

§10. Заполняемость форм металлом

Заполняемость формы является важным моментом при ликвидации ряда дефектов отливки. Заполняемость повышается при увеличении сечения стояка, литникового хода и уменьшения их длины, так как это позволяет сохранить более высокую температуру металла при его поступлении в форму. Увеличение скорости заполнения (без разрушения формы) увеличивает заполняемость (см. 3.1. §12).

§11. Расположение усадочной раковины

При получении качественного стального литья полезней иметь концентрированную объемную усадочную раковину в виде раковины большого объема, чем разбросанную по всему телу отливки усадочную раковину и пористость. Концентрированную усадочную раковину всегда можно вывести в прибыль, обеспечив направленное затвердевание в форме. При этом отливка будет более плотной и прочной, чем при рассеянной по всему телу рыхлоте и пористости. Поэтому, чем больше усадочная раковина, тем меньше объем пористости, и наоборот (см. 3.1. §13).

§12. Разное, или Советы бывалого

Заливка холодным металлом даёт усадочную раковину меньших размеров, а усадочную пористость большую. Горячий металл даёт резко увеличенную усадочную раковину в прибыли, но меньшую пористость в подприбыльной части (см. 3.1. §14).

Глава 3.3. Усадочная пористость

Описание дефекта

Пористость, рыхлота, мелкие усадочные раковины серого цвета встречаются в частях отливки, отверждающихся в последнюю очередь (массивные участки, стыки стенок, выступающие углы, стержни, соединения литников и прибыли). Они часто сопровождают усадочные раковины и являются их продолжением.

Металл с этим дефектом встречается в сплавах с большим интервалом кристаллизации, имеет губчатый вид, часто дендритную структуру и скопление мелких раковин. Дефект можно обнаружить одним из следующих способов:

- испытанием на герметичность;
- осмотром невооруженным глазом;
- осмотром через оптический прибор вскрытых участков с дефектами.

Формирование раковин

В сплавах, затвердевающих в интервале температур, растущие от поверхности отлив-



Рис. 3.3.1. Фрагмент отливки «Гильза» с усадочной пористостью

ки кристаллы глубоко вдаются в жидкий металл. В них образуется промежуточная двухфазная зона, состоящая из твердого и жидкого металла.

Пока растущие от поверхности кристаллы не встретятся, верхние слои жидкого металла или боковые прибыли компенсируют усадку металла. Однако после срастания растущих кристаллов объемы жидкого сплава между ними изолируются один от другого и дополнительный подвод жидкого металла прекращается. При затвердевании жидкого сплава в таких условиях в изолированном пространстве образуются мелкие усадочные раковины-поры. Скопление мелких усадочных раковин и называют усадочной пористостью.

Причины образования и способы ликвидации дефекта

§1. Прибыли для подпитки пористых мест

Прибыль — это непредусмотренный чертежом отливки технологический прилив, затвердевающий позднее отливки и располагающийся так, чтобы обеспечивать близлежащие слои отливки поступлением жидкого металла. Различают прибыли открытые и закрытые, шаровые, полушаровые и конические. В зависимости от условий эксплуатации прибыли подразделяются на виды (см. 3.1. §11).

§2. Направленное отверждение отливки

Направленное затвердевание применяется для получения плотной отливки без усадочных раковин и пористости. Характер направленности затвердевания зависит от свойств материала и конфигурации отливки, от положения отливки в пространстве, от места расположения прибылей и питателей, от теплофизических свойств формы и холодильников (см. 2.4. §4).

§3. Температура заливаемого металла

Температура заливаемого металла оказывает влияние на возможность образования усадочных явлений в отливках. Определение температуры заливки сводится к выбору необходимого перегрева стали, принимаемого сверх температуры начала затвердевания. При изготовлении отливок, склонных к усадочным проявлениям (толстостенные с местными скоплениями металла и др.), допускается минимальный перегрев стали на 10–40°C и ниже (см. 2.4. §3).

Пористость отливки от заливки металла с большим перегревом представлена на рисунке 3.3.2. Заливка металла с температурой в пределах технологически требуемой ликвидировала рассматриваемый дефект.

§4. Наружные холодильники

Регулирование скорости охлаждения тепловых узлов отливки производится с помощью внутренних и наружных холодильников. Применение наружных холодильников ускоряет охлаждение тепловых узлов и является необходимым для обеспечения направленного или одновременного затвердевания отливки. Ускоряя охлаждение узла, холодильник предупреждает образование в нем усадочной пористости, так как теперь узел успевает пропитаться за счет позднее затвердевающих частей отливки. Ускорение охлаждения массивных сечений отливок холодильниками, способствуя выравниванию скорости охлаждения, может привести также и к уменьшению внутренних напряжений, снижению коробления отливки и ликвидации опасности образования трещин (см. 1.2. §11; 3.1. §9).

§5. Насыщение металла газами при плавке и заливке

Сталь

Развитию усадочной пористости способствует повышенное содержание газов в металле.

К обычным печным газам, окружающим металл в процессе его расплавления, рафинирования или разливки, относятся азот, кислород, водяные пары, продукты горения — окись углерода, углекислый газ, сернистый газ и др.

Растворимость элементарных газов и газообразных химических соединений зависит от температуры и давления. Чем выше температура металла, тем больше растворимость газов. При затвердевании растворимость газонасыщенного сплава понижается и атомы растворённого газа, соединяясь в молекулы, уходят из металла или остаются в нём в виде газоусадочной пористости, делая его ноздреватым.

Сталь, предназначенную для отливок, нужно хорошо раскислять. Алюминий — в обычных плавках самый сильный раскислитель — может довести содержание свободной заки железа в стали до 0,002%. При недостаточном раскислении стали в момент её охлаждения начинает выделяться газ, образуя в отливках раковины.

Для борьбы с усадочной пористостью выполняются следующие мероприятия:

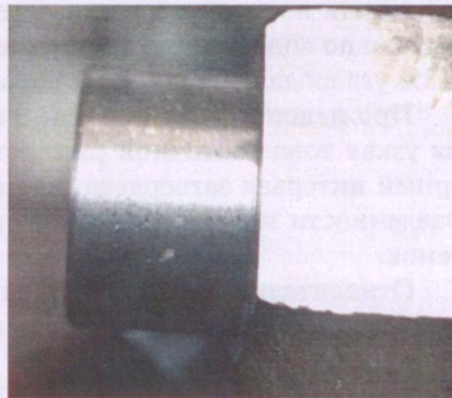
- полное раскисление стали;
- повышение содержания кремния в углеродистой и низколегированной стали до максимально допустимого;
- присадку алюминия при заливке сухих форм до 0,8–1,0 кг/т, чтобы получить остаточное содержание алюминия в пределах 0,035–0,04%;
- прокаливание разливочных ковшей после ремонта;
- поддержание энергичного кипения жидкого металла в печах с целью удаления газа и примесей;
- не загружать в печь во время кипения ванны влажную руду и другие отсыревшие присадки и добавки.

Чугун

1. Источником образования усадочной пористости может быть водород, образующийся из сырой футеровки печей, невысушенного желоба и литейного ковша, из непрокаленных и влажных ферросплавов, вводимых в металл и др. Футеровку ковшей следует нагревать до красного цвета, ферросплавы хранить в сухом помещении и перед употреблением прокаливать.



Рис. 3.3.2. Отливка «Колесо ведущее» с дефектом «Пористость»



а)



б)

Рис. 3.3.3а, б. Отливка «Корпус задвижки» с пористостью

2. Чем длительней контакт расплавленного металла с газовой атмосферой, тем больше водорода растворяется в металле. Следовательно, процесс плавки надо вести быстрее. Покровные флюсы понижают растворение газа в металле.
3. При небрежной сортировке чугуновых отходов от двигателей внутреннего сгорания возможно попадание алюминия в шихту.
4. При использовании деревянных моделей для разжигания вагранки следует строго контролировать извлечение всех алюминиевых частей.
5. Эффективным способом является сокращение пути движения жидкого металла в форме за счет уменьшения длины элементов литниковой системы.
6. Вытекающая из ковша струя металла должна быть компактной. Перерывы в заливке ковша недопустимы.
7. Высота носка ковша над уровнем чаши должна быть минимальной. Приемную чашу следует располагать у края опоки.

Дефект отливки «Корпус задвижки» (рис. 3.3.3) образовался в результате насыщения металла газами от непросушенного литейного ковша. На практике литейный ковш должен быть прокален газовой горелкой до «вишневого» цвета.

§6. Температурный интервал кристаллизации стали

Вследствие охлаждения и кристаллизации металла в отливках возникают усадочные раковины и микропоры. Ширина пористой зоны зависит от интервала кристаллизации заливаемого металла. На величину этого интервала влияет содержание углерода в стали.

Рассматриваемый температурный интервал углеродистой стали определяется по диаграмме состояния «железо-углерод». Для отливок из легированных сталей такие данные могут быть получены в результате проведения специальных исследований или ориентировочно по содержанию в ней углерода. Например, легированные стали с содержанием до 0,15% углерода не склонны к образованию усадочной пористости.

При недостаточной направленности затвердевания стали получается четко выраженная узкая зона усадочной рыхлости. Толстенная отливка из стали 110Г13Л, температурный интервал затвердевания которой составляет около 150°C, при недостаточной направленности затвердевания может быть поражена усадочной пористостью до 1/2 толщины стенок.

Относительная ширина зоны усадочной пористости для стали разных марок, определенная по отлитым стоякам диаметром 70 мм и высотой 200 мм, составляет:

- 0,08 — для 15Х1М1ФЛ;
- 0,16 — для 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 45Л и 55Л;
- 0,24 — для Х25Н2Л;
- 0,40 — для 110Г13Л.

Если при изготовлении стальной отливки с определенными свойствами пористость является постоянным, неисправляемым дефектом, то необходимо выбрать сталь с небольшим интервалом кристаллизации.

§7. Теплоаккумуляция используемых форм и стержней

Теплоаккумулирующая способность формы оказывает влияние на изменение пористости отливки. С увеличением теплоаккумулирующей способности формы ширина зоны микропористости уменьшается до определенных пределов, после чего дальнейшее уменьшение этой зоны затруднительно. Иными словами, используя формовочные смеси с определенной теплоаккумулирующей способностью, можно уменьшить зону пористости, но на практике полностью устранить её не удастся.

С повышением температуры литейной формы пористость увеличивается. Очевидно из-за этого заливка, металла в не успевшие охладиться после сушки литейные формы увеличивает брак по микропористости. Углеродистая сталь 25Л имеет при прочих равных условиях более высокую пористость, что обуславливается теплофизическими свойствами этой стали.

Зона пористости уменьшается при снижении интервала кристаллизации стали, его теплофизических параметров, температуры заливки, при увеличении теплоаккумулирующей способности и снижении начальной температуры литейной формы.

С ускорением отвода теплоты из кристаллизующейся отливки возрастает неравномерность расположения микроусадочных раковин по её сечению и наблюдается тенденция к их сосредоточению в осевой зоне.

Добавление в формовочную смесь маршалита, использование хромомагнетитовых [3] и других теплопроводных смесей приводит к уменьшению микропористости и относительному увеличению центральной усадочной раковины [24].

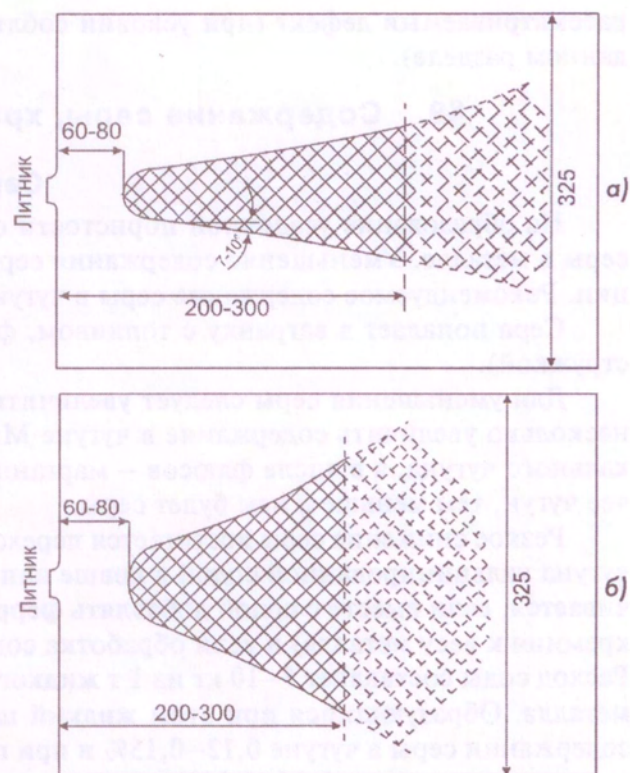


Рис. 3.3.4. Контуры областей пористости в зоне подвода питателей к стальной плите толщиной 30 мм при горизонтальном (а) и вертикальном (б) положении

§8. Подвод металла к отливке

После определения типа литниковой системы следует выбрать число и место подвода питателей к отливке. Для этого рекомендуется рассредоточенный подвод металла большим количеством питателей, что снижает возможность местных разогревов, способствует уменьшению усадки, пористости, горячих трещин и пригара в районе подвода (см. 3.1. §5).

Пористость в зоне подвода питателя

На рис. 3.3.4 представлены схемы контуров зон пористости в районе подвода питателя к стальной плите толщиной 30 мм при вертикальном и горизонтальном расположении [25]. Зоны пористости образованы вследствие влияния струи на процесс затвердевания и дают представление о ее развитии.

На рисунке 3.3.5 представлен фрагмент отливки «Гильза цилиндров» с усадочной рыхлотой в районе подвода питателей в зоне утолщённого посадочного пояса. Дефект обнаружен после окончательной механической обработки закаленной поверхности. Рассредоточение и увеличение количества мест подвода питателей позволяет ликвидировать

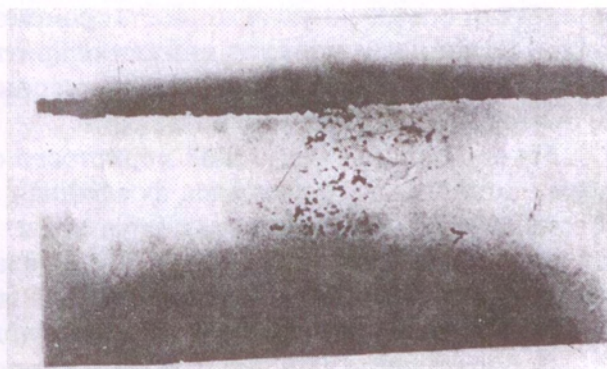


Рис. 3.3.5. Отливка «Гильза цилиндров» с усадочной рыхлотой

рассматриваемый дефект (при условии соблюдения других режимов, рассматриваемых в данном разделе).

§9. Содержание серы, хрома и фосфора в металле

Сера

На образование усадочной пористости оказывает влияние повышенное содержание серы в металле. Уменьшение содержания серы можно достигнуть процессом десульфурации. Рекомендуемое содержание серы в чугунах до 0,05% [33, 31].

Сера попадает в вагранку с топливом, флюсами и металлом (особенно с рассыпной стружкой).

Для уменьшения серы следует увеличить расход известняка (35–50% от веса кокса), несколько увеличить содержание в чугунах Mn, в шлаке MnO, применением в шихте зеркального чугуна, а в числе флюсов — марганцевой руды и вести плавку горячо. Чем горячее чугун, тем меньше в нем будет серы.

Резкое снижение серы достигается переходом на основной процесс или при обработке чугуна кальцинированной содой в ковше или копильнике. Степень обессеривания увеличивается, если вместе с содой добавлять ферросилиций для раскисления (из расчета 0,3% кремния к весу металла) и если обработка содой ведется в ковше с основной футеровкой. Расход соды составляет 5–10 кг на 1 т жидкого чугуна. Соду дают на дно ковша под струю металла. Образующийся при этом жидкий шлак сгущают дробленным известняком. При содержании серы в чугунах 0,12–0,15% и при присадке 5 кг соды на 1 т чугуна, содержание серы в нем падает до 0,06–0,08%.

Для повышения прочности чугуна проводят его легирование различными элементами. Чаще всего для этой цели применяют хром, молибден, ванадий и др. Эти элементы образуют растворы замещения преимущественно с цементитом, например (Fe, Cr)₃C-(Fe, Mo)₃C-(Fe, V)₃C. При превышении определенной концентрации эти элементы образуют специальные фазы — карбиды (например, Cr₇C₃ и V₄C₃) и тем самым тормозят графитизацию, вызывают размельчение графитовых включений и упрочнение металлической матрицы.

Фосфор

При увеличении в чугунах фосфора, молибден и хром ликвидируют в фосфидной эвтектике с содержанием молибдена до 8,3%, а хрома до 2,4%. При этом резко возрастает объем фосфидной эвтектики, а затвердевание ее происходит уже не по стабильной, а по метастабильной системе с более резким сокращением объема. Оба указанных обстоятельства определяют повышенную склонность хромомолибденовых чугунов к образованию усадочной пористости и необходимость снижения критического содержания фосфора в этих чугунах. Для снижения усадочных дефектов в сером чугунах содержание молибдена должно быть не более 0,2%, а хрома — не более 0,5%.

На образование усадочной пористости оказывает влияние высокое содержание фосфора в металле. Образующаяся фосфидная эвтектика при затвердевании уменьшается в объеме, в результате чего образуются поры. При литье в податливые формы чугуна с повышенным содержанием фосфора, увеличивается его предусадочное расширение, что связано, по-видимому, с малой прочностью затвердевающей корки, которая при наличии фосфора длительное время находится в твердожидком состоянии.

Отрицательное влияние фосфора в нелегированном сером чугунах становится заметным уже начиная с 0,12–0,18%.

Для получения малофосфористого чугуна в вагранке с кислым шлаком, необходимо подбирать чистую по фосфору шихту. При введении в вагранку в качестве флюса известняка в количестве 7% от веса металла и железной руды в количестве 1% от веса металла, степень обесфосфоривания чугуна достигает 30%. Лучшие результаты получаются при выплавке чугуна с температурой 1300–1350 градусов; при повышении температуры чугуна до 1400–1450 градусов степень обесфосфоривания уменьшается.

Следует заметить, что процессы обесфосфоривания и обессеривания одновременно протекать не могут. Для лучшего обессеривания надо добиваться снижения FeO в шлаке и максимального повышения температуры. Для лучшего обесфосфоривания надо добиваться повышения содержания FeO в шлаке, не допуская повышения температуры выше оптимальной.



Рис. 3.3.6а. Фрагмент отливки «Блок-картер» с усадочной пористостью



Рис. 3.3.6б. Фрагмент отливки (увеличено)

Повышенное содержание серы, хрома и фосфора в чугуне способствовало увеличению пористости в термических узлах отливки. На рис. 3.3.6 представлены фрагменты отливки «Блок-картер» с рассредоточенными усадочными раковинами, переходящими в пористость в приливах под анкерные шпильки [28]. Чугун отливки имел повышенное содержание фосфора и серы. Подобный дефект может быть снижен за счет понижения содержания в металле серы и фосфора с одновременным использованием захолаживающих смесей или холодильников в местах образования усадочной пористости.

§10. Углеродный эквивалент чугуна

Величина углеродного эквивалента определяется как $C_{\Sigma} = C + 0,3Si$.

Она оказывает значительное влияние на изменение усадочной пористости. Объем усадочной пористости уменьшается по мере увеличения углеродного эквивалента чугуна до эвтектического состава. Для снижения усадочных раковин наиболее оптимальным является углеродный эквивалент, равный 4–4,2 (см. 3.1. §8).

