоянно находится во внимании советских и зарубежных исследователей. Существенный вклад в теорию вопроса внесли советские ученые П.Н.Берг, П.Н.Бидуля, Ю.П.Васин, К.И.Ващенко, А.А.Горшков, Б.Б.Гуляев, И.Б.Куманин, А.А.Рыжиков, П.В.Черногоров и др.

По вопросу устранения пригара на стальных и чугунных отливках выполнено большое количество исследований. Вместе с тем преимущественная часть из них проведена применительно к индивидуальному и мелкосерийному производству. Однако основная часть машиностроительного литья изготавливается в крупносерийном и массовом конвейерном производстве, при этом на поверхности отливок образуется трудноотделимый пригар.

Поэтому получение отливок с чистой поверхностью в сырых песчано-глинистых формах в условиях массового производства является важной проблемой.

ГЛАВА I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

На формирование пригара оказывают влияние многочисленные факторы, обуславливающие сложность протекающих процессов.

По существующим научным представлениям, в разработке которых большая роль принадлежит П.Н.Бергу, пригар имеет две фазы: механическую и химическую. Механическая фаза пригара является следствием проникновения металла в поры формы под действием сил капиллярного, металлостатического и газового давлений. Химичест-

кая фаза пригара связана с взаимодействием окислов металла и материи формы.

Научные представления о наличии механической и химической фаз пригара позволяют классифицировать многочисленные факторы по характеру их действия на две основные группы:

- 1) определяющие проникновение жидкого металла в поры формы;
- 2) оказывающие влияние на химические процессы между металлом и формой.

Процесс проникновения жидкого металла в поры песчаной формы является одной из главных причин образования пригара (*D.V. Atterton*, *Б.Б. Гуляев, В.П. Васин*).

Реакции, протекающие на границе металла-форма, вызывают химическую фазу пригара, образование которой объясняется двумя теориями: кристаллохимической и физико-химической.

Согласно кристаллохимической теории увеличение стекловидной фазы в затвердевающем силикате приводит к уменьшению пригара. Эта теория выдвинута в связи с концепцией, объясняющей возникновение сил связи пригарной корки с отливкой ориентированкой фаз.

Физико-химическая теория объясняет пригар возникновением сил связи между ионами на границе соприкосновения фаз. Действие добавок в формовочные смеси объясняется изменением сил связи между ионами. Указанные теории образования химической фазы пригара на отливках, дополняя друг друга, рассматривают влияние сложных физико-химических процессов на формирование сил связи пригарного вещества с отливкой.

Борьба с пригаром может вестись в двух принципиально различных направлениях: ослабление или усиление окислительных процессов на границе отливки с формой. Первое направление реализуется на практике двумя путями. 1) Введение в кварцево-песчаную смесь углеродистых материалов, увеличивающих содержание восстановительных газов в форме. Этот путь широко используется при изготовлении чугунных отливок. 2) Применение химически инертных, тугоплавких, высокотеплопроводных материалов (циркон, оливин, хромистый железняк и др.) при изготовлении стальных и чугунных отливок.

Второе направление - усиление окислительных процессов - основано на образовании корочки пригара, легко отделяющейся от поверхности отливки. Это направление, впервые высказанное

И.Б.Куманиным и Н.Т.Исаакиани, развито в работах К.И.Ващенко, С.П.Дороненко, Ю.П.Васина, В.А.Васильева и др. Перспективность этого направления борьбы с пригаром отмечена П.П.Бергом.

Необходимо отметить, что преимущественная часть исследований в указанном направлении борьбы с пригаром на стальных отливках выполнена применительно к жидкостекольным смесям.

Изучение причин образования пригара и разработка рациональных методов его устранения на стальных отливках изготавляемых в сырых песчано-глинистых и песчано-бентонитовых формах в условиях массового производства составляет содержание настоящей работы, в которой были поставлены следующие задачи:

- 1) изучение особенностей структуры и свойств уплотненных формовочных смесей;
- 2) исследование кинетических закономерностей и установление аналитической связи между основными технологическими факторами, обусловливающими процесс проникновения жидкого металла в поры формы;
- 3) изучение механизма проникновения металла в реальных условиях;
- 4) исследование влияния физико-химических процессов на границе металла с формой на образование пригара;
- 5) разработка новых противопригарных формовочных смесей для сырых песчано-глинистых и песчано-бентонитовых форм;
- 6) внедрение облицовочных смесей с окислительными добавками в массовое производство стальных отливок.

ГЛАВА II. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА УПЛОТНЕННЫХ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

На проникновение металла в поры формы и формирование пригара на поверхности отливок большое влияние оказывают состав, структура и свойства формовочных смесей.

Установление закономерностей их связи, позволяющих предопределять оптимальные условия получения качественного литья, осложняется структурной и размерной неоднородностью зерновой составляющей формовочных смесей. Применение упрощенных моделей позволило аналитическим путем определить некоторые особенности структу-

ри уплотненной формовочной смеси.

Установлено, что структурная ячейка (ромбовидр) модели фиктивной смеси является приближением к структурной ячейке реальной формовочной смеси.

Характерной особенностью литьевых форм как пористой среди является наличие четочных пор, отличающихся периодическим изменением их диаметра от максимума до минимума. Размеры пор в узком и широком проходах порового канала определены на модели фиктивной смеси.

