М405857

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ
РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА

На правах рукописи

Ежов Вадим Александрович

УДК 621.74.045.01

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ В ШАМОТНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ФОРМЫ БЕЗ ОПОРНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

Специальность 05.16.04 – Литейное производство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва, 1983

Работа выполнена в Московском высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана, на Ярославском заводе полимерного машиностроения.

Научный руководитель к.т.н.,доцент Гини Энрико Чельсович

Официальные оппоненты:

д.т.н.,профессор Валисовский Игорь Васильевич

к.т.н.,доцент Иванов Валентин Николаевич

Ведущее предприятие - Ярославский моторный завод

Защита диссертации состоится 21 октября 1983 г. на заседании специализированного Совета К053.I5.I3 в Московском высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана по адресу: I07005,Москва,Б-5, 2-я Бауманская ул.,д.5

Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре,заверенный печатью,просим направлять по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ имени Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан "30" сентября 1983 г.

Ученый
специал
к.т.н.,

Л - 9 ак. 1178

М405857

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В основных направлениях экономического и социального развития СССР в одиннадцатой пятилетке отмечается необходимость повышения эффективности машиностроительного производства за счет совершенствования его технологических процессов, в том числе, литья по выплавляемым моделям (ЛВМ).

Метод ЛВМ нашел широкое применение во многих отраслях промышленности из-за возможности получать заготовки, максимально приближенные по конфигурации и размерам к готовым деталям с шероховатостью их поверхности на уровне ∇ 10 по ГОСТ 2789-73. Однако, себестоимость отливок ЛВМ высока, в частности из-за многооперационности и длительности процесса. При изъятии опорного наполнителя длительность операций прокаливания керамических форм (КФ) и их охлаждения после заливки можно сократить примерно на 30 часов. Но этому мешает возрастающая опасность растрескивания форм и возникновение поверхностных точечных дефектов на отливках из углеродистых сталей массой $\geqslant$ I,I кг. Ликвидация указанных недостатков процесса ЛВМ без опорного наполнителя позволила бы реализовать его вышеперечисленные преимущества, поэтому эта задача является одной из актуальных в производстве отливок по выплавляемым моделям.

Цель работы: повышение технико-экономических показателей процесса ЛВМ за счет сокращения его длительности, улучшения качества отливок.

Для достижения этой цели необходимо было разработать технологию получения КФ со свойствами, обеспечивающими их заливку без разрушения и деформации; выявить причины и механизм образования поверхностных точечных дефектов на отливках из углеродистых сталей; разработать способы управления параметрами технологического процесса ЛВМ, оказывающими влияние на качество поверхности отливок.

Методы исследования. Исследования по определению прочностных свойств КФ, обеспечивающих их заливку в незаформованном состоянии без разрушения и деформации, проводились на выбранных путем анализа литературных и экспериментальных данных шамотных комбинированных формах (суспензия на основе гидролизованного этилсиликата ЭТС 40; наполнитель суспензии-

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1405857
Ежов В.Ф. Разработка и внед...
МВТУ им. Н.Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

- пылевидный кварц ПК-3, обсыпка всех слоев - шамот м зернистостью 0,315 мм).

Образцы-свидетели, изготавливаемые одновременно с КФ и по той же технологии, испытывались на статический изгиб.

Формы для определения термостойкости заливались при различных начальных температурах (Т н.ф.) сталью с постоянной температурой заливки. Трудоемкость КФ оценивалась высотой и длиной поверхностных дефектов "залив-гребешок", возникающих из-за проникновения металла в трещины керамики.

Для выявления механизма и причин возникновения точечных дефектов на поверхности отливок из углеродистых сталей определялись химический состав и структура окалины, "пригарного" вещества в месте дефектов, поверхностных слоев отливки; замерялась газопроницаемость шамотных и кварцевых керамик, форм, опорного наполнителя; исследовались температурные и временные интервалы образования точечных дефектов. С помощью теоретического анализа исследовалась взаимосвязь газопроницаемости формы с толщиной окалины и глубиной поверхностных дефектов на отливках.

Определение состава и структуры окалины, "пригарного" вещества, металла производилось с помощью химического, рентгено-структурного, металлографического анализов.

