

621.74
к 40
✓
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Инженер КИМ Г.П.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО
ПРИГАРА НА ОТЛИВКАХ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ.
ПОЛУЧАЕМЫХ В ЖИДКОСТЕКОЛЬНЫХ ФОРМАХ

(специальность № 323 "Литейное
производство ")

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Челябинск - 1968г.

ЧПИ

621.74

Уважаемый товарищ !

Челябинский политехнический институт направляет Вам для ознакомления автореферат диссертации Кима Г.П.

Просим Вас и сотрудников Вашего учреждения, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Совета металлургического факультета по присуждению ученых степеней или прислать отзыв на автореферат в 2-х экземплярах.

Работа выполнена на кафедре литейного производства Челябинского политехнического института.

Научный руководитель профессор П.В.Черногоров.
Научный консультант кандидат технических наук,
доцент А.П.Никифоров

Официальные оппоненты:

1. Доктор технических наук, профессор
Г.М.Дубицкий.
2. Кандидат технических наук
В.Р.Балинский.

Ведущее предприятие - Челябинский тракторный завод.

Автореферат разослан "26" марта 1968г.

Защита состоится "8" мая 1968г.
на заседании Совета по присуждению ученых степеней при металлургическом факультете Челябинского политехнического института.

Адрес института: Челябинск 44, проспект им.В.И.Ленина, ЧПИ, Совет по присуждению ученых степеней при металлургическом факультете.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета
к.т.н. доцент В.Н.Гончар

Ю.И.Иванов



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Инженер КИМ Г.П.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО
ПРИГАРА НА ОТЛИВКАХ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ,
ПОЛУЧАЕМЫХ В ЖИДКОСТЕКЛЬНЫХ ФОРМАХ

(специальность № 323 "Литейное
производство ")

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук



Челябинск - 1956г.

Уважаемый товарищ !

Челябинский политехнический институт направляет Вам для ознакомления автореферат диссертации Кима Г.П.

Просим Вас и сотрудников Вашего учреждения, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Совета металлургического факультета по присуждению ученых степеней или прислать отзыв на автореферат в 2-х экземплярах.

Работа выполнена на кафедре литейного производства Челябинского политехнического института.

Научный руководитель профессор П.В.Черногоров.
Научный консультант кандидат технических наук,
доцент А.П.Никифоров.

Официальные оппоненты:

1. Доктор технических наук, профессор
Г.М.Дубицкий.
2. Кандидат технических наук
В.Р.Балинский.

Ведущее предприятие - Челябинский тракторный завод.

Автореферат разослан " " _____ 1968г.

Защита состоится " " _____ 1968г.

на заседании Совета по присуждению ученых степеней при металлургическом факультете Челябинского политехнического института.

Адрес института: Челябинск 44, проспект им.В.И.Ленина ЧПИ, Совет по присуждению ученых степеней при металлургическом факультете.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета
к.т.н. доцент В.Н.Гончар

В В Е Д Е Н И Е

За последние 15-20 лет в практике литейного производства получил широкое распространение способ изготовления отливок с применением формовочных смесей с жидким стеклом. Применение этих смесей по сравнению, например, с песчаноглинистыми, имеет целый ряд преимуществ. К ним следует отнести: возможность быстрого получения прочных и точных по размерам форм и стержней, не требующих сушки, уменьшение веса отливок, снижение припусков на механическую обработку, уменьшение трудоемкости изготовления литья, устранение или резкое снижение брака, улучшение санитарно-гигиенических условий труда в цехах. Учитывая несомненную перспективность жидкостекольных смесей, планом развития народного хозяйства предусмотрено дальнейшее увеличение производства литья с применением отмеченных смесей.

Обладея перечисленными выше преимуществами, жидкостекольные смеси в целом ряде случаев не устраняют пригар на стальном литье, на очистку от которого затрачивается до 30% от общей трудоемкости изготовления отливок. В большой степени появление этого дефекта поверхности литья обусловлено взаимодействием окислов металла отливки с материалами формы с образованием так называемого химического пригара. Последний в условиях производства отливок в жидкостекольных формах, не испытывающих при литье большого металлостатического давления (более 300 - 400 мм), является преобладающим дефектом поверхности отливок из углеродистой стали. Ликвидация его позволила бы значительно снизить себестоимость и увеличить точность отливок, сократить расход режущего инструмента, улучшить условия работы в цехах.

Таким образом, вопрос устранения пригара на стальном литье, получаемом с помощью жидкостекольных смесей, является актуальным.

Относительно условий образования и путей уменьшения химического пригара в настоящее время имеется много весьма проти-

воречивых мнений. Поэтому, наряду с очевидным практическим значением рассматриваемого вопроса, выяснение механизма образования химического пригара и исследование факторов, влияющих на этот механизм, представляет большой теоретический интерес.

Глава I

В первой главе, на основании обзора отечественных и зарубежных литературных материалов, изложено состояние вопроса по теории и практике устранения пригара на отливках из углеродистой стали.

Исследованиям процессов пригарообразования уделялось много внимания в работах советских и зарубежных ученых: П.Д. Берга, А.А. Рыжикова, Б.Б. Гуляева, Ф.Д. Оболенцева, И.В. Куманина, К.И. Ващенко, С.И. Попеля, И.В. Валисовского, П.А. Борсука, В.А. Денисова, С.П. Дорошенко, Б.В. Царевского, В.А. Васильева, Ю.П. Васина, Б.И. Мархасева, K.Fursund, P.Asanti и др.

Проведенные исследования позволили добиться очевидных успехов как по выяснению механизма образования пригара, так и по разработке способов его устранения.

Однако отдельные положения пригарообразования не выяснены в полной мере и являются спорными. Например, неясны причины наличия или отсутствия пригара на отливках из углеродистой стали при применении различных по составу жидкостекольных смесей и противопригарных покрытий, при изготовлении различных по толщине стенок отливок и т.д.