Установлено, что их отношение к диаметру зерна фиктивной смеси определяется только характером укладки зерен. Определена зависимость минимального d_{min} и максимального d_{max} размеров пор от условного диаметра зерна D при различной пористости Π :

$$d_{min} = D \left(\sqrt{\frac{0.85}{1-\Pi}} - 1 \right)^{\frac{1}{2}},$$

$$d_{max} = D \sqrt{\frac{\Pi}{1-\Pi}}.$$

Экспериментально показано, что в формовочных смесях на основе песков КО315 и ТО1 в соотношениях 2:1, 1:1 и 1:2 происходит уменьшение размеров пор соответственно на 17, 25 и 33% при стандартном уплотнении. Замена крупного песка КО315 мелким ТО1 уменьшает диаметр пор более, чем в 2 раза, и с точки зрения уменьшения размеров пор является целесообразной.

Сложность определения движения жидкости в поровых каналах литьевой формы с учетом изменения размеров пор выывает необходимость проводить практические расчеты по среднему диаметру пор. Для определения значений среднего диаметра пор применен интегральный метод, основанный на расчете средней площади сечения сечения порового канала.

Для кубической укладки зерен песка средняя площадь сечения порового канала S_{cp} определяется из выражения:

$$S_{cp} = 0.235 (D + 0.043 D^{1.15})^2,$$

для гексагональной укладки зерен песка:

$$S_{cp} = 0.053 (D + 0.043 D^{1.15})^2.$$

Исследования показывают удовлетворительное совпадение значений среднего диаметра пор с эффективным, определенным экспериментально. Полученные данные по среднему диаметру пор формовочных смесей различного зернового состава позволяют проводить исследования процесса проникновения жидкого металла в поры литьей формы.

Образование "рыхлой" структуры уплотненной формовочной смеси, связанное с размерами и укладкой зерен песка, усиливает возможность проникновения жидкого металла в поры формы и увеличивает пригар на отливках. Уменьшить проникновение металла в поры формы возможно применением смесей с плотной и мелкопористой структурой, что практически достигается добавками мелкого песка к крупному или использованием мелкого песка.

Введено новое понятие - условие совместности, с помощью которого оценивается плотность укладки разнозернистых песков. В общем случае условие совместности имеет следующее выражение:

$$D^3 \left(\frac{\sin^2 \varphi \sqrt{1+2\cos \varphi}}{1+\cos \varphi} - \frac{\pi}{6} \right) > \frac{\pi}{6} (n_1 D_1^3 + n_2 D_2^3 + \dots + n_K D_K^3),$$

где D - условный диаметр зерна наполнителя,

D_1, D_2, \dots, D_K - условный диаметр зерна, внедренного в пространство между зернами наполнителя;

φ - угол укладки зерен песка;

n_1, n_2, \dots, n_K - количество внедренных зерен.

На примере формовочной смеси с добавками марганита выполнен поверочный расчет условия совместности.

Экспериментально определено, что из применяемых на практике соотношений песков Кичигинского КОЗ15 и Нижнеуельского ТОИ наиболее благоприятным обеспечивающим наиболее плотную укладку зерен при стандартном уплотнении, является соотношение 1:1.

Характер движения жидкости в литьевой форме является эпизагообразным, что связано с искривленностью поровых каналов, определяемой коэффициентом извилистости B .

Проведенные расчеты показывают, что коэффициент извилистости поровых каналов для фиктивных смесей не зависит от диаметра зерен песка и определяется только характером их укладки. При измене-

нении угла укладки зерен от 60° до 90° значения коэффициента извилистости уменьшаются от 1,9 до 1,5.

Экспериментально определено, что коэффициент B для реальных смесей зависит от зернового состава. С увеличением диаметра зерен от 0,10 до 0,42 мм происходит возрастание значений коэффициента извилистости от 1,58 до 1,74. Установлена эмпирическая зависимость коэффициента B от условного диаметра зерен D :

$$B = 1,75 D^{0,032} .$$

Результаты проведенных исследований применены при изучении процесса проникновения жидкого металла в поры формы.