Определение температурного и временного интервала образования поверхностных точечных дефектов проводилось при литье пластин с различной приведенной толщиной. Естественный процесс развития точечных дефектов на границе металл-форма без опорного наполнителя прерывался засыпкой форм холодным песком через различные промежутки времени после их заливки. Скорость их охлаждения регистрировалась автоматически электронным потенциометром ЭПП-09М3. Термопара ПП-I с диаметром проволоки 0,5 мм вставлялась в кварцевый колпачок, заделанный в полость формы на глубину 5 мм.

При исследовании влияния состава атмосферы, окружающей форму, на возникновение поверхностных точечных дефектов на отливках отбор проб производился с помощью вакуумированных бюреток 6 раз через минуту с момента окончания заливки форм. Количественный состав проб определялся с помощью приборов типа ОРСА (ГХП-3М) и ПГФ-2М (серия водород), а наличие дефектов при том или ином составе атмосферы - внешним осмот-

ром поверхности отливок.

Научная новизна. Выявлен механизм образования поверхностных точечных дефектов на отливках из углеродистых сталей, получаемых ЛВМ, заключающийся в локальном окислении металла и взаимодействии его окислов с материалами формы; установлена зависимость роста поверхностных точечных дефектов от технологических параметров процесса ЛВМ.

Практическая ценность работы заключается в том, что:

I. Разработан технологический процесс ЛВМ без опорного наполнителя деталей из углеродистых сталей массой до 3 кг, обеспечивающий улучшение его технико-экономических показателей.

2. Разработаны способы управления факторами технологического процесса ЛВМ, позволяющие повысить качество поверхности отливок.

Апробация работы. Результаты работы доложены на заседаниях кафедры А"-5 МВТУ им. Н.Э. Баумана; на ученом совете Всесоюзного научно-исследовательского и конструкторского института по оборудованию для шинной промышленности; на научно-техническом совете НТО Ярославского завода полимерного машиностроения, на всесоюзном научно-техническом совещании " Повышение технического уровня и качества оборудования для производства шин" (г. Ярославль, март 1980 г.). По материалам исследования опубликовано 8 работ, получено два авторских свидетельства на изобретения. Технологический процесс ЛВМ без опорного наполнителя прошел успешное испытание на Ярославском заводе полимерного машиностроения.

Объем работы. Диссертация изложена на 124 стр. основного текста, включает введение, пять глав, общие выводы, список литературы из 118 наименований, 54 рисунка, 19 таблиц и 3 приложения.

Содержание работы.

Во введении отражена актуальность проблемы разработки технологического процесса ЛВМ без опорного наполнителя сложных деталей массой до 3 кг, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ причин растрескивания КФ, особенно в процессе заливки их без опорного наполнителя, и

возможных путей повышения стойкости форм против растрескивания.

Основными причинами растрескивания или разрушения КФ являются напряжения, возникающие из-за градиента температур по сечению формы и нагрузки на стенки формы, вызываемой залитым металлом. При изъятии опорного наполнителя увеличивается градиент температур по сечению формы, и, как следствие, увеличиваются термические напряжения. Кроме того, в незаформованной керамике возникают дополнительные изгибающие и растягивающие напряжения от давления жидкого металла.

Эффективным способом снижения градиента температур по сечению формы является увеличение Т н.ф. Снижение величины возникающих термических напряжений может быть получено за счет увеличения пластичности нужных слоев формы, например, путем ввода в них добавок. Основными путями повышения термостойкости и термопрочности КФ являются применение для их изготовления материалов с низким коэффициентом термического расширения (КТР); повышение разнообразными способами удельной и общей прочности керамики.

На основе анализа используемых в производстве и рекомендуемых для внедрения технологических процессов изготовления КФ с применением различных способов повышения их стойкости против растрескивания предпочтение было отдано шамотным комбинированным формам (см. "Методы исследования"). Огнеупорность шамота $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ равна $2020^{\circ}K$. Он имеет во всем диапазоне рабочих температур сравнительно небольшое значение КТР (около $1{,}9 \cdot 10^{-8}$ $1/^{\circ}K$) при модуле упругости $E = 1{,}5 \cdot 10^5$ $МН/м^2$, что обеспечивает удовлетворительную его термическую стойкость.