Имеются противоречивые мнения относительно влияния на пригар характера атмосферы в жидкостекольной форме, а также ряда добавок в смесях таких, например, как окислы железа, марганца, органические коксообразующие материалы, углерод и др.

Относительно механизма образования пригара, в том числе и химического, имеются также различные суждения. Ряд исследователей различие в пригаре при применении разных смесей объясняют различной смачиваемостью их металлом отливки;

дующей выдержкой. Аналогичные исследования были проведены с составами на основе циркона, корунда и т.д. (табл. 2), обычно применяемыми для окраски жидкостекольных форм и стержней с целью устранения пригара.

Спыты были проведены в окислительной, слабоокислительной и восстановительной атмосферах, для чего в полость печи подавался воздух, технический азот и пропан-бутан. Во время температурной выдержки за границей "металл-форма" постоянно велось наблюдение через микроскоп.

Проведенные исследования позволили установить следующее. По достижении заданной температуры на стальном образце в атмосфере воздуха образуется большое количество жидких окислов железа, которые сразу же вступают во взаимодействие с формовочными материалами (табл. 1), образуя железистые шлаки. Выделяющиеся при нагреве жидкого стекла и окислении стали газы, проходят через слой жидких окислов железа и силикатов, перемешивают их, ускоряя образование железистых шлаков.

Образовавшиеся шлаки продвигаются вглубь формовочной смеси по поверхности кварцевых зерен, растворяя их при деформации. Спустя некоторое время (35-40 сек), в результате впитывания шлаков в формовочную смесь, между стальным стержнем и формой образуется хорошо видимый воздушный зазор, после чего связь металлического образца с песчаным происходит уже не по всей поверхности их соприкосновения, а в отдельных местах с помощью "мостиков" из оставшегося в контакте силиката железа. При дальнейшей выдержке (до 1,5 мин) образец формовочной смеси полностью проницается железистыми силикатами, ширина образовавшегося зазора не меняется, на поверхности стального образца не образуется заметное количество окислов железа. Последнее, судя по литературным данным, связано с задитными свойствами силикатных шлаков на поверхности стали. Установлено, что до тех пор, пока между металлом и песчаным образцом не возникнет упомянутый зазор, отделить от стального стержня пригоревшую смесь трудно. Напротив, как только зазор образовался, пригар отделяется легко. Таким образом, связующим звеном между металлом и смесью служат железистые силикаты, причем прочность этой связи зависит от площади

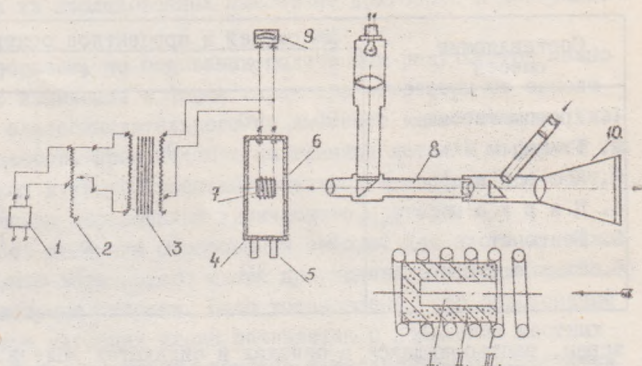


Рис. I. Установка для исследования пригара.

I—стабилизатор напряжения, 2—автотрансформатор, 3—трансформатор, 4—корпус печи, 5—патрубок, 6—кварцевое стекло, 7—образец смеси, 8—микроскоп, 9—вольтметр, 10—фотонасадка. I—стальной образец, II—образец формовочной смеси, III—нагреватель.

Таблица I
Формовочные смеси

Составляющие смесей	№ смесей и процентное содержание				
	I	2	3	4	5
1. Песок <i>1 К В 1 А</i>	95	90	85	80	80
2. Жидкое стекло, <i>М-26</i>	5	10	15	20	10
3. Глина огнеупорная					10

соприкосновения стального и песчаного образцов.

Замерами установлено, что ширина зазора слагается из толщины слоя стали, подвергшейся окислению, и толщины слоя кварцевых

Таблица 2

Составы смесей

Составляющие смесей	№ смеси и процентное содержание					
	1	2	3	4	5	6
1. Хромомагнетит	95	90				
2. Глинозем			95			
3. Корунд				95		
4. Циркон					90	90
5. Бентонит	5		5	5	10	
6. Жидкое стекло		10				10

зерен, растворившихся в окислах и силикатах железа. При применении смесей таблицы № 1 ширина зазора была в пределах 80-120 микрон.

Взаимодействие стали с образцами, изготовленными из смесей на основе специальных материалов (табл. № 2), имеет ряд особенностей. Например, окисление стали, образование шлака и миграция его происходят в первые секунды температурной выдержки (до 10 сек). Далее рассмотренные выше процессы либо приостанавливаются, либо протекают очень медленно. При этом, при выдержке до 5 мин. все смеси табл. 2 прочно приваривались к поверхности стали, т.е. имел место химический пригар.

Объяснением наблюдаемым особенностям может служить следующее: образующиеся в первый момент железистые шлаки, продвигаясь вглубь смеси, меняют свой первоначальный состав. Растворяющиеся в пленке шлака окислы Al_2O_3 , MgO , Cr_2O_3 увеличивают его вязкость и температуру плавления до таких значений, что при принятой температуре опыта миграция шлака прекращается или резко замедляется.

Начало образования зазора при применении смесей табл. № 1 в среде технического азота по времени совпадает с появлением зазора на тех же смесях в атмосфере воздуха, однако ширина его, вследствие меньшей толщины окислившегося слоя стали, получается несколько меньшей (на 10-20%).