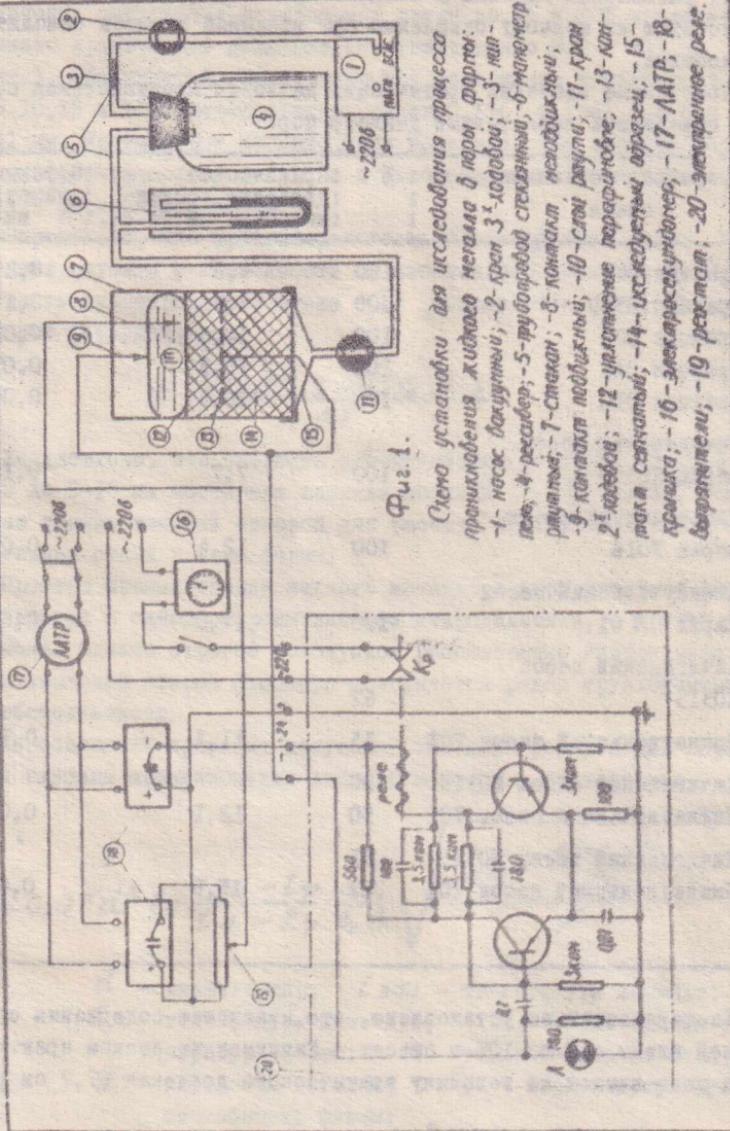
ГЛАВА II. ПРОНИКНОВЕНИЕ МЕТАЛЛА В ПОРЫ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Проникновение жидкого металла в поры формы – одна из основных причин образования пригара. На кинетику проникновения металла в поры формы оказывают влияние многочисленные факторы, обусловленные свойствами металла и формы. Большую роль играют тепловые процессы.

Исследования кинетических закономерностей процесса проникновения проводилось методом моделирования на ртути. С этой целью была создана установка (фиг. I), позволяющая определять эффективный диаметр пор, критическое давление, продолжительность и скорость проникновения ртути в поры формы.

Опыты проводились на смесях, содержащих оgneупорную глину в количестве от 5 до 20% и 5% воды. В качестве зерновой составляющей применялись глины Кичигинский КО315, Басыниловский КО16 и Нижнеуведельский ТО1, соотношения песков КО315 и ТО1 (2:1, 1:1, 1:2), а также отсеянные фракции песков.

Исследования показали, что с увеличением условного диаметра зерен песка уменьшается критическое давление проникновения, т.е. создаются благоприятные условия металлизации форм и стержней. Установлено, что критическое давление является линейной функцией значений условного диаметра зерен песка при изменении их в пределах от 0,10 до 0,42 мм. С указанной точки зрения изменяя круп-



Фиг. 1.

Схема установки для исследования процесса пропаривания жицово-мёдовой в порош фарма:

- 1 - насос вакуумный; -2 - кран 3^х ходовый; -3 - кран 2^х ходовый;
- 4 - ресивер; -5 - трубопровод стеклянный -жидкостный;
- 6 - насос; -7 - смесик; -8 - контакт манометрический;
- 9 - контакт подибахин; -10 - соленый реле; -11 - кран 2^х ходовый; -12 - устройство парообразование; -13 - кран соленый; -14 - исследователь образцы; -15 - краны; -16 - электроконтактный; -17 - ЛАТР; -18 - вакуумметр; -19 - реостат; -20 - электрореле.

кого песка мелкозернистым, повышая критическое давление, способствует уменьшению глубины и толщины прожилок металла и благоприятствует их полному окислению при введении в смесь окислительных добавок.

Полученные значения критических давлений проникновения позволяют определить эффективный диаметр пор:

| №: | Зернивая составляющая | : | % | Критическое давление проникновения, см рт.ст. | : | Эффективный диаметр пор, ми |
|------|-------------------------------|---|-----|---|---|-----------------------------|
| нр.: | смеси | : | | | | |
| I. | Фракция 042 | | 100 | 4,8 | | 0,250 |
| 2. | Фракция 0315 | | 100 | 6,9 | | 0,174 |
| 3. | Фракция 020 | | 100 | 14,6 | | 0,082 |
| 4. | Фракция 016 | | 100 | 15,9 | | 0,075 |
| 5. | Фракция 010 | | 100 | 20,8 | | 0,058 |
| 6. | Кичигинский песок марки К0315 | | 100 | 7,7 | | 0,136 |
| 7. | Басыяновский песок марки К016 | | 100 | 12,4 | | 0,096 |
| 8. | Нижнеуэльский песок марки ТОI | | 100 | 17,8 | | 0,068 |
| 9. | Кичигинский песок К0315 | | 67 | | | |
| | Нижнеуэльский песок ТОI | | 33 | 11,3 | | 0,106 |
| 10. | Кичигинский песок К0315 | | 50 | | | |
| | Нижнеуэльский песок ТОI | | 50 | 12,1 | | 0,099 |
| II. | Кичигинский песок К0315 | | 33 | | | |
| | Нижнеуэльский песок ТОI | | 67 | 15,5 | | 0,077 |

Экспериментально установлено, что изменение содержания огнеупорной глины с 5 до 10% в смесях с Кичигинским песком практически мало влияет на величину критического давления (7,7 см рт.ст.).