§11. Усадочная пористость отливки

Усадочная пористость представляет собой группы мелких пустот, образующихся в результате усадки при затвердевании небольших объемов, доступ питающего жидкого металла к которым затруднен. В ряде случаев нижняя часть усадочной раковины является продолжением усадочной пористости.

На рис. 3.3.7 представлены результаты измерений и расчетов величины пористости отливок плит в зависимости от их толщины [25]. При увеличении толщины отливки ее

общая пористость уменьшается. Как показывает опыт, за длину питаемого элемента правильнее принимать расстояние между прибылями, а не половину его. Это, вероятно, вызвано тем, что в результате одностороннего заполнения формы, питание стенки равного сечения осуществляется преимущественно с одной стороны.

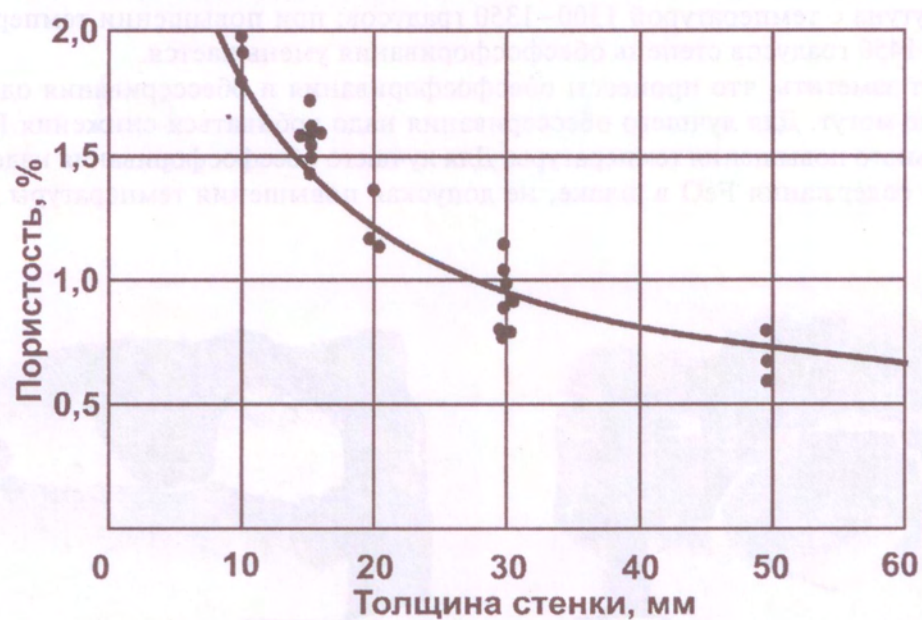


Рис 3.3.7. Зависимость пористости стальных отливок длиной 1100 мм от толщины стенок

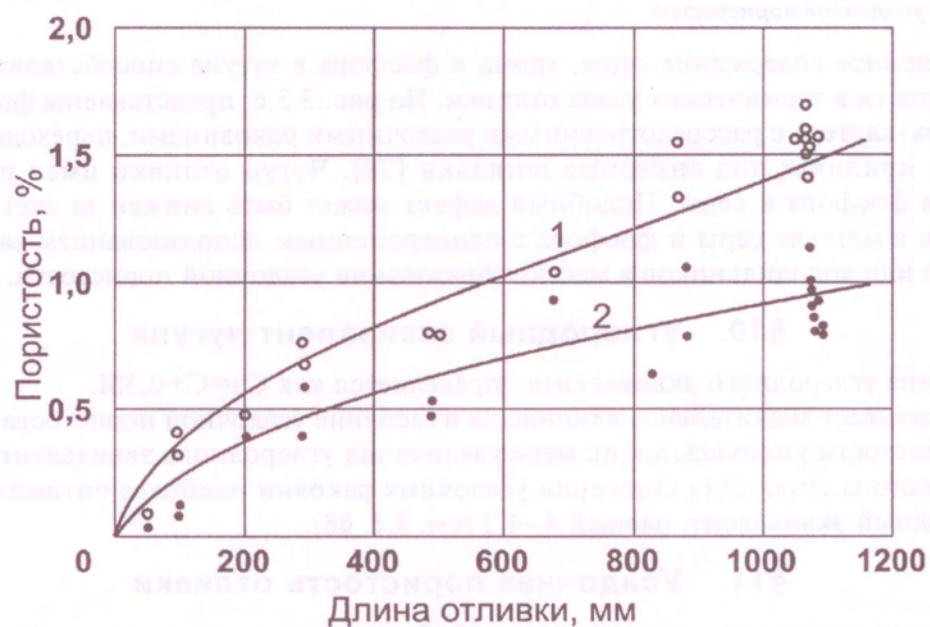


Рис. 3.3.8. Зависимость пористости стальных отливок толщиной 15 мм (1) и 30 мм (2) от длины

Результаты определения пористости подобных отливок представлены на рис. 3.3.8, где видна удовлетворительная сходимость расчетных и экспериментальных результатов. На графике видно, что пористость отливок толщиной 15 мм выше, чем пористость отливок толщиной 30 мм.

Исследования отливок длиной 1100 мм с толщиной стенок 15 и 30 мм показали, что изменение температуры заливки в пределах 1520—1580°C и скорости заполнения в пределах 5—12 кг/с не оказало существенного влияния на среднюю величину их пористости. Однако, очень низкая температура и малая скорость заливки приводят к образованию спаев на поверхности отливок.

Замедление затвердевания отливки в месте подвода питателя приводит к образованию изолированного объема жидкой стали, затвердевающего с образованием усадочной пористости.

§12. Разное, или Советы бывалого

1. Пористость горизонтально расположенных стенок отливок толщиной 15 мм выше, чем пористость отливок толщиной 30 мм. Участки, непосредственно примыкающие к прибыли, имеют повышенную плотность. Это уплотнение тем больше, чем больше длина отливки и меньше толщина стенки.
2. В торцевых участках стенки, вследствие интенсивного охлаждения и облегченных условий питания, всегда наблюдается высокая плотность металла. При вертикальном положении отливки нижняя торцевая зона повышенной плотности расширяется.
3. Рентгенограммы плоских стальных стенок (300x1200) толщиной 10, 15, 20, 30, 50 мм, полученных при горизонтальной заливке (питатель и прибыль с разных сторон по длине), показали незначительную рассредоточенную пористость. При заливке таких же стенок в вертикальном положении, четко вырисовывалась осевая пористость, увеличивающаяся при толщине стенок от 15 до 50 мм.
4. Замедление затвердевания отливки в месте подвода питателя приводит к образованию изолированного объема жидкой стали, затвердевающего с образованием усадочной пористости.

Раздел 4. Несплошности в теле отливки

Глава 4.1. Королек

Описание дефекта

При заливке формы струя металла, попадая на ее стенку, разбрызгивается и в начальный момент образуются и затвердевают отдельные его капли. Эти капли попадают в поток расплава и снова расплавляются. В отдельных случаях затвердевшие капли не расплавляются и вызывают возникновение дефекта — «Королек». Корольком называют металлическое включение того же состава, что и отливка. В большинстве случаев включение окружено металлом.

Возникновение королек наиболее вероятно при изготовлении тонкостенных отливок в сырых песчано-глинистых формах.

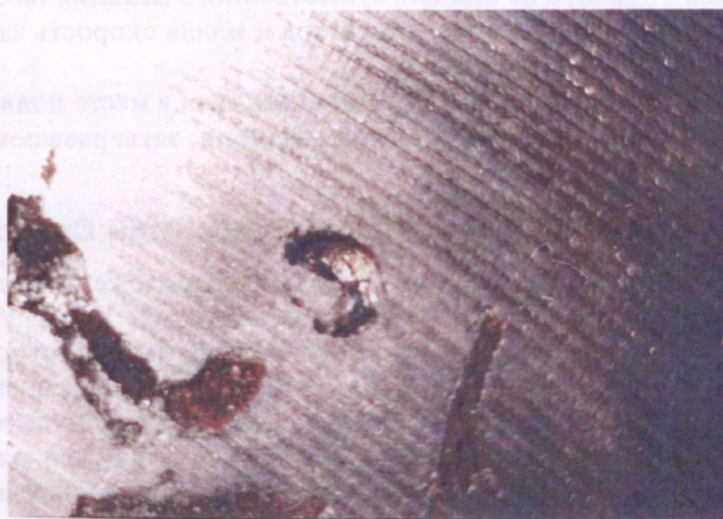


Рис. 4.1.1. Дефект отливки «Королек»

Формирование раковин

Образовавшиеся в процессе заливки твердые металлические капли быстро покрываются пленками окислов. Последние, обладая более высокой температурой плавления, чем основной сплав, при быстром охлаждении отливки препятствуют повторному расплавлению королька. Кроме того, при попадании королька в основную массу расплава, окисные пленки способствуют газообразованию. Так, в чугуновых отливках, состоящая из окислов железа пленка реагирует с углеродом, при этом вокруг королька образуется газ — окись углерода. Есть случаи попадания «королька» в светлую раковину, образованную испарением влаги из стержня или формы (см. рис. 4.1.4).

Причины образования и способы ликвидации дефекта

§1. Заполнение формы металлом

В зависимости от условий заливки возможно раздробление потока заливаемого чугуна и образования брызг металла («корольков»), которые могут быстро окисляться с поверхности и образовывать газовую раковину с присутствием в ней шарика застывшего металла. Получение такого дефекта зависит как от конструкции заливочного устройства, так и от умения заливщика металла.

Некоторые сплавы чаще склонны к образованию «корольков», чем другие. В условиях быстрого окисления некоторые металлы (например, низкоуглеродистые стали) способны к более ускоренному образованию «корольков». Повышенная скорость кристаллизации стали делает такой «королек» труднорастворимым.

При оформлении ковшей необходимо более тщательно выполнять форму заливочного носика и следить за её сохранением в процессе заливки. Заливка форм должна вы-

полняться спокойно, без разбрызгивания, завихрений сплава, перерыва струи металла. При заливке нужно наводить носик ковша на стояк. Длина струи стали, вытекающей из поворотного ковша, должна быть короткой и сплошной. По мере опорожнения ковша его носик наклоняется. Чтобы удержать носик на одном и том же расстоянии от чаши, надо постепенно поднимать ковш.

Заполнение литейной формы с большой высоты, особенно при переполненном ковше, часто приводит к разбрызгиванию металла, быстро окисляющегося с поверхности и образующего раковину с «корольком».

Отливки с рассматриваемым дефектом представлены на рисунке 4.1.2. На отливках видны «корольки» и в форме отдельных шариков, и срезанные при механической обработке отливки. Снижение высоты заливки и отсутствие разбрызгивания металла ликвидировало появление «корольков».

§2. Раздробление струи металла

При конструировании литниковой системы следует избегать условий возникновения в ней турбулентности и прерывания потока металла. Особенно важно это для системы с несколькими питателями. Если соотношение стояка, шлаковика и питателя выбрано неверно, то в первый момент заливки металл в небольших количествах будет попадать в форму еще до того, как питатель заполнится полностью. При заполнении первых питателей дальнейшие будут подавать металл небольшой струйкой с разбрызгиванием. Позднее будут питать все питатели, но растворить полностью все попавшие корольки будет невозможно. Чтобы этого не случилось, необходимо проектировать питатели так, чтобы металл из них попадал в форму одновременно. Можно также использовать ступенчатый шлаковик, обеспечивающий равномерную подачу металла всем питателям. Литниковая система должна обеспечивать требуемую скорость движения металла без резких сужений системы, отсутствие ударов металла под прямым углом на стенки формы или стержня.

На рис 4.1.3 представлена отливка и её увеличенный фрагмент с дефектом «королек». На увеличенном фрагменте ясно просматривается круглая горошина «королька». Это не «фосфидный выпот», с которым этот дефект иногда путают литейщики. Дефект образовался в результате прерывания струи металла при заливке формы.

§3. Восстановительная атмосфера в форме

Сталь

При заливке формы металлом возможно образование корольков из-за разбрызгивания сплава по различным причинам. Если атмосфера формы при этом будет окисленной, то на поверхности капля металла образует окисную пленку, затрудняющая расплавление капли заливаемым металлом. При наличии в форме восстановительной атмосферы, создаваемой оксидом углерода (CO) и метаном, на поверхности капля металла окисная пленка не образуется.

Для создания в форме восстановительной атмосферы в состав формовочной смеси вводят мазут, бентонито-угольную суспензию и др. Наиболее предпочтительным и широко распространенным является мазут.

Отметим, что атмосфера формы, образованная термодеструкцией синтетических смол (выгорание связующего в стержнях), используемых в качестве связующих материалов, имеет восстановительную среду. В то же время заливка металла в окислительную атмосферу формы из жидкостекольной смеси создает неблагоприятные условия при расплавлении королька заливаемым металлом.

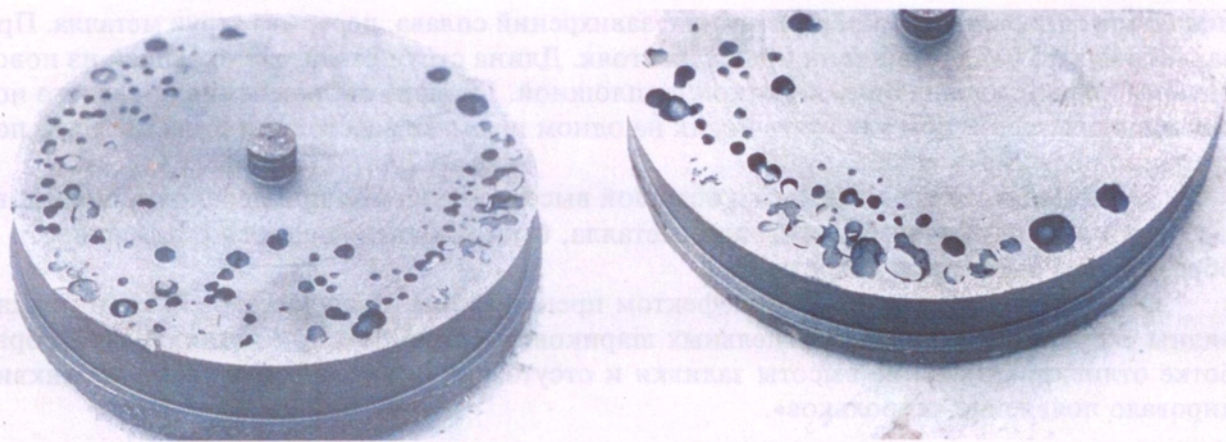


Рис. 4.1.2. Отливки «Ролик» с дефектами «Королек»



Рис. 4.1.3а. Отливка «Патрубок выхлопной» с дефектом «Королек»

Рис. 4.1.3б. Фрагмент отливки (увеличено)



Рис. 4.1.4. Отливка «Фланец» с дефектом «Королек»



Рис. 4.1.5. Отливка «Колесо рабочее» с комбинированным дефектом: светлая газовая раковина и окисленный «королек»

Чугун

Образующиеся в процессе заливки металла твердые металлические капли быстро покрываются пленками окислов, которые препятствуют повторному расплавлению королек.

Одним из способов предотвращения образования окисных плен на поверхности брызг металла является создание в форме активной восстановительной атмосферы. Это достигается введением в формовочную смесь таких органических веществ, как мазут, каменноугольная смола, пек, молотый каменный уголь марок Г, Д или ПЖ, который часто вводят в смесь вместе с бентонитом в виде бентонито-угольных суспензий.

Углеродсодержащие добавки (при нагреве формы заливаемым металлом, без доступа воздуха) непрерывно разлагаются с выделением смолистых веществ, газов и других составляющих процесса термодеструкции. В результате в полости формы образуется восстановительная атмосфера, предотвращающая образование окисной пленки на каплях металла.

Положительные результаты для создания восстановительной атмосферы в форме достигаются окрашиванием поверхности формы каменноугольной смолой или раствором керосина с мазутом (1:1).

В результате разбрызгивания струи металла при заливке, в отливке «Фланец» возник дефект «Королек» из-за окисления поверхности капель металла (см. рис. 4.1.4). После введения в состав смеси мазута и создания восстановительной атмосферы в полости формы, дефект не появлялся.

§4. Влага в форме

Образованию «королек» может сопутствовать любой фактор, вызывающий разбрызгивание металла. Это может быть излишняя влага в формовочной смеси, вызванная бесконтрольностью при смесеприготовлении. Избыток мелких фракций снижает проницаемость смеси и способствует повышению её влажности, плохому распределению или неравномерному уплотнению смеси.

Присутствие в смеси шариков глины, злаковых, различных металлических включений и т.д. оказывает то же влияние, что и избыток влаги. Эффект усиливается ещё и за счет того, что такие инородные материалы, как правило, мокрые, ржавые и промасленные.

Недосушенные или влажные стержни могут произвести в форме хлопок, вызывая разбрызгивание металла. Тот же эффект может вызвать влажная стержневая краска, грязь на стержне или клей, наличие в смеси влажных, грязных, масляных, ржавых металлических предметов (неизолированная арматура, открытые крючки, жеребейки и др.).

Забитые глиной или краской, залитые металлом вентиляционные отверстия в стержнях при заливке могут вызвать большое скопление газов и произвести хлопок с образованием значительного количества брызг.

На рисунке 4.1.5 представлен фрагмент отливки «Колесо рабочее» с комбинированным дефектом: газовая раковина из-за повышенного содержания влаги в стержне и окисленный «королек», полученный в результате заливки металла с большой высоты.

Анализ представленной газовой раковины показывает, что она образовалась от влажного стержня. На это указывает белая, гладкая, блестящая, не окисленная поверхность раковины размером около 10 мм. На то, что королек образовался от перерыва струи при заливке форм, указывает его окисленная поверхность, которая не дала возможность расплавиться «корольку» потоками металла. Увеличению окисленной поверхности «королька» в форме способствовала повышенная окислительная атмосфера от жидкостекольной смеси, из которой был сделан обкладной стержень отливки.

§5. Разное, или Советы бывалого

1. Для предотвращения залива стержневого знака иногда между знаками формы и стержня вставляют шнуры, прокладки и др. При длительном времени выдержки собранных форм перед заливкой, прокладки или шнуры могут набрать влагу. При заливке металла в форму произойдет контакт расплава с влажной прокладкой или шнуром, в результате чего произойдет вскип влаги с раздроблением и выплескиванием металла. Это может привести к образованию дефекта «королек».
2. Отсутствие вентиляционных каналов на поверхности разъема полуформ может привести к образованию потока газа в форме с образованием газовой раковины. При мощном потоке газа возможно разбрызгивание металла с образованием «корольков».
3. При конструировании литниковой системы с несколькими питателями следует обращать внимание на то, что в первоначальный момент заливки могут быть заполнены не все питатели. Через некоторые металл может идти струями, образуя «корольки». Для предотвращения образования «корольков» необходимо проектировать питатели так, чтобы отводить металл назад от шлаковика (питатель выполнен под углом) во избежание преждевременной подачи. Целесообразно использовать ступенчатый шлаковик, обеспечивающий равномерную подачу металла всем питателям.
4. Закупорка или заливка металлом вентиляционных каналов стержней может привести к повышению газового давления в стержне и выбросу газа в металл с большой скоростью. Это может осложниться наличием влаги в стержне. В результате выброса газа неизбежно разбрызгивание металла, возможно, с выбросом из формы.
5. Процессу образования «корольков» могут способствовать наличие в форме различных инородных материалов: окалина, примеси железа, холодные гвозди, масло, грязь на жеребейках и холодильниках и др. Кроме этого оказывает влияние конденсация влаги на металлических предметах, размокание поверхности знаковых частей стержня и т.д.

Глава 4.2. Шлаковые включения (раковины)

Описание дефекта

Шлаковыми называются включения, имеющие вид и состав шлака. Чаще всего шлаковые включения, или иначе шлаковые раковины, 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 большинстве случаев раковины имеют серый цвет различных оттенков (рис. 4.2.1).

Механизм образования

Основная причина образования шлаковых включений — проникновение шлака

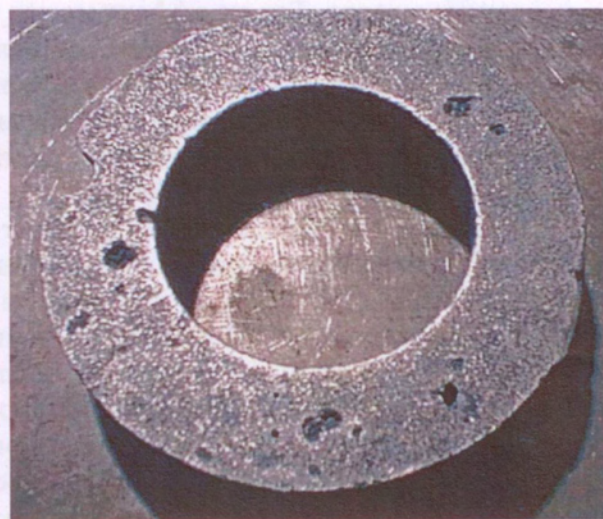


Рис. 4.2.1. Дефект отливки «Шлаковые включения»

вместе с расплавом в рабочую полость литейной формы. Возможность такого проникновения определяется количеством и природой шлаковых включений в расплаве. 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. При недостаточной выдержке металла в ковше перед заливкой, шлаковые частицы не успевают всплыть и могут попасть в форму вместе со сплавом.

В зависимости от причин образования встречаются:

- а) отдельные, изолированные открытые включения разнообразных размеров и конфигураций;
- б) включения, обнаруживаемые в теле отливки и имеющие выход к поверхности в виде небольшого отверстия;
- в) рассеянные включения, расположенные на поверхности отливки в виде сыпи.

Причины образования и способы ликвидации дефекта

§1. Температура заливаемого металла

Сталь

Температура заливаемого металла оказывает влияние на скорость всплытия шлака в ковше, литниковой воронке, шлакоулавливающей системе. Чем выше температура стали, тем эффективнее удаление неметаллических включений.

Определение температуры заливки сводится к выбору необходимого перегрева стали, принимаемого сверх температуры начала затвердевания. При изготовлении отливок из углеродистой и низколегированной стали разных марок чаще всего достаточно иметь перегрев стали на 30–60°C, чтобы обеспечить удовлетворительную заполняемость литейных форм. При изготовлении тонкостенных отливок и отливок с повышенными требованиями к неровности поверхности допускается наибольший перегрев стали на 50–100°C. Это относится и к отливкам, когда возможно возникновение недоливов, неспаев, газовых «пузырей подкорковых» и т.д. (см. 1.2. §7).

На рисунке 4.2.2а представлена стальная отливка имеет шлаковую раковину на фланце (отмечено мелом). На рисунке 4.2.2б — увеличенный фрагмент. При изготовлении отливки металл был недостаточно нагрет, шлак из расплава удалился не полностью. При заливке формы частицы шлака вместе с металлом попали в полость отливки, где и был образован дефект отливки. Литниковая система данной отливки не содержала шлакоулавливающих элементов. После повышения температуры металла, выдержки его в ковше не менее 10 минут с последующим удалением шлака, установки в литниковой системе шлакоуловителя, дефекты не появлялись.

§2. Шлакоулавливающая литниковая система

Металл заливают обычно через носок ковша, поэтому велика опасность попадания шлака в отливку. На рисунке 1.6.4а показана заливка металла в литниковую чашу, где струя металла попадает вначале в полость М, в результате чего снижается напор металла и создаются условия для частичного отделения шлаковых включений. Подробнее о системе шлакоулавливания можно ознакомиться в 1.6. §3.



Рис. 4.2.2а. Отливка «Корпус запорный» со шлаковой раковинной на среднем фланце



Рис. 4.2.2б. Фрагмент отливки (увеличено)



Рис. 4.2.3. Отливка «Коллектор» со шлаковой раковинной

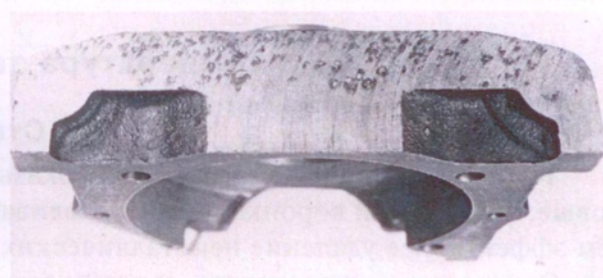


Рис. 4.2.4. Отливка «Головка» с дефектом «Шлаковые включения»

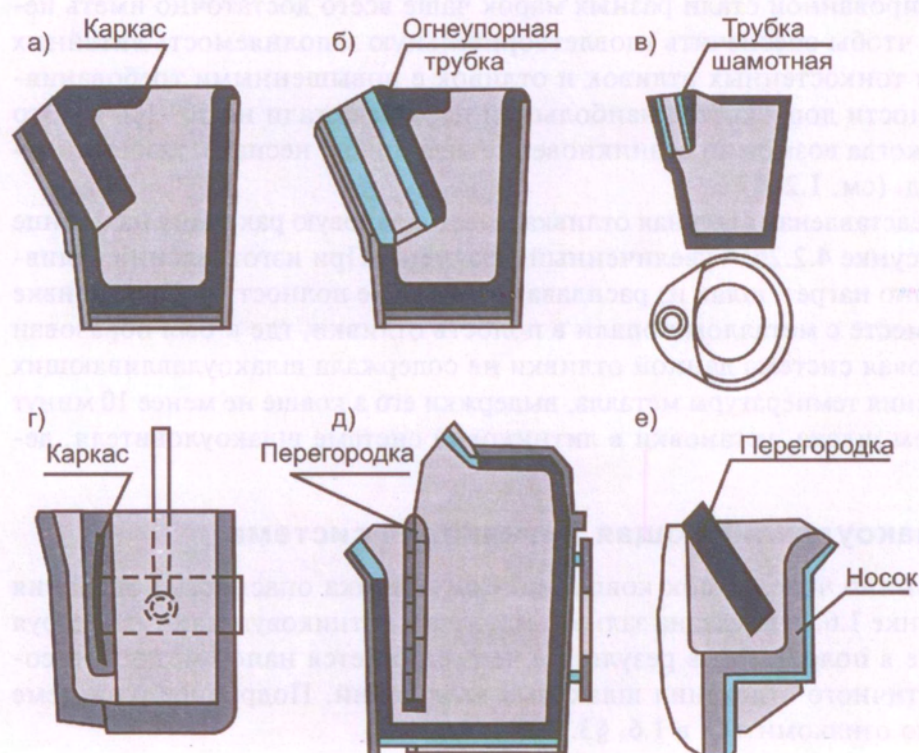


Рис. 4.2.5
Шлакоулавливающие
перегородки
чайниковых ковшей:
а – монолитная с козырьком,
набитым на
металлический каркас;
б – то же, но с каналом
из огнеупорной трубки;
в – монолитная с каналом
из шамотной трубки;
г – перегородка в
монорельсовом ковше
из монолитного состава,
нанесенного на
металлический каркас;
д – выполненная из кирпича;
е – в носке ковша

Неэффективное устройство для улавливания шлака в литниковой системе и увеличенная при этом скорость заливки для заполнения тонких полостей отливки способствует проникновению шлаковых включений в отливку. На рисунке 4.2.3 представлена отливка «Коллектор» со шлаковым включением на крепежном фланце, появившаяся при заливке по вышеописанной причине.

§3. Выдержка металла в ковше для всплытия шлака

Шлак попадает в расплав при механическом перемешивании его в процессе плавки и при переливе из плавильного агрегата в ковш. Вместе со шлаком в металл попадают окислы, пузырьки растворенного газа, частицы оплавившейся кладки вагранки, печи и др.

В процессе выстоя металла в ковше происходит всплытие частиц шлака на поверхность вследствие их меньшего удельного веса. При этом чем выше будет температура металла и меньше вязкость шлака, тем интенсивней происходит процесс всплытия шлака (см.1.6. §1).

Для удаления шлака из металла его перегревают и выдерживают в ковше для всплытия неметаллических включений и растворенного газа. На рисунке 4.2.4 представлена механически обработанная отливка «Головка» с дефектом «Шлаковые включения», которые поразили верхнюю часть детали. После постоянной выдержки металла в ковше для всплытия шлака, рассматриваемый дефект не будет повторяться.

§4. Разливочные ковши для удерживания шлака

Одной из основных функций ковшей является удержание шлака, который снимается с поверхности металла после заполнения ковша и перед заливкой металла в форму. При заливке металла из крупных ковшей шлак следует снимать и в процессе заливки. Для удержания и предотвращения попадания шлака из ковшей в форму, в конических ковшах предусматриваются специальные перегородки (рис. 4.2.5). Выполняются шлакоуловители в виде перегородки внутри корпуса ковшей, в носке (для крупных ковшей) или в виде сифонного канала. Изготавливаются они из шамотных кирпичей. Футерование носка крупных ковшей или перегородки мелких и средних ковшей производится составом на жидком стекле (см.1.6. §2).

Использование чайникового ковша при заливке металла является эффективным способом отделения металла от шлака. Перед заливкой металл должен выстоять в ковше определенное время для всплытия шлака. На рисунке 4.2.6 показан фрагмент отливки, имеющей на поверхности шлаковые раковины. Заливка металла выполнялась из обычного ковша без тщательного отделения шлака.

§5. Вагранка с копильником

В вагранках с копильником жидкий чугун с лещади через переходную летку непрерывно перетекает в копильник, представляющий собой цилиндрический сосуд, футерованный шамотным кирпичом с набивной лещадью и двумя летками для выпуска чугуна и шлака (см.1.6. §4).

§6. Вязкость шлака

Для уменьшения содержания окислов в шлаке кислого процесса, шлак удаляют через выпускное отверстие. После скачивания шлака наводят новый, вводя в печь смесь кварцевого песка с известью и шамотным боем, молотый 75%-ный ферросилиций и молотый кокс. Шлак перед выпуском содержит (в %): 20–25 CaO; 3–5 FeO; 3–5 MnO; 3–5 Al₂O₃ и 65–68 SiO₂. Жидкотекучесть в этот период высокая (см.1.6. §5).

На рисунке 4.2.7 представлен фрагмент отливки «Фланец» с дефектами «Раковина шлаковая», рядом с которыми имеются и газовые раковины. Шлаковые раковины образовались в результате использования вязкого шлака, который не всплыл на поверхность металла в разливочном ковше и при заливке был перенесен металлом в отливку.

§7. Снижение содержания шлака в металле

Разливку металла по формам осуществляют из стопорных, барабанных и чайниковых ковшей.

В условиях стопорной разливки стали проникновение шлака в полость формы практически исключено. Однако при сливе из ковша остатков металла возможно попадание шлака в форму. Здесь разливщику следует более внимательно учитывать объем заливаемых форм и емкость стали в ковше. Рекомендуется в ковш заливать металла по объему, равному количеству объемов, заливаемого в форму металла, плюс 5–6% от общего объема ковша.

Поворотные ковши для мелких и крупногабаритных тонкостенных отливок являются незаменимыми, поскольку в них происходит наименьшая теплопотеря заливаемой стали. Такие ковши применяют главным образом для кислой стали, вязкие шлаки которых легко задерживаются возле носка ковша. Основные шлаки остаются жидкоподвижными почти на всем протяжении разливки и удержать их в ковше становится более трудным делом. В этом случае целесообразно перед заливкой формы счищать шлак через носок ковша.

Шлаковые раковины наиболее часто образуются при заливке форм через носок ковша. В этом случае рекомендуется:

- не прерывать струи металла, чтобы шлак не мог уйти из чаши или из шлакоулавливателя в рабочую полость отливки;
- во время заливки формы держать уровень металла на верхней части литниковой чаши, т.е. лить полнее;
- подводить носок ковша как можно ближе к литниковой чаше или воронке, тем самым предупреждая завихрение заливаемого металла от увеличенной скорости падения струи и засасывание имеющегося шлака в форму.

Дефект, представленный на рисунке 4.2.8 образовался в результате прерывания струи заливаемого металла и ухода шлака с зеркала воронки в отливку.

§8. Разное, или Советы бывалого

1. Из-за экономии металла на литниковую систему (повышение выхода годного) могут быть не полностью выполнены высота и длина шлаковика, гарантирующие удержание шлака. Шлакоулавливатели могут быть расположены неправильно и способствовать дальнейшему продвижению шлака после его улавливания.
2. В быстродвижущемся потоке металла шлак не плавает, а движется с металлом, контактирует и прилипает к поверхности смеси. Конструкция литниковой чаши должна предотвращать турбулентный поток, обеспечивать задержку шлака.
3. В некоторых металлах при протекании реакций возможно выделение шлака или подобных шлаку веществ. Например, в сером чугуна, высокое содержание серы может привести к образованию марганцево-сернистого шлака в процессе охлаждения.
4. При введении в ковш с металлом добавок или модификаторов, некоторая часть из них может остаться нерастворимой и занесена в форму в виде шлаковых включений. В этом случае на поверхности модификатора образуется окисная пленка, затрудняющая его растворение в металле.

5. Недостаточный объем шлака в процессе плавки мешает полному отделению металла и шлака. Частицы шлака имеют тенденцию присоединяться к слою шлака, а при отсутствии такового остаются в металле. Несоответствующий огнеупорный материал легко образует включения шлака при контакте с металлом.
6. Для ответственных отливок рекомендуется использование литниковой системы с центробежным шлакоулавливанием.



Рис. 4.2.6. Фрагмент отливки «Фланец» со шлаковыми раковинами

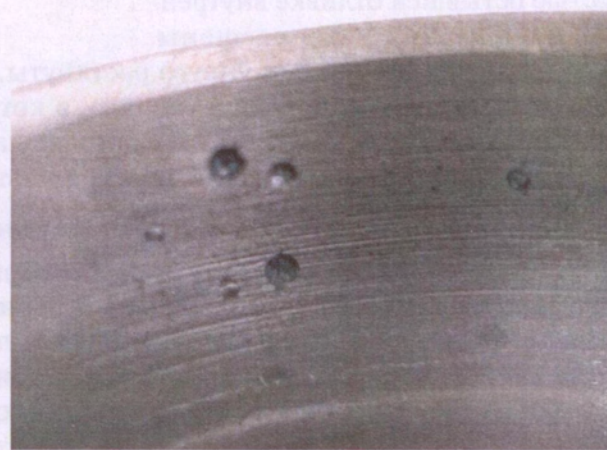


Рис. 4.2.7. Фрагмент отливки «Фланец» со шлаковыми раковинами

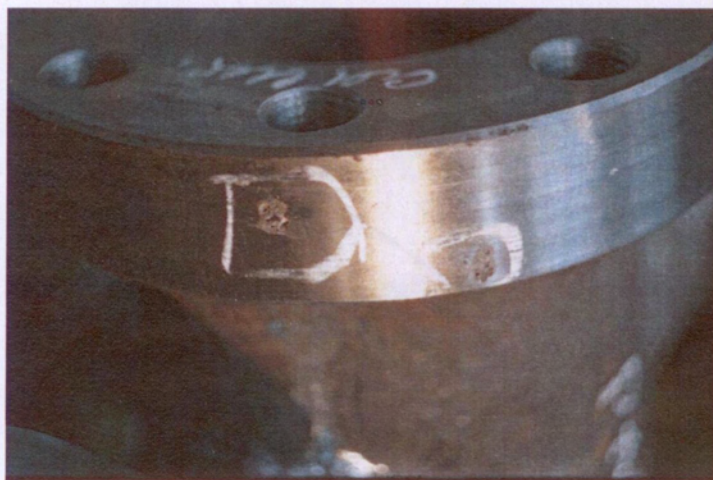


Рис. 4.2.8а. Фланец отливки «Корпус задвижки» с дефектом шлаковая раковина



Рис. 4.2.8б. Фрагмент отливки (увеличено)

Раздел 5. Несоответствие по геометрии

Глава 5.1. Коробление

Описание дефекта

Короблением называют искажение геометрии отливки в результате действия напряжений, возникающих при охлаждении отливки в форме [32].

Расположение дефекта

В любой затвердевшей и полностью остывшей отливке внутренние напряжения уравновешены.

При этом слои детали или упруго растянуты, или сжаты. В процессе механической обработки с отливки удаляют слои металла, в которых имелись остаточные напряжения. Равновесие остаточных напряжений в отливке нарушается, начинается их перераспределение до наступления нового равновесия. В результате происходит коробление отливки.

Формирование дефекта

Механизм коробления отливки рассмотрим на примере Т-образного бруса (рис. 5.1.2). При затвердевании бруса в начальный период с большей скоростью охлаждается часть меньшего сечения, вызывая искривление выпуклостью в сторону массивной части. Затем, когда скорость охлаждения массивной части станет больше, чем части малого сечения, отливка начнет искривляться в обратную сторону. Поскольку изгиб при этом больше по величине, то отливка деформируется так, что образуется вогнутость со стороны массивной части. Несмотря на то, что в ребре бруса, имеющем меньшее сечение, действуют сжимающие напряжения, вследствие изгиба на его внешней кромке возникнут растягивающие напряжения. Эти напряжения могут привести к образованию трещин. Сопротивление формы уменьшает прогиб отливки.

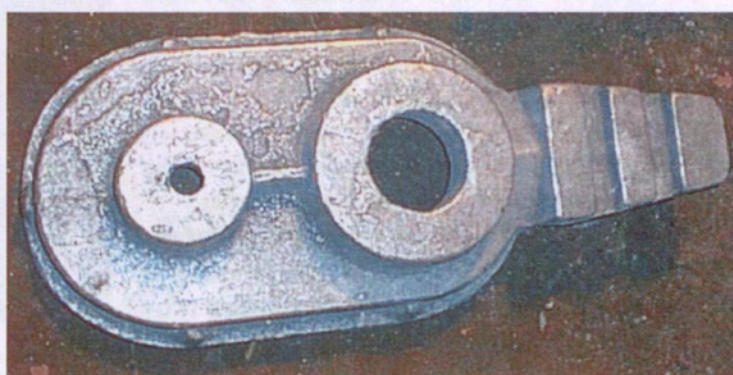


Рис. 5.1.1. Дефект отливки: коробление

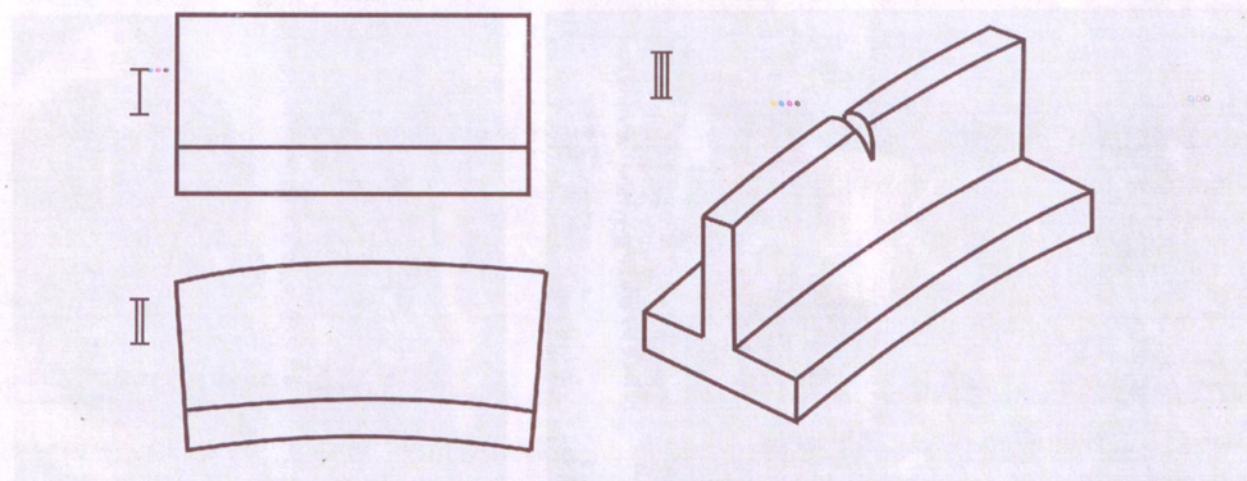


Рис. 5.1.2. Схема коробления отливки:
1 – исходная отливка; 2 – коробление отливки при остывании;
3 – трещина на выпуклой части покоробленной отливки

Причины образования и способы ликвидации дефекта

§1. Технологичность отливок

Разница в толщинах стенок

Коробление отливок связано с возникновением напряженного состояния в стенках отливок. Если отливка имеет сопряжение разных по толщине стенок, то возникает опасность создания значительного напряжения, переходящего, в ряде случаев, в коробление отливки.

Конструированием отливки надо стремиться к получению минимальной разницы толщин сопрягаемых стенок. Если по конструктивным соображениям избежать этого нельзя, то следует выполнить правильный переход от тонких стенок к массивным частям (см. 2.1. §11).

Сопряжение стенок под острым углом

Конструктивная прочность отливок и возникновение коробления в значительной мере зависят от радиусов закругления и концентрации напряжений, что особенно важно при работе отливок на ударную нагрузку. Неудачное сочленение стенок и оформление углов часто приводят к образованию местных скоплений металла, сопровождающихся образованием раковин, рыхлот, трещин и коробления (см. 2.1. §11).

Термические узлы

Для ликвидации коробления важным является обеспечение условий одновременного затвердевания и остывания стенок отливок при отсутствии на их пересечении термических узлов. Чем больше толщина стенок отливки и больше разница толщин отдельных ее частей, тем больше напряжения при прочих равных условиях. Следует стремиться к сокращению количества термических узлов, расположенных под острым углом стыков, сопряжения стенок и т.д. (см. 2.1. §11).

§2. Применение рёбер жёсткости

При конструировании отливок необходимо стремиться к получению равномерной толщины их стенок во избежание образования тепловых узлов, способствующих возникновению усадочных раковин, внутренних напряжений и коробления (см. 2.1. §8).

§3. Внутренние и наружные холодильники

Чугун

Внутренние холодильники применяют для создания равномерного охлаждения отливки и предотвращения возникновения коробления. Холодильники применяются для охлаждения тех частей отливки, для которых невозможно обеспечить полное питание от прибылей. К таким частям относятся: сочленения сопрягаемых стенок и сочленения стенок отливки с рёбрами различного назначения, местные утолщения стенок и др. Используют удаляемые из тела отливки холодильники (наружные) и сохраняющиеся в отливке (внутренние).

Наружные холодильники из стали являются одним из эффективных средств регулирования скорости охлаждения отливки во время затвердевания металла в литейной форме, обеспечивают направленность затвердевания, предупреждают образование осевой рыхлости в тепловых узлах и др.

Кроме металлических наружных холодильников применяют холодильники из других материалов. К ним относятся хромомагнетит, хромит, магнезит, смесь формовочного песка с чугунной дробью, с металлической стружкой.

Сталь

Установка холодильников ускоряет охлаждение тепловых узлов, что часто бывает необходимо для обеспечения направленного или одновременного затвердевания отливки. Ускоряя охлаждение узла, холодильник предотвращает образование в нем усадочной раковины, так как теперь узел успевает пропитаться за счет позднее затвердевающих частей отливки. Ускорение охлаждения массивных сечений отливок холодильниками, способствуя выравниванию скорости охлаждения, может привести к уменьшению внутренних напряжений, снижению коробления отливки и опасности образования трещин.

На рисунке 2.1.5 представлены зависимости диаметров внутренних холодильников от толщины стенок для X-, T- и L-образных сопряжений, построенных путем расчета (см. 2.1. §3).

Внутренние холодильники изготавливают только из прокатанной стали и устанавливают в форму при ее сборке. Они развариваются или расплавляются и остаются в теле отливки. По своему химическому составу внутренние холодильники должны соответствовать составу отливки (см. 2.1. §3).

Наружные холодильники делают чаще всего из стали, а фасонные отливаются из чугуна. Наибольшая применяемая толщина плоских наружных холодильников обычно не превышает 70 мм, наибольший диаметр крупных наружных холодильников из прутка — 40–45 мм (см. 2.1. §3).

§4. Использование модели с ложным изгибом

При охлаждении различных участков отливки с разной скоростью, усадка этих участков металла протекает неодинаково, в результате развиваются термические напряжения. Они часто являются причиной коробления отливок или возникновения холодных трещин.

Короблению подвергаются, в основном, отливки с достаточной протяженностью, имеющие в процессе отверждения металла затрудненную усадку.

Для снижения степени коробления, модели крупногабаритных отливок изготавливают с изогнутыми стенками. Прогиб стенок модели выполняют в направлении, противоположном направлению прогиба и равному ему по величине. Во время охлаждения в форме отливка изгибается и к концу охлаждения оказывается прямой. Однако эта отливка испытывает очень значительные напряжения и при механической обработке может появиться прогиб, с которым велась борьба. Поэтому целесообразно проводить комплекс мероприятий, направленных на снижение возникающих напряжений:

- регулировать охлаждение отливки;
- использовать податливые смеси;
- поддерживать содержание в чугуне углерода в пределах 3,4–3,6%, кремния — 1,75–2,15%;
- применять естественное и искусственное старение (низкотемпературный отжиг);
- использовать изменение конструкций отливки для снижения возникающих напряжений.

§ 5. Податливость смесей

На увеличение коробления отливок оказывает значительное влияние недостаточная податливость форм и стержней. Для уменьшения остаточных напряжений, обусловленных механическим сопротивлением отдельных участков формы и стержней, необходимо стремиться к увеличению их податливости.

1. Податливыми должны быть части формы и стержня, образующие внутренние полости отливки. Очень полезным и самым эффективным является использование оболочковых стержней, которые позволяют одновременно снизить влияние или избавиться от ряда дефектов отливок — коробления, трещин, газовых раковин и др. [40,41].
2. Увеличения податливости форм и стержней можно достигнуть [47]:
 - заменой сухих форм и стержней сырыми;
 - максимальным понижением прочности смесей при высоких температурах;
 - уменьшением толщины слоя плотно набитой смеси;
 - введением в состав смеси древесных опилок или муки, вермикулита и других разрыхляющих добавок;
 - разрушение смеси должно происходить, по возможности, при более низких температурах и в максимально короткий срок.
3. Целесообразно снизить, до уровня возможного, содержание глины в смесях.
4. В крупных стержнях предусматривать полости, которые при необходимости можно засыпать песком, формовочной смесью и др.
5. При изготовлении крупных отливок проводить местное разрыхление смеси вокруг опасных, с точки зрения образования трещин, участков.

§ 6. Система питания отливки металлом

При выборе места подвода металла стремятся обеспечить либо направленное затвердевание, либо объемное равномерное охлаждение различных частей отливки. Большая часть отливок имеет значительную разницу в скорости охлаждения отдельных частей, что вызывает опасность появления напряжений, трещин, короблений. Для ослабления разницы в скоростях охлаждения в этом случае металл следует подводить в менее массивные части отливок (см. 2.1. §2).

§ 7. Влияние легирующих элементов на коробление отливки

Чугун

Углерод и кремний являются графитизирующими элементами, оказывают модифицирующее влияние на структуру и свойства нелегированного чугуна и способствуют снижению коробления. Кремний, уменьшая растворимость углерода в жидком и твердом растворах, способствует графитообразованию. Эти элементы определяют также положение чугуна по отношению к эвтектике, но в этом отношении влияние фосфора аналогично влиянию кремния, как это видно из уравнения для определения углеродного эквивалента:

$$Cз = C + 0,3*(Si + P),$$

где: C — содержание углерода, %; Si — содержание кремния, %; P — содержание фосфора, %.

Углерод и кремний воздействуют и на дисперсность структурных составляющих. Повышение углеродного эквивалента $Cз$ способствует:

- увеличению количества графита;
- снижению количества перлита;
- увеличению длины графитовых включений;
- уменьшению дисперсности перлита.

Следовательно, увеличение углеродного эквивалента до 4–4,2% способствует значительному уменьшению усадочных явлений, снижению возможности возникновения напряженного состояния отливки, а значит, и снижению причин для возникновения коробления отливок.

Для предупреждения возникновения коробления отливок рекомендуется:

- повышение содержания углерода до 3,4–3,6%;
- снижение содержания кремния до 1,7–1,9%;
- снижение содержания хрома менее 0,15%.

Сталь

Механические, физические и химические свойства зависят от содержания в стали не только одной какой-либо ведущей примеси, но и от остальных постоянных, легирующих, скрытых и случайных примесей, предопределяющих структуру стали. Между составом, условиями плавки и разлива, структурой и свойствами стали существует самая тесная связь и взаимозависимость.

В сплавах, имеющих меньшее количество легирующих примесей, теплопроводность больше, следовательно, при быстром охлаждении и нагревании перепад температур будет меньше, а поэтому величина возникающих напряжений меньше. Отливки из высоколегированных марок стали больше подвержены напряжённому состоянию и, следовательно, короблению, чем отливки из мягкой малоуглеродистой стали.

§ 8. Выдержка отливок в печи

Уровень остаточных напряжений в отливке зависит от температуры её стенок в период перехода стали из области преимущественно пластических деформаций в область преимущественно упругих деформаций. Для углеродистой стали этот порог находится в пределах температур 600–650°C. При охлаждении отливки в литейной форме нельзя получить одинаковое изменение температуры всех её частей. Более массивные стенки охлаждаются медленнее остальных и поэтому их температуру принимают за основу при определении температуры выбивки.

Для снижения остаточных напряжений и, следовательно, уменьшения вероятности образования коробления, выбитые отливки помещают в печь и выдерживают в течение определённого времени. Так, при температуре выдержки 400°C в течение 10 часов снимается 20% остаточных напряжений, при 500°C – 55%, при 550°C – 78%, при 600°C и выдержке в течение 4 часов снимается 70% остаточных напряжений, при 650°C и выдержке около 1 часа снимается почти 90% остаточных напряжений.

§ 9. Проверка состояния модельной оснастки

При износе и механических повреждениях моделей изменяются их размеры, что вызывает искажение размеров и форм отливок. Величина износа моделей зависит от способа уплотнения формовочной смеси, напряжённого состояния моделей и подмодельных плит и т.д.

В процессе эксплуатации оснастки необходима регулярная проверка размеров моделей, подмодельных плит, крепежа между моделью и плитой.

Заготовки для подмодельных плит и моделей не должны иметь дефектов, в том числе перекосов и короблений. Конструкции металлических моделей, изготовленных из стали, чугуна или алюминиевых сплавов, должны обеспечивать жёсткость и прочность при минимальной массе. Для придания жёсткости на нерабочих сторонах моделей и плит делаются рёбра жёсткости.

Обнаруженные погнутые, треснувшие или недостаточно жёсткие модели и подмодельные плиты необходимо срочно изъять из производства и направить на ремонт или отбраковку.

§ 10. Разное, или Советы бывалого

Чаще всего коробление возникает в сером или белом чугунах.

1. Большие плоские участки склонны к короблению. Можно предотвратить коробление использованием рёбер жёсткости, но неправильная конструкция рёбер может усилить коробление.
2. Рёбра, действующие как охлаждающие, на тех участках, которые остывают очень быстро, использоваться не должны.
3. Иногда возможно прерывание большой плоской поверхности волнистыми или утолщёнными участками.
4. Нежёсткая прессовая плита может быть причиной коробления.
5. Низкая прочность смеси в сыром состоянии, малая текучесть могут привести к короблению.
6. Излишнее армирование, не обеспечивающее разрушаемости стержней является предметом коробления.
7. Если отливка коробится вверх, следует упрочнять верхнюю полуформу. Если отливка коробится вниз, следует укреплять нижнюю полуформу. Иногда достаточно упрочнить только часть полуформы.
8. Коробление может вызвать отсутствие опоры у части отливки при её термообработке.
9. Изгиб может произойти в процессе механической обработки отливки или даже в процессе её очистки; во избежание неприятностей следует оптимизировать время охлаждения отливки в форме после заливки и применять естественное старение (вылеживание отливки после очистки достаточное время, что определяется опытным путем).

Глава 5.2. Механическое повреждение

Описание дефекта

Механические повреждения представляют нарушение конфигурации отливки (появление трещин, сколов, деформаций). Чаще всего этот вид брака появляется при выбивке, обрубке, очистке и складировании отливок. При ранней выбивке отливок из формы чугун не обладает достаточной прочностью, что при откалывании питателей может привести к выламыванию части отливки. Наличие заливок у литниковой воронки или чаши может привести к аналогичному дефекту. При обрубке и механической перевалке отливок возможно образование трещин.

Механические повреждения представляют собой нарушение конфигурации отливки (появление трещин, сколов, деформаций).



Рис. 5.2.1. Отливка «Цилиндр пускового двигателя» с механическим повреждением

Чаще всего этот вид брака появляется при выбивке, обрубке, очистке и складировании отливок. При ранней выбивке отливок из формы чугуны не обладает достаточной прочностью, что при откалывании питателей может привести к выламыванию части отливки. Наличие заливов у литниковой воронки или чаши может привести к аналогичному дефекту. При обрубке и механической перевалке отливок возможно образование трещин.

Причины образования и способы ликвидации дефекта

§ 1. Отделение питателей от отливки

При отделении литниковой системы от отливки часто возникает вылом тела или образуются холодные трещины. Для облегчения отделения питателей от отливки рекомендуется:

- подвести питатель в более массивную часть отливки;
- уменьшить, по возможности, площадь сечения питателя;
- изменить форму питателя, уменьшить его высоту (по положению при заливке формы). Рекомендуемое отношение высоты питателя к толщине стенки отливки — 0,8;
- осуществить подвод металла через несколько питателей меньшего сечения;
- выполнить пережим на питателях вблизи отливки.

Прибыли и питатели следует выполнять легкоотделяемыми и удалять до отжига отливок, так как после отжига удалить их значительно труднее. При этом увеличивается опасность вылома тела отливки. Отделение питателей и прибылей от стальных отливок осуществляется с помощью вулканитовых кругов или огневой резки.

На рис. 5.2.2 представлена отливка «Патрубок всасывающий» с механическим повреждением. Отливка представляет собой тонкостенную конструкцию и не должна подвергаться интенсивным соударениям. Дефект образовался в результате интенсивного механического воздействия при отделении питателей от отливки. Увеличение количества питателей меньшего сечения устранило разрушение отливки.

При отделении питателей от отливки возможен вылом тела отливки вместе с питателем. Представленная на рисунке 5.2.3 отливка «Корпус вала» имела питатели, по толщине равные телу отливки. Результатом явился вылом тела отливки. При уменьшении высоты питателей до 0,8 тела отливки, вылом не повторялся.

§ 2. Условия нормального охлаждения отливки

После затвердевания отливку выдерживают в форме для охлаждения до температуры выбивки. Высокая температура выбивки нежелательна из-за опасности разрушения отливки, образования дефектов или ухудшения её качества. Ранняя выбивка может привести к образованию трещин, короблению и возникновению в отливке высоких остаточных напряжений. Однако с экономической точки зрения выбивку стремятся провести при максимально допустимой высокой температуре [33, 51].

Опыт работы литейных цехов показывает, что без ущерба для качества чугуны отливки можно извлекать из формы при следующих температурах:

- 700–800°C — мелкие отливки;
- 400–500°C — средние отливки;
- 300–400°C — крупные массивные;
- 200–300°C — сложные отливки, склонные к образованию трещин.



Рис. 5.2.2. Отливка «Патрубок всасывающий» с механическим изломом



Рис. 5.2.3. Отливка «Корпус вала» с изломом тела отливки

Продолжительность выдержки отливки в форме определяется толщиной стенки отливки, свойствами залитого сплава и литейной формы, температурой выбивки.

Для сокращения продолжительности охлаждения отливок иногда используются методы принудительного охлаждения:

- обдувкой залитых форм воздухом в охлаждающей галерее, длина которой, в зависимости от размеров форм и отливок, составляет 36–60 м;
- продувкой формы воздухом или паровоздушной смесью через установленные трубки;
- заливкой порции воды через трубки в определенные места литейной формы;
- использованием облицовочных смесей и холодильников с различным уровнем теплоаккумуляции.

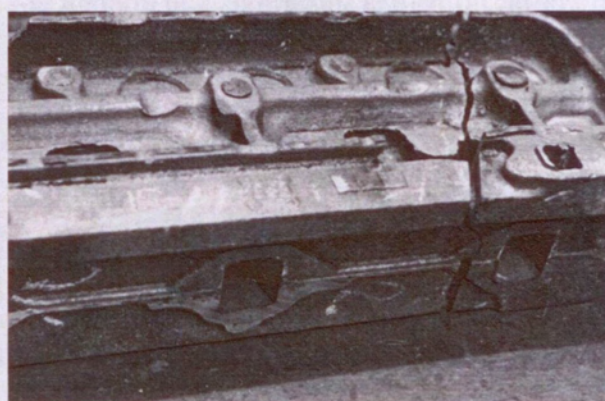


Рис. 5.2.4. Отливка «Головка блока цилиндров» с механическим повреждением

Конструкция отливки «Головка блока цилиндров», представленная на рисунке 5.2.4, имеет значительные напряжения, что в ряде случаев приводит к разрушению отливки. Ранняя выбивка, концентрация напряжений и механическое воздействие привело отливку к полному разрушению.

§ 3. Выбивка и транспортировка отливок

На позициях выбивки и транспортировки отливок их разрушение только по вине выбивного и транспортного оборудования происходит не часто. Разрушение, в основном, происходит от высокого уровня напряжений вызванных процессами, заложенными технологией изготовления или грубыми нарушениями существующих технологий выбивки и транспортировки.

Некоторые из причин возникновения условий для боя отливок:

- отливки переменного сечения со стенками до 5 мм не могут быть загружены навалом в транспортную тару. Категорически запрещается бросать отливки (после выбивки) с эспрона с высоты более 1 метра;

- возникновение внутренних напряжений от несоблюдения технологии изготовления плюс небрежная транспортировка и выбивка отливок приводят к бою литья.

Отливка «Цилиндр пускового двигателя», представленная на рис. 5.2.5 при перекидке в горячем состоянии с конвейера в короб, получила вылом части основания. Высота падения отливки более 1,5 метров. При понижении высоты падения до 0,5 метра разрушения не наблюдались.

Отливка «Колесо» (рис. 5.2.6) при очистке, в результате соударения с более крупными деталями, получила механическое повреждение — вылом кромки обода. При разделении потоков отливок дефект не повторялся.

Основные нарушения технологии изготовления отливок, влияющие на механические повреждения:

- пониженная прочность металла;
- нетехнологичная конструкция отливки (острые углы, сопряжения толстых и тонких стенок и др.) и отсутствие упрочняющих элементов различной конструкции (рёбра жёсткости, распорные поперечины и др.);
- близкое расположение рёбер жёсткости опоки от литника или стояка препятствует нормальной усадке отливки;
- несоблюдение правил направленного затвердевания отливок;
- высокая прочность формовочной смеси, вызывающая деформацию отливки при охлаждении;
- недостаточное разупрочнение стержней;
- неправильное использование холодильников, создающих дополнительное напряжение в отливке;
- ошибочный химсостав металла, приводящий к большой усадке сплава или к высоким напряжениям в отливке;
- использование чрезмерного количества стабилизаторов карбида;
- недостаточная температура заливки, создающая низкую скорость разупрочнения формы и стержня.

§4. Работа выбивной решетки

Выбивка форм в большинстве случаев выполняется на механических выбивных ре-



Рис. 5.2.5. Фрагмент отливки «Цилиндр пускового двигателя» с механическим изломом



Рис. 5.2.6. Отливка «Колесо» с механическим повреждением



Рис. 5.2.7. Фрагмент отливки «Корпус трансмиссии» с механическим повреждением

шешках, которые по принципу действия классифицируются на эксцентриковые, инерционные и инерционно-ударные. Решетка с литейной формой с помощью привода и опорной пружины совершает колебательное движение. В каждом цикле колебаний решетки форма подбрасывается вверх и затем, падая, ударяется о решетку или опорную раму. В момент соударения под действием сил инерции форма разрушается. Выбитая из опоки формовочная смесь проваливается через решетку и системой конвейеров передается к месту её переработки для повторного использования.

Нормальная работа решетки осуществляется при полной загрузке её мощности. В этот момент соударения выбитых отливок о решетку происходят с допустимыми амплитудами для сохранения отливок от разрушения. При загрузке решетки менее чем на 30% от расчетной, происходит значительное увеличение амплитуды колебаний решетки, отливка подбрасывается на большую высоту и происходит её интенсивное соударение с решеткой. В этот момент возможно разрушение элементов отливки или появление трещин.

Отливка «Корпус трансмиссии», фрагмент которой представлен на рис. 5.2.7 освобождалась от формовочной смеси на выбивной решетке с большой амплитудой колебания, вызванной неполной загрузкой решетки. При этом отливка была в горячем состоянии. При соударении о ребро решетки был совершён горячий вылом тела отливки.

§5. Влияние легирующих элементов на устойчивость к механическим разрушениям отливки

Сталь

Механические, физические и химические свойства зависят от содержания в стали не только одной какой-либо ведущей примеси, но и от остальных постоянных, легирующих, скрытых и случайных примесей, определяющих структуру стали. Между составом, условиями плавки и разливки, структурой и свойствами стали существует самая тесная связь и взаимозависимость (см. 5.1. §7).

Пониженное содержание углерода и кремния и повышенное содержание хрома в составе чугуна привело к повышению внутренних напряжений в отливке.

В результате выбивки в отливке образовалась холодная трещина (рис. 5.2.8а). Повышение содержания С и Si в составе чугуна ликвидировало образование трещин.



Рис. 5.2.8а. Отливка «Корпус» с холодной трещиной



Рис. 5.2.8б. Фрагмент отливки с дефектом (увеличено)

§6. Разное, или Советы бывалого

1. Рёбра жёсткости или распорные поперечины, вводимые в конструкцию отливки, упрочняют отливку и уменьшают возможность образования механических повреждений.
2. Пережимы на питателях способствуют быстрому отделению литниковой системы и предотвращают выломы стенки отливки.
3. Выполнение требований направленного затвердевания отливок способствует снижению возникающих напряжений и стойкости к разрушению отливок от механических соударений.
4. Высокая прочность смеси повышает напряжения и способствует разрушению отливки.
5. Расположенная близко к поверхности отливки арматура стержней повышает их жёсткость, вызывает местные напряжения в процессе охлаждения.
6. Неправильное применение холодильников вызывает дополнительные напряжения из-за быстрого охлаждения участков отливки.
7. Отливки переменного сечения и мелкие отливки с тонким сечением требуют осторожности при выбивке (малой амплитуды на выбивной решетке), транспортировке (перевалке с эпрона на эпрон с малой высоты) и очистке.
8. Отливки из высоколегированных сталей более склонны к напряжению, чем отливки из мягкой малоуглеродистой стали. Отливки с высоким напряжением больше подвержены разрушению.
9. Слишком ранняя или интенсивная выбивка способствует разрушению отливки.

Глава 5.3. Искажение размера

Описание дефекта

Размеры отливки должны отличаться от размеров готовой детали на величину припуска, необходимого для механической обработки. В величину припуска должны закладываться как дефекты поверхностного слоя отливки (пригар, шероховатость, раковины, плены, ужимины и др.), так и колебания размеров отливки в процессе ее изготовления.

Формирование дефекта

Описанный дефект может возникнуть в результате:

- отклонения в размерах модельного комплекта;
- изменения размеров и формы моделей и стержневых ящиков в результате износа и деформаций в процессе эксплуатации;

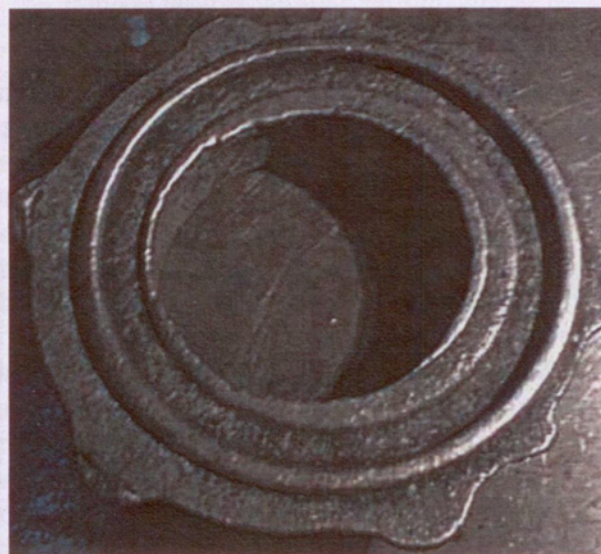


Рис. 5.3.1. Отливка «Фланец» с дефектом «Искажение размера»

- деформации форм и стержней при сушке;
- неточности сборки формы;
- нарушения размеров полости формы при заливке металлом;
- коробление отливки при охлаждении и термической обработке;
- механического повреждения при выбивке, обрубке, очистке и транспортировке.

Причины образования и способы ликвидации дефекта

§1. Новая модельная оснастка

Модельную оснастку перед запуском в производство необходимо тщательно проверить. Обязательна проверка первой партии отливок, полученных по новой оснастке. Искажение размеров, из-за неточности монтажа моделей на подмодельной плите, составляет в среднем $\pm 0,15$ мм, в зависимости от способа фиксации моделей на плитах.

При изготовлении модельной оснастки наблюдаются отклонения от заданной геометрической формы модели и взаимного расположения ее поверхностей [27]. На рис. 5.3.2 указаны отклонения формы плоских и цилиндрических поверхностей. К отклонениям формы плоских поверхностей относятся отклонения от плоскости (вогнутость и выпуклость) и прямолинейности, а также отклонения от заданного профиля. К отклонениям формы цилиндрических поверхностей относятся отклонения от круглости, овальности и огранка. Отклонения от круглости — наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности.

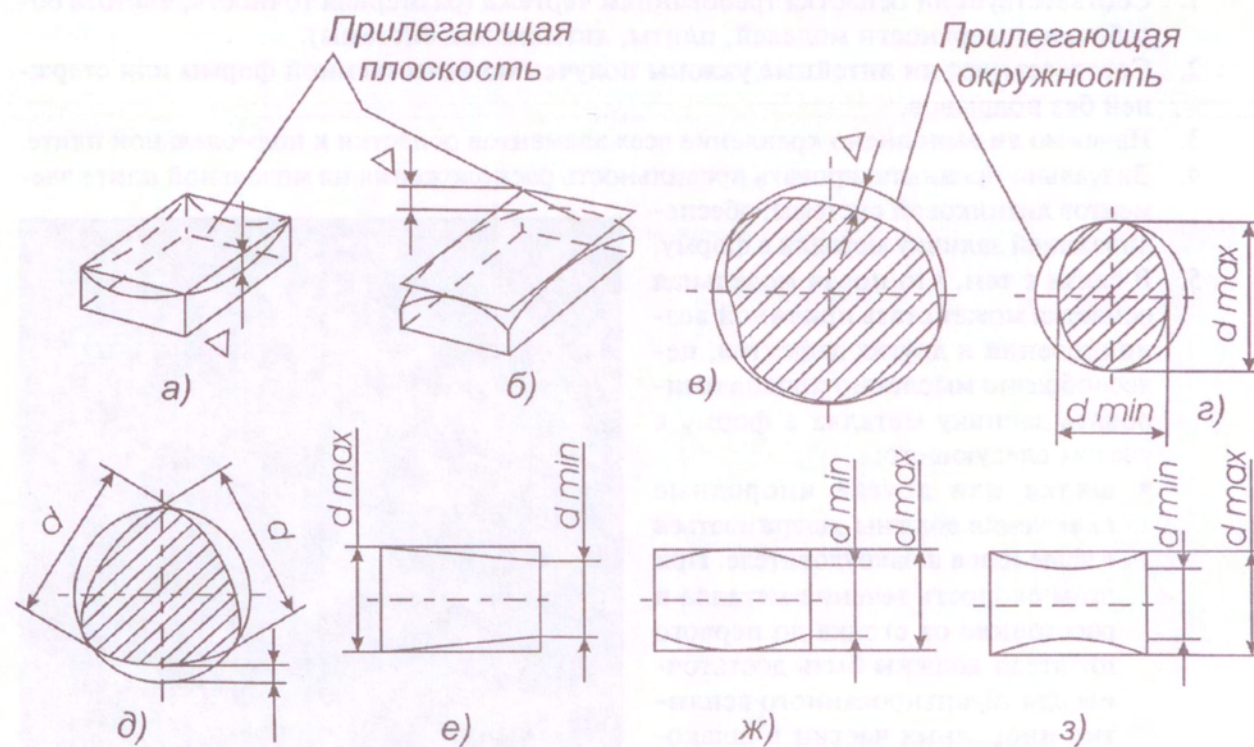


Рис. 5.3.2. Отклонения формы:
 а — вогнутость; б — выпуклость; в — некруглость; г — овальность;
 д — огранка; е — конусообразность; ж — бочкообразность; з — седлообразность

Отрицательные припуски

Таблица 5.3.1. Отрицательные припуски на размеры моделей необрабатываемых отливок

Вес отливки, кг	Толщина стенок отливки, мм		
	10	11–20	21–40
50	-0,5	-0,5–(-1)	-1,5
51–250	-1,0	-1,5	-2
251–500	-	-1,5	-2 –(-2,5)
501–3000	-	-2,0	-2,5–(-3,0)
3001–10000	-	-	-3,0–(-3,5)
>10000	-	-	-4,0

Увеличение размеров формы из-за неравномерной набивки или непрочного скрепления опок, а также вследствие расталкивания модели при ее удалении, вызывает увеличение размеров и веса отливки. Поэтому, при изготовлении моделей рекомендуется применять отрицательные припуски (см. 5.3.1), т.е. толщину необрабатываемых стенок принимать меньше указанной в чертеже.

Перед запуском в производство новой модельной оснастки рекомендуется обратить внимание на следующее:

1. Соответствует ли оснастка требованиям чертежа (размерная точность, чистота обработки поверхности моделей, плиты, литниковой системы).
2. Соответствуют ли литейные уклоны получению качественной формы или стержней без подрывов.
3. Надежно ли выполнено крепление всех элементов оснастки к подмодельной плите.
4. Визуально проанализировать правильность расположения на модельной плите элементов литниковой системы, обеспечивающей заливку металла в форму.
5. В связи с тем, что новая модельная оснастка может стать причиной возникновения и других дефектов, целесообразно мысленно проанализировать заливку металла в форму с учетом следующего:
 - шлаки или другие инородные включения должны задерживаться в чаше или в шлакоуловителе. При этом скорость течения металла и расстояние от стояка до первого питателя должны быть достаточны для гарантированного всплытия инородных частиц в шлакоулавливающей системе (выполняются расчетом);



Рис. 5.3.3. Отливка «Стакан»
с искажением размера и утонением стенок

- литниковая система должна обеспечивать спокойное течение металла для предупреждения образования «корольков» и размывов формы;
- литниковая система должна обеспечивать поступление в удаленные места отливки металла с достаточной жидкотекучестью для предупреждения образования недоливов и неспаев;
- изготовленная по данной оснастке форма должна быть обеспечена достаточными вентиляционными каналами для свободного удаления газа из стержня и формы до момента образования твердой корочки металла;
- подвод металла к отливке должен создавать направленное удаление газа из формы. Встречное движение потоков газа неизбежно приведет к образованию газовых раковин.

Искажение размеров отливки «Стакан» из-за неточного монтажа модели стержневого знака, приведено на рис. 5.3.3. Установка стержня в форму привела к его смещению и утонению стенки отливки. Переделка модельной оснастки позволила получать качественные отливки.

§ 2. Состояние модельной оснастки

При износе и механических повреждениях моделей и стержневых ящиков изменяются их размеры, что вызывает искажение размеров и формы отливок. Величина износа моделей зависит от способа уплотнения формовочной смеси, положения поверхности модели на пути потока смеси и т. д.

В процессе эксплуатации оснастки необходима регулярная проверка размеров оснастки, конфигурации выступающих частей, крепеже между моделью и плитой.

Вследствие деформации крепежных болтов, между моделью и плитой образуется зазор, который заполняется частицами песка, что вызывает интенсивный износ поверхности модели, соприкасающейся с плитой.

Для надежного крепления моделей, они устанавливаются и фиксируются на плите контрольными штифтами. Применение последних преследует две цели:

- с их помощью половины разъемных моделей спариваются в процессе изготовления;
- контрольными штифтами фиксируется положение моделей на плите в процессе ее монтажа и эксплуатации модельной плиты в литейном цехе.

Количество контрольных штифтов и их размеры зависят от размеров модели. Количество штифтов колеблется от 2 до 4. Для лучшей фиксации моделей расстояние между штифтами должно быть возможно большим.

Крепление модели к плите может производиться шпильками при их посадке как через модель в плиту, так и наоборот, а также винтами или болтами.

У моделей изнашиваются рабочие поверхности, особенно выступающие части (бобышки, знаки, рёбра), снижается точность установки отъёмных частей (вкладышей). От встряхивания в процессе формовки ослабевают крепления частей модели между собой, крепления моделей к плите и т.д. От небрежного отношения на поверхности моделей появляются вмятины и забоины.

У стержневых ящиков быстро изнашиваются плоскости набивки, направляющие штыри и втулки, вкладыши и гнезда для их установки. При изготовлении стержней на пескодувных машинах наиболее интенсивно изнашиваются поверхности ящиков, расположенные против вдувных отверстий.

У фасонных сушильных плит в результате многократно повторяемых нагревов и охлаждений появляется коробление.

У кондукторов и шаблонов изнашиваются рабочие поверхности.

У опок (для опочной формовки) появляется коробление из-за с неравномерного их нагрева при заливке. Одновременно интенсивно изнашиваются направляющие втулки.

У съемных опок изнашиваются направляющие поверхности втулок и штырей, а также отдельные части отъемных механизмов.

§ 3. Искажение размеров формы при извлечении моделей

Извлечение моделей из формы является очень ответственной операцией при ручном и машинном способах изготовления форм.

Ручное извлечение форм

Перед выемом моделей из формы (особенно крупных), иногда слегка смачивают кромку модели для снижения сцепления с ней формовочной смеси. Затем слегка расталкивают модель во все стороны ударами по подъему в горизонтальном направлении. После этого производят плавный подъем модели в строго вертикальном направлении, продолжая постукивать по модели до ее отрыва. Небольшие модели вынимают вручную, а крупные — краном. Следует помнить, что поврежденное при выеме модели место формы после исправления не обладает такими свойствами, как нетронутое. При исправлении формовщик не должен переуплотнять такие участки формы и искажать их конфигурацию.

Не рекомендуется сильно расталкивать модели перед выемкой их из формы, так как от этого отливка получается с неправильными, увеличенными размерами, что приводит к излишнему увеличению ее толщины и веса. Для получения при ручной формовке более точных отливок следует применять ручные вибраторы. Вибраторы облегчают выемку модели без поломок формы и практически без увеличения геометрии отливки.

Машинное извлечение модели

Машинное извлечение модели из формы во многом эффективнее ручного. Оно сохраняет строго вертикальное перемещение подмодельной плиты с моделями благодаря использованию машинных вибраторов для свободного отделения модели из полости формы.

По методу извлечения моделей из формы формовочные машины делятся на три типа [1, 33]:

- со штифтовым подъемом (рис. 5.3.4);
- с протяжкой модели (рис. 5.3.5);
- с поворотной плитой (рис. 5.3.6) или с перекидным столом (рис. 5.3.7).

Таблица 5.3.2. Влияние метода извлечения модели

Причины искажения размеров	Изменение размеров отливок, мм		
	Мелких	Средних	Крупных
Расталкивание моделей: новых бывших в употреблении	0,1–0,5 0,2–2,0	0,5–1,0 1,0–4,0	1–2 2–8
Расталкивание стержневых ящиков: металлических деревянных	- -	0,05–1,0 0,1–0,3	- -
Проглаживание поверхности форм и стержней и исправление "слабины"	-	0,1–0,5	0,3–1,0
Сушка форм и стержней	0,5–1,0	0,5–1,0	1,5–2,0
Погрешности при сборке формы	0,2–1,0	0,5–2,0	1,0–4,0

При отсутствии износа, хорошо отлаженной работе каждого из представленных на схемах устройств, извлечение модели происходит без разрушения формы с минимальным изменением ее размеров. Однако, без систематического контроля за износом сопрягаемых элементов конструкции, возможен подрыв формы или излишнее расталкивание модели в форме.

Кроме изложенного необходимо учитывать неизбежное изменение размеров отливки, вызванное процессом извлечения моделей из формы и стержней из ящиков. Влияние метода извлечения модели и других технологических факторов на точность отливок показано в таблице 5.3.2.

§ 4. Контроль форм и стержней

При изготовлении стержней необходимо убедиться в качестве оснастки. Проверяют наличие отъемных и осадочных частей, оправок, шаблонов и их исправность. Стержневые ящики не должны иметь качающихся отъемных частей, покореженных стенок, плохо вынимающихся ребер, кронштейнов, вытряхных вставок и стенок; на рабочих поверхностях не допускаются трещины, вмятины, забитые углы и другие дефекты.

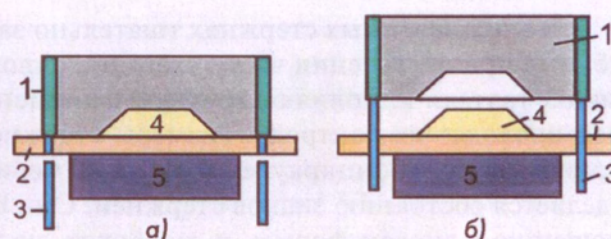


Рис. 5.3.4. Схема штифтового подъема:
а – уплотнение; б – объем;
1 – опока; 2 – подмодельная плита;
3 – подъемные штифты; 4 – модель;
5 – стол машины

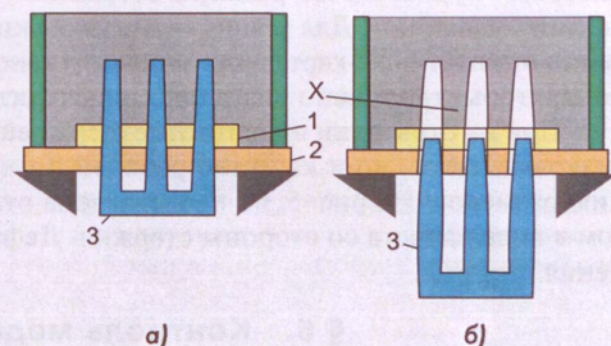


Рис. 5.3.5. Схема протяжки с опускающейся моделью:
а – уплотнение; б – протяжка;
1 – неподвижная часть модели;
2 – подмодельная плита;
3 – опускающаяся часть модели

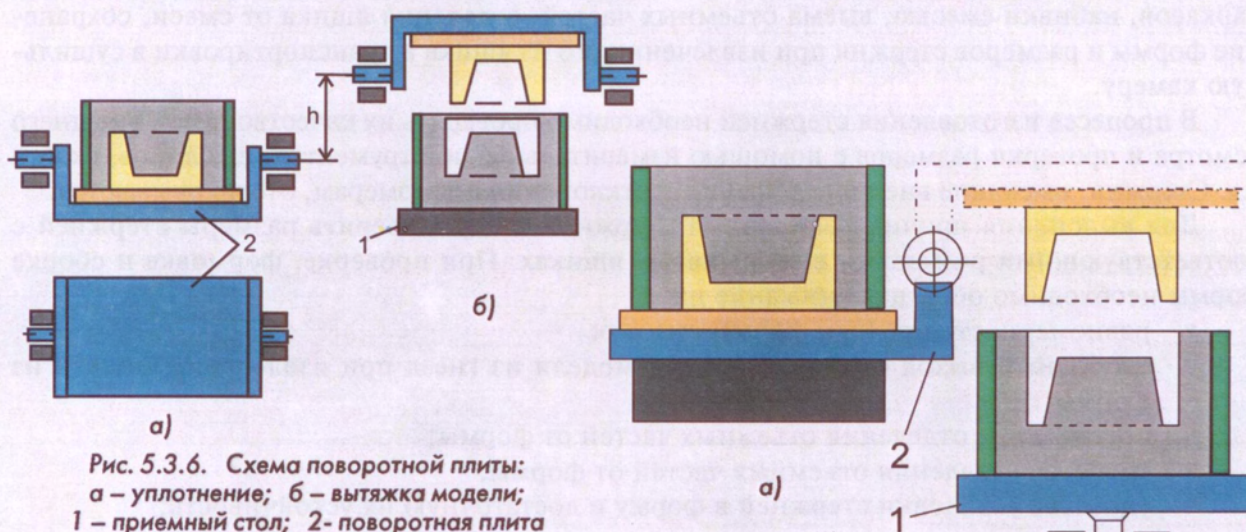


Рис. 5.3.6. Схема поворотной плиты:
а – уплотнение; б – вытяжка модели;
1 – приемный стол; 2 – поворотная плита

Рис. 5.3.7. Схема перекидного стола:
а – уплотнение; б – вытяжка модели;
1 – приемный стол; 2 – перекидной стол

В изготовленных стержнях тщательно заделываются неплотности, подрывы, повреждённые при извлечении части стержня, сквозные наколы. Неоформленные в стержневом ящике галтели выполняют вручную с применением шаблонов. После отверждения стержней проводят их контроль. Размеры стержней проверяют шаблонами или, в единичном производстве, кронциркулем и другими мерительными инструментами. Особое внимание уделяется состоянию знаков стержней. Они не должны иметь значительные зазоры по отношению к знакам формы, и, наоборот, не должны быть излишне полными для зависания стержней в знаках формы.

Тщательность сборки формы в значительной мере определяет точность геометрических размеров отливки, образование заливов и трудоёмкость обрубки. Стержни перед постановкой в форму проверяют с помощью шаблонов для исключения поломки формы и искажения размеров отливки. При отклонении размеров стержней их притирают. При массовом производстве размеры стержней устанавливают с помощью контрольных предельных шаблонов. Для установки нескольких сложных стержней, например при изготовлении отливки блок-картер, применяют установочные шаблоны или специальные сборочные кондукторы, где можно визуально проследить правильность установки стержней.

При изготовлении и подготовке стержней необходимо тщательно осматривать не только знаковые части, но и качество рабочей поверхности, которая может привести к искажению размеров. На рис. 5.3.8 представлена отливка «Корпус запорной арматуры» с дефектом в виде нароста со стороны стержня. Дефект произошел из-за некачественного уплотнения стержня.

§ 5. Контроль модельных комплектов в процессе их апробирования и доводки

После приемки контролёрами всех элементов модельного комплекта необходимо его апробировать в работе путем изготовления опытной отливки. Апробированием и доводкой руководит группа лиц от ОГМет, модельного и литейного цехов.

При изготовлении стержней обращают внимание на возможности и удобство установки каркасов, набивки смесью, выема отъемных частей, отделения ящика от смеси, сохранение формы и размеров стержня при извлечении его из ящика и транспортировки в сушильную камеру.

В процессе изготовления стержней необходимо проверять их качество путем внешнего осмотра и проверки размеров с помощью измерительных инструментов, шаблонов, скоб и т.д. Стержни, имеющие внешние дефекты и отклонения по размерам, отбраковываются.

Для выяснения причин дефектации стержней следует сверить размеры стержней с соответствующими размерами в стержневых ящиках. При проверке, формовке и сборке формы необходимо обратить внимание на:

- равномерность набивки формы смесью;
- свободный выход отъемных частей модели из гнезд при извлечении модели из формы;
- обеспечение отделения отъемных частей от формы;
- удобство отделения отъемных частей от формы;
- удобство установки стержней в форму и достаточную их устойчивость;
- надежность фиксирования стержней в знаках и соответствие размеров знаков стержней и формы;
- соответствие чертежу фактической величины зазоров между знаками стержней и формой и между соприкасающимися стержнями;

- обеспеченность достаточными формовочными уклонами и зазорами.

После выбивки формы следует осмотреть отливки. При этом необходимо обратить внимание, нет ли заливов и несовпадений элементов литниковой системы. При обрубке отливки следует проверить, правильно ли отделяется литниковая система и не происходит ли при этом отламывание тела детали. По результатам осмотра составляется протокол. Контрольную разметку отливки выполняют контролеры модельного цеха (участка). Цель ее заключается в определении соответствия отливки размерам и допускам, указанным в чертежах. Сложные отливки разрезают по всем необходимым сечениям, плоскости разреза фрезеруют. Отклонения от чертежа заносят в дефектную карту.

После доводки оснастки ее вновь отправляют в литейный цех для проведения второй опытной отливки. При получении положительного результата по качеству изготовленных отливок, составляется акт о пригодности данного модельного комплекта для запуска в производство.

На рис. 5.3.9 представлена отливка «Каток» со смещенной верхней частью. При монтаже модели была неправильно установлена верхняя часть модели. В результате отливка получилась со смещением опустошения, т.е. с искажением размера.



Рис. 5.3.8. Отливка «Корпус запорной арматуры» с искажением размеров



Рис. 5.3.9. Отливка «Каток» со смещенным болваном

§6. Разное, или Советы бывалого

На появление дефекта «Искажение размеров» оказывают влияние ряд технологических факторов:

1. Чрезмерное давление металла на стержень большой протяженности может привести к деформации стержня во время заливки. Особенно это относится к стержням с небольшой площадью сечения в поперечнике.
2. Деформация стержня в процессе его изготовления или транспортировки, неправильный подбор стержневой смеси, нарушение правил транспортировки и др.
3. Нанесение слишком толстого или тонкого слоя клея или краски приводит к искажению размеров. По технологии положено толщину слоя краски или клея учитывать в оснастке. На практике это иногда упускается и приводит к появлению дефекта.
4. Заливка слишком горячим металлом тонких, длинных стержней.

Глава 5.4. Смещение

Описание дефекта

Смещением называют сдвиг одной части отливки относительно другой.

Расположение дефекта

Обычно форму собирают из нескольких частей с установкой в нее стержней. Неточная сборка комплекта стержней или формы вызывает искажение размеров отливки. В отдельных случаях эти искажения могут достичь значительных размеров, превысить допускаемую величину и привести к смещению.

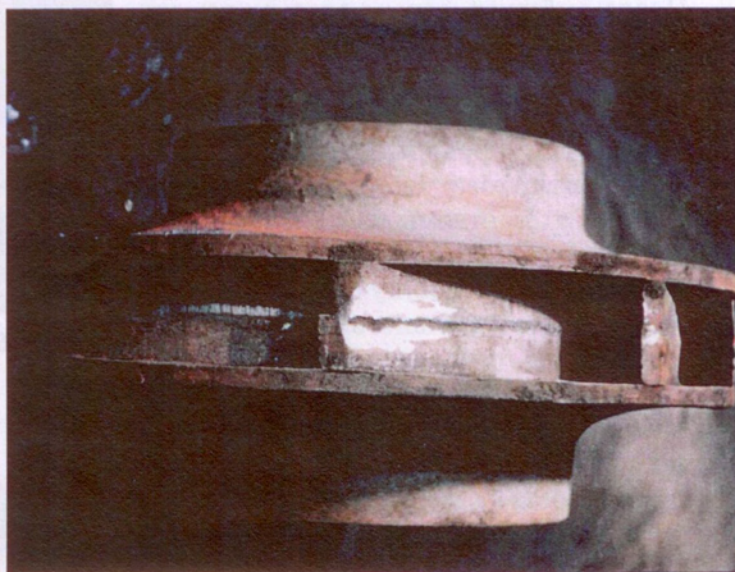


Рис. 5.4.1. Отливка «Колесо насоса» с дефектом «Смещение»

Причины образования и способы ликвидации дефекта

§1. Зазор в центрирующих отверстиях

Спариваемые опоки всегда должны центрироваться в двух диаметрально противоположных точках и располагаться на торцевых стенках.

В целях взаимозаменяемости опок и повышения точности форм установлен допуск на расстояния между центрирующими отверстиями в ушках опок (таблица 5.4.1) [52].

Таблица 5.4.1

Длина опоки, мм	до 750	750–1600	1600–2400	2400–7100
Предельные отклонения, мм	± 0,2	± 0,5	± 1,0	± 1,5

Механическая обработка отверстий должна осуществляться с помощью кондукторов. Диаметры центрирующих отверстий для опок должны соответствовать указанным в таблице 5.4.2.

Таблица 5.4.2. Диаметры центрирующих отверстий

Средний габаритный размер опоки, мм	Диаметр, мм	
	центрирующего отверстия	штыря
до 500	20 Аз	20 Шз
500–750	25 Аз	25 Шз
750–1500	30 Аз	30 Шз
1500–2500	30 Ач	30 Шч
больше 2500	40 Ач	40 Шч

Таблица 5.4.3. Размеры центрирующих втулок, мм

Средний габаритный размер опоки	d	Стальные опоки		Чугунные опоки		D1	D2	h
		D	H	D	H			
<500	20Аз	30Пр	20	30Г	30	29,5	40	4
501–750	25Аз	35Пр	30	35Г	35	34,5	45	4
751–1500	30Аз	40Пр	35	40Г	40	39,5	50	5
1501–2500	30Аз	40Пр	35	40Г	40	39,5	50	5
>2500	40Аз	52Пр	45	52Г	50	51,0	52	5

Для получения качественных отливок необходима точная центрация опок, которая выполняется с помощью центрирующих и направляющих втулок. На рис. 5.4.2 представлена схема центрирующей втулки, а в таблице 5.4.3 приведены ее размеры при использовании в стальных и чугунных опоках.

Направляющая втулка обеспечивает ликвацию закусывания посадочных штырей при спаривании опок. Схема направляющей (прорезной) втулки приведена на рис. 5.4.3, размеры втулок для стальных и чугунных опок представлены в таблице 5.4.4.

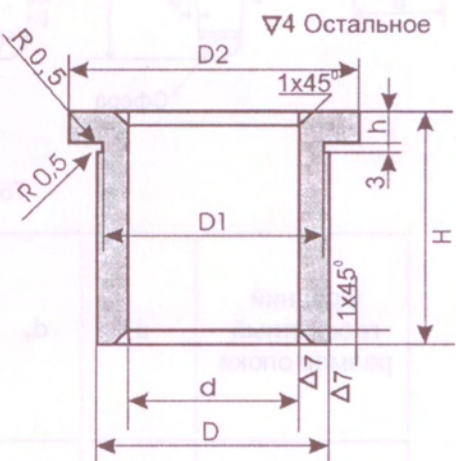


Рис. 5.4.2. Схема центрирующей втулки к табл. 5.4.3

Таблица 5.4.4. Размеры направляющих втулок, мм

Средний габаритный размер опоки	d2	d1	Стальные опоки			Чугунные опоки			D1	D2	h
			D	H	h1	D	H	h1			
<500	20Аз	28	38Пр	20	11	38Г	30	16	37,5	48	4
501–750	25Аз	36	46Пр	30	16	46Г	35	19	45,5	56	4
751–1500	30Аз	42	52Пр	35	19	52Г	40	21	51,5	62	5
1501–2500	30Аз	42	52Пр	35	19	52Г	40	21	51,5	62	5
>2500	40Аз	55	67Пр	45	24	67Г	50	26	66,0	77	5

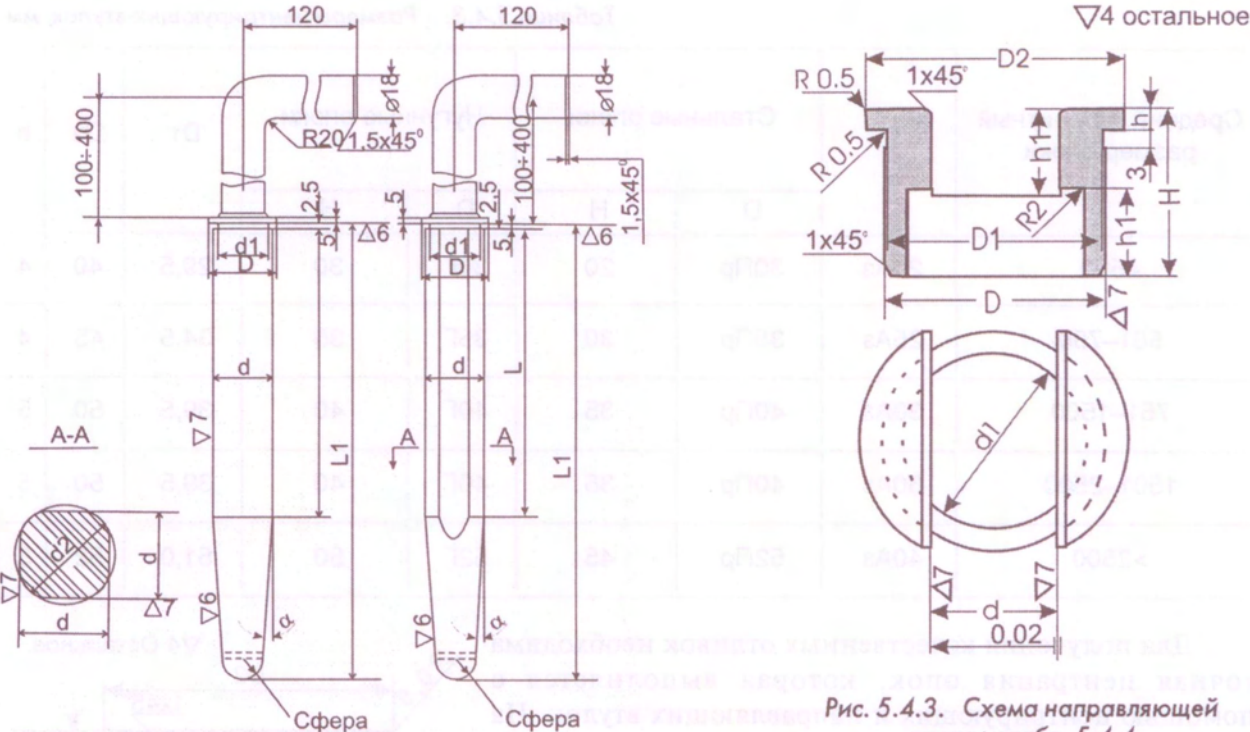


Рис. 5.4.3. Схема направляющей втулки к табл. 5.4.4

Таблица 5.4.5. Размеры штырей в мм при спаривании «штырем»

Средний габаритный размер опоки	d	d ₁	d ₂	D	L	L ₁	Угол α	
							Тип штыря	
							I	II
≤ 500	20Ш ₃	19,5	25	30	60	140,180	3°	5°
501–750	25Ш ₄	24,5	30	35	80	140,180	3°	3°
						200	1°30'	5°
751–1500	30Ш ₃	29,5	35	45	100	150,190	3°	3°
						230,280	1°30'	3°
1501–2500	30Ш ₄	29,5	35	45	120	190,230	3°	5°
						280,330	1°30'	3°
>2500	40Ш ₄	39,5	45	55	140	230	3°	5°
						280,340	1°30'	3°

Таблица 5.4.6. Размеры штырей в мм при спаривании «на штырь»

Средний габаритный размер опоки	d	d ₁	d ₂	l	D	L	L ₁	Угол α	
								Тип штыря	
								I	II
751–1500	30Ш ₃	24,5	35	30	25C ₅	150	260	3°	5°
							300		
							460	1°30'	3°
							380		
1501–2500	30Ш ₄	24,5	35	30	25C ₅	175	340	3°	5°
							380		
							420	1°30'	3°
							460		
>2500	40Ш ₄	34,5	45	40	35C ₅	200	340	3°	5°
							390		
							440	1°30'	3°
							490		
							550		

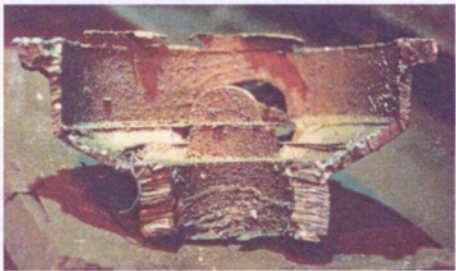
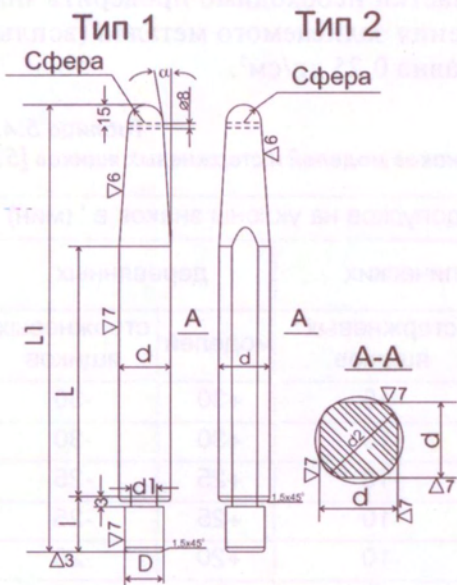


Рис. 5.4.4. Отливка «Корзина» с дефектом «Смещение»

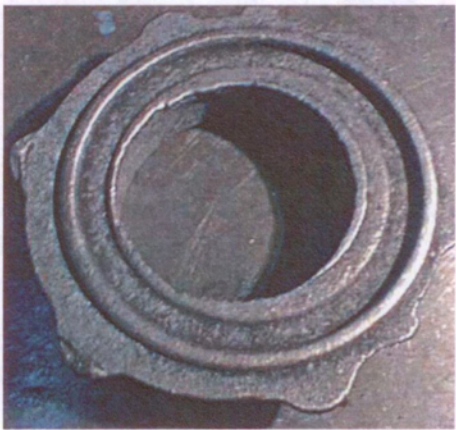


Рис. 5.4.5. Отливка «Крышка» с дефектом «Смещение»

На рис. 5.4.4 представлена отливка «Корзина» с дефектом «Смещение». Дефект образовался от увеличенного зазора в центрирующих отверстиях опок.

§ 2. Износ или повреждения штырей и втулок

Центрирование при спаривании полуформ производится с помощью сборочных штырей через центрирующие и направляющие втулки. Центрирование полуформ рекомендуется осуществлять следующим образом:

«штырем» — при мелкосерийном производстве, «на штырь» — при серийном и массовом производстве, «на штырь и втулку» — при транспортировании полуформ со средним габаритом не более 2500 мм по конвейерам и рольгангам. Втулки изготавливают из цементируемой стали марки 15, 20 или из стали марки 45 с цементацией на глубину 0,8–1,2 мм, твердость HRC 45–52. В стальные опоки втулки устанавливают прессовой посадкой, в чугунные — глухую. Требования к материалу штырей такие же, как и к втулкам. Чистота рабочей поверхности втулок и штырей не ниже V7 [53].

Отклонение от перпендикулярности осей центрирующих отверстий к плоскости разреза опок не должно превышать 0,1 мм на длине 200 мм при среднем габаритном размере до 1500 мм и 0,1 мм на длине 100 мм при среднем габаритном размере свыше 1500 мм.

На рис. 5.4.5 представлена отливка «Крышка» с дефектом «Смещение». Дефект образовался от смещения при сборке полуформы верха с полуформой низа из-за износа спаривающих штырей и втулок.

§3. Уклоны и зазоры в знаковых частях

Для облегчения установки стержней в форму и ликвидации смещения делаются уклоны с зазорами между сопрягаемыми стенками формы и стержня, величина которых зависит от способа формовки, высоты стенки и материала модели.

В таблице 5.4.7 приведены уклоны нижних и верхних знаков моделей и стержневых ящиков, необходимые для правильной установки стержней в форму и накрытия верхней полуформой. При изготовлении или после ремонта оснастки необходимо проверить знаки на смятие опорной поверхности с учетом силы давления заливаемого металла (всплытия). Допустимая сила смятия сырых форм примерно равна 0,25 кг/см².

Таблица 5.4.7
Уклоны знаков моделей и стержневых ящиков [53]

Высота знака в мм	Уклон знака в град				Пределы допусков на уклоны знаков в ' (мин)			
	вертикальных стержней		горизонтальных стержней		металлических		деревянных	
	нижнего	верхнего	нижнего	верхнего	моделей	стержневых ящиков	моделей	стержневых ящиков
До 20	10	15	10	15	+15	-15	+30	-30
20–50	7	10	7	10	+15	-15	+30	-30
50–100	6	8	6	8	+10	-10	+25	-25
100–200	5	6	5	6	+10	-10	+25	-25
200–300	-	-	5	6	+10	-10	+20	-20
300–500	-	-	4	5	+5	-5	+20	-20
500–800	-	-	3	3,5	+5	-5	+15	-15
Свыше 800	-	-	2,5	3	+3	-3	+15	-15

Для установки стержня в форму необходимо предусматривать зазоры (таблица 5.4.8), зависящие от размеров стержней и способов изготовления.

Таблица 5.4.8
Зазоры на сторону между знаком формы и стержня при формовке по-сырому
Размеры в мм

Высота знака верха или низа	Зазор (не более) при длине или диаметре стержня								
	до 50	50–150	150–300	300–500	500–700	700–1000	1000–1500	1500–2000	2000–2500
До 25	0,15	0,15	0,25	-	-	-	-	-	-
25–50	0,25	0,25	0,5	1,0	1,0	1,5	-	-	-
50–100	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
100–200	1,0	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
200–300	1,0	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
300–500	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
500–750	-	-	2,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
750–1000	-	-	-	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
1000–1250	-	-	-	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
1250–1500	-	-	-	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5

Для точной фиксации стержней в форме необходимо правильное выполнение зазоров между знаком формы и стержня. На рис. 5.4.6 представлена схема постановки стержней в форму с буквенным отображением допусков. В таблицах 5.4.9 и 5.4.10 представлены фактические зазоры на сторону между знаком формы и стержня при формовке по-сырому и по-сухому.

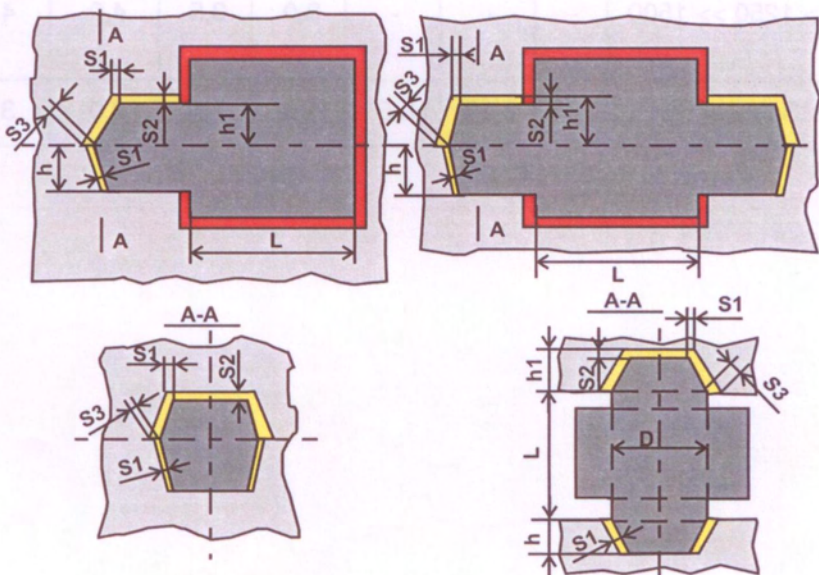


Рис. 5.4.6. Допуски на размеры знаков металлических моделей и стержневых ящиков

Таблица 5.4.9
Зазоры на сторону между знаком формы и стержня при формовке по-сырому (ГОСТ 3606-57)
Размеры в мм

Высота знака h или h1 наибольшая в мм	Зазоры S1 (не более) при длине стержня L или диаметре D									Зазоры S3
	До 50	Св. 50 до 150	Св. 150 до 300	Св. 300 до 500	Св. 500 до 700	Св. 700 до 1000	Св. 1000 до 1500	Св. 1500 до 2000	Св. 2000 до 2500	
До 25	0,15	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
Св. 25 до 50	0,25	0,25	0,5	1,0	1,0	1,5	-	-	-	1,5–2,5
>>50 >> 100	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	2,0–5,0
>> 100 >> 200	1,0	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	3,0–6,0
>> 200 >> 300	1,0	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	3,5–6,5
>> 300 >> 500	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	4,0–7,5
>> 500 >> 750	-	-	2,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0–8,0
>> 750 >>1000	-	-	-	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5–9,0
>> 1000 >> 1250	-	-	-	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,5–9,5
>> 1250 >> 1500	-	-	-	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	7,5– 10,5
Зазоры S2	0,15	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	3,0	4,0	-

Таблица 5.4.10
Зазоры на сторону между формой и стержнем при формовке по-сухому (ГОСТ 3606-57)
Размеры в мм

Наибольшая в мм	Зазор S1 (наибольший) при длине стержня или диаметре D											
	До 50	Св. 50 до 150	Св. 150 до 300	Св. 300 до 500	Св. 500 до 750	Св. 750 до 1000	Св. 1000 до 1500	Св. 1500 до 2000	Св. 2000 до 2500	Св. 2500 до 3000	Св. 3000	Зазор S3
До 25	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
От 25 до 50	0,5	0,5	1,0	1,5	1,5	2,0	-	-	-	-	-	1,5–3,0
>> 50 >> 100	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	-	-	1,5–6,0
>> 100 >> 200	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	2,5–7,5
>> 200 >> 300	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	3,0–8,0
>> 300 >> 500	2,0	2,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	3,5–8,5
>> 500 >> 750	-	-	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	4,0–9,0
>> 750 >> 1000	-	-	-	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	4,5–9,5
>> 1000 >> 1250	-	-	-	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	5,0– 10,0
>> 1250 >> 1500	-	-	-	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	5,5– 10,5
>> 1500 >> 2000	-	-	-	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0– 11,0
>> 2000 >> 2500	-	-	-	-	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	7,5– 12,0
>> 2500 >> 3000	-	-	-	-	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,0– 13,5
>> 3000	-	-	-	-	6,5	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	9,5– 13,8
Зазоры S2	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	-

Примечания к табл. 5.4.9 и 5.4.10:

Зазоры для стержней, имеющих два или более вертикальных знака, при необходимости можно увеличить до 1,5 S1.
При использовании на знаках сырых форм противообжимных поясков, зазор S2 не назначается.

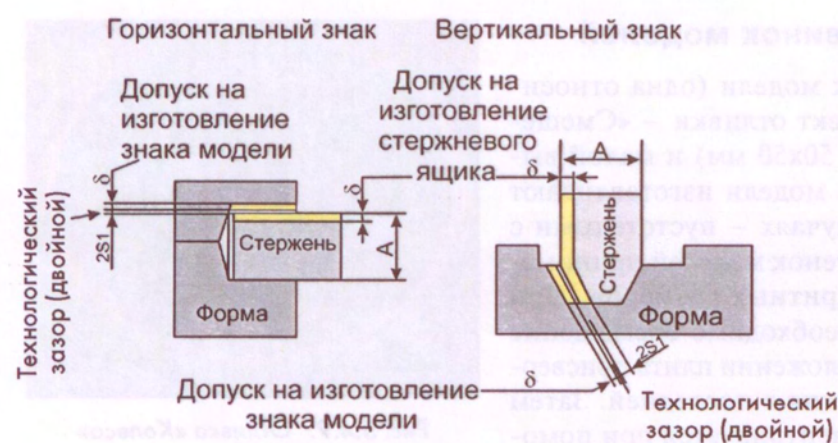


Рис. к табл. 5.4.11

Для свободного центрирования стержней в форме, предусмотрены уклоны горизонтальных и вертикальных знаков. На рис. 5.4.7 представлены схемы зазоров между знаком формы и стержня. В таблице 5.4.12 даны величины уклонов в знаках верхних и горизонтальных стержней, а также допуски на уклоны знаков в металлических и деревянных моделях.

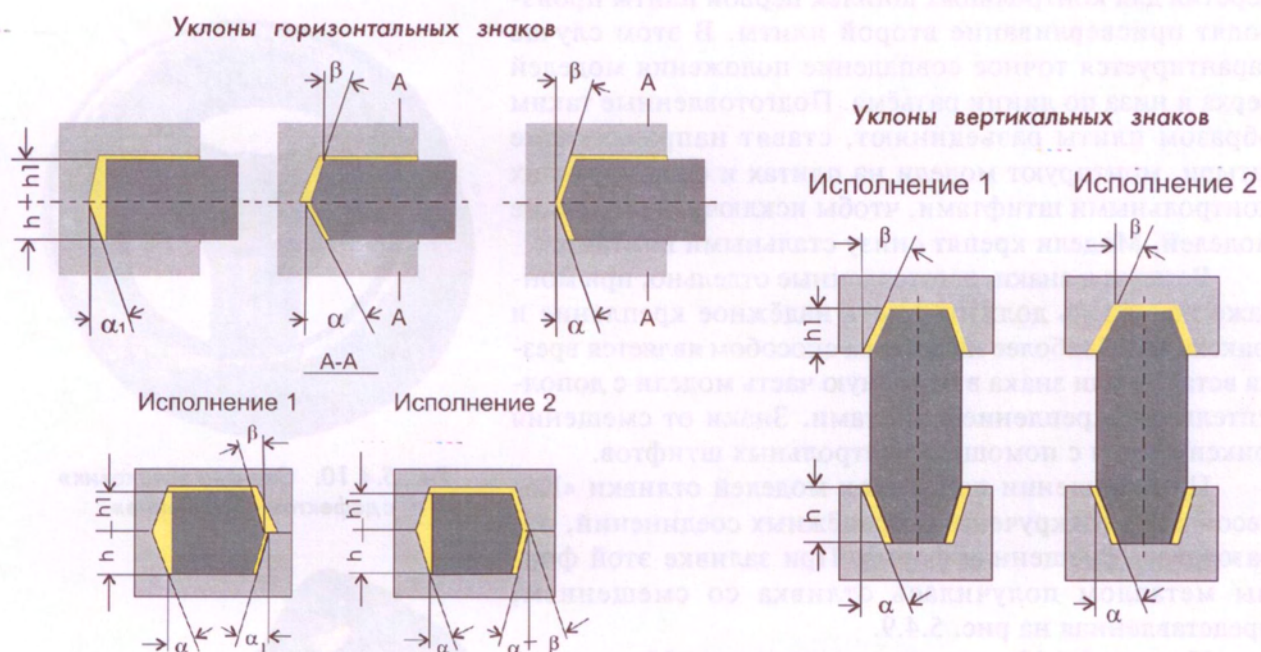


Рис. 5.4.7. Зазоры между знаком формы и стержня

Неточная установка стержня в форму привела к смещению стержня и появлению разностенности отливки «Стакан». Исправление модельной оснастки способствовало ликвидации дефекта.



Рис. 5.4.8. Отливка «Стакан» с дефектом «Смещение»

§4. Смещение половинок моделей

При смещении половинок модели (одна относительно другой) получается дефект отливки — «Смещение». При малых размерах (до 50x50 мм) и малой высоте (до 30 мм) металлические модели изготавливают сплошными, а в остальных случаях — пустотелыми с рёбрами жёсткости. Толщина стенок моделей принимается в зависимости от их габаритных размеров. При креплении моделей на плите необходимо совмещение их монтажных рисок. В таком положении плита присверливается к модели через отверстия в последней. Затем вторая плита (верха или низа) центрируется при помощи направляющих штырей с первой плитой и через отверстия для контрольных шпилек первой плиты производят присверливание второй плиты. В этом случае гарантируется точное совпадение положения моделей верха и низа по линии разъёма. Подготовленные таким образом плиты разъединяют, ставят направляющие штыри, монтируют модели на плитах и фиксируют их контрольными штифтами, чтобы исключить смещение моделей. Модели крепят снизу стальными винтами.

Вставки и знаки, изготовленные отдельно, при монтаже на модель должны иметь надёжное крепление и фиксацию. Наиболее надёжным способом является врезка вставки или знака в основную часть модели с дополнительным креплением винтами. Знаки от смещения фиксируются с помощью контрольных штифтов.

При смещении половинок моделей отливка «Колесо» из-за раскрученных крепёжных соединений, образовалась смещенная форма. При заливке этой формы металлом получилась отливка со смещением, представленная на рис. 5.4.9.

На рис. 5.4.10 представлена отливка «Маховик» с дефектом «Смещение», полученным в результате смещения половинок моделей (одна относительно другой). Смещение половинок модели произошло из-за потери стального винта, крепящего модель к плите.

При использовании изношенных или коротких сборочных штырей возможно смещение половинок моделей. В результате заполнения такой формы металлом получается отливка со смещением. На рис. 5.4.11 представлена отливка «Наконечник» с дефектом «Смещение» из-за использования укороченных штырей.



Рис. 5.4.9. Отливка «Колесо» с дефектом «Смещение»



Рис. 5.4.10. Отливка «Маховик» с дефектом «Смещение»



Рис. 5.4.11. Отливка «Наконечник» с дефектом «Смещение»

§5. Соединение стержней или их половинок

Неточное соединение или склеивание стержней неизбежно приводят к дефекту «Смещение». При склеивании нескольких стержней один из них должен быть основанием, базой для остальных. Положение стержней проверяют шаблонами, щупом или инструментом. Чтобы предупредить смещение одного стержня относительно другого, их фиксируют прокладками, которые вынимают после высыхания клея. Обычно каждый стержень укладывают в форму отдельно, но укладка нескольких стержней занимает много времени, а сложные стержни часто вообще нельзя установить в форму по одному. В таких случаях стержни предварительно собирают в блоки, склеивают их и уже в собранном виде устанавливают в форму.

В ряде случаев для сборки и простановки стержней в форму используют специальные кондукторы.

При склеивании половинок стержней проверяют отсутствие смещения, заделывают швы пастой и подсушивают. При склеивании тёплых стержней подсушка не требуется.

После изготовления стержни осматривают и проверяют их размеры. При осмотре стержней следует, помимо прочего, обращать внимание на точность совмещения половинок, взаимное положение частей стержня, заделку швов и др. При проверке размеров применяют измерительный инструмент, различные шаблоны, скобы и приспособления.

Не прошедшие контроль стержни подвергаются доработке или отбраковке.

Отливка «Колесо насоса» (рис. 5.4.1 стр. 190) имела смещение половинок стержней, выполняющих внутренние контуры отливки. Для предупреждения этого дефекта необходимо:

- осуществить контроль оснастки на точность спаривания рабочих контуров половинок ящика;
- спаривание и склейку половинок стержней осуществлять в специальном кондукторе, позволяющем обеспечить точное совмещение стержней;
- просушенные стержни подвергать строгому контролю с доработкой замеченного смещения.

§6. Разное, или Советы бывалого

Дополнительно может привести к дефекту «Смещение»:

1. Расширенная или углублённая поверхность стержневого знака может привести к всплыванию стержня в форме при заливке металла.
2. Неправильная установка стержней в кондуктор, вызывающая их смещение и утонение стенок. Деформация стержней из-за слабой сырой прочности смеси или воздействии незавершившегося процесса отверждения стержней в оснастке.
3. Слабое уплотнение формовочной смеси способствует смещению стержней в знаках в процессе тряски, соударений на конвейере или при транспортировке опок. Это явление усиливается при ударах формовочных машин, вибрации тяжёлого оборудования, удара заливочного ковша и т.д.
4. Использование клиньев или конических скоб для крепления полуформ при одновременных изношенных штырях или втулках.

Раздел 6. Неслитины и недоливы

Глава 6.1. Неспай

Описание дефекта

Неспаем называют сквозную или поверхностную, с закругленными краями, щель или углубление в теле отливки, образованные неслившимися потоками преждевременно застывшего металла.

Расположение дефекта

Неспаи образуются в тех частях отливки, которые удалены от питателей, так как расплав поступает в них сильно охлажденным, с окисленной и загрязненной поверхностью. В зависимости от конструкции отливки и условий ее заливки неспай могут иметь разнообразную форму.

Формирование дефекта

При заливке формы металлом с недостаточной температурой, либо пониженной жидкотекучестью, происходит дальнейшее ухудшение жидкотекучести расплава, его окисление, снижение температуры. В результате поток расплава может остановиться. Если этот, начинающий затвердевать участок отливки не будет расплавлен за счет теплоты перегрева металла, продолжающего поступать в форму при заливке, то в месте их контакта образуется неспай.

Неспаи могут быть в виде сквозных отверстий на протяженных горизонтальных стенках толщиной до 30 мм или на вертикальных стенках меньшей толщины. Поверхностные неспай, имеющие форму извилин небольшой длины, появляются в массивных частях отливки. Они образуются из-за малой скорости подъема металла или его интенсивного охлаждения.

Особой формой неспая может быть отслаивание — слой металла, частично отделенный от основного тела отливки за счет плены. Этот дефект обычно образуется на плоской поверхности при прерывистом течении металла, отчего холодный металл или избыточное давление газа препятствуют полному заполнению полости формы.

Описанный дефект может возникнуть в результате следующих причин:

- прерывистое течение металла из-за резкого изменения толщины стенки отливки;
- возникающие турбулентные потоки из-за несовершенства заливочных устройств;
- прерывистая заливка из-за конструкции литниковой системы;
- медленная заливка или слабый напор металла.

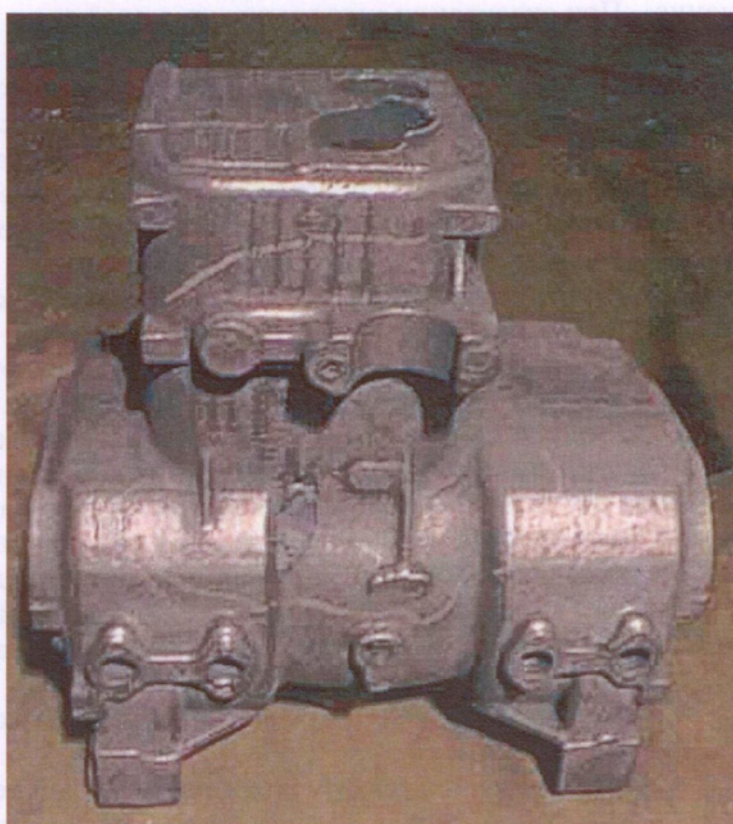


Рис. 6.1.1. Дефект отливки «Неспай»

Причины образования и способы ликвидации дефекта

§1. Температура заливаемого металла

Сталь

Температура заливаемого металла оказывает влияние на возможность образования неспая, недолива и других дефектов отливок.

Определение температуры заливки сводится к выбору необходимого перегрева стали, принимаемого сверх температуры начала затвердевания. При изготовлении отливок из углеродистой и низколегированной стали разных марок чаще всего достаточно иметь перегрев стали на 30–60°C, чтобы обеспечить удовлетворительную заполняемость литейных форм. При изготовлении тонкостенных отливок и отливок с повышенными требованиями к неровности поверхности допускается наибольший перегрев стали на 50–100°C. Это относится и к отливкам, когда возможно возникновение недоливов, неспаев, газовых «пузырей подкорковых» и т.д. (см. 1.2. §7).

Чугун

Одним из важнейших факторов возникновения неспая являются низкая жидкотекучесть металла и скорость его заливки.

Температура чугуна зависит от его состава, средней толщины стенки отливки и наибольшего пути прохождения металла по горизонтали от питателей до противоположного края отливки. Для ликвидации неспаев по причине недостаточной жидкотекучести расплава чугуна необходимо:

- 1) набирать в ковш металл, имеющий температуру на 50–70°C большую, чем надо для заливки;
- 2) температура расплава в любом месте формы в процессе заливки должна быть выше температуры нулевой жидкотекучести, при которой поток металла может остановиться. Рекомендуемая температура заливки тонкостенных (до 10 мм) конструкционных отливок должна быть не ниже 1380°C. Скорость заливки следует принимать на 2–3 кг/с выше нормальной;
- 3) по возможности, следует сократить путь движения металла от питателей посредством подвода питателей с двух противоположных сторон отливки.

Низкая температура заливаемого металла способствовала появлению неспая в отливке «Корпус вентиля» (рис. 6.1.2). Подвод металла осуществлялся с противоположной стороны от возникшего дефекта. При повышении температуры металла неспая не появлялся.

§2. Заливка форм металлом

Время заливки формы сталью

Время заливки зависит от размеров и особенностей конструкции отливки, литейных свойств определённой стали, теплоаккумулирующих свойств материала, формы и др. Для получения тонкостенных отливок, имеющих развитую поверхность стенок, требуется уменьшение времени заливки, чтобы не допустить образование недоливов и спаев (см. 1.4. §9).



Рис. 6.1.2а. Отливка «Корпус вентиля»
с дефектом «Неспай»



Рис. 6.1.2б. Фрагмент отливки (увеличено)

Скорость заливки чугуна в форму

Для получения качественного литья очень важными являются температура заливаемого чугуна и весовая скорость заливки. Это продиктовано конструкцией отливок и технологией их изготовления и требует индивидуального подхода к температуре и скорости заливки металла. Например, для ликвидации раковин газовых окисленных требуется повышенная температура чугуна и пониженная скорость заливки, а для ликвидации неспая — повышенные температура и скорость заливки (в среднем на 10–15% от расчетной) (см. 1.4. §9).

На рисунке 6.1.3 представлена отливка «Стойка», на которой имеется дефект «Неспай». Появление дефекта вызвано недостаточной скоростью заливки и неправильным расположением литниковой системы. Сечения и расположение питателей литниковой системы не обеспечивали поступление жидкого металла в верхнее, удаленное от заливки место. После переработки литниковой системы дефект не возникал.

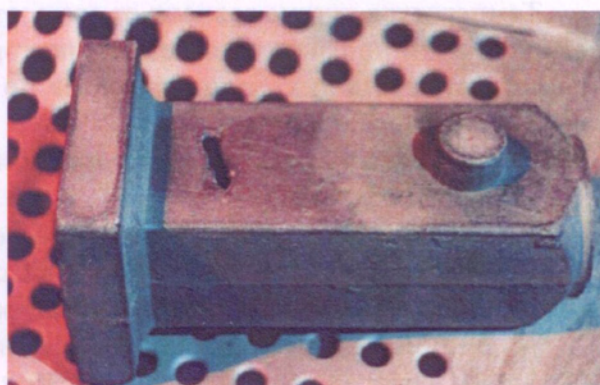


Рис. 6.1.3. Отливка «Стойка»

§3. Заполнение формы металлом

Подвод металла в отливку

Проектирование литниковой системы является важным этапом технологического процесса и оказывает значительное влияние на качество и свойства получаемых отливок. Выбором типа подвода металла и регулированием его потоков при заполнении формы можно создавать необходимый режим охлаждения отливки, быстрое заполнение плоских поверхностей без формирования неспаев.



Рис. 6.1.4. Отливка «Корпус насоса» с «Неспаем»

Литниковая система должна отвечать следующим требованиям:

- заполнять форму металлом за короткий временной промежуток, достаточный для покрытия металлом развитых горизонтальных поверхностей;
- при заливке металла питатели должны располагаться так, чтобы струя не ударяла в стенку формы или стержня, а растекалась по направлению стенки;
- уровень металла в форме в процессе заливки не должен иметь продолжительных остановок;
- части стержней, в которых расположены вентиляционные каналы, не должны перегреваться потоком заливаемого металла.

Определение времени заполнения формы является наиболее важной частью расчета литниковой системы, так как оно в наибольшей степени влияет на возникновение неспая. Продолжительное заполнение формы охлажденным металлом вызывает появление в отливках неспая в результате длительного поступления металла по горизонтальным поверхностям. Следовательно, для снижения опасности возникновения неспая необходима ускоренная заливка формы металлом. Предпочтительно при разработке литниковой системы использовать большее количество питателей для ускоренного заполнения горизонтальных поверхностей, подверженных неспаям.

Положение отливок в форме

Для ликвидации дефектов неспай, недолив, ужимина и ряда других, предпочтительно тонкостенные части крупногабаритных отливок располагать в нижней части полуформы в горизонтальном, вертикальном или наклонном положении. Неспаи и недоливы возникают также при:

- недостаточной жидкотекучести металла и выбранном температурном интервале заливки формы;
- случайных утонениях тела отливки;
- при искажении контура формы или смещении стержней при установке их в форму или при заливке формы сталью.

Размещение плоской стенки небольшой толщины (6–8 мм) в нижней полуформе имеет видимые преимущества по сравнению с расположением в верхней полуформе. К основным преимуществам относятся:

- сокращение пути продвижения потока жидкой стали к горизонтальной тонкой стенке отливки, благодаря чему происходит меньшее охлаждение стали;
- в течение более длительного времени горизонтальная тонкая стенка в нижней полуформе «промывается» жидкой сталью, что позволяет получить более гладкую поверхность этой стенки отливки.

Представленная на рис. 6.1.4 отливка «Корпус насоса» имеет неспай. Он образовался от недосаженного в знак формы стержня. В результате чего тот оказался смещенным в сторону формы. От такого смещения на отливке образовалось тонкое тело и появился дефект «Неспай». Правильная постановка стержней в знаковую часть исключила рассматриваемый дефект.

§4. Образование окисных плен

Все малоуглеродистые сплавы, высоколегированные хромом, титаном, кремнием, алюминием и другими элементами, склонны к интенсивному пленообразованию. Плена, образующаяся на открытой поверхности сплавов в жидком состоянии, значительно сокращает их текучесть и является причиной многих дефектов отливок, в том числе и неспая.

Процесс образования окисной плены тесно связан с температурой жидкой стали. При любой температуре над открытой поверхностью жидкого сплава имеется парциальное дав-

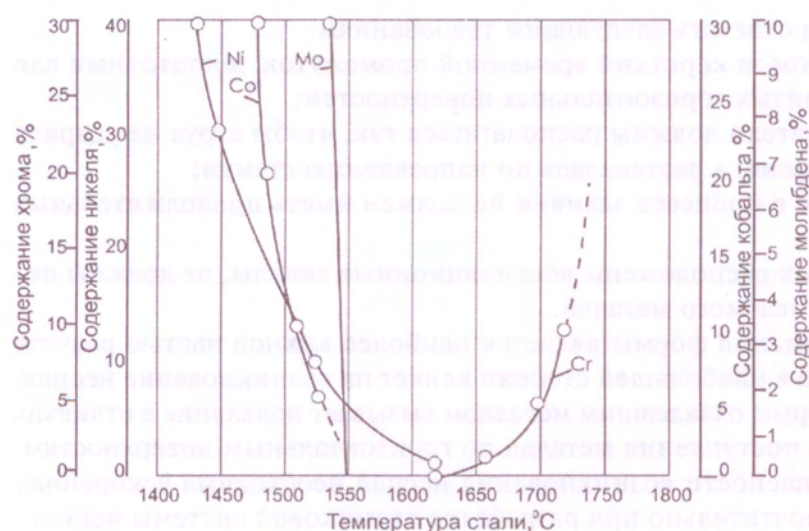


Рис. 6.1.5. Склонность к пленообразованию малоуглеродистой стали в зависимости от ее легирования

ление кислорода и давление диссоциации окислов. При равенстве давлений возникают условия существования плены, которая развивается по мере остывания сплава. В дальнейшем, с повышением черноты плены, остывание поверхности через излучение ускорено по отношению ко всей массе сплава, в результате чего слой металла под пленой быстро затвердевает и упрочняется. Плена, образовавшаяся до завершения заливки, цепляется за стенки формы и стержней, разрывается, заворачивается и завивается слоями поступающего

сплава. Из-за этого отливка получается с пелами, неспаями, волнистостью, возможно с пригаром, буграми на поверхности и недоливами [33].

Чем выше температура пленообразования, тем менее технологичен сплав и требуется более высокий перегрев. Это влечёт за собой образование пригара и горячих трещин.

Окислительные процессы продолжаются и во время заливки стали из ковша и при поступлении в полость формы.

Температура начала пленообразования является критерием технологичности легированного сплава и определяет склонность стали к пленообразованию. Решающее влияние на склонность стали к пленообразованию оказывает его химический состав. На рис. 6.1.5 приведена зависимость влияния легирования малоуглеродистой стали на склонность к пленообразованию. Это влияние, очевидно, в большей мере зависит от сродства компонентов с кислородом. Кроме этого, возможна зависимость склонности к пленообразованию от сочетания компонентов.

Наибольшее воздействие на склонность стали к пленообразованию оказывают элементы в следующем порядке убывания: алюминий, титан, хром и кремний. Их окислы резко увеличивают вязкость поверхностного слоя стали, в результате чего на отливках появляются плены, спаи, бугристость, недоливы и неспай.

Меры предупреждения брака по окисным пелам:

- повышение температуры заливки стали выше уровня начала пленообразования;
- максимально возможное сокращение продолжительности заливки форм; использование литниковой системы с сифонным подводом металла; одностороннее направление потоков металла в полости формы; увеличение припусков на механическую обработку поверхностей с пленообразованием;
- создание восстановительной атмосферы в форме путём окраски её обезвоженным каменноугольным лаком, применяемым для изложниц. При этом рекомендуется температура поверхности формы 70–120°C;
- применение комплексного раскисления стали, например, алюминием и силико-кальцием и выдержка стали в ковше перед заливкой формы.

На рис. 6.1.6 представлена отливка «Крышка», на верхней части которой имеется дефект «Неспай». Появление дефекта вызвано недостаточной жидкотекучестью металла

из-за повышенного содержания марганца и серы. Последние образуют в металле сульфиды, которые, как и не растворившийся графит и другие тугоплавкие неметаллические включения, понижают жидкотекучесть металла.

§5. Использование припылов и краски

1. Появление неспаев и недоливов при литье в сырые формы можно устранить применением теплоизолирующих припылов и красок [14, 46]. Пористый и менее теплопроводный, по сравнению с уплотненным материалом формы, слой припыла уменьшает скорость охлаждения поступающего в форму чугуна и тем самым улучшает заполняемость форм. Покрытие стенок формы ацетиленовой копотью увеличивает заполняемость формы на 35%, кварцевой мукой — на 50%, мелом — на 75%. Эффект достигается припыливанием графитом, гипсом, древесным углем.

2. Лучшей заполняемости формы способствуют теплоизолирующие противопопригарные краски, содержащие материалы с низким коэффициентом теплопроводности, например, молотый асбест, трепел, диатомит и др.

Использование теплоизолирующих припылов и красок при литье в сырые формы способствует ликвидации неспаев. На рис. 6.1.7 представлена отливка «Коллектор» с дефектом «Неспай». Нанесение теплоизолирующего припыла на влажную форму ликвидировало возникновение дефекта.

§6. Утонение стенки отливки

Одной из причин возникновения дефекта «Неспай» является тонкая стенка в конструкции отливки и утонение стенки в процессе изготовления формы.

В первом случае, если конструктор не может утолщать стенку, приходится повышать температуру заливки чугуна или повышать его жидкотекучесть, либо создавать громоздкую литниковую систему для подачи горячего металла в опасное место.

Во втором случае утонение стенки вызвано, в основном, следующими нарушениями технологии изготовления отливки:

- несвоевременный контроль за износом моделей и стержневых ящиков, способствующих при сборке форм получению тонких стенок;

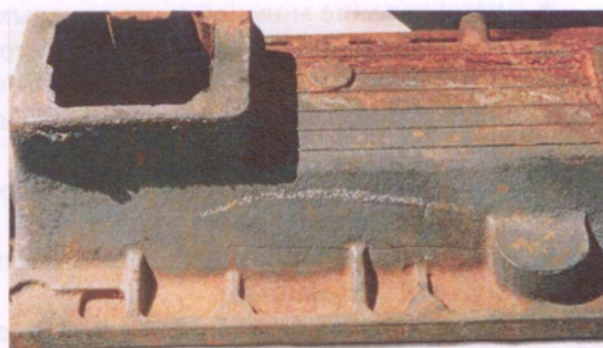


Рис. 6.1.6. Отливка «Крышка» с «Неспаем»



Рис. 6.1.7. Отливка «Коллектор» с «Неспаем»

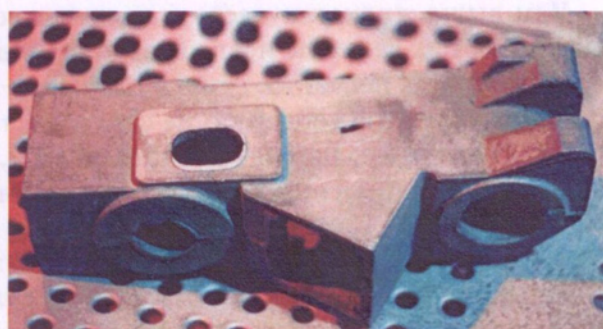


Рис. 6.1.8. Отливка «Кронштейн» с «Неспаем»

- изготовление моделей и стержневых ящиков с отклонением от чертежей;
- использование оснастки без достаточного усиления жесткости конструкции приводит к получению деформированных форм и стержней;
- недостаточный контроль за износом штифтов и втулок в моделях и ящиках, штырей и втулок в опоках;
- неправильное расположение и распределение питателей, исключающее подвод горячего металла в места образования неспая;
- низкая полуформа верха и слабая формовочная смесь, приводящие к проседанию верхней полуформы;
- приподнятые, смещенные или просевшие стержни, образующие утонение стенок отливки.

При проседании формовочной смеси в опоке наблюдается утонение стенки отливки между стержнем и формой. На рис. 6.1.8 представлена отливка «Кронштейн», в верхней части которой дефект «Неспай» образовался по этой причине.

§7. Вентиляция стержней и форм

Затрудненная вентиляция формы и стержня создает предпосылки для возникновения неспая металла. При заливке металлом начинается интенсивная газификация горючих составляющих формы и стержня. В форме и стержне создается избыточное давление газа, который должен выходить через выпоры, наколы на верхней полуформе и газоотводы из стержней и формы. Задача газоотводящих каналов состоит в том, чтобы они обеспечили снижение давления газа в форме. При таких условиях металлоостатическое давление будет больше суммарного давления и газ не пойдет в металл.

Вентиляционные каналы для удаления из стержней и формы газов, выделяющихся в процессе заливки, должны выполняться с таким расчетом, чтобы образующиеся газы удалялись не через рабочую полость литейной формы, а через наколы и торцы знаков (см. 1.2. §9).

§8. Жидкотекучесть

Важным литейным свойством серого чугуна, оказывающим влияние на неспай, является жидкотекучесть (Ж) (в сантиметрах), которая чаще всего определяется по спиральной пробе, отливаемой в песчаной или металлической форме. Ж возрастает с увеличением и температуры заливки $T_{зал}$ [29] и углеродного эквивалента жидкотекучести $C_{эж}$,

$$C_{эж} = C + 1/(4 \cdot Si) + 1/(2 \cdot P),$$

где: C — содержание углерода, %;

Si — содержание кремния, %;

P — содержание фосфора, %.

Чем выше жидкотекучесть, тем качественнее идет заполнение литейной формы, и ликвидируются дефекты неспай, недолив и другие.

При литье в песчаные формы $Ж = C_{эж} + 0,425 \cdot T_{зал} - 826,5$. Поэтому, чем ниже марка серого чугуна и выше содержание фосфора, тем больше жидкотекучесть.

Влияние других элементов определяется, главным образом, изменением вязкости металла; при одновременно высоком содержании марганца и серы образуются сульфиды, которые, как и не растворившийся графит и другие тугоплавкие неметаллические включения в металле, понижают Ж. Устранением этих включений подбором шихты и соответствующей обработкой жидкого металла (десульфурацией, дегазацией, перегревом) заметно повышается Ж. С другой стороны, модифицирование серого чугуна графитизирующими присадками (ФС75, силикокальцием и т.п.) в большинстве случаев несколько уменьшает

Ж в связи с образованием графитной спели в расплаве (зародышевой фазы). Но если при этом существенно уменьшается содержание газов и неметаллических включений, то Ж может возрасти.

§9. Подвод металла в отливку

Сталь

Основным требованием к литниковой системе для любого технологического процесса и любого литейного материала является обеспечение заполнения полости формы металлом без недоливов и спаев.

При производстве тонкостенных отливок больших габаритных размеров самые лучшие результаты получают при использовании тангенциальной заливки отливок, обеспечивающей перемещение потоков металла в горизонтальном направлении [2