Нагрев образцов в восстановительной атмосфере — пропан-бутане — показал, что образования на стали окислов железа и, следовательно, силикатообразования не происходит. По этой причине ни одна из исследованных смесей не пригорела к поверхности стали.

Таким образом, на основании полученных результатов можно считать, что изменение в форме характера атмосферы от окислительного до слабоокислительного не вызывает качественного изменения процессов, происходящих на границе металла с формой и только переход к сугубо восстановительной атмосфере способствует прекращению образования химического пригара.

Изучалась динамика образования зазора. Для этого к тонкому слою жидкого железистого шлака прикладывали плоские песчаножидкостекольные стержни. Было установлено, что образование зазора по мере миграции шлака начинается с появления местных несплошностей в слое шлака, которые в дальнейшем разрастаются почти в сплошной воздушный промежуток между металлом и формочной смесью.

Используя результаты проведенных исследований, механизм взаимодействия стали с формой можно представить следующим образом. Сразу после затвердевания поверхности отливки начинается сильное окисление металла. Появившиеся окислы железа вступают во взаимодействие с материалами формы, образуя железистые шлаки. В первый момент после заливки, когда поверхность формы не успевает прогреться до высоких температур, скорость миграции (V_M) шлака в смесь небольшая, скорость же окисления стали (V_O) в это время имеет наибольшие значения. При таком соотношении скоростей процессов (т.е. $V_O > V_M$) количество образовавшихся на границе "металл-форма" окислов и силикатов железа (Q_0) больше количества их, мигрировавших вглубь формы (Q_M).

Хорошо смачивая металл отливки с одной стороны и поверхность кварцевых зерен с другой, эти окислы и силикаты после охлаждения прочно связывают отливку с контактными слоями формы. Чем больше в граничном слое накапливается промежуточных шлаков, тем прочнее эта связь.

Схематично процесс образования пригара изображен на рис.2.

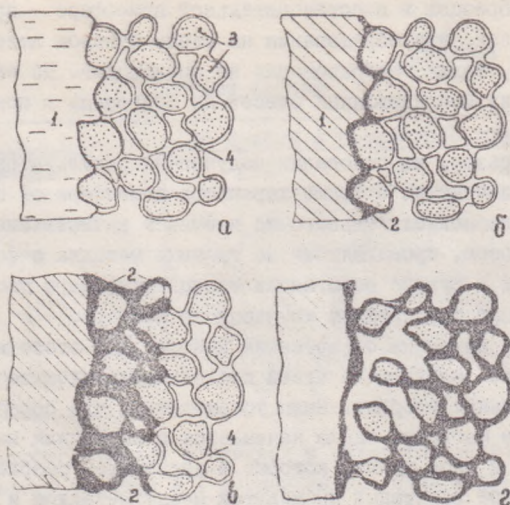


Рис. 2. Схема образования пригара.

1—сталь, 2—окислы и силикаты железа, 3—зерна кварца, 4—пленка жидкого стекла.

Структура пригарной зоны в стадии "б" и "в" соответствует трудноотделимому химическому пригару. При заливке толстостенных отливок поверхностные слои формы сильно разогреваются, что приводит к увеличению скорости миграции шлака. Скорость же окисления стали со временем, вследствие уменьшения количества кислорода в форме, падения температуры и образования защитного слоя силикатов, уменьшается. В момент, когда $V_0 < V_M$, а $Q_0 \approx Q_M$, между отливкой и формой начинает возникать зазор ("г", рис. 2). Связь металла с формой после этого осуществляется в отдельных точках, что обеспечивает легкое отделение пригоревшей смеси от отливки. В случае механического проникновения стали в поры формы стадия "г" рис. 2 наступает после окисления просеченной части металла и полной миграции ее в виде окисного расплава вглубь формовочной смеси.

Влияние усадки литья на пригар проявляется в том, что при сжатии формы отливкой ширина образовавшегося зазора уменьшается, а контактная поверхность между металлом и смесью увеличивается. При отходе металла от поверхности формы — наоборот. В первом случае прочность связи металла со смесью возрастает, а во втором — снижается.

Глава III. ОКИСЛЕНИЕ СТАЛИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОКИСЛОВ ЖЕЛЕЗА С ФОРМОЙ

Из смесей, указанных в табл. 3, изготавливали стержни высотой 140 мм, диаметром 120 (верхний торец) и 190 (нижний торец). Часть стержней окрашивали противпригарными покрытиями. Готовые стержни устанавливали вертикально в формы. модели для формовки проб изготавливали такими, чтобы при данном размере стержней можно было получить втулки с толщиной стенок 10, 15, 25, 35, 50 и 65 мм. металл (ст.30 Л) для заливки формы готовили в индукционной печи МП-65 с кислой футеровкой, температура разливки по формам — $1500 \pm 10^\circ\text{C}$. После полного охлаждения со средней (по высоте) части отливок снимали пригар, полученный от различных смесей, площадь снятых пригарных корок измерялась планиметрическим способом с точностью до $0,1 \text{ см}^2$. Окислы и продукты реакций с той части отливки, с которой был снят пригар, осторожно счищали до появления металлической поверхности. Снятые продукты реакций вместе с пригарными корками взвешивали, после чего определяли процентное содержание окислов железа в них. Имея результаты хим.анализов, рассчитывали количество окислов железа, образовавшихся на 1 см^2 поверхности отливки.

По результатам опытов установлено, что окисление стали при применении смесей 1-7 табл. протекает без видимых различий. Наибольшая скорость окисления на всех смесях отмечается в первый момент после заливки.