Увеличение содержания огнеупорной глины до 15 и 20% несколько повышает критическое давление (соответственно 8,2 и 8,5 см рт.ст.). Эффективный диаметр пор при содержании огнеупорной глины 5,10,15 и 20% соответственно равен 0,156; 0,156; 0,146 и 0,141 мм. Проведенные исследования показали, что размеры пор и величина критического давления в основном зависят от зернового состава формовочной смеси.

Определено, что продолжительность проникновения ртути τ на заданную глубину в зависимости от избыточного давления ΔP и условного диаметра зерен песка D описывается следующей эмпирической формулой:

$$\tau = \frac{12.2(1 - 1.35 D)}{\Delta P}$$

Установлено, что скорость проникновения ртути на глубине формы до 5-10 мм достигает величин порядка $10-10^2$ мм/сек. Полученные данные явились основой для расчета продолжительности проникновения стали в поры формы.

Процесс проникновения жидкого металла в поры литейной формы подчиняется с одной стороны законам гидродинамики, с другой теплобмена. Однако строгое совокупное рассмотрение гидродинамической и тепловой сторон процесса осложняется рядом трудноучитываемых обстоятельств.

На основании принятых допущений выведена формула для определения глубины проникновения жидкого металла в поры формы:

$$l = 0,07 d^2 \ln \frac{t_{\text{зал.}} - t_{\varphi} \cdot c_{\text{ср}}}{t_{\text{л.}} - t_{\varphi} \cdot b_2 B} \sqrt{\frac{H \sigma + \frac{4B \cos \theta}{d g} - p_r}{\mu}},$$

где

d - диаметр пор; $t_{\text{зал.}}$ - температура заливки;
 t_{φ} - температура ликвидус; t_{φ} - начальная температура формы; $c_{\text{ср}}$ - теплоемкость металла;
 σ - плотность металла; b_2 - теплоаккумулирующая способность формы;
 B - коэффициент извилистости; μ - вязкость металла; H - высота столба металла;

σ' - поверхностное натяжение металла;

θ - краевой угол смачивания;

g - ускорение силы тяжести;

P_g - газовое давление.

Указанная формула дает возможность количественно оценивать первую стадию пригараобразования. Замеры глубины прожилок металла на реальных отливках показали удовлетворительное совпадение с расчетными данными.

На основании выполненных исследований механизм проникновения жидкого металла в поры формы представляется следующим образом.

В процессе заливки металла неизбежно окисляется. Окисление происходит по свободной поверхности жидкой стали при поступлении ее в полость формы.

Обычно в первый момент капиллярные силы противодействуют проникновению металла в поры формы. Вместе с тем, в процессе заливки продолжается дополнительное окисление жидкого металла за счет газовой фазы, образующейся в полости формы.

Увеличение окислительности поверхности жидкого металла уменьшает величину критического давления и способствует проникновению металла. Одновременно при заливке происходит увеличение металлостатического давления.

Жидкий металл с повышенным содержанием кислорода в поверхностных слоях под действием сил капиллярного и металлостатического давлений с достаточно высокой скоростью (> 10 мм/сек) проникает в поры формы. Глубина проникновения определяется способностью струек металла сохранять жидкотекучесть, толщиной стенки отливки, размерами и конфигурацией поровых каналов.

ГЛАВА IV. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СТАЛИ С МАТЕРИАЛОМ ФОРМЫ

Формирование пригара на поверхности отливок связано с взаимодействием металла и его окислов и материала формы.

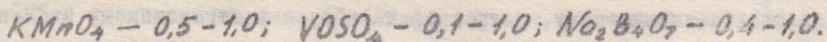
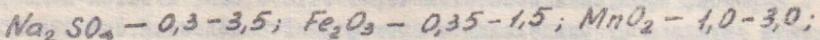
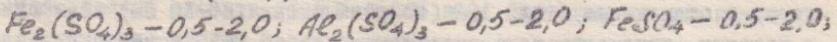
Исследования, проведенные методом раскопок показали, что песчано-глинистая форма под действием тепла залитой стали подвергается глубоким физико-химическим изменениям с образованием шести характерных зон, отличающихся химическим составом, цветом и другими свойствами. Первая зона формовочной смеси, соприкасающей-

ясь с отливкой, обогащена окислами железа и обладает сравнительно высокими механическими свойствами. Использование термического анализа формовочных смесей и их отдельных компонентов позволило определить качественные изменения, происходящие в форме при высоких температурах.

Металлографическим, химическим и спектральным анализами установлено, что поверхность стальных отливок, изготавляемых в смесях с добавками как мазута, так и окислителей, подвергается обезуглероживанию и окислению. Найдено, что зависимость глубины обезуглероживания от толщины стенки отливки для смесей различного состава имеет линейный характер.

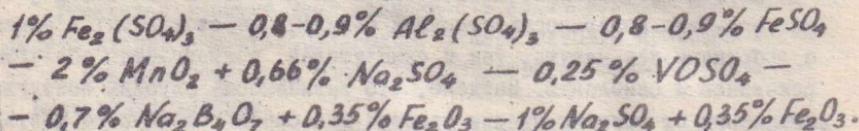
Исследован состав газовой фазы песчано-глинистой формы с различными добавками и без них. Определено влияние газовой фазы на чистоту поверхности отливок. При введении в формовочную смесь окислительных добавок содержание свободного кислорода в газовой фазе сохраняется более длительное время, что способствует полному окислению проникших прожилок металла и обеспечивает образование легкоотделимого пригара. Введение в формовочную смесь углеродистых материалов в обычных условиях изменяет содержание восстановительных газов, но не меняет окислительный характер газовой атмосферы в целом. Термодинамически обоснованы закономерности изменения состава газов.

Проведенные исследования показывают, что увеличение окислительной способности формовочных смесей способствует образованию легкоотделимого пригара. Опытные смеси готовились на основе песков Басыновского КО16, Кичгинского КО315 и Нижнеуваильского ТО1. В качестве связующего использовались Бикланский и Органлинский бентониты, каолин и оgneупорная глина. В формовочную смесь вводились окислители (вес.%):



Опыты проводились с использованием в качестве противопригарных добавок к облицовочной смеси одного или нескольких веществ, которые вводились в виде тонкоизмельченного порошка или водного раст-

вора. Количество добавок определялось по эвтектическим составам соответствующих силикатных систем из диаграмм состояния. По результатам исследований окислительные добавки, способствующие образованию легкоотделимого пригара, можно расположить в ряд по их возрастающему противопригарному действию:



Стабильно хорошие результаты были получены на смеси, содержащей 1% Na_2SO_4 и 0,35% Fe_2O_3 . По специальной методике исследована кинетика окисления стали в формовочных смесях. Определена окислительная способность формовочных смесей различного состава. В частности, установлено, что окислительная способность формовочной смеси с добавками 0,7% Na_2SO_4 и 0,4% гематитовой руды в пять раз выше, чем в той же смеси без добавок при температуре 1350°C. Это указывает на возможность создания условия полного окисления проникших прожилок металла, что подтверждено на реальных отливках.

Под действием тепла залитого металла в поверхностных слоях формы образуются жидкие силикаты, в которых растворяются окислы железа. В работе выполнен термодинамический расчет изменений изобарно-изотермического потенциала некоторых реакций силикатообразований в песчано-глинистой форме с окислительными добавками.

Железистые силикаты цементируют пригарную корку и играют важную роль в формировании сил связи её с отливкой. Пробу пригарной корки с отливки из стали 35Л (толщина стенки 20–30 мм) истирали в порошок, пропуская полностью через сито 0,063, и затем подвергали двукратному разделению в бромоформе. Выделенный силикат подвергался химическому, петрографическому и рентгеновскому анализам, а также определялись его поверхностное натяжение, плотность и вязкость при различных температурах. Пригарное вещество (силикат) из корок, образовавшихся на поверхности стальных отливок в смесях с окислительными добавками 0,7% Na_2SO_4 и 0,4% гематитовой руды, имеет следующий химический состав: $SiO_2 = 43\%$; $FeO = 44,02\%$;

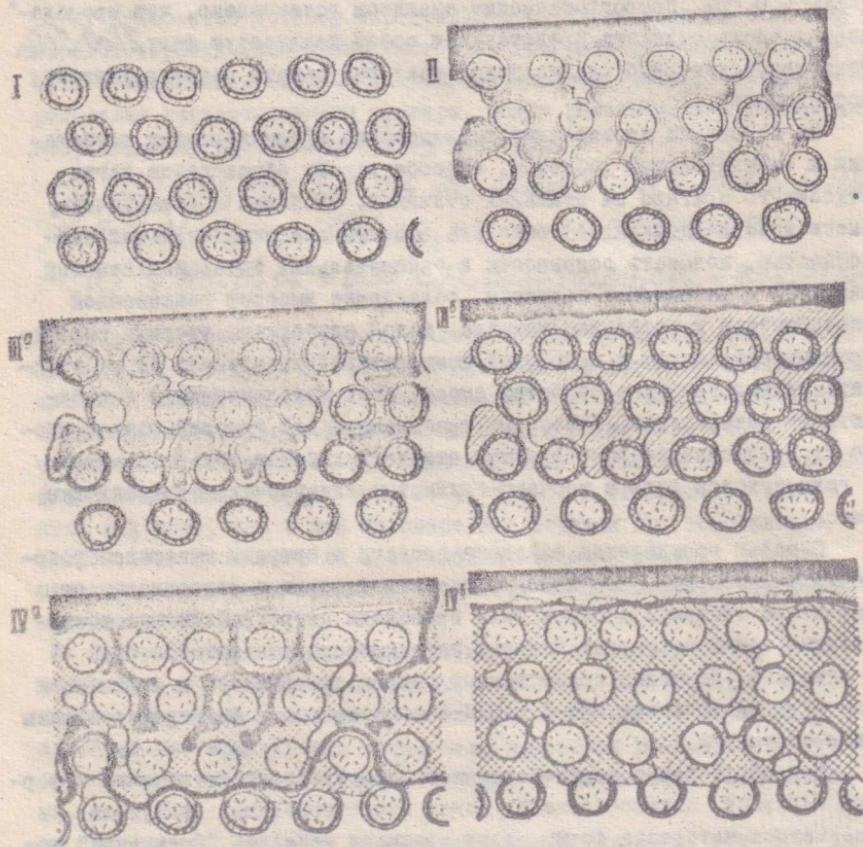
$Fe_2O_3 = 5,3\%$; $Na_2O = 0,81\%$; $Al_2O_3 = 6,26\%$; $CaO = 0,33\%$;
 $MgO = 0,08\%$.Петрографическим анализом установлено, что преобла-
даящая часть силиката представляет собой фаяллитовую фазу $2FeO \cdot SiO_2$.
Рентгеноструктурный анализ подтвердил результаты петрографических
исследований.

На основании проведенных исследований сформулированы требова-
ния к окислительным добавкам, способствующим образование легко-
отделимого пригара на стальных отливках. Вводимые в формовочную
смесь добавки должны: 1) обладать достаточной окислительной спо-
собностью, повышать основность и окислительный потенциал газовой
фазы; 2) образовывать силикаты, обладающие высокой реакционной
способностью к прожилкам металла, малой вязкостью, высоким поверх-
ностным напряжением и невысокой температурой плавления; 3) не ухуд-
шать технологические свойства смеси, быть нетоксичными и недиф-
фузивными материалами. Указанным требованиям для условий конвейерно-
го производства стального литья отвечает добавка сульфата натрия
и гетинатитовой руды в песчано-глинистую или песчано-бентонитовую
смеси.

С целью определения фазового состава и природы минералообразо-
ваний в пригарном слое песчано-глинистой формы в зависимости от
характера вводимых добавок были проведены петрографические иссле-
дования самих пригарных корок и пограничного контактного слоя её
с отливкой. Изучение полированых шлифов проводилось в отраженном
свете на микроскопах МИМ-7 и МБН-6 с последующим фотографированием
микроструктуры.

При образовании трудноотделимого пригара контакт металла с фор-
мой неровный, заливообразный. Между многочисленными выступами
спекшегося материала формы видны прожилки металла. "Сцепление" ме-
талла с пригарной коркой прочное. В пограничной зоне обнаруживает-
ся тонкий слой вистита ($0,001-0,003$ мм). Пригарная корка предста-
вляет сцепленный железистым силикатом слой кварцевых зерен,
толщиной 1-1,5 мм. Основными составляющими силиката являются фаяллит
40-50% и стекловидная фаза 50-60%, остальных включений не более 1%.

При легкоотделимом пригара контакт металла с формой сравнитель-
но ровный. Толщина пригарной корки 2-2,5 мм и более. В образующем-
ся силикате наблюдается следующее содержание фаз: фаялита - 65-80%,
стекла - 20-35%, магнетита 1-2%, остальных включений не более 1%.



Условные обозначения:

Зерна песка

Силикагел

Глина

Сталь

Поры

Оксиды кислорода

Магнетит

Фиг. 2.

На поверхности отливок обнаруживается слой вистита толщиной до 0,3 мм. Вистит образует крупные агрегатные зерна. Структурным травлением обнаружено, что между зернами вистита находятся включения магнетита. Магнетит образуется также на поверхности пор и по микротрецинам в виститном слое, при этом нередко совместно с магнетитом обнаруживается и гематит.

Результатами исследований подтверждено, что взаимодействие стали с песчано-глинистой формой происходит стадийно: 1) проникновение жидкого металла в поры формы; 2) окисление поверхности отливки и проникших прожилок металла; 3) силикатообразование; 4) образование на поверхности отливки нулевой зоны, преимущественно состоящей из окислов железа.

На основании описанного механизма взаимодействия стали с песчано-глинистой формой процесс образования легкого и трудно-отделимого пригара представляется следующим образом.

В процессе заливки металла неизбежно окисляется, что вызывает увеличение смачиваемости им формы и снижение критического давления. Одновременно при заливке происходит увеличение металlostатического напора. Жидкий металл с повышенным содержанием кислорода в поверхностных слоях проникает в поры формы под действием сил капиллярного и металlostатического давлений (фиг.2-П). Прожилки проникшего металла подвергаются дальнейшему окислению. При этом могут возникнуть два случая.

Первый случай отвечает условию неполного окисления прожилок металла (фиг.2-Ша). Образующиеся окислы железа растворяются в силикате, который прочно связывает металлические прожилки и зерна песка. Вследствие малого содержания окислов железа силикат при затвердевании образует преимущественно стекловидную фазу. Указанный конгломерат прочно удерживается на поверхности отливок. Прягарная корка остается на поверхности отливки, и отделение происходит по слою самой смеси (фиг.2-ІУа).

Второй случай (фиг.2-Шб) отвечает условию полного окисления прожилок металла. Образующиеся окислы железа частично растворяются в силикате, частично - накапливаются на границе отливки и прягарной корки. Благодаря повышенному содержанию окислов железа силикат при затвердевании преимущественно образует кристаллическую фазу. В межзерновом пространстве, по микротрецинам и поверхности

пор вистит превращается в магнетит. Указанное превращение происходит с увеличением объема и вызывает рост напряжений, дающих микротреции в контактном слое. Этому способствует наличие в железистом силикate разнородных структур с преобладающим количеством кристаллических фаз. Благодаря развивающимся усадочным процессам, возникшие микротреции раскрываются, что приводит к легкому отделению пригарной корки от отливки (фиг. 2-1Уб).

Проведенные исследования показали, что образование пригара на стальных отливках связано с протеканием сложных физико-химических и тепловых процессов на границе металла с формой. Введение в формовочную смесь окислительных добавок изменяет интенсивность и направление указанных процессов, предопределяющих возможность получения отливок с чистой поверхностью.

ГЛАВА У. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ВНЕДРЕНИЕ НОВОЙ ОБЛИЦОВОЧНОЙ СМЕСИ С ОКИСЛИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ В МАССОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК

Многолетний опыт применения углеродистых материалов при изготавлении стальных отливок показывает недостаточную эффективность их противопригарного действия. Одновременно значительно ухудшаются санитарно-гигиенические условия в литейных цехах.

Выполненные исследования показали, что при введении в формовочную смесь окислительных добавок разработанного состава происходит устранение проникших прожилок металла, благоприятствующее получение отливок с чистой поверхностью.

Предварительные производственные испытания облицовочных смесей проводились на Челябинском механическом заводе на отливках из стали 20Л, весом 30 кг, с толщиной стенки 20-35 мм. Сталь заливалась из стопорного ковша при температуре 1460° - 1500° по ЦИРОЛТО (без поправок). Облицовочные смеси готовились на основе Кичигинского КО315, Басыновского КО16 и Нижнеуфельского ТО1 песков с применением в качестве связующих Огланлинского и Биклянского бентонитов, каолина и оgneупорной глины. Было опробовано свыше 100 облицовочных смесей с окислительными добавками $Fe_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, Na_2SO_4 , Fe_2O_3 , MnO_2 и др. Производствен-

ные испытания подтвердили, что наиболее стабильные результаты по чистоте поверхности стальных отливок обеспечивают формовочные смеси с добавками 1% Na_2SO_4 и 0,35% Fe_2O_3 . Облицовочная смесь разработанного состава была рекомендована для опробования на Челябинском тракторном заводе в условиях массового производств стальных отливок в сырых песчано-глинистых формах.

Опыты на отдельных отливках из стали 20-35Л, с толщиной стенки 10-40 мм, а затем длительные опытно-промышленные испытания показали, что новая облицовочная смесь с окислительными добавками технического сульфата натрия и гематитовой руды Криворожского месторождения обеспечивает значительное улучшение чистоты поверхности отливок, уменьшение трудозатрат на очистку и обрубку литья, а устранение мазута улучшает санитарно-гигиенические условия труда.

Одновременно разработанная облицовочная смесь показала положительные результаты при опробовании отливок, изготавляемых в сырых песчано-бентонитовых формах, на Уральском автомобильном заводе.

Дальнейшая работа в условиях сталелитейного цеха Челябинского тракторного завода по внедрению новой облицовочной смеси подтвердила ранее полученные результаты. Был окончательно отработан и внедрен в производство следующий состав облицовочной смеси (вес %):

1. Кичигинский песок К0315 - 100
(или соотношение песков К0315 и ТО1, равное 2:1 или 1:1)
2. Отгнеупорная глина - 16 - 18
3. Сульфат натрия ГОСТ 1363-47 (в растворе) - 0,5-0,7
4. Гематитовая руда ТУ АК-477 - 0,4-0,5.

Предварительные расчеты показывают, что годовая экономия от внедрения смесей с добавками сульфата натрия и гематитовой руды в цехах Челябинского тракторного завода имени В.И.Ленина орнентировочно составляет более 30000 рублей.

Проведенные исследования, а также внедрение новой облицовочной смеси в массовое производство, показали перспективность борьбы с пригаром на стальных отливках, изготавляемых в песчано-глинистых и песчано-бентонитовых формах, путем усиления окислительных процессов на границе раздела металла с формой. Формовочные смеси с окислительными добавками рекомендуются для широкого применения в сталелитейных цехах массового производства.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Исследованы некоторые особенности структуры уплотненных формовочных смесей. Предложены формулы для определения пористости и угла укладки зерен песка в зависимости от зернового состава. Разработана методика расчета оптимальных соотношений песков с позиций соблюдения условия совместимости.

Определены размеры четочных пор и установлена их зависимость от условного диаметра зерен песка при различной пористости формовочных смесей. Применен интегральный метод определения среднего диаметра порового канала. Экспериментально определены значения коэффициента извилестости пор в формовочных смесях различного зернового состава.

2. На сконструированной установке исследована кинетика проникновения жидкого металла в поры формы методом моделирования на ртути. Найдена количественная связь давления проникновения с условным диаметром зерен песка. Установлена зависимость продолжительности проникновения от избыточного давления и зернового состава формовочных смесей. Экспериментально определена средняя скорость движения металла в порах формы.

3. Аналитическим путем рассмотрено совокупное влияние гидродинамических и тепловых факторов на глубину проникновения жидкого металла в поры формы. Установлена функциональная связь глубины проникновения с размерами пор и их извилестостью, температурой заливки и вязкостью металла, теплофизическими параметрами формы и металла, металlostатическим, капиллярным и газовым давлениями. Расчетные значения глубины проникновения металла согласуются с данными по замеру прожилок на реальных отливках. Выведенная формула дает возможность количественно оценивать первую стадию пригараобразования.

4. Исследованы поверхность стальных отливок и образующиеся после заливки металла характерные зоны в форме с различными добавками.

Установлено, что поверхность стальных отливок при использовании формовочных смесей, как с углеродистыми, так и окислительными добавками, подвергается обезуглероживанию и окислению.

В обычных условиях введение в смеси углеродистых материалов изменяет содержание восстановительных газов, но не меняет окисли-

тельный характер газовой атмосферы в целом.

Изучена кинетика окисления стали в различных формовочных смесях. Подтверждено, что с введением в смеси окислительных добавок интенсифицируются процессы окисления и могут быть созданы условия полного устранения проникшего в поры металла. Разработана методика определения количества окислительных добавок, необходимого для окисления прожилок металла.

5. Определены условия образования жидкого силиката на границе металла с формой. Исследованы химический и фазовый составы силиката, образующегося в реальных условиях, а также его физические свойства. Петро- и рентгенографическими методами определены минералогические составы пригарных корок и нулевой зоны. Сформулированы основные требования к окислительным добавкам в формовочные смеси с целью получения железистого силиката требуемых свойств.

6. Подтверждена стадийность процесса взаимодействия стали с песчано-глинистой формой. Установлены факторы, способствующие легкому отделению пригарной корки от отливки при условии полного окисления прожилок проникшего металла. Анализ отдельных стадий процесса образования пригара позволил обосновать рациональный путь борьбы с ним на стальных отливках, изготавливаемых в сырьих песчано-глинистых и песчано-бентонитовых формах в условиях массового производства.

7. Формовочные смеси с окислительными добавками сульфита натрия и гематитовой руды прошли широкую производственную проверку на Уральском автомобильном, Челябинских механическом и тракторном заводах. Производственная практика показала, что в условиях крупносерийного и массового производства машиностроительного стального литья в сырьих песчано-глинистых и песчано-бентонитовых формах с применением смесей разработанного состава достигается значительное улучшение чистоты поверхности, снижаются трудозатраты на очистку и обрубку отливок, улучшаются санитарно-гигиенические условия труда.

8. Облицовочные смеси с окислительными добавками внедрены в литейных цехах Челябинского тракторного завода им. В. И. Ленина.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО
В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ :

1. Иткис З.Я., Васин Ю.П. Некоторые особенности структуры уплотненных формовочных смесей, В сб."Доклады конференции научных работников, посвященной 50-летию Советской власти", Челябинск, 1967.
2. Васин Ю.П., Расулов А.Я., Иткис З.Я. Формовочные материалы как фактор устранения пригара на стальных отливках, Тезисы докладов ХХII Всесоюзной научно-технической конференции "Повышение производительности труда в литейном производстве", Свердловск, 1967.
3. Васин Ю.П., Александров В.М., Иткис З.Я. О некоторых особенностях образования пригара на чугунных отливках, В сб. "Новое в технологии литейного производства", Пермь, 1968.
4. Васин Ю.П., Цайзер Г.Г., Дурандин В.Ф., Иткис З.Я., Александров В.М. Борьба с пригаром на стальных отливках в условиях конвейерного производства, В сб."Новое в технологии литейного производства", Пермь, 1968.
5. Васин Ю.П., Иткис З.Я., Семенченко И.Б., Дурандин В.Ф. Повышение противопригарных свойств песчано-бентонитовых смесей. Тезисы докладов ХХIII Всесоюзной научно-технической конференции литейного производства "Прогрессивная технология процессов формирования литьих деталей", Ленинград, 1968.
6. Васин Ю.П., Иткис З.Я. Исследование процесса проникновения металла в поры формы, Труды Всесоюзной межвузовской научной конференции "Прогрессивные методы изготовления литейных форм", Челябинск, 1968.
7. Иткис З.Я., Васин Ю.П. Аналитическое решение задачи проникновения жидкого металла в поры формы, Труды Всесоюзной межвузовской научной конференции "Прогрессивные методы изготовления литейных форм", Челябинск, 1968.
8. Иткис З.Я., Васин Ю.П. Беспригарная облицовочная смесь для производства стальных отливок, УДК 621.744.37.079, ГОСИТИ, М., 1968.

9. Васин Ю.П., Иткис З.Я., Александров В.М. Новый взгляд на роль формовочных песков в смесях с окислительными добавками, Производственно-технический бюллетень, № II, М., 1968.

10. Васин Ю.П., Цайзер Г.Г., Дурандин В.Ф., Иткис З.Я., Наливайченко А.Т. Облицовочная смесь для конвейерного стального литья, Литейное производство, № 4, 1969.

МАТЕРИАЛЫ ДИССЕРТАЦИИ ДОКЛАДЫВАЛИСЬ :

1. На XIX, XX, XXI и XXII научно-технических конференциях по итогам научно-исследовательских работ Челябинского политехнического института, Челябинск, 1966, 1967, 1968, 1969.

2. На XXII Всесоюзной научно-технической конференции "Повышение производительности труда в литейном производстве", Свердловск, 1967.

3. На межвузовской научной конференции по новым высокопроизводительным и точным технологическим процессам в машиностроении и приборостроении, Москва, сентябрь 1967.

4. На конференции ученых Челябинской области, посвященной 50-летию Советской власти, Челябинск, октябрь 1967.

5. На совещании "Современные формовочные и стержневые материалы", Москва, март 1968.

6. На научно-технической конференции "Новое в технологии литьяного производства", Пермь, апрель 1968.

7. На областной конференции "Прогрессивные методы и процессы в литейном производстве", Волгоград, май 1968.

8. На XXIII Всесоюзной конференции литейщиков "Прогрессивная технология процессов формообразования литых деталей", Ленинград, май 1968.

9. На Всесоюзной межвузовской научной конференции "Прогрессивные методы изготовления литейных форм", Челябинск, май 1968.

№02541 -14/д-69г. формат бумаги 60x90/16 Объем 1,5 л.л.
Отпечатано на ротапринте ЧПИ, Тираж 120 Заказ № 238