

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»

О. В. Герасимова

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ
И СЕРТИФИКАЦИЯ**

ПРАКТИКУМ

**по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины
и технология литейного производства»
дневной формы обучения**

Гомель 2020

УДК 621.74.002:621.74(075.8)
ББК 34.3-823.2-21я73
Г37

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 11 от 22.11.2019 г.)*

Рецензент: зав. декана заоч. факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. Ю. А. Рудченко

Герасимова, О. В.

Г37 Управление качеством и сертификация : практикум по одной дисциплине для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» дневной формы обучения / О. В. Герасимова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – 32 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Изложена информация о литейных дефектах, возникающих при изготовлении отливок. Приведены практические рекомендации по способам идентификации дефектов и предотвращения их образования.

Для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» дневной формы обучения.

**УДК 621.74.002:621.74(075.8)
ББК 34.3-823.2-21я73**

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2020

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Изучение внешнего вида и причин возникновения дефектов поверхности

К дефектам поверхности отливок относятся: пригар, спаи, ужи-мины, вмятины, повреждения.

Пригар – прочно соединенный с поверхностью отливки слой формовочного материала, образовавшийся в результате взаимодействия металла отливки с материалом формы.

По механизму образования различают механический, химический и термический пригар. Разделение пригара на механический и химический до известной степени условно.

На границе металл-форма первоначально протекают химические реакции, продукты которых проникают в поры формы.

Механическим называется пригар, образующийся вследствие проникновения расплава в поры стенок формы или стержня, т. е. в пространство между зернами песка. В результате такого проникновения образуется металлический скелет, прочно удерживающий песчинки. Глубина проникновения расплава определяется величиной металлостатического напора, температурой при заливке, размерами пор между зернами песка. Последнее зависит от плотности набивки формы или стержня, зернового состава песка и качества противопригарного покрытия.

Механический пригар очень трудно отделить от отливки, поэтому его удаление сопряжено со значительными трудностями. По статистическим данным на очистку отливок от пригара затрачивается в среднем 12–15 % времени, необходимого для производства отливок.

Жидкий металл проникает в поры формы в результате действия капиллярных сил и металлостатического давления. Величина и направление капиллярных сил определяется поверхностным натяжением расплава на границе «металл–форма», и зависят от смачивания металлом зерен песка. Степень смачивания зависит от величины поверхностного натяжения сплава ($\sigma_{\text{фм}}$). Чем больше поверхностное натяжение, тем меньше смачивание, тем меньше глубина проникновения металла в поры формы. Поверхностное натяжение на границе «металл–форма» ($\sigma_{\text{фм}}$) зависит от содержания углерода в металле.

С увеличением содержания углерода поверхностное натяжение уменьшается, и металл интенсивнее проникает в поры формы. Сера,

фосфор и в меньшей степени кремний уменьшают поверхностное натяжение. Их влияние для серого чугуна показано на рис. 1.1.

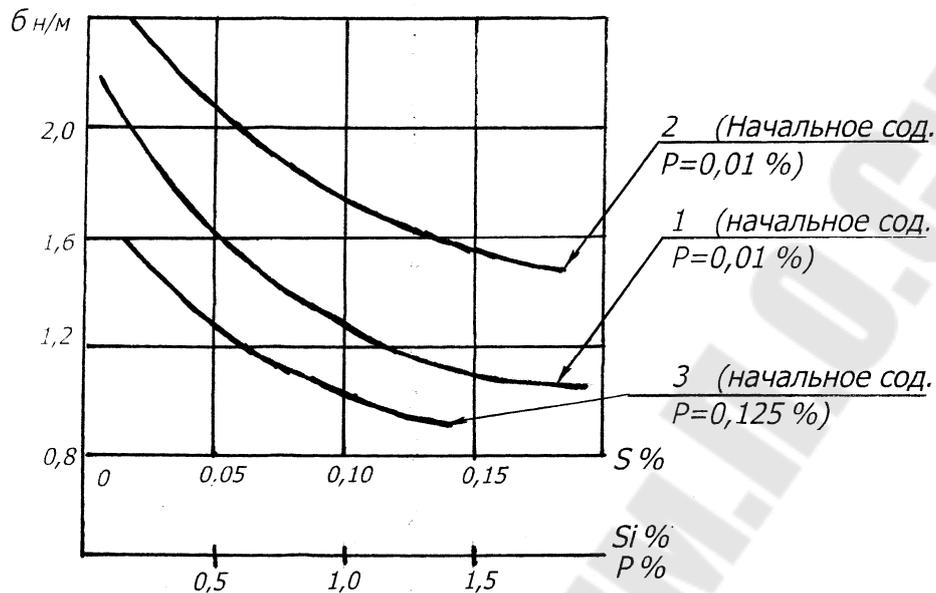


Рис. 1.1. Влияние серы (1), фосфора (2, 3) и кремния (4) на поверхностное натяжение ($\sigma_{\text{фм}}$) серого чугуна

Сера является нежелательной примесью в чугуне, поэтому ее содержание не должно превышать 0,12 %.

Резко снижается поверхностное натяжение в чугуне и стали, содержащих кислород. Хорошо раскисленная сталь имеет угол смачивания (α) 120–160.

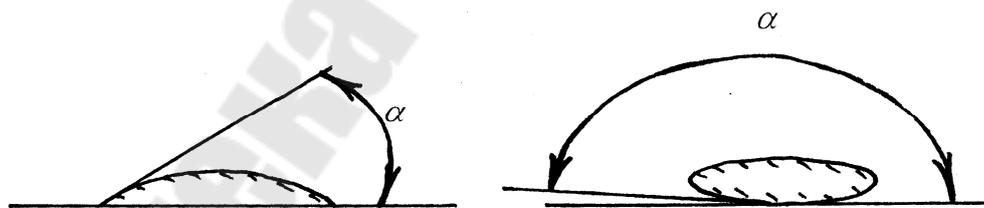


Рис. 1.2. Поверхностное натяжение в чугуне и стали

Окисленная сталь хорошо смачивает применяемые в производстве формовочные материалы и образует механический пригар.

Для предотвращения образования пригара необходимо создавать на границе «металл–форма» восстановительную атмосферу за счет неполного сгорания углеродосодержащих добавок. Механический пригар зависит от величины статического и динамического давления металла в форме.

Металлостатическое давление равно произведению высоты столба металла над зоной его проникновения в поры формы на плотность расплава. Плотность железоуглеродистых расплавов изменяется в узких пределах, поэтому главным, определяющим фактором является высота столба жидкого металла.

В зависимости от степени уплотнения форм существует максимально допустимое металлостатическое давление, с повышением которого резко увеличивается пригар.

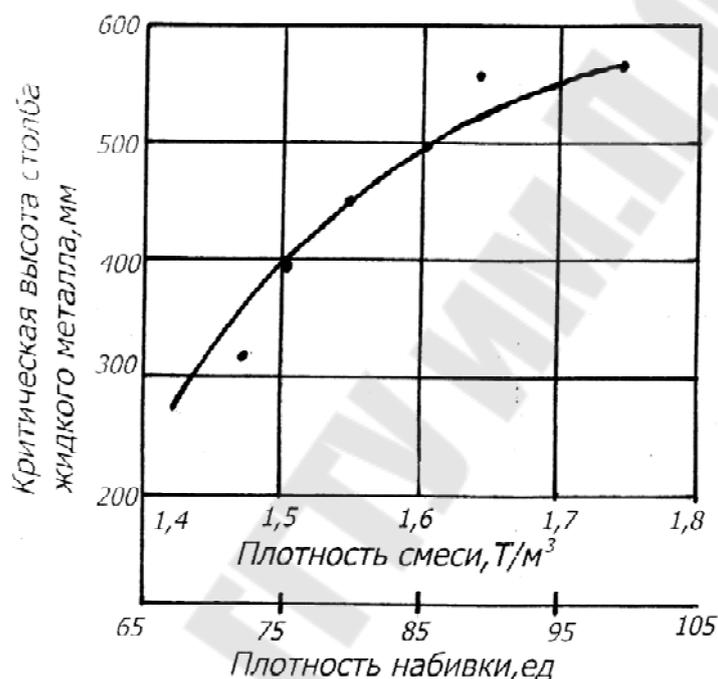


Рис. 1.3. Влияние уплотнения смеси в форме на критическую высоту столба жидкого металла

Во время заливки металла с высокой скоростью на стенки формы действует динамическое давление, которое приводит к проникновению расплава в поры формы.

Механический пригар зависит от размера пор между частицами формовочной смеси, которые, в свою очередь, зависят от зернистости песка, степени уплотнения, теплоаккумулирующих свойств материала формы и его огнеупорности.

Сокращение времени, в течение которого металл находится в форме в жидком состоянии – главный фактор уменьшения пригара. Для этого существуют 2 фактора: снижение температуры заливаемого металла и повышение теплопроводности смеси.

Теплопроводность смеси зависит от рода применяемого огнеупорного наполнителя. Смеси с цирконовым песком имеют захлаживающую способность на 20 % выше, чем с кварцевым. Теплопроводность хромитовой формы по сравнению с кварцево-глинистой в 5–7 раз выше.

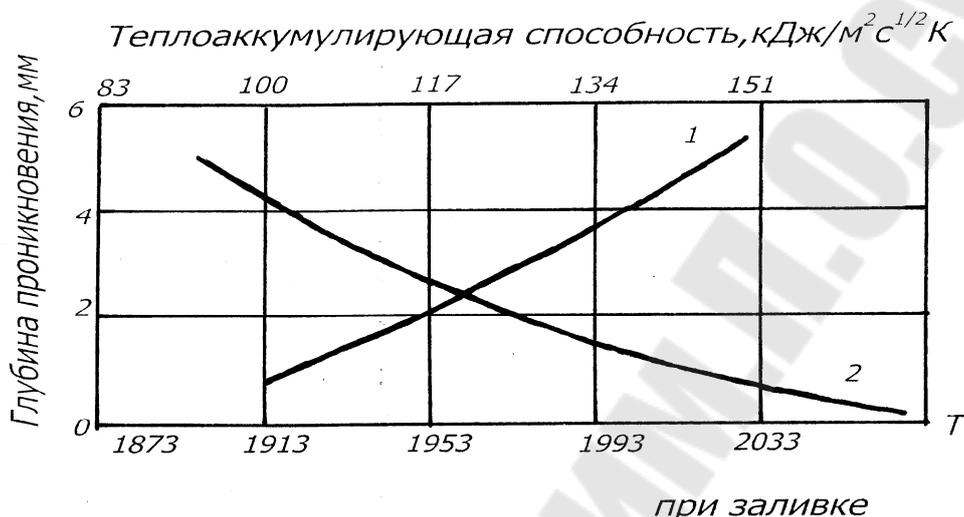


Рис. 1.4. Влияние температуры заливки (1) и теплоаккумулирующей способности смеси (2) на глубину проникновения металла в форму

Меры предотвращения механического пригара:

- а) применение песков с рассредоточенной зерновой структурой;
- б) достаточная плотность набивки, предотвращающая проникновение расплава в поры;
- в) выбор оптимальной температуры при заливке;
- г) качественное покрытие формы и стержней противопопригарными красками;
- д) применение материалов с высоким коэффициентом теплопроводности (циркон, хромистый железняк, хромомагнетит и др.).

На поверхности отливки, в зоне контакта расплава и материала формы, образуются силикаты железа $\text{Fe}(\text{SiO}_4)_3$, $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ с температурой плавления 1178°C , а также силикаты марганца $x\text{MnO} \cdot y\text{SiO}_2$.

Закись железа FeO , температура плавления которой составляет 1380°C , при температуре заливки находится в перегретом состоянии, и, следовательно, обладает повышенной жидкотекучестью и способностью проникать в поры формы. При этом FeO взаимодействует с мелкими зернами кварца, образуя силикаты и оплавливая поверхностный слой крупных зерен кварца. Пористость формы и глубина проникновения увеличиваются.

Схема образования химического пригара изображена на рис. 1.5.

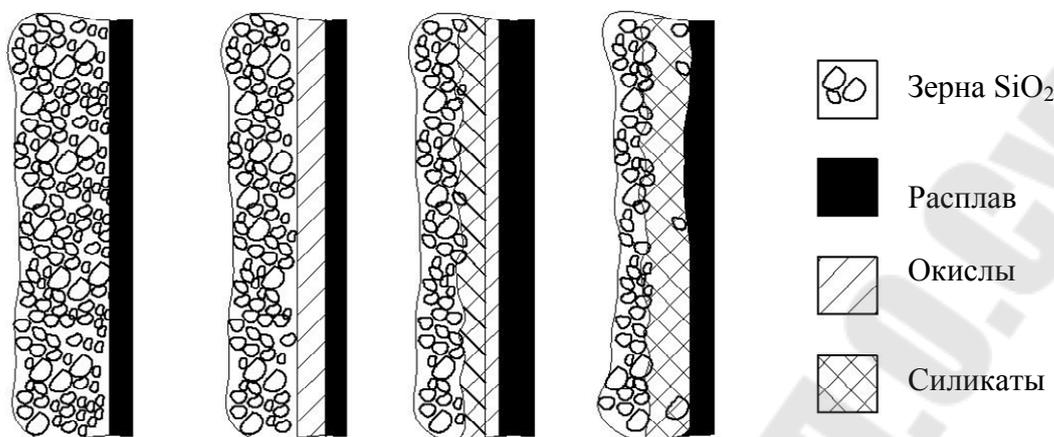


Рис. 1.5. Стадии образования химического пригара

Меры предупреждения химического пригара:

- раскисление металла;
- применение химически инертных формовочных материалов: хромистого железняка ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ с температурой плавления 2180°C), магнезита ($\text{MgO} \cdot \text{F}_2\text{O}_3$ с температурой плавления 1750°C).

Термический пригар. Кварцевые пески, состоящие в основном из зерен кварца (температура плавления 1713°C), содержат примеси, которые имеют более низкую температуру плавления, чем SiO_2 . Так смесь, состоящая из $94,5\%$ SiO_2 и $5,5\%$ Al_2O_3 , образует эвтектику с температурой плавления 1540°C . Если в смесь включить третий окисел FeO , то температура плавления снижается до 1140°C . Окислы Na_2O , K_2O , CaO , Fe_2O_3 неизменно присутствующие в песке, также снижают температуру его плавления. Они называются «плавнями». Чем меньше размер зерен песка, тем быстрее они прогреваются и при более низкой температуре оплавляются. Все эти факторы приводят к тому, что слой формы и стержня, непосредственно соприкасающийся с жидким металлом, оплавляется, образуя корку спекшегося формовочного материала. При очистке литья эта корка легко отделяется.

Меры предотвращения термического пригара:

- применение песков, очищенных от примесей (обогащенных);
- снижение содержания глины в смесях до минимума;
- применение формовочных материалов с высокой теплоаккумулирующей способностью;
- выбор оптимальной температуры расплава при заливке.

В реальных условиях все виды пригара присутствуют одновременно.

Спаи. Сквозные или поверхностные щели в теле отливки, образованные не слившимися потоками металла, называют спаями. Схематически спай показан на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Вид в разрезе сквозного и поверхностного спаев

Спаи образуются, главным образом, на тонких сечениях отливки или удаленных от питателя частях отливки, куда металл поступает окисленным и охлажденным. Дефекты обнаруживаются визуально, или при механической обработке. Спаи получаются при низкой жидкотекучести сплава.

Причиной образования спая может быть недостаточная скорость заполнения, особенно в тонких вертикальных стенках. Заливка прерывистой струей также может спровоцировать образование спаев, даже в толстых стенках отливки.

Если глубина спая меньше величины припуска на механическую обработку, отливка считается годной.

Причины образования спаев:

- а) низкая температура расплава при заливке;
- б) неправильное устройство литниковой системы (встречные потоки);
- в) низкая скорость заливки.

Ужимины. Ужиминами называются плоские наросты металла на поверхности отливок, отделенные от тела отливки прослойкой формовочного материала. Причина образования ужимин-отделение поверхностного слоя формы или стержня под воздействием высокой температуры и потока движущегося расплава в форме.

Механизм образования ужимин. При нагревании в кварце происходят аллотропические превращения по схеме: β -кварц ($573\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow α -кварц ($870\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow α -тридимит ($1470\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow α -кристобалит ($1713\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow плавленный кварц. Полиморфные превращения сопровождаются резким увеличением объема, особенно при $t = 870\text{ }^{\circ}\text{C}$ (до 15 %). При этом слои формы неизбежно деформируются и выпучиваются в сторону свободного пространства, т. е. в полость литейной формы.

Процесс образования дефектов от деформации литейной формы (его стадии) может быть схематично изображен следующим образом:

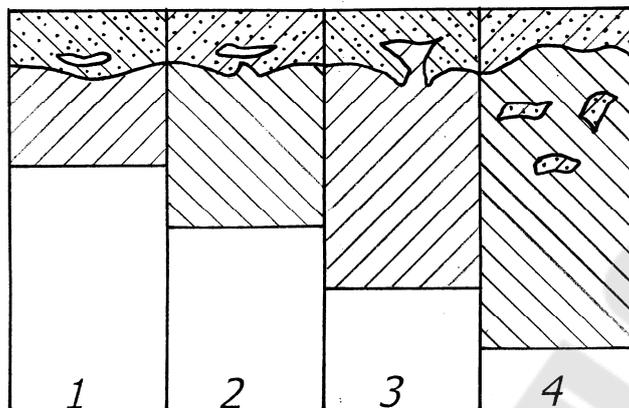


Рис. 1.7. Влияние продолжительности теплового воздействия зеркала металла на характер дефекта поверхности (1, 2, 3, 4 – стадии образования дефекта)

По мере прогрева слоя смеси части формы, ближе расположенные к жидкому металлу, уже перестают расширяться, а более глубоко лежащие слои продолжают расширяться и выдавливают наружные слои в сторону расплава. Наиболее опасны, с точки зрения образования ужимин, горизонтальные поверхности верхних полуформ, так как они более продолжительное время подвергаются тепловому воздействию от зеркала, поднимающегося в форме расплава.

Влияние газового режима литейной формы на образование ужимин. Образующиеся при заливке расплава в форме или стержне газ, содержит в своём составе водяные пары. При фильтрации газов через слои формы, вследствие её газопроницаемости, пары воды конденсируются на непрогретых слоях формы, тем самым создают переувлажнённый слой, обладающий низкой прочностью. Происходит разрушение (отслаивание) формы или стержня в этом месте. Механизм образования ужимины из-за конденсации влаги показаны на рис. 1.8.

Причины образования ужимин.

- а) недостаточная глубина просушки формы или стержня;
- б) низкая газопроницаемость смеси;
- в) неравномерное уплотнение формы или стержня, обуславливающее неравномерную прочность и газопроницаемость;
- г) неравномерное распределение огнеупорной глины в смеси (плохое перемешивание).

Меры предупреждения образования ужимин.

- а) просушка форм и стержней на достаточную глубину (регламентируется техпроцессом);
- б) достаточная линейная скорость заливки расплава в форму;
- в) повышение газопроницаемости смеси, создания направленного газового потока в стержне и в форме;
- г) увеличение времени перемешивания формовочной или стержневой смеси;
- д) применение предварительной декриптации (растрескивания) зерен песка путем нагрева их до температуры 650 °С.

Вмятины, забоины, повреждения получают при нарушении режима выбивки, очистки и транспортировки отливки.

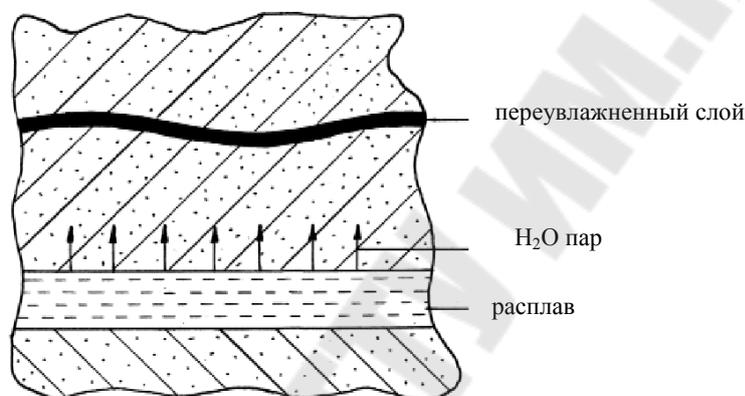


Рис. 1.8. Возникновение ужимин под влиянием низкой газопроницаемости и повышенной влажности формы

Методика проведения работы

Студентам предлагаются реальные отливки с дефектами, описанными в данном пособии.

Требуется:

- а) составить визуальные описания реальных дефектов, сделать эскизы;
- б) определить величину дефектов, их соотношение с размерами отливки;
- в) дать оценку возможности и трудоемкости исправления дефектов;
- г) указать предположительные причины возникновения дефектов на предложенных отливках;
- д) в выводах дать рекомендации по их предотвращению.

Отчет по работе должен содержать общее описание изучаемых дефектов и ответы по пунктам а, б, в, г, д.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Газовые и усадочные раковины в отливках. Причины возникновения, меры предупреждения

Усадочные раковины. Усадочными раковинами называются пустоты в теле отливки, образованные в результате объемной усадки металла в процессе его кристаллизации.

Различные сплавы имеют различную величину объемной усадки которая зависит от фазовых и структурных превращений, происходящих при кристаллизации. По данным исследований многих авторов объемная усадка для различных марок чугунов и сталей составляет величины, приведенные в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Наименование	Серый чугун С = 3,5–4,0 %	Серый чугун С = 3,0–3,25 %	Отбелен- ный чугун	Углероди- стая сталь
Усадка в жидком со- стоянии, %	2,2	2,4	0,25	2,72
Усадка при кристалли- зации, %	–1,5	1,8	5,5	4,5
Общая усадка, %	0,6	4,2	5,75	7,22
Количество металла требуемое для питания 100 кг отливки	0,7	4,4	6,1	7,90

Усадочные раковины образуются в тех местах отливки, которые затвердевают в последнюю очередь и которые лишены возможности получить дополнительное «питание», т. е. компенсацию уменьшающегося объема свежими порциями расплава. Это так называемые «тепловые узлы» отливки.

Чем больше перегрев расплава, тем больше величина усадочной раковины. Чем шире интервал кристаллизации сплава, тем больше и разветвленное усадочная раковина.

Поверхность усадочных раковин неровная, окисленная, если имел место доступ воздуха, и светлая у раковин без доступа воздуха.

Меры предупреждения образования усадочных раковин

- а) выбор оптимальной температуры расплава при заливке.
- б) улучшение технологичности конструкции отливки: Устранение тепловых узлов, создание направленного затвердевания. Пример

влияния сопряжения стенок отливки на возможность образования усадочной раковины показан на рис. 2.1.

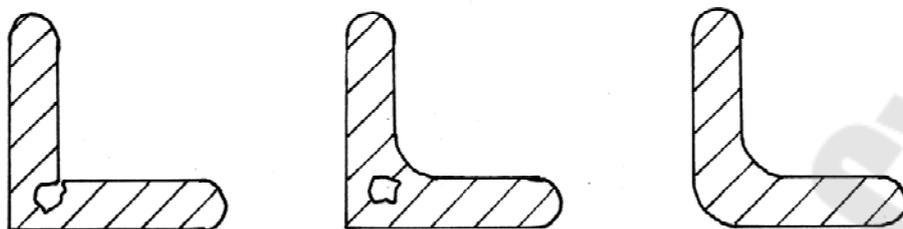


Рис. 2.1. Влияние формы сопряжения тела отливки на образование усадочных раковин

в) выравнивание скоростей кристаллизации в различных сечениях за счет применения принудительного охлаждения:

установка наружных и внутренних холодильников;

облицовка местного теплового узла (утолщений) высокотеплопроводными формовочными материалами. Пример предупреждения образования усадочной раковины с помощью холодильников показан на рис. 2.2.

г) правильный выбор размеров прибылей и элементов литниковой системы. Размеры сечений питателей должны быть меньше сечения места их подвода. При одинаковом или большем сечении питателя возможно образование усадочных раковин в месте сочленения.

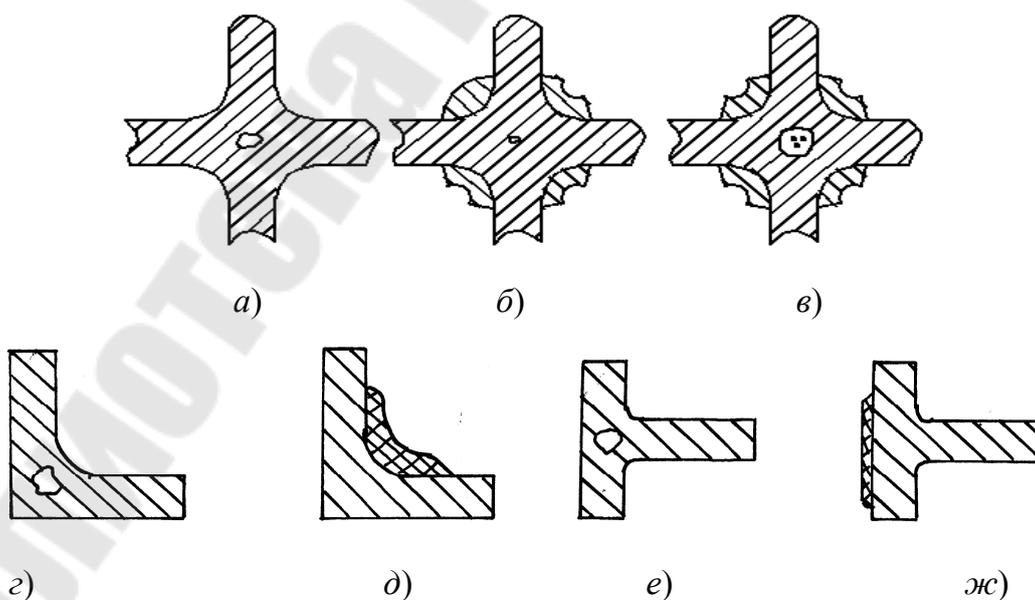
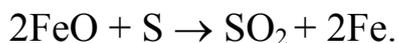
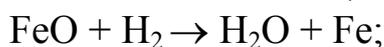
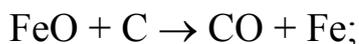


Рис. 2.2. Влияние установки наружных и внутренних холодильников на образование усадочных раковин в узлах отливки

Газовые раковины. Газовыми раковинами называют открытые (наружные) или закрытые (внутренние) пустоты в теле отливки, образовавшиеся вследствие попадания в расплав газов извне, или газов металлургического происхождения и оставшихся в теле отливки после ее затвердевания.

В отличие от усадочных раковин газовые раковины имеют гладкую поверхность и форму правильной или деформированной шаровой полости. Раковины металлургического происхождения – это газы, растворенные в расплаве по ходу плавки (водород, азот), или выделенные в результате химических реакций между отдельными составляющими сплава:



Оксид углерода CO практически не растворяется в металле и образует в нем полости, в которые диффундирует часть растворенных при плавке в металле газов, – азота и водорода. Содержание в металле [H, O, N] зависит от технологии плавки и типа плавильных агрегатов. Так, количество растворенных в металле газов растет:

индукционная печь → вагранка с подогревом воздуха → вагранка без подогрева воздуха.

Эти раковины имеют блестящую поверхность. Располагаются, как правило, в подкорковом слое или внутри тела отливки, равномерно по всему сечению.

Раковины внешнего происхождения (инжекция воздуха при заливке, выделение газов формовочными материалами, присутствие ржавчины на холодильниках и жеребейках и т. п.) имеют темную, окисленную поверхность. Располагаются в непосредственной близости от источника газовой выделенной.

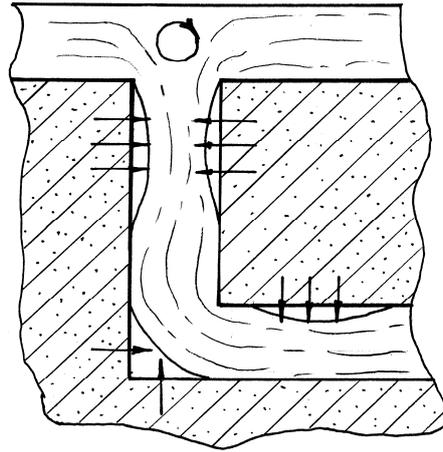


Рис. 2.3. Инжекция воздуха струей жидкого металла при заливке

При резких поворотах в каналах литниково-питающей системы происходит отрыв струи металла от стенки канала. В этом месте создается разрежение, происходит подсос газов из массы формовочной смеси.

Меры предупреждения газовых раковин.

- а) хорошее раскисление металла;
- б) использование формовочных материалов с низкой газотворностью и высокой газопроницаемостью;
- в) тщательная сушка форм и стержней;
- г) правильное устройство литниковой системы (отсутствие инжекции воздуха при заливке).

Усадочно-газовые раковины.

Эти раковины образуются при совместном действии усадочных явлений и выделении газа. Как правило, это происходит на острых кромках формы или стержня, с двух сторон, омываемых расплавом. Пример образования названных раковин показан на рис. 2.4.

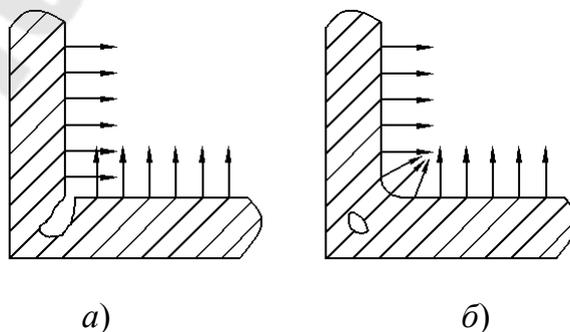


Рис. 2.4. Схема образования зон перегрева и образования усадочно-газовой раковины при разных вариантах сопряжения стенок отливки

При наличии острого угла перехода между стенками отливки (рис 2.4, вариант «а») создаются условия для перегрева этой части формы и усиленного газовыделения. Отвод тепла, а, следовательно, кристаллизация расплава замедлены. Под воздействием вакуума, образующегося внутри усадочной раковины, происходит инжекция (подсос) газов из формы через не прочную не затвердевшую корочку металла в месте острой кромки. Объем усадочной раковины увеличивается.

Усадочно-газовая раковина всегда открыта наружу и имеет темную окисленную поверхность.

Устройство плавных переходов (галтелей) в местах острых углов (рис. 2.4, вариант «б») делает более благоприятные условия кристаллизации расплава, а также отвода выделяющихся из формы газов.

Тепловой поток в варианте «б» более благоприятен с точки зрения предотвращения газовыделения из формы.

Меры предупреждения усадочно-газовых раковин.

- а) выполнение галтелей в местах острых кромок
- б) применении смесей с минимальной газотворностью
- в) правильная вентиляция форм и стержней
- г) правильное питание тепловых узлов отливки(применение повышенного атмосферного давления).

Методика проведения работы

Студентам предлагаются реальные отливки с дефектами, описанными в данной работе.

Требуется:

- а) составить описание дефектов с указанием характерных признаков;
- б) сделать эскизы отливок с указанием дефектных мест и объяснением места их расположения;
- в) дать оценку возможности и трудоемкости исправления, указать способ исправления;
- г) указать предположительные причины возникновения дефектов;
- д) дать рекомендации по их предотвращению.

Отчет по данной работе должен содержать общее описание изучаемых дефектов и ответы по пунктам а, б, в, г, д.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Трещины в отливках.

Причины возникновения, меры предупреждения

Трещина – это разрыв сплошности тела отливки под воздействием напряжений в тех местах, где эти напряжения превысили предел прочности сплава при данной температуре.

Если разрыв происходит в момент, когда металл находится в пластическом состоянии, трещина называется «горячей», а в упругом состоянии – «холодной».

Напряжения в отливках возникают по разным причинам.

Различают термические (температурные) напряжения, механические (усадочные), напряжения и фазовые (структурные).

Термические напряжения в отливках возникают вследствие неравномерности поперечных сечений различных частей отливки; высокой температуры сплава при заливке; одностороннего чрезмерного разогрева при неправильном подводе металла в форму.

Механические напряжения возникают в отливках вследствие затрудненной усадки («жесткая» конструкция отливки; низкая податливость форм и стержней).

Фазовые напряжения возникают при структурных превращениях, сопровождающихся резким изменением объема, что в свою очередь зависит от природы сплава и соблюдения режима термообработки. Опасность возникновения напряжений и трещин возрастает при наличии в конструкции отливки резких переходов от тонких сечений к толстым, острых без скруглений углов в местах перехода; плохое раскисление металла; сильный пригар, особенно на развитых плоских поверхностях.

Иллюстрацией возникновения напряжений и, как следствие трещин служит рамная конструкция для определения величины этих напряжений (рис. 3.1).

Рама состоит из тонких прутков I, более толстого II и поперечин среднего сечения III (рис. 3.1, а).

При охлаждении рамки после заливки пруток II, имеется более толстое сечение дольше находится в пластическом состоянии.

Прутки I, затвердевая быстрее, оказывают на пруток II сжимающие усилия. В этот период напряжений не возникает, так как II пруток находится в пластическом состоянии. Когда же прутки I

затвердеют и перейдут в упругое состояние, в прутке II будет продолжаться процесс кристаллизации и усадки, оказывая на прутки I сжимающие усилия. Прутки I будут упруго изгибаться, оказывая в свою очередь, на пруток II растягивающие усилия (рис. 3.1, б). При этом может произойти разрыв прутка II в тех местах, где сплав еще не приобрел достаточной прочности, т.е. в местах «тепловых узлов».

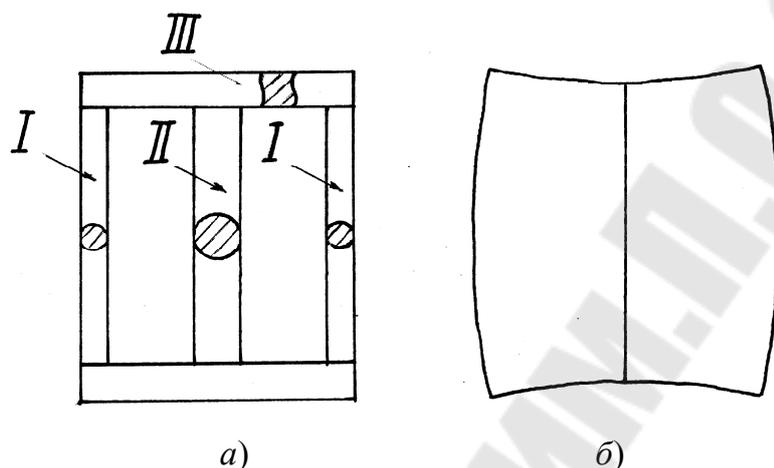


Рис. 3.1. Рамная конструкция

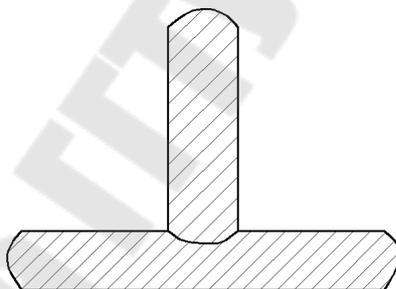


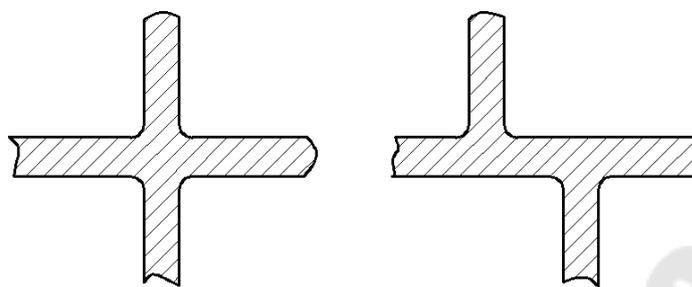
Рис. 3.2

Этот разрыв относится к «горячей» трещине, т.к. образование их происходит при достаточно высоких температурах (1360 ... 1300 °С) и разрыв происходит по границам зерен, то они имеют характерную крупнозернистую, окисленную поверхность, извилистую форму. Холодные трещины возникают под воздействием упругих напряжений, т. е. после окончательного затвердевания, как правило, в тонких частях отливки.

Они имеют ровную форму, мелкозернистую блестящую поверхность. Наиболее опасным интервалом для Fe-C сплавов является область «синеломкости» (t° –265 ... 190 °С), область образования холодных трещин.

Меры предупреждения образования трещин в отливках

1. Улучшение технологичности конструкции отливки.



не правильно

правильно

Рис. 3.3. Способы пересечения стенок отливок

2. Технологические мероприятия.

- а) выполнение достаточных радиусов перехода от толстых сечений к тонким, в местах подвода питателей и установки прибылей;
- б) установка холодильников (внутренних и наружных) в тепловых узлах;
- в) повышение податливости форм и стержней;
- г) устройство усадочных ребер;
- д) термообработка для снятия напряжений.

Методика проведения работы

Студентам предлагаются реальные отливки с дефектами, описанными в данной работе.

Требуется:

- а) составить описание дефектов с указанием характерных признаков;
- б) сделать эскизы отливок с указанием дефектных мест и объяснением места их расположения;
- в) дать оценку возможности и трудоемкости исправления, указать способ исправления;
- г) указать предположительные причины возникновения дефектов;
- д) дать рекомендации по их предотвращению.

Отчет по данной работе должен содержать общее описание изучаемых дефектов и ответы по пунктам а, б, в, г, д.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Включения в отливках. Шлаковые и песочные раковины. Причины возникновения, меры предупреждения.

Шлаковыми называют включения, имеющие вид и состав шлака. Чаще всего шлаковые включения расположены в верхних частях отливок или на их поверхности. Оставшиеся после удаления шлака полости в теле отливки могут иметь гладкую или шероховатую поверхность с неровными краями.

В зависимости от причин образования встречаются:

- отдельные, изолированные открытые включения разнообразных размеров и конфигурации;
- включения, обнаруживаемые в теле отливки и имеющие выход к поверхности в виде небольшого отверстия;
- рассеянные включения, расположенные на поверхности отливки в виде сыпи, и т. д.

Шлаковые включения в большинстве случаев серого цвета различных оттенков.

Основная причина образования шлаковых включений – проникновение шлака вместе с расплавом в рабочую полость литейной формы. Возможность такого проникновения определяется количеством и природой шлаковых включений в расплаве, а также надежностью технологических приемов, предотвращающих их попадание в отливку. Шлак попадает в расплав обычно при механическом перемешивании его с расплавом в процессе плавки и при выпуске из плавильного агрегата. Вследствие меньшего удельного веса шлаковые частицы в расплаве стремятся укрупниться и всплыть на поверхность. Однако при недостаточной выдержке металла в ковше перед заливкой, что наблюдается в массовом и серийном производстве, шлаковые частицы не успевают всплыть и могут попасть в форму вместе со сплавом.

Очень мелкие шлаковые частицы, образующиеся вследствие физико-химических реакций в расплаве, обычно не приводят к образованию существенных дефектов. Так, мелкие и тонкостенные отливки затвердевают значительно раньше, чем эти частицы успеют всплыть и укрупниться. Однако в крупных и медленно охлаждающихся отливках, особенно при недостаточной выдержке расплава в ковше, они могут укрупниться и всплыть к окончанию затвердевания. В таких

случаях в отливках образуется большое количество мелких подкорковых шлаковых включений.

При отливке деталей из чугуна с шаровидным графитом, модифицированного магнием, в них обнаруживаются шлаковые включения в виде черных пятен. Исследования показали, что такие включения состоят из соединений магния с серой и кислородом и располагаются на горизонтальных поверхностях отливок, в верхних частях или под стержнями. С увеличением содержания серы до 0,08–0,12 % количество черных пятен сильно возрастает.

Способы предотвращения шлаковых включений. Основные способы предотвращения шлаковых включений в отливках можно разделить на две группы: способы, направленные на наиболее полное отделение шлака в процессе плавки и подготовки расплава к заливке, и способы, обеспечивающие задержку шлака в литниковой системе за счет применения специальных элементов и приспособлений, а также выбора соответствующих сечений ее составных частей.

В производственных условиях практически исключается возможность длительной выдержки жидкого металла в ковшах, поэтому большое значение имеет повышение температуры перегрева и понижение вязкости шлака. При низкой вязкости шлака его частицы легко укрупняются и всплывают, захватывая по пути мельчайшие частицы других неметаллических включений. Последние из-за ничтожно малых скоростей подъема самостоятельно всплывать не успевают.

Таким образом, для предотвращения возможности образования шлаковых включений процесс шлакообразования и вязкость шлака следует регулировать в процессе плавки путем подбора и строгой дозировки флюса соответствующего состава. Вязкость шлака необходимо периодически контролировать.

При выпуске металла из плавильного агрегата следует исключить возможность попадания шлака вместе с металлом. Это достигается применением копытника в вагранках, установкой на желобах специальных шлакоотделителей, например, типа сифонов и т. д. Шлак, образующийся на поверхности расплава в ковше, следует счищать железными или деревянными скребками. Удаление шлака в этом случае облегчается при повышении его вязкости путем присыпки чистым и сухим кварцевым песком. Шлак, приставший к стенкам ковша, должен быть удален перед заливкой в него расплава. Возможность попадания шлака в полость литейной формы существенно уменьшает применение стопорных, чайниковых и сифонных ковшей.

Установка шлакоуловителей позволяет отделить расплав от шлака вследствие разности их удельных весов. Эффективность задержки шлака зависит также от правильности подбора размеров и соотношений площадей сечения отдельных элементов литниковой системы. Литниковая система должна быть построена таким образом, чтобы частицы шлака, попадающие вместе с металлом из ковша, и крупные частицы формовочной смеси, отделяющиеся от стенок ее каналов, были задержаны и не попали в полость формы.

Для обеспечения возможно более быстрого заполнения литниковой системы и всплывания шлаковых частиц необходимо последовательно увеличивать площади сечения элементов от питателей к стояку. Для уменьшения скорости движения расплава на выходе из питателей в цветном и стальном литье считают полезным их делать с плавным расширением.

Наиболее распространено применение следующих литниковых систем:

а) тормозящих, в которых литниковый ход состоит из двух или более колен, располагающихся в различных половинах формы и направленных под углом друг к другу (рис. 4.1, *a*);

б) дроссельных, в которых между стояком и питателем предусматриваются узкие щелевидные каналы, обеспечивающие спокойный вход металла в форму (рис. 4.1, *б*);

в) с центробежными шлакоуловителями, применение их позволяет значительно уменьшить брак по шлаковым включениям (рис. 4.1, *в*);

г) дождевые, в которых стояк соединяется с кольцевым шлакоуловителем, расплав из последнего поступает в полость формы через цилиндрические или щелевидные питатели (рис. 4.1, *г*);

д) сифонные, обеспечивающие подачу металла в форму на одном или нескольких уровнях (рис. 4.1, *д*).

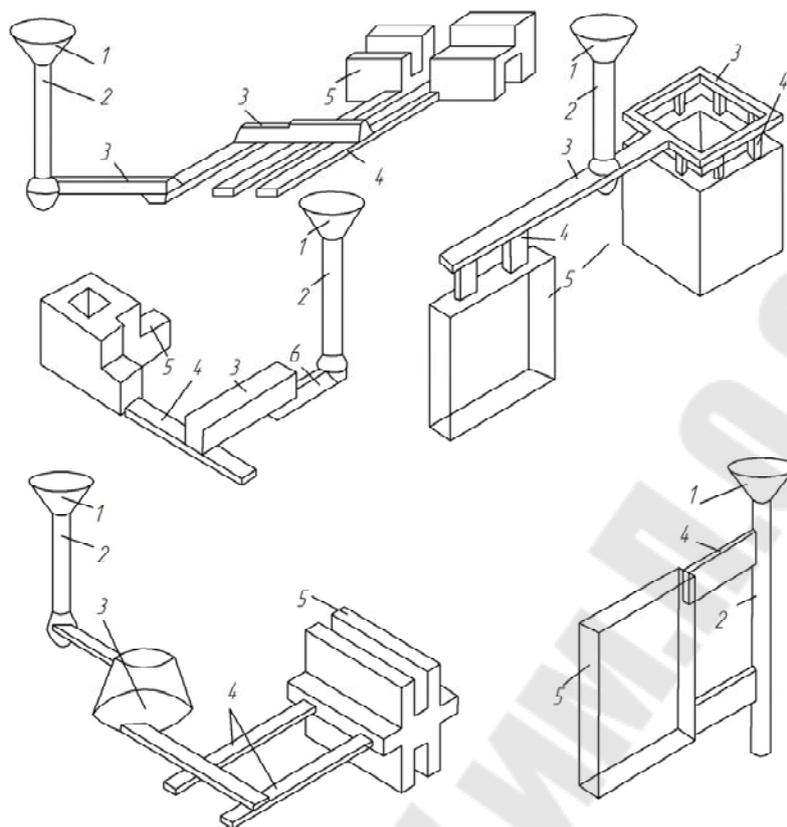


Рис. 4.1. Схемы литниковых систем:
а – тормозящая; *б* – дроссельная; *в* – с центробежным
шлакоуловителем; *г* – дождевая; *д* – сифонная (двухъярусная);
1 – литниковая чаша; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель;
4 – питатели; 5 – отливка; 6 – дроссель

Под песчаными включениями понимают открытые (наружные) или закрытые (внутренние) полости в теле отливки, полностью или частично заполненные формовочным или стержневым материалом. В большинстве случаев песчаные включения являются следствием других дефектов, вызванных разрушением рабочей полости формы и приводящих к образованию приливов.

Песчаные включения как самостоятельные дефекты образуются при разрушении (размыве) каналов литниковой системы. Они располагаются чаще всего в верхних частях отливки или на ее поверхности. В сложных разветвленных отливках, с большим количеством стержней их можно обнаруживать и в других местах. Размеры, количество и расположение песчаных включений зависят от характера разрушения или засорения формы, а также от степени последующего раздробления смытых кусочков формы или стержней.

Поверхность литниковых каналов разрушается в том случае, если прочность формовочной смеси, определяемая связью ее частиц между собой, недостаточна для сопротивления давлению и размывающему действию движущегося расплавленного металла. Поскольку весь поступающий в форму жидкий металл обязательно проходит через литниковую систему, эти участки формы находятся в очень тяжелых условиях. Формовочная смесь здесь интенсивно прогревается, имеющиеся в ней связующие разрушаются, что способствует отрыву частиц песка расплавленным металлом. Наиболее часто литниковые каналы разрушаются в местах, где скорость движения струи металла наибольшая, например в зоне пережима струи металла, в дросселях и т. д. В этих местах образуются металлические приливы, всегда заполненные песком, а в отливке на некотором удалении от питателей обычно обнаруживаются включения.

Природные глинистые формовочные смеси способствуют усилению размыва формы, а следовательно, увеличению количества песчаных включений. Образование песчаных включений зависит от конструкции и тщательности выполнения литниковой системы. Например, при расположении стояка над питателем размывание формы увеличивается, при наличии зумпфа (металлоприемника) под стояком смягчается удар струи металла и значительно уменьшается ее размывающее действие. Усилению размывания литниковых каналов способствует повышение температуры заливаемого сплава, увеличение длительности заполнения формы и, следовательно, увеличение длительности теплового и механического воздействия на нее жидкого металла, прерывистая заливка и удары металла о стенки литниковых каналов и т. д.

В процессе заливки формы в наиболее неблагоприятных условиях находятся поверхности литниковой чаши (воронки) и стояка (особенно у стыка стояка с воронкой). Если диаметр отверстия воронки больше верхнего диаметра стояка или оси обоих отверстий не совпадают, то кромки стояка могут быть смыты металлом и в отливке образуются песчаные включения. В то же время на отливках могут отсутствовать следы каких-либо повреждений формы.

Источником песчаных включений в отливках могут быть также различные дефекты, главным образом ужимины, возникающие в элементах литниковой системы и прибылях. При исследовании причин появления песчаных включений в отливках гильз цилиндров грузового автомобиля были обнаружены ужимины на питателях и питающих

бобышках. Возникающие при образовании этих дефектов высохшие корочки формовочной смеси смывались потоком металла в рабочую полость формы и приводили к образованию в отливке песчаных включений. Исключение этих дефектов позволило существенно снизить брак по песчаным включениям. Появление песчаных включений возможно из-за небрежностей и нарушения технологии при изготовлении литейной формы. К таким причинам можно отнести попадание формовочной смеси в полость формы при ее сборке и спаривании через литниковую чашу или воронку, отсутствие обдува формы сжатым воздухом или отсоса из нее посторонних частиц, попадание формовочной смеси в форму через стояк при обдуве соседних форм и т. д.

Способы предотвращения песчаных включений. Для предотвращения образования песчаных включений следует повышать механическую прочность материала формы. Это достигается увеличением степени уплотнения формовочной смеси, введением в нее достаточного количества глины или бентонита. Компоненты формовочной смеси должны быть хорошо перемешаны.

Образование рассматриваемых дефектов уменьшается при окрашивании литниковой системы, в частности, цирконовой краской, и ее проशीливанием.

Особое внимание должно быть уделено конструированию и тщательному выполнению элементов литниковой системы. В ней не должно быть острых углов и резких поворотов, отдельные ее элементы должны плавно сопрягаться и иметь соответствующие радиусы закругления и галтели. В отдельных случаях для выполнения литниковых каналов рекомендуется применять формовочные смеси повышенной прочности. В основании стояка необходимо предусматривать достаточно глубокие зумпфы, а иногда и специальные стержни. При заливке стали в основание стояка иногда укладывают шамотный кирпич. Такими же кирпичами рекомендуется перекрывать и тупиковые части набираемых из шамотных изделий литниковых ходов крупных стальных отливок.

Необходимо предотвратить образование дефектов в литниковой системе. Так, для ликвидации ужимин полезно выполнять на отдельных ее элементах противоужиминную сетку.

Конструкция литниковой системы должна обеспечивать улавливание частичек формовочной смеси, попавшей в расплав при разрушении литниковой воронки и стояка. С этой целью рекомендуется устанавливать под стояком фильтровальную сетку. При необходимости

можно применять сухие литниковые чаши. Следует обеспечивать минимальную высоту падения струи расплава при заливке, так как при ее увеличении размывающее действие увеличивается и количество песчаных включений резко возрастает.

Для предотвращения песчаных включений большое значение имеет тщательное соблюдение технологии. Должна быть исключена возможность попадания формовочной смеси в форму при ее сборке, транспортировке и выдерживании перед заливкой. Формы должны быть тщательно продуты сжатым воздухом или очищены путем отсоса. Литниковые воронки и чаши до заливки по возможности должны быть прикрыты кусками фанеры, жести или специальными крышками.

Методика проведения работы

Студентам предлагаются реальные отливки с дефектами, описанными в данной работе.

Требуется:

- а) составить описание дефектов с указанием характерных признаков;
- б) сделать эскизы отливок с указанием дефектных мест и объяснением места их расположения;
- в) дать оценку возможности и трудоемкости исправления, указать способ исправления;
- г) указать предположительные причины возникновения дефектов;
- д) дать рекомендации по их предотвращению.

Отчет по данной работе должен содержать общее описание изучаемых дефектов и ответы по пунктам а, б, в, г, д.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Дефекты несоответствия формы и размеров отливок. Причины возникновения, меры предупреждения

К этой группе дефектов относятся: недолив, перекос, залив, распор, коробление, механические повреждения, несоответствие размеров, несоответствие веса.

Недолив. Недолив – это неполное образование формы отливки, возникшее в результате недостаточного заполнения полости формы или вытекания расплава из формы.

Причинами образования недолива могут быть: низкая температура расплава, недостаточное количества его в ковше, уход по разьему формы или вниз, неправильная или недостаточная вентиляция формы.

В зависимости от причины образования недолива дефектные отливки имеют различный внешний вид.

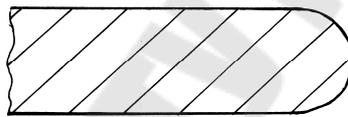


Рис. 5.1. Форма внешней или передней кромки отливки при низкой температуре расплава

Как правило, поверхность отливки чистая без пригара.

При недостаточном количестве расплава отливка может иметь как острые кромки (горячий расплав), так и закругленные (холодный расплав). Но почти всегда можно обнаружить наличие шлака в стояке или в отливке.

При аварийном уходе металла по разьему формы, или вниз у отливки имеется прилив (нарост), не предусмотренный чертежом в том месте, где произошел уход.

При неправильной вентиляции форм в верхних или боковых частях отливки (приливы, бобышки и т. п.), из которых нет естественного выхода газов при заполнении формы расплавом, образуются воздушные ‘подушки’, препятствующие полному заполнению этих частей формы. Иллюстрацией сказанному служит рис. 5.2, места ‘1’ и ‘2’.

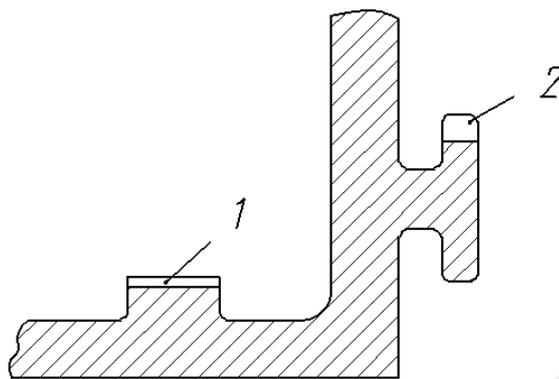


Рис. 5.2. В местах '1' и '2' возможно образование недоливов

Перекас. Перекасом называется сдвиг одной части отливки относительно другой, как правило, по разъему формы. Сечение тела отливки в месте перекаса показано на рис. 5.3.

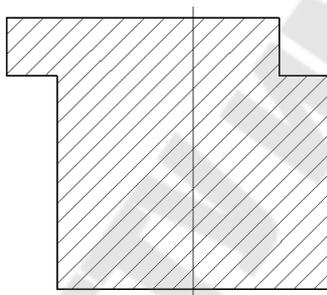


Рис. 5.3. Сдвиг одной части отливки относительно другой по линии разъема

Причины образования перекаса: неправильный монтаж модели на подмодельных плитах, изношенная оснастка (направляющие втулки опок и штыри подмодельных плит), небрежная сборка. Если причину недолива можно определить путем внешнего осмотра, то причину перекаса можно установить только после проверки модельного комплекта, а также контрольного перекрытия форм.

Залив. Заливом называется выступ на теле отливки, образованный в месте разъема формы, вдоль знака стержней.

Причины образования:

- а) неправильно назначенные или выполненные сборочные зазоры;
- б) небрежная сборка (недостаточное кол-во жеребеек, плохо закрепленные полуформы, неправильно выбран вес груза).

Причина образования может быть установлена проверкой модельного комплекта и проведением контрольной сборки формы (перекрытие с использованием «маячков» из сырой глины).

Распор. Распором называются местные утолщения отливки, не предусмотренные чертежом.

Причины образования:

а) наличие местных недостаточно уплотненных участков на поверхности формы.

б) большое металлостатическое давление.

Как правило, в местах распора или подутия образуется слой пригара, возможно образование песочных включений из-за размыва поверхности формы.

Этот дефект приводит к увеличению припуска на механическую обработку или необходимость введения обработки поверхностей.

Обрабатываемость мест распора ухудшается из-за неравномерности нагрузки на режущую кромку инструмента.

Коробление. Коробление – изменение формы отливки во время затвердевания и охлаждения из-за внутренних напряжений.

Величина напряжений зависит от:

а) величины усадки сплава.

б) температуры расплава при заливке.

в) разности скорости охлаждения связанных между собой частей отливки.

г) размеров поперечных сечений этих частей.

д) податливости форм и стержней.

Короблению в большей степени подвержены отливки из сплавов с большой объемной и линейной усадкой.

Зависимость коробления от неравномерности сечений отливки показана на рис. 5.4, 5.5.

Вследствие более быстрого охлаждения тонких стенок усадка в них заканчивается раньше, чем в толстых. Продолжающаяся усадка утолщенной части изгибает отливку. Прогиб происходит в сторону тонкого сечения, вогнутость в сторону более толстого.

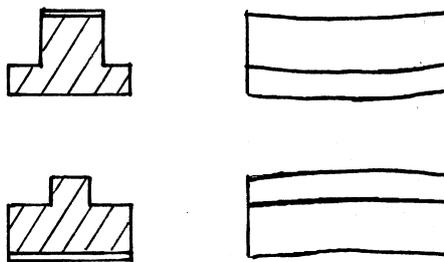


Рис. 5.4. Пример коробления отливки разностенного бруса

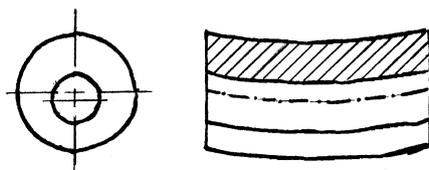


Рис. 5.5. Пример коробления эксцентрической трубы

Вследствие более быстрого охлаждения тонких стенок усадка в них заканчивается раньше, чем в толстых. Продолжающаяся усадка утолщенной части изгибает отливку. Прогиб происходит в сторону тонкого сечения, вогнутость в сторону более толстого.

Аналогичное явление наблюдается при больших местных перегревах равного сечения отливки (рис. 5.6).

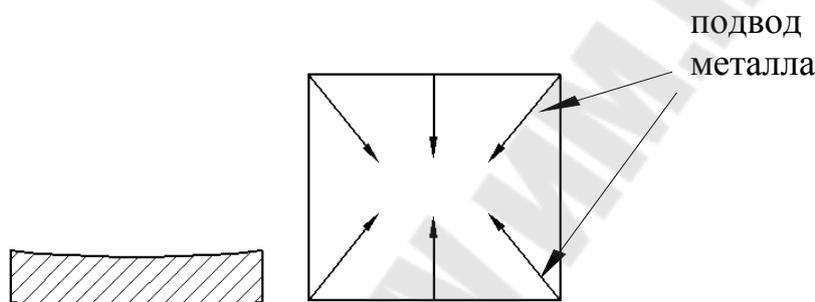


Рис. 5.6. Схема коробления плиты равного сечения из-за местного перегрева

При подводе металла снизу в центральную часть плоской равноугловой плиты происходит местный перегрев и неравномерное охлаждение отливки. Как следствие этого возникает коробление.

Модели крупногабаритных отливок, имеющих склонность к короблению (плиты, станины крупных станков и т. п.), для компенсации коробления выполняются с обратным прогибом. Для снятия напряжений и вызванного ими коробления отливки подвергаются отжигу при температуре 500–600 °С в течение 2–3 ч. При этом снимается до 70 % напряжений без изменения показателей прочности.

Несоответствие размеров и веса – это превышение отклонений размеров и веса, регламентируемых ГОСТ 26645–85 для чугунного литья и для стального литья.

Причины возникновения несоответствия размеров и веса отливок:

- а) неправильно изготовлена модель;
- б) неправильно задана величина литейной усадки;
- в) нарушены размеры тел отливки при сборке форм.

Методика проведения работы

Студентам предлагаются отливки с дефектами, описанными в данной работе.

Требуется:

- а) составить описание дефектов с указанием характерных признаков;
- б) сделать эскизы отливок с указанием дефектных мест и объяснением места их расположения;
- в) дать оценку возможности и трудоемкости исправления, указать способ исправления;
- г) указать предположительные причины возникновения дефектов;
- д) дать рекомендации по их предотвращению.

Содержание отчета:

Отчет по данной работе должен содержать общее описание изучаемых дефектов и ответы по пунктам а, б, в, г, д.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Голубев, Ю. Н. Обеспечение качества отливок: (организационно-экономические методы) / Ю. Н. Голубев. – Ленинград : Машиностроение, 1981. – 238 с.
2. Лифиц, И. М. Основы стандартизации, метрологии, сертификации: учебник для вузов / И. М. Лифиц. – М. : Юрайт, 2000. – 284 с.
3. Ткаченко, С. С. Брак литья, его предупреждение и исправление / С. С. Ткаченко ; под общ. ред. А. М. Липницкого. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Машиностроение, 1982. – 56 с. : ил.
4. Басовский, Л. Е. Управление качеством: учебник / Л. Е. Басовский, В. Б. Протасьев. - Москва: ИНФРА-М, 2000. - 212 с.

Дополнительная литература

5. Серов, Ю. В. Метрологическое обеспечение технологических процессов черной металлургии (метрология и информатика) : справочник : в 2 кн. – М. : Металлургия, 1993. – 271с. : ил.
6. Воздвиженский, В. М. Контроль качества отливок: учеб. пособие для вузов / В. М. Воздвиженский, А. А. Жуков, В. К. Бастратов. – М. : Машиностроение, 1990. – 237 с.
7. Иванов, В. С. Контроль качества продукции в машиностроении / В. С. Иванов. – М. : Машиностроение, 1990. – 97 с.
8. Контроль качества продукции в машиностроении: учеб. пособие / Под ред. А. Э. Артеса. – М. : Изд-во стандартов, 1980 – 271 с.
9. Стандартизация и управление качеством продукции: учебник / под ред. В. А. Швандара. – Москва: ЮНИТИ, 2001. – 487 с.
10. Мазур, И. И. Управление качеством : учеб. пособие / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро. – 3-е изд. – М. : Омега-Л, 2006. – 400 с. – (Высшая школа менеджмента)
11. Немененок, Б. М. Управление качеством продукции металлургического производства : учебно-методическое пособие / Б. М. Немененок, И. В. Рафальский, Г. А. Румянцева. – Минск : БНТУ, 2009. – 84 с.

Содержание

Практическая работа № 1. Изучение внешнего вида и причин возникновения дефектов поверхности.....	3
Практическая работа № 2. Газовые и усадочные раковины в отливках. Причины возникновения, меры предупреждения.....	11
Практическая работа № 3. Трещины в отливках. Причины возникновения, меры предупреждения.....	16
Практическая работа № 4. Включения в отливках. Шлаковые и песочные раковины. Причины возникновения, меры предупреждения.....	19
Практическая работа № 5. Изучение внешнего вида и причин возникновения.....	26

Герасимова Ольга Валентиновна

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ
И СЕРТИФИКАЦИЯ**

**Практикум
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины
и технология литейного производства»
дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 28.12.20.

Рег. № 95Е.
<http://www.gstu.by>