Шамотные комбинированные КФ (при ЛВМ в опорном наполнителе) применяются на Камском автомобильном заводе, Каширском центролите и ряде других заводов. Кроме повышенной термостойкости данных форм, у них есть одно существенное достоинство: простота изготовления (практически традиционная технология).

Производственное опробование прокалки, заливки и охлаждения данных форм без опорного наполнителя показало их удовлетворительную термостойкость. Такие формы при литье деталей массой до 3 кг не разрушаются, если их Т н.ф. перед заливкой больше или равна $950^{\circ}K$. Формы для отливок массой

до 0,3 кг можно заливать даже при Т н.ф., равной 623°К.

Однако на поверхности отливок из углеродистых сталей массой ≥ I,I кг регулярно появляются точечные дефекты в виде сферических раковин глубиной до 0,6 мм и в плане до I,5 мм. Наличие данных дефектов на поверхности отливок поставило задачу дальнейшего исследования: выявить причины и факторы, способствующие возникновению точечных дефектов, установить механизм их образования, разработать способы ликвидации данных дефектов.

Во второй главе рассмотрены причины возникновения точечных поверхностных дефектов на деталях, получаемых ЛВМ без опорного наполнителя.

По внешнему виду данные дефекты соответствуют определению дефекта "газовая шероховатость" по ГОСТ I9200-80 "Отливки из чугуна и стали. Термины и определения дефектов". Экспериментами установлено, что точечные дефекты на отливках из углеродистых сталей при ЛВМ без опорного наполнителя не являются "газовой шероховатостью".

Точечные поверхностные дефекты на отливках из углеродистых сталей также похожи на дефекты "питтинг" на отливках из нержавеющих сталей типа ХI3Л, ХI7Н2Л и др., но условия их возникновения различны: первые появляются при литье без опорного наполнителя, а вторые – при литье в опорном наполнителе.

При изъятии опорного наполнителя толщина окалины на отливках из углеродистых сталей и пригарного слоя на керамике увеличивается, последний становится рыхлым, пористым. Эти данные свидетельствуют об увеличении при изъятии опорного наполнителя интенсивности физико-химического взаимодействия металла и формы – наиболее вероятной причине возникновения точечных поверхностных дефектов.

Для физико-химического взаимодействия металла с формой необходимо окисление металла, так как неокисленный металл не смачивает материалы формы. Основную роль в окислении углеродистых сталей играют процессы окисления углерода (из-за большого коэффициента диффузии) и железа, как основы стали.

Коэффициент диффузии углерода при высоких температурах выше на несколько порядков, чем железа. Поэтому, при

высоких температурах доставка углерода к поверхности отливок не лимитирует процесс его окисления. Из-за большей термодинамической активности реакция окисления углерода залитого металла происходит интенсивнее, чем окисление железа, с образованием газового потока CO, который затормаживает процесс окисления отливки в течение 3-5 минут с момента заливки формы без опорного наполнителя (по данным В.М.Александрова).

По мере обезуглероживания отливки увеличивается путь доставки углерода к реакционной зоне, а с понижением температуры уменьшается коэффициент диффузии и термодинамическая активность углерода. Это приводит к доминирующей роли реакции окисления железа с образованием окалины, основную долю которой при температуре выше 973°К составляет FeO. В условиях изотермического окисления рост окалины происходит по закону параболы:

$$h = K_i \sqrt{\tau},$$

где h – толщина пленки окислов, τ – время, K –константа окисления.

Константа окисления зависит от температуры. При охлаждении отливки температура реакционной зоны непрерывно изменяется, а следовательно, изменяется и константа окисления. Значение К для любой температуры можно вычислять по формуле:

$$K_i = a\,(T - T_0)^b\, e^{q(T-T_0)}$$

где a=0,1041; в=0,0248; q=0,0075; To=969,468°К

Если исследуемый температурный интервал охлаждения отливки разбить равномерно на достаточно мелкие отрезки и вычислить для них К, то для него можно рассчитать толщину окалины по формуле:

$$h = \sum_{i=1}^{n} K_i \cdot \sqrt{\tau_i}\,.$$

Расчетным путем с помощью уравнения фильтрации Дарси установлено, что доставка кислорода через наполнитель не должна лимитировать процесс окисления. Однако при заливке шамотных КФ без опорного наполнителя с газопроницаемостью, равной газопроницаемости кварцевой формы, засыпанной на глубину 40 мм (что соответствует положению в опорном наполнителе верхней отливки блока) на деталях возникают точечные дефекты, а на этих же отливках, но залитых в те же формы в опорном наполнителе их нет. Газопроницаемость шамотных керамик в заформованном и незаформованном состояниях отлича-

ется всего на I,6%, газопроницаемость кварцевых и шамотных керамик отличается на 6,8%.

Различие в качестве поверхности отливок при литье в опорном и без опорного наполнителя (при равенстве газопроницаемости) вызвано отличиями в условиях охлаждения отливок и доступа воздуха к залитому металлу.

При литье без опорного наполнителя твердая корка металла образуется быстро и неравномерно, зарождаясь в углах отливки в момент контакта металла с формой. Металл окисляется как в жидком, так и в твердом состоянии. В обоих случаях кислород воздуха поступает к залитому металлу через поры формы. В первом случае из-за конвективного перемещения окислы взаимодействуют со всей поверхностью формы, во-втором в основном только в районе пор, что приводит к локальному "разъеданию" облицовочного слоя формы. В результате пропускная способность незаформованных оболочек повышается в 2,3-2,9 раза, что приводит к увеличению в районе пор интенсивности окисления залитого металла и взаимодействия образующихся окислов с материалами формы с образованием шлака в жидком состоянии. По мере растворения твердой SiO_2 в шлаке и накопления в нем твердых Fe_2O_3 и Fe_3O_4 вязкость и Тпл. его повышаются. Коэффициент диффузии железа в нем будет на два порядка ниже, чем кислорода в пористой среде, т.е. шлак тормозит процесс окисления до момента затвердевания. При затвердевании шлака в нем происходит порообразование, которое обеспечивает локальный доступ кислорода к залитому металлу по пути: пора в керамике - пора в шлаке.

При изъятии опорного наполнителя изменяется состав атмосферы вокруг блоков: в засыпке в момент заливки она восстановительная, без наполнителя - окислительная. Так как массоперенос газа в засыпке примерно в 4 раза медленнее, чем на воздухе, конвективные потоки вокруг незаформованных залитых блоков в 4 раза сильнее. Это приводит к срыву защитной газовой оболочки-продукта реакции обезуглероживания отливки.

Все вышеприведенные изменения в кинетике затвердевания и охлаждения отливок, в составе атмосферы, условиях доступа воздуха к залитому металлу при изъятии опорного наполнителя

являются причинами возникновения точечных дефектов на поверхности отливок.

Третья глава посвящена исследованию механизма образования поверхностных точечных дефектов.

Окалина на отливках из углеродистых сталей, полученных литьем в шамотные формы без опорного наполнителя, состоит из двух слоев: наружного -легкоудаляемого и внутреннего - прочно-сцепленного с металлом.

Химический состав наружного слоя окалины: SiO_2 =1,4% Al_2O_3=12,8%; Fe_2O_3 =40%; Fe_3O_4 =40%. Наличие в нем значительного количества Al_2O_3 указывает на взаимодействие FeO с кремнеземом шамота, в результате чего освобождается Al_2O_3. Внутренний слой окалины, выявленный рентгеноструктурным анализом, состоит из α-Fe, Fe_2O_3, Fe_3O_4, следов Al_2O_3. Пригарный слой на керамике и на отливке в месте расположения точечных дефектов содержит SiO_2, Fe_2O_3, Fe_3O_4, Al_2O_3, $FeO \cdot SiO_2$. Из-за отсутствия эталонов на комплексные соединения систем FeO-SiO_2; FeO-$Al_2O_3 \cdot SiO_2$ определить количественно состав пригарного слоя в этих местах не удалось.

Внешний осмотр пригарного слоя на керамике в местах, соответствующих расположению точечных дефектов на отливках, показал следующую закономерность: в пригарном слое керамики в этом месте находится пора, а на неочищенной отливке - утолщение окалины в виде бугорка. Плотным (без пор) участкам поверхности керамики соответствуют бездефектные участки поверхности отливки.

Микроструктурным анализом дефектных мест выявлено пригарное вещество с рыхлой структурой, заключенное во внутреннем слое окалины. Минимальная толщина пленки окислов между этим веществом и поверхностью отливки указывает на интенсивный расход закиси железа на взаимодействие с материалами формы, при котором происходит увеличение пор в керамике и вскрытие новых в результате "разъедания" облицовочного слоя формы. При этом происходит накопление жидких силикатных фаз (шлака), затвердевание и усадка которых также приводит к образованию пор.

Наличие пор в шлаке предопределяет доступ кислорода

воздуха по порам и несплошностям керамики, далее по порам шлака к металлу, что приводит к локальному окислению металла. Образующаяся в этих местах пленка окислов расходуется на взаимодействие с материалами шлака и формы, обеспечивая дальнейшее окисление металла.

На пористость керамики, на толщину облицовочного слоя формы оказывает влияние зернистость обсыпочного материала. Чем больше зернистость обсыпочного материала, тем тоньше облицовочный слой формы, который быстрее "растворяется" при взаимодействии с окислами железа, открывая поры в обсыпочном слое и уменьшая этим сопротивление доступу воздуха к поверхности отливки в 2,3-2,9 раза.

При изучении кинетики зарождения и развития поверхностных точечных дефектов установлено, что они появляются около углов отливки через 3,5 минут после окончания заливки формы; в дальнейшем вся поверхность постепенно поражается точечными дефектами. При охлаждении отливок в интервале 1710-1373°К со скоростью 0,55-0,6 град/ с мелкие, рядом расположенные дефекты соединяются в один более крупный. Эти положения подтверждены результатами экспериментов на реальных отливках в производственных условиях.

Процесс образования и развития точечных дефектов можно разбить на три стадии: подготовительную; интенсивного образования и превращения дефектов в грубую шероховатость поверхности.

Подготовительная стадия начинается в момент заливки форм при соприкосновении заливаемого металла с ее стенками. Однако до образования твердой корки металла из-за конвективного перемещения окислы железа взаимодействуют со всей поверхностью формы. При образовании твердой корки металла окисление металла и взаимодействие его окислов с материалами формы происходит в районе ее пор, по которым кислород воздуха поступает к отливке. При этом происходит открытие новых пор и укрупнение существующих за счет "разъедания" облицовочного слоя формы при взаимодействии его с FeO .

К концу этой стадии примерно через 3,5 минуты после заливки при вязкости суспензии на первый слой 55 сек. и зернистости обсыпочного материала 0,315 мм замедляется реакция обезуглероживания, произошло порообразование в облицовочном

слое формы и силикатных фазах, т.е. созданы условия для локального окисления железа. Возникновение же точечных дефектов на последующей стадии зависит от температуры, до которой успела охладиться отливка на этой стадии. Если до 1373°К - то дефекты не возникнут, так как ниже этой температуры интенсивность окисления железа резко падает.

После подготовительной стадии при температуре отливки выше 1373°К начинается стадия интенсивного образования точечных дефектов на поверхности отливок. В местах расположения открытых пор металл интенсивно окисляется, закись железа взаимодействует в районе пор с материалами формы. Данный процесс сопровождается открытием тупиковых пор, увеличением существующих, что приводит к росту размеров дефектов и увеличению их количества.

На третьей стадии развития дефектов их количество сокращается из-за роста размеров дефектов в плане и слиянии соседних дефектов в один крупный.

При литье без опорного наполнителя деталей массой до 3 кг наблюдается также дефект "просечка" - выступающие капли металла над поверхностью отливки. Он располагается против питателей, особенно нижнего. Металл, вытекающий при заливке из стояка в полость формы, касается в первую очередь противоположной стенки формы, прогревая ее облицовочный слой до температуры заливаемого металла. Интенсивное течение металла через этот участок препятствует образованию в нем твердой корки металла. До образования твердой корки металла в этих местах в облицовочном слое формы происходит укрупнение существующих и образование новых пор как за счет спекания материала формы, так и физико-химического взаимодействия окислов металла с материалами формы, в которые и проникает жидкий металл.

В четвертой главе приведены результаты исследования способов управления параметрами технологического процесса ЛВМ без опорного наполнителя.

Основными параметрами процесса окисления металла являются его продолжительность и интенсивность. Способы воздействия на процесс окисления можно разделить на три группы: изменяющие продолжительность процесса окисления; изменяющие интенсивность процесса окисления; изменяющие одновременно оба параметра.

Способы первой группы изменяют скорость охлаждения отливок. Оптимальная скорость охлаждения, обеспечивающая качественную поверхность отливки, должна быть равной I,7 град/с в интервале температур отливки I733-I373°К. Исследование влияния скорости охлаждения отливок на качество их поверхности путем обдува форм сжатым воздухом и распыленной водой производилось при литье серийных деталей из стали 35 Л массой I,36 кг с приведенной толщиной тела 0,7 х 10^{-2} м, на поверхности которых стабильно возникают точечные дефекты и "просечка". Достичь оптимальной скорости охлаждения и, соответственно, качественной поверхности отливок при обдуве воздухом за счет увеличения его расхода не удалось из-за возрастающего шума.

При охлаждении форм распыленной водой добиться получения качественной поверхности отливок при ЛВМ без опорного наполнителя также не удалось.

Способы второй группы направлены в основном на снижение концентрации кислорода на границе металл-форма за счет уменьшения пропускной способности формы и изменения состава атмосферы, окружающей залитый блок.

Идеальной была бы форма, если до заливки металлом ее газопроницаемость была бы максимальной, а после заливки падала до нуля. Это положение взято за основу при разработке изобретения "Способ изготовления керамических форм для стального литья" (А.с. 827238 (СССР) В.А.Еков, Ю.П.Горлов - Опубл. в Б.И., I98I, № I7). По этому способу четвертый слой КФ обсыпался эмалевой фритой СГ-2Iа, которая при плавлении от тепла залитого металла закупоривает поры форм, увеличивая тем самым сопротивление доступу воздуха к залитому металлу. Поверхность отливок в этом случае светлая, без следов окалины и, естественно без поверхностных точечных дефектов. Однако, в углублениях отливок керамика трудно выбивается и выщелачивается, что при данном материале обсыпки ограничивает область применения этого способа только отливками простой конфигурации.

Изменение состава атмосферы вокруг залитых блоков производили за счет пиролиза парафина. Содержание кислорода в атмосфере при этом способе было в пределах 0,2-I,4%; CO_2= 2-4%; CO=I8-22%. Точечные дефекты на поверхности отливок, охлажденных в данной атмосфере отсутствовали, что подтверждает поло-

жение: нет условий для окисления металла – нет точечных дефектов.

На этих же отливках наблюдались дефекты "просечка", возникновение которых связано с замедлением скорости охлаждения форм при сгорании парафина и окислительной атмосферой в течение примерно 30 секунд после заливки форм. При замедлении образования твердой корки металла внутренний слой керамики может прогреться на некоторую глубину до температуры солидус, поры формы могут быть смочены образующимися окислами железа. В этих условиях жидкий металл может проникнуть в поры формы без металлостатического напора только за счет всасывающего действия капилярных сил, образуя дефект "просечка".

Способ воздействия на интенсивность окисления залитого в форму металла за счет пиролиза парафина можно рекомендовать для внедрения в производство при условии применения для обсыпки первого слоя формы шамота фракции 0,I6-0,2 мм вместо 0,315 мм.

Из третьей группы способов воздействия на процесс окисления металла были опробованы следующие: обдув блоков аргоном; обдув их восстановительным газовым пламенем; засыпка залитых форм холодным песком. Эти способы увеличивают скорость охлаждения и изменяют состав атмосферы вокруг залитых форм.

Обдув блоков восстановительным газовым пламенем положен в основу изобретения "Способ защиты поверхности стальных отливок от дефектов" (А.с. 925514 (СССР) В.А.Еков и др. – Опубл. в Б.И., 1982, № I7). При выгрузке из прокалочной печи опоки в нее погружают кольцевую горелку, внутри которой оказываются блоки. В горелку подают смесь I части углеводородного газа с 9-I0 частями воздуха, которая воспламеняется от нагретых блоков и поддерживает их температуру. Перед началом заливки блока отключают подачу смеси, пламя гаснет. После заливки блоков в горелку подается смесь I части углеводородного газа и I-5 частей воздуха. В этом случае из-за недостатка кислорода, подаваемого в горелку, кислород воздуха в объеме опоки быстро сгорает и пламя становится нейтрально-восстановительным. Оно омывает залитый блок, тем самым защищая металл от окисления и взаимодействия его с формой. Так как теплоемкость газа, а следовательно нейтрально-восстановительного пламени (температура пламени 573°К), в 2 раза

больше теплоемкости воздуха, при обдуве залитого блока скорость охлаждения его увеличивается, особенно при высоких температурах. Это способствует быстрому образованию затвердевшей корки металла, тем самым предотвращая возникновение "просечки". Способ имеет большие потенциальные возможности по автоматизации процесса прокалки, заливки и охлаждения отливок.

При применении этого способа, как и при обдуве форм аргоном и засыпке их холодным песком точечные дефекты и "просечка на поверхности отливок отсутствуют. Существенного влияния этих способов на величину деформации отливок не обнаружено.

В пятой главе изложены результаты промышленного испытания технологического процесса ЛВМ без опорного наполнителя.

Для промышленного испытания был выбран способ защиты отливок от возникновения дефектов - засыпка залитых блоков холодным песком. Данный способ обеспечивает получение качественной поверхности отливок, не требует применения новых материалов, а также существенных капитальных затрат на его осуществление. К недостаткам данного способа можно отнести сохранение операций формовки и выбивки отливок, хотя они существенно упрощаются: блоки отливок засыпаются (а не формуются), холодный песок не прогревается до температуры спекания, что значительно облегчает операцию выбивки форм.

При разработке технологического процесса ЛВМ без опорного наполнителя экспериментально определены вязкость суспензии на первый слой, время прокаливания форм и выщелачивания керамики. Установлено, что вязкость суспензии на первый слой должна быть 60-65 с (по вискозиметру ВЗ-4), время прокалки форм - не менее I часа , а время выщелачивания керамики - 20 часов при концентрации активной щелочи, равной I0%.

При контроле отливок, полученных при промышленном испытании технологического процесса ЛВМ в шамотные комбинированные формы без опорного наполнителя, установлено, что точечные дефекты на их поверхности отсутствуют. Однако, на поверхности деталей массой 2,7 кг наблюдались дефекты "просечка". Для исключения их возникновения первый слой форм обсыпался кварцевым песком IK0I6, остальные - шамотом ШЗ-03I5.

На поверхности деталей, отлитых в данные формы, "просечка" отсутствовала, "заливы-гребешки" наблюдались только на поверхности вкладыша массой 2,7 кг в количестве I-2 шт. на одной отливке с максимальной высотой 0,5мм при протяженности

I0 мм. Так как зачистка их не представляет трудностей, по данным формам было отлито дополнительно 50 блоков вкладышей. Разрушения форм не наблюдалось; точечные дефекты и "просечка" на поверхности вкладышей отсутствовала.

Опробованный в производственных условиях технологический процесс ЛВМ в шамотные керамические формы без опорного наполнителя позволяет уменьшить потери форм на 7,0% по сравнению с потерями кварцевых форм в опорном наполнителе, сокращает продолжительность прокалки форм на 6,5 часов. Экономический эффект от внедрения технологического процесса ЛВМ без опорного наполнителя стальных деталей составит 20,6 тыс.руб. в год при выпуске I50 тонн годного литья.

ВЫВОДЫ

На основании результатов выполненной работы можно сделать следующие выводы.

I. Решающим показателем, определяющим возможность заливки незаформованных форм без разрушения, является их термостойкость. Термостойкость пятислойных шамотных комбинированных форм на этилсиликатном связующем достаточна для литья деталей массой до 3 кг при начальной температуре форм перед заливкой выше 950^{0}К и высоте стояка 340 мм.

2. Основной причиной возникновения точечных дефектов на поверхности отливок при литье без опорного наполнителя является локальное окисление металла, вызываемое увеличением интенсивности этого процесса из-за окислительной атмосферы в форме, срыва защитной газовой оболочки – продукта реакции обезуглероживания отливок сильными конвективными потоками (массоперенос газа на воздухе примерно в 4 раза интенсивнее, чем в наполнителе), из-за увеличения доступа воздуха к металлу в 2,3 – 2,9 раза вследствие быстрого "разъедания" облицовочного слоя КФ при взаимодействии FeO с его материалами.

3. Процесс образования и развития точечных дефектов протекает в три стадии. На первой стадии (продолжительность 2I0 с) процесс окисления железа тормозится реакцией обезуглероживания отливки, поэтому открытие и увеличение пор в облицовочном слое формы за счет взаимодействия FeO с материалами формы также заторможено. На второй стадии процесс локального окисления железа интенсифицируется и доминирует

над реакцией обезуглероживания из-за увеличения пути доставки углерода к реакционной зоне, вследствие чего происходит образование точечных дефектов, а за счет прохождения процесса порообразования - увеличение их количества. На третьей стадии (окончание в районе 1373°К) в основном идет нивелировка поверхности за счет слияния соседних дефектов.

4. Важнейшими регулируемыми параметрами технологического процесса ЛВМ, влияющими на образование точечных дефектов на поверхности отливок, являются толщина и пористость облицовочного слоя формы, кинетика затвердевания и охлаждения металла, состав газовой атмосферы, окружающей залитый блок. Уменьшение зернистости обсыпочного материала на первый слой формы с 0,315 мм до 0,2 мм увеличивает толщину облицовочного слоя примерно в 2 раза и на эту же величину снижает количество и размеры точечных дефектов и "просечки". Уменьшение продолжительности охлаждения металла в интервале температур 1733 - 1373°К до 3 минут или замена окислительной атмосферы на нейтральную или восстановительную исключает возникновение точечных дефектов на поверхности отливок любой массы (при естественных условиях охлаждения отливок с модулем охлаждения = $0,2 \times 10^{-2}$ м дефектов нет).

5. Эффективными способами получения качественной поверхности отливок является обдув форм аргоном, восстановительным газовым пламенем, засыпка залитых форм холодным песком, создание восстановительной атмосферы вокруг блоков за счет пиролиза парафина (при условии уменьшения зернистости материала на первый слой).

6. Причиной возникновения "просечки" на поверхности отливок при литье в шамотные формы без опорного наполнителя являются меньшая толщина и большая пористость облицовочного слоя формы из-за применения для его обсыпки шамота фракции 0,315 мм, а также окислительная атмосфера вокруг залитых блоков. Механизм образования "просечки" заключается в проникновении жидкого металла в поры формы за счет смачивания их окислами железа и укрупнения при взаимодействии последних с материалами формы. Основными путями предотвращения возникновения "просечки" являются: увеличение скорости кристаллизации залитого металла, уменьшение

зернистости обсыпочного материала на первый слой.

7. Опробованный в производственных условиях технологический процесс ЛВМ в шамотные керамические формы без опорного наполнителя позволяет уменьшить потери форм на 7% по сравнению с потерями кварцевых форм в опорном наполнителе, сокращает продолжительность прокалки форм на 6,5 часов. Экономический эффект внедрения данного технологического процесса в производство при выпуске 150 тонн годного литья в год составляет 20,6 тыс.рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Ежов В.А., Ермошин Д.А. Шамотные формы по выплавляемым моделям для литья сложных деталей. – ЛП, 1977, №3, с. 17-18.

2. Ежов В.А., Горлов Ю.П. Стойкость шамотных керамических форм. – ЛП, 1977, №10, с. 26.

3. Ежов В.А., Горлов Ю.П. Литье по выплавляемым моделям без опорного наполнителя. – ЛП, 1979, №9, с. 21-22.

4. Ежов В.А., Гини Э.Ч. Роль опорного наполнителя при литье в керамические формы по выплавляемым моделям. – ЛП, 1980, №6. с. 17-18.

5. А.с. 827238 (СССР). Способ изготовления керамических форм для стальных отливок / В.А. Ежов, Ю.П. Горлов – Опубл. в Б.И., 1981, №17.

6. Ежов В.А., Масленникова Г.Г., Гини Э.Ч. Влияние скорости охлаждения отливок на качество их поверхности. – ЛП, 1981, №4, с. 20-21.

7. Качество поверхности отливок при литье в шамотные формы по выплавляемым моделям без опорного наполнителя./ Ежов В.А., Гини Э.Ч., Горлов Ю.П. и др. – ЛП, 1981, №5, с. 17.

8. А.с. 925514 (СССР). Способ защиты поверхности стальных отливок от дефектов./ В.А.Ежов, Ю.В.Зенин, А.П.Рогачев – Опубл. в Б.И., 1982, №17.

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

ВЕ