Применение противпригарных покрытий приводит к резкому уменьшению скорости окисления. математическая обработка результатов измерений показывает, что распределение экспериментальных точек на графике "Количество окислов железа на 1 см^2 (9.) —

толщина стенки отливки (δ)" при использовании смесей табл. № 3 подчиняется логарифмическому закону $Q_o = k_1 \lg \delta + k_2$; (1) (рис.3). Вычисление коэффициентов этого уравнения дает следующий вид равенств:

$$\begin{aligned} \text{для смесей № I-7} &: Q_o = 47,63 \lg \delta + 18,32 \text{ мг/см}^2 \\ \text{для смеси № 8} &: Q_o = 15,94 \lg \delta + 14,86 \text{ мг/см}^2 \\ \text{для смеси № 9} &: Q_o = 29,79 \lg \delta + 19,65 \text{ мг/см}^2 \end{aligned}$$

Установлено также, что в контактном слое имеет место взаимодействие окислов жидкостекольной формы и отливки с образованием силикатов железа ($2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$).

Рентгеноструктурными анализами подтверждено, что в контактном слое жидкостекольных форм имеется фаялит, а в контакте металла с корундовым или глиноземистым покрытием — герценит.

Далее, для исследования характера распределения образующихся в контактном слое фаз и влияния на этот характер состава смеси, вида покрытия и толщины стенок отливок были проведены минералогические исследования пригарных слоев. Установлено, что на поверхности отливок с толщиной стенок до 5 мм имеется пленка окалина толщиной 0,05 — 0,1 мм; на отдельных участках эта пленка представляет собой окалину с обособлениями фаялита, либо магнетит и фаялит, находящихся в виде эвтектического сростка. Формовочный материал вблизи металла состоит из растрескавшихся зерен кварца.

Поверхность металла отливок с толщиной стенок 10—15 мм покрыта слоем 0,03 — 0,05 мм, состоящим из сростка фаялита и магнетита, который ближе к форме плавно переходит в бурый силикатный расплав с кристаллами магнетита и фаялита. Поверхность отливок с толщиной стенок 25 мм и более покрыта слоем силикатного стекловидного шлака, в котором имеются выделения кристаллов фаялита и магнетита. Между шлаком на металле и формовочным материалом наблюдаются участки воздушного зазора.

Контактные слои противопригарных покрытий (циркон, корунд и др.) имеют следующие изменения. Материал покрытий потемнел, перекристаллизовался, в составе преобразованного покрытия — стекло, фаялит, реликтовые зерна основного наполнителя и про-

дукты новообразований. Под влиянием температуры и окислов железа огнеупорный материал спекся, при этом хорошо различимы слои сильно и слабо измененной части покрытия, между которыми располагается образованная под действием выплавок рыхлота (пористость). Установлено, что наиболее легко формовочная смесь отделяется от отливки по слою преобразованного покрытия, причем линия разрушения проходит через наиболее рыхлую и пористую его часть. Оставшиеся на поверхности металла продукты реакций и приваренный слой преобразованного покрытия толщиной 0,05 - 0,2 мм являются, строго говоря, химическим пригаром, однако, вследствие мелкозернистости огнеупорного материала, такой слой не имеет ощутимой шероховатости, а поверхность отливки воспринимается как гладкая и не имеющая пригара.

Выявлено, что ослабление противопогарных свойств покрытий (например, при нанесении тонкого слоя краски) объясняется наступающим после спекания ошлаковыванием огнеупора, образованный при этом шлак служит связующим звеном между отливкой и формовочной смесью.

Глава IV. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ ПРИГАРНЫХ ШЛАКОВ И КИНЕТИКИ МИГРАЦИИ ИХ В ФОРМОВОЧНЫЕ СМЕСИ

В данной части работы исследованы вязкости некоторых шлаков, образующихся в контактном слое, смачиваемость ими поверхности кварца и миграция их в различные жидкостекольные смеси.

Измерение вязкости шлаков различных составов при различных температурах производилось на вискозиметре типа ОРГРЭС.

Составы шлаков готовились путем сплавления в селитровой печи окислов железа с различными составляющими жидкостекольных смесей и покрытий (силикат-глибой, глиной, феррохромовым шлаком, цирконом, глиноземом) в различных соотношениях.

По результатам измерений выявлено, что все исследуемые шлаки имеют резкий переход вязкости от малых до больших значений в узком интервале температур. Сильное влияние на вязкость оказывает состав силикатов. Так, увеличение в шихтовке дисиликата натрия до 34% приводило к резкому уменьшению значений η ;

дальнейшее увеличение количества $Na_2O \cdot 2SiO_2$ приводит к возрастанию вязкости. Замечено увеличение вязкости шлаков в интервале 1200 - 1350°C с увеличением количества $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ и $2CaO \cdot SiO_2$.

Смачивание поверхности кварца производилось на установке, описанной в гл. II. Из кварца вырезали пластинки-подложки размерами 4x6x1 мм. Подложки с помещенным на них кусочком шлака нагревали до заданной температуры (1200-1400°C) в различных атмосферах. После определенной выдержки образцы резко охлаждали. Измерение углов смачивания (θ°) определяли на теневом изображении капли.

Установлено, что состав силикатов в пределах исследованных рецептур на угол θ° не оказывает большого влияния.

Смачиваемость улучшается с увеличением температуры и времени выдержки шлака на подложке, что объясняется уменьшением межфазного натяжения вследствие протекания химических реакций между шлаком и кварцем.

Отмечена повышенная смачиваемость кварца подвергнутого термообработке - нагрев до 1000°C и резкое охлаждение. Объяснением этому может служить увеличение шероховатости кварца из-за появления на его поверхности густой сетки мелких трещин, возникших при термообработке. Согласно формуле $\cos \theta^\circ = \tau \cdot \cos \theta^\circ$ * угол θ° на шероховатой поверхности, по сравнению с гладкой, имеет меньшие значения. Еще более заметное влияние на смачиваемость оказывают пленки различных веществ на поверхности подложки. Например, наличие на кварце коксовой пленки приводит к резкому ухудшению смачиваемости силикатным шлаком, напротив - пленка окислов железа способствует резкому улучшению смачиваемости.

Исследование миграции шлаков проводилось следующим образом. На дно стальных подставок в виде чаши с внутренним диаметром 30 мм насыпали по 2 г. шлака. После расплавления в се-

*) Формула Венцеля-Дерягина, θ° и θ° - крайние углы соответственно на шероховатой и гладкой поверхности, τ - отношение площади истинной поверхности шероховатого тела к ее проекции.

литовой печи ($t = 1300-1450^{\circ}\text{C}$) к поверхности шлака прикладывали цилиндрические образцы диаметром 28 мм, изготовленные из исследуемых смесей с жидким стеклом (табл.3). После определенной выдержки песчаные образцы вынимали и по разнице весов до и после опыта определяли количество впитанного в образец шлака. Опыт показал, что миграция силикатов в смеси зависит от их вязкости и смачивания формовочной смеси. Шлаки с большим значением η медленнее мигрируют в песчаные образцы; жидко-стекольные смеси, имеющие в своем составе графит, очень плохо впитывали все исследуемые в работе шлаки.

Полученные зависимости "вес поглощенного шлака - продолжительность выдержки образца" для различных смесей и шлаков показывают, что во всех случаях в первый период выдержки (около 15 сек) наблюдается незначительное проникновение шлака, что объясняется низкой температурой песчаного образца (ниже температуры плавления шлака). По мере дальнейшей выдержки, вследствие прогрева контактного слоя образца, скорость миграции шлака резко возрастала.

Далее предыдущий опыт был поставлен в условиях максимально приближающихся к условиям, происходящим в реальной форме. Для этого изготавливали жидкостекольные формы плит размером $250 \times 190 \times A$ ($A = 15, 25, 35, 50$ и 65 мм). В полуформе верха прорезали отверстия диаметром 30 мм, в каждое из которых до уровня верхней плоскости формы вставляли цилиндрические образцы диаметром 28 мм из исследуемых смесей. К торцам стержней прикладывали таблетки из железистых шлаков. Собранные формы заливали сталью при температуре 1500°C .

После охлаждения в исследуемых стержнях измеряли количество и высоту впитывания окислов под влиянием тепла отливки. Математической обработкой установлено, что зависимость веса поглощенных окислов от толщины стенки отливки (δ) можно выразить:

$$q_m^n = K_3 \delta \quad (2).$$

Пропитка смесей 2, 6, 7 и 9 (табл. 3) соответствующими для каждой смеси шлаками запишется следующим образом:

$$\text{смесь \# 2 : } q_m^{1,96} = 3013 (\delta - 1,5) \text{ мг/см}^2$$

0196942

$$\text{смесь \# 6 : } Q_M^{1,94} = 1331 (\delta - 1,5) \text{ мг/см}^2$$

$$\text{смесь \# 7 : } Q_M^{1,68} = 414 (\delta - 1,5) \text{ - " -}$$

$$\text{смесь \# 9 : } Q_M^{2,38} = 2020 (\delta - 1,0) \text{ - " -}$$

Q_M - вес окислов железа, δ - толщина стенки отливки.

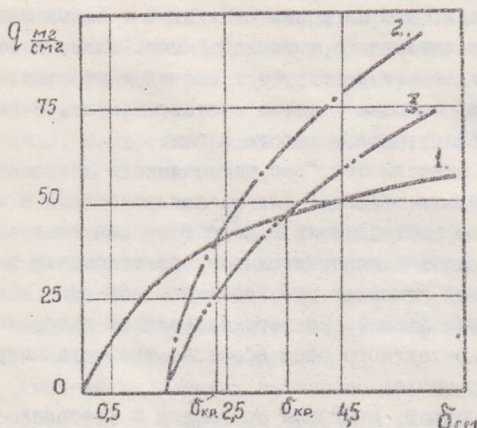


Рис. 3. Окисление отливки (1) и миграция окислов в смеси (2,3).

Кривая 1 - $Q_0 = K_1 \lg \delta + K_2$.

Кривые 2,3 - $Q_M^n = K_3 \delta^n$.

Пользуясь полученными зависимостями (1), (2), можно записать условие появления легкоотделимого пригара следующим образом:

$$K_1 \lg \delta + K_2 = \sqrt[n]{K_3 \delta^n} ;$$

Графическое решение полученного равенства (рис.3) дает значения $\delta_{кр.}$, равные (см): 2,3; 3,6; 3,8; 1,6 соответственно для смесей № 2,6,7,9 табл. 3.

Отливки с толщиной стенок выше полученных для соответствующей смеси имеют легкоотделимый пригар. Полученные значения $\delta_{кр.}$ для исследованных смесей удовлетворительно совпадают с практическими результатами.

Глава V. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ХИМИЧЕСКИЙ ПРИГАР

Как отмечалось выше, прочность связи пригоревшего слоя смеси с отливкой определяется (при прочих равных условиях) относительной площадью контакта пригарной корки с металлом. Пользуясь этим в качестве критерия количественной оценки пригара, было определено влияние на прочность связи металла с формовочной смесью ряда технологических факторов: количества и модуля жидкого стекла в смеси, крупности формовочного песка и его термообработки, толщины стенки отливки, добавки глины, феррохромового шлака, графита.

Исследование проводилось на тех же пробах, как и в опытах в III главе. Смеси для изготовления стержней указаны в табл. 3. На пригарных корках, снятых с отливок проб, планиметрическим способом с помощью микрометрической сетки подсчитывали площадь контактных мест. Выражение затем в процентах отношения суммарных величин контактных площадей к величинам поверхностей пригарных корок, на которых производили замеры, принимались (в первом приближении без учета прочности контактного шлака) за критерий прочности связи пригара с отливкой.

Результаты измерений показали, что принятый в работе критерий — процент отношения площадей — соответствует степени трудности отделения пригара от отливок. Так, при относительной контактной площади до 10–15% пригарные корки отделяются легко, с увеличением этого отношения увеличивается прочность сцепления пригара с металлом.

На всех исследованных смесях увеличение толщины стенок отливок вызвало уменьшение прочности связи пригарной корки с отливкой, что связано с более сильным прогревом поверхности смеси и лучшей миграцией шлака.

Пригар, полученный на отливках, изготовленных с применением смесей № 4, 6, 7 табл. 3 имел большие величины контактных площадей. Это вызвано тем, что добавки глины и шлака, а также повышенное количество жидкого стекла в смеси вызывает:

Составы жидкостекольных смесей

Составляющие смесей	Номера смесей и процентный состав								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Песок 2К0315Б	95	90	85	80	90	80	80	87	-
Песок КО16Б	-	-	-	-	-	-	-	-	90
Глина огнеупорная	-	-	-	-	-	10	-	-	-
Жидкое стекло $M=2,4; \gamma=1,48 \text{ г/см}^3$	5	10	15	20	-	10	10	10	10
Жидкое стекло $M=3,0; \gamma=1,48 \text{ г/см}^3$	-	-	-	-	10	-	-	-	-
Феррохромовый шлак ($2CaO \cdot SiO_2$)	-	-	-	-	-	-	10	-	-
Графит	-	-	-	-	-	-	-	3	-

- а) увеличение количества контактного шлака,
 б) увеличение его вязкости (согласно проведенным измерениям).

Первое приводит к резкому увеличению контактной поверхности, а второе — к более медленной миграции шлака. В результате — повышенная прочность пригара на литье, особенно тонкостенном.

Смесь № 8 дает трудноотделимый пригар на всех пробах. Причина этому — медленная миграция пригарного шлака из-за уменьшения смачиваемости им зерен кварца.

Изменение модуля жидкого стекла (от 2,4 до 3,0) не привело к сколько-нибудь значительному изменению контактной площади, что, по видимому, связано с незначительным изменением вязкости контактных шлаков при изменении модуля стекла в указанных пределах. Отмечается некоторое уменьшение контактной площади пригара при использовании термообработанного песка пропитывающегося шлаком более быстро, чем обычный песок. Еще более заметно уменьшение контактных поверхностей, особенно на тонкостенном литье, при использовании мелкозернистого

песка (смесь № 9).

Увеличение температуры заливки стали в наших опытах приводило к увеличению контактной площади, что связано с проникновением металла в поры смеси.

Основываясь на исследованиях, проведенных в работе, были разработаны рекомендации по улучшению чистоты поверхности стальных отливок, которые кратко можно свести к следующему. Уменьшить или устранить химический пригар можно двумя путями: создавая условия для предотвращения образования и проникновения окислов железа вглубь формовочной смеси (рис. 2"а"), либо способствуя сильному окислению и полной миграции окисных расплавов в форму с появлением зазора (рис. 2"г"). Первое условие наиболее целесообразно для тонкостенных отливок и выполняется введением в смеси добавок, уменьшающих окисление стали и смачивание окислами формы (каменноугольный пек, уголь, алюминиевая пудра и др.).

При литье более толстостенных отливок (15 мм и выше) устранить пригар можно либо применяя противопригарные покрытия, либо интенсифицируя процессы окисления и миграции. Последнее можно осуществить, применяя добавки в смеси, ускоряющие окисление стали, уменьшающие вязкость шлака и улучшающие смачивание им кварцевых зерен, применяя термообработанные и мелкозернистые формовочные пески. Условие $q_0 \approx q_m$ при этом должно сохраняться.

Строение пригара в этих случаях переходит в стадию легкоотделимого (рис. 2"г"). Добавки в смесях, увеличивающие количество и вязкость пригарного шлака и, особенно, уменьшающие смачиваемость им кварцевых зерен, являются здесь нежелательными.

Глава VI. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ВНЕДРЕНИЕ РАЗРАБОТАННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ

В данной главе изложены результаты работы по устранению в производственных условиях пригара на стальном литье. Согласно разработанным рекомендациям, отливки в зависимости от толщины стенок делились на группы, для каждой из которых принимались

соответствующие мероприятия. Пригар на отливках с толщиной стенок до 10–12 мм устранялся применением добавок в смеси, уменьшающих образование и миграцию окислов железа. В качестве добавки, отвечающей поставленным целям, был применен каменноугольный пек в составе смеси (в.ч.): песок 2К 0315Б – 89–85; каменноугольный пек (ГОСТ 10200–62) – 5–7; жидкое стекло ($M = 2,5 \div 2,7, \gamma = 1,45 - 1,50$) – 6–8. Данная смесь была внедрена в производство и дала положительный эффект.

Устранение пригара на отливках с толщиной стенок 12–35 мм велось двумя путями: применением противопригарных покрытий на основе глинозема и корунда и составов смесей, интенсифицирующих процессы окисления и миграции продуктов окисления.

Были разработаны противопригарные покрытия на основе технического глинозема и отходов производства корунда следующих составов (вес.ч.):

I		II	
1. Технический глинозем (ГОО)	90–92	1. Технический глинозем	35–25
2. Сульфитный щелок	10–8	2. Корунд	55–67
3. Вода до плотности краски – 1,6–1,8 г/см ³		3. Сульфитный щелок	10–8
		4. Вода до плотности краски – 1,6–1,8 г/см ³	

В процессе обработки рецептур красок было установлено, что благодаря частичной гидратации $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ происходит набухание суспензий, в результате чего увеличивается стойкость красок против расслоения и их крошащая способность.

Указанные составы красок были внедрены в производство, обеспечив получение отливок без пригара.

Разработан состав противопригарного покрытия, не содержащий растворителей, сконструирована и изготовлена установка для нанесения такого покрытия на поверхности форм и стержней. Покрытие состоит из огнеупорного порошка (корунда), лакированного легкоплавкими связующими (парафином, бурого угольным воском, пеком и др.).

Производственные испытания показали, что отмеченное покрытие позволяет полностью устранить сушку форм и стержней пос-

ле окраски и получить отливки без пригара. Применение перечисленных выше покрытий особенно эффективно для форм, испытывающих большое металлостатическое давление, вызывающее просечку металла (механический пригар).

Пригар на отливках с толщиной стенок 15-35 мм устранялся также путем интенсификации процессов окисления стали и ^{миграции} образования шлаков. Ранее проведенными исследованиями было установлено, что смачиваемость кварца железистыми силикатами увеличивается после термообработки песка и при нанесении на его поверхность окислов железа.

Учитывая это, были разработаны и испытаны в производственных условиях формовочные смеси на основе термообработанного песка и смеси с добавками окислов железа. Последние вводились в смеси в составе красного шлама - отхода глиноземного производства, содержащего 40-48% Fe_2O_3 . Составы опробованных смесей приводятся ниже (вес.ч.):

I		II	
1. Песок 2КО 315Б (термообработанный)	89-94	1. Песок 2КО16Б	-82-89
2. Лидкое стекло ($m=2,5-2,8$; $\gamma=1,40-1,60$)	6-8	2. Красный шлам	5-7
3. Глина огнеупорная	0-3	3. Глина огнеупорная	0-3
		4. Лидкое стекло	6-8

Испытания показали, что отливки, полученные с применением указанных формовочных смесей, имели легкоотделимый пригар, контактная поверхность при этом не превышала 15%. Смесь № I была внедрена в производство, обеспечив улучшение чистоты поверхности отливок.

Мероприятия по устранению пригара на отливках с толщиной стенок выше 35 мм сводились к устранению факторов, задерживающих окисление стали и миграцию пригарных шлаков. К этим факторам можно отнести повышенное содержание в смесях составляющих, увеличивающих вязкость шлаков (глина, маршалит и др.); присутствие в составах смесей органических коксообразующих веществ (древесная мука, каменный уголь, мазут и др.), а также присыпка моделей и форм графитом.

Применение для отливок этой группы обычных или самотвердеющих жидкостекольных смесей, с учетом отмеченных выше замечаний, дает возможность получить легкоотделимый пригар. Особенно заметно улучшение чистоты поверхности литья при замене песчаноглинистых смесей на жидкостекольную самотвердеющую смесь на основе термообработанного кварцевого песка (№ 7, табл.3).

По результатам произведенных испытаний часть из разработанных мероприятий принята к внедрению. Экономический эффект от внедренной части работы составляет 23,5 тыс. рублей.

Проведенная работа позволяет сделать следующие выводы.

1. Разработана методика исследования пригарообразования, позволяющая вести непосредственное наблюдение за процессами, происходящими при высокой температуре на границе металла с формой. Сконструирована установка для проведения подобных исследований.

2. Исследован механизм взаимодействия углеродистой стали с некоторыми жидкостекольными смесями и смесями на основе высокоогнеупорных материалов. Установлено, что в процессе образования пригара происходит окисление стали, образование контактных шлаков и миграция их в формовочную смесь. При этом, если за период остывания отливки количество образовавшихся шлаков (Q_0) больше количества шлаков, впитавшихся в за то же время в форму (Q_m), то на отливке будет пригар. При $Q_0 \approx Q_m$ между отливкой и формой образуются воздушные микроразоры, благодаря которым пригар становится легкоотделимым. Установлено, что в окислительной и слабоокислительной атмосферах образование пригара происходит без значительных отличий. Скорость миграции шлаков в различные смеси имеет различные значения.

3. Изучен характер окисления отливки в формах из различных смесей. Установлено, что окисление стали и толщина стенки отливки связаны со скоростью следующей зависимостью:

$$Q_0 = K_1 \sqrt{g} \delta + K_2 ; \quad (I)$$

Подсчитаны значения коэффициентов K_1 и K_2 для некоторых жидкостекольных смесей.

4. Рентгеноструктурными и минералогическими исследованиями установлены изменения, происходящие в контактном слое смеси под действием затвердевающей отливки; образующиеся на отливке окислы железа сразу же расходуется на образование железистых шлаков, в которых обнаружены включения кристаллических фаз (фаялит, герцениг и т.д.).

Установлено, что связь пригоревшей смеси с отливкой осуществляется с помощью шлаков, причем отделение пригара от металла происходит по границе сильно и слабоизмененных слоев формовочного материала. Если же между отливкой и коркой пригара имеется зазор, то линия отделения проходит через него. Исследованием контактных слоев металла с огнеупорными покрытиями установлено, что под действием окислов железа и температуры материал покрытия перекристаллизовывается, а слой покрытия превращается в хрупкую пористую керамику. Отделение формовочной смеси от отливки происходит по этому преобразованному слою через наиболее пористую его часть, которая, как правило, находится на границе сильно и слабоизмененной части покрытия.

5. Исследованы некоторые свойства шлаков, образующихся в контактном слое. Установлено, что все эти шлаки хорошо смачивают поверхность кварца. С увеличением температуры и времени выдержки шлака на подложке Co_3O_4 увеличивается. Резко увеличивается смачиваемость кварца, подвергнутого термообработке, а также при нанесении на его поверхность окислов железа. Довольно же, образующиеся на кварце углеродистые отложения, резко уменьшают смачивание. Определены зависимости вязкости шлаков от их состава и температуры. Установлено, что дисперсные составяющие смеси (глина, феррохромовый шлак, маршалит) приводят к увеличению вязкости контактных шлаков.

6. Исследован характер миграции контактных шлаков в различные жидкостекольные смеси в зависимости от времени выдержки при различных температурах, а также под действием тепла охлаждающихся отливок. Установлено, что степень миграции зависит, в основном, от зернистости формовочной смеси, вязкости шлака и смачиваемости им поверхности кварцевых зерен. При прочих равных условиях миграция шлаков в зависимости от толщины стенки

отливки может быть выражена параболической зависимостью

$$q_m^2 = K_3 \delta ; \quad (2)$$

Подсчитаны значения коэффициентов (K_3) этого равенства для некоторых смесей.

7. Решением равенств (1) и (2), полученных для соответствующих смесей, определены значения $\delta_{кр}$, при которых пригар из трудноотделимого превращается в легкоотделимый. Полученные данные совпадают с практическими.

8. Установлена связь величины площади контакта пригарной корки с отливкой с прочностью сцепления ее с поверхностью металла. Эта величина, отнесенная к общей площади соприкосновения отливки с формой и выраженная в процентах, при прочих равных условиях может характеризовать прочность сцепления пригоревшего слоя с поверхностью отливки. Измерениями найдено, что легкоотделимый пригар имеет величину относительной площади контакта до 10-15%. Установлено, что при изготовлении стальных отливок добавки, образующие повышенное количество вязкого шлака, приводят к увеличению величины относительной контактной площади и, следовательно, к увеличению пригара. Еще более сильное увеличение контактной площади вызывает добавки, уменьшающие смачиваемость шлаком зерен кварца. К последним следует отнести углеродосодержащие материалы.

9. По данным исследовательской части работы разработаны рекомендации по получению отливок без пригара. Рекомендации сводятся к тому, что устранить химический пригар можно двумя путями: 1 - предотвращая окисление и миграцию окислов вглубь смеси, 2 - интенсифицируя процессы окисления и миграции окислов в формовочную смесь, с образованием между формой и металлом микроазоров. Первое условие целесообразно применять для тонкостенных отливок (до 10-15 мм), второе - для более толстого литья. Опробование рекомендаций дало положительные результаты, часть из них внедрена в производство.

10. Разработаны и внедрены в производство составы противопригарных красок на основе технического глинозема, обладающие хорошими технологическими свойствами. Разработан способ

применения и состав противопригарной краски, не содержащей растворитель. Спроектирована, изготовлена и опробована установка для нанесения таких покрытий на формы.

11. Разработан и внедрен в производство состав жидкостеклянной смеси с добавкой 5-7% каменноугольного пека. Применение этой смеси позволяет за счет уменьшения окисления стали и миграции окислов устранить пригар на тонкостенных стальных отливках (до 10-15 мм).

12. Разработаны и испытаны составы жидкостеклянных смесей с добавкой 5-7% красного шлама, опробованы и внедрены в производство смеси на основе термообработанного песка. Применение этих смесей позволяет за счет интенсификации окисления стали и миграции образованных окислов получить легкоотделимый пригар на толстостенных стальных отливках.

Диссертация изложена на 200 стр. машинописного текста, иллюстрирована 100 схемами, графиками, фотографиями, а также 27 таблицами. Список использованной литературы включает 216 наименований. Имеется приложение, включающее акты внедрений и акты испытаний, проведенных на челябинских машиностроительных заводах.

По теме диссертации опубликованы работы:

1. П.В.Черногоров, А.П.Никифоров, Г.П.Ким. Образование и устранение пригара на отливках из углеродистой стали. "Литейное производство", № 11, 1966.
2. Г.П.Ким, А.В.Горох, Р.Ф.Першина. Фазовый состав пригара на отливках из углеродистой стали. "Литейное производство", № 10, 1966.
3. Г.П.Ким, А.П.Никифоров, В.П.Филиппов. Новые противопригарные глиноземистые краски. "Передовой научно-технический и производственный опыт", ГОСИНТИ, № 2-66-1368/161, 1966.
4. П.В.Черногоров, Г.П.Ким, А.П.Никифоров. Условия образования и способ оценки пригара на отливках из углеродистой стали. Сб. "Новые технологические процессы литейного производства", ч. I, материалы XXI Всесоюзного научно-технической конференции, М., 1967.
5. Г.П.Ким, А.П.Никифоров, П.В.Черногоров. Високотемпературное исследование процесса образования пригара. Сб. "Теплообмен между отливкой и формой", под ред. чл.-корр. АН БССР, проф. А.И.Вейника, Минск, 1967.
6. П.В.Черногоров, А.П.Никифоров, Г.П.Ким. О механизме образования легкоотделимого пригара. "Известия вузов, машиностроение", № 1, 1967.

материалы диссертации докладывались и обсуждались на:

1. Научно-производственной конференции "Прогрессивная технология процессов формообразования литых деталей", Ленинград, 1965.
2. Научно-технической конференции "Современные прогрессивные технологические процессы получения высококачественных отливок", г.Свердловск, 1966.
3. VIII и XIX научно-технических конференциях Челябинского политехнического института в 1965 - 1966 гг.

4. научно-технической конференции "Новое в теории и практике литейного производства", г.Пермь, 1966.
5. III Всесоюзной научной конференции по поверхностным явлениям в расплавах, г.Свердловск, 1966.
6. II Межвузовской конференции по проблемам теплофизики в литейном производстве, г.Минск, 1966.
7. XXI Всесоюзной научно-технической конференции "Новые технологические процессы литейного производства", г.Харьков, 1966.
8. XXII Всесоюзной научно-технической конференции "Повышение производительности труда в литейном производстве", г.Свердловск, 1967.

=====
#Б С167С Подписано к печати 16/III-68г. Формат бумаги 60х90 /16
Объем 1,75 п.л. Отпечатано на ротационте ЧИИ. Тираж 120 экз.
Заказ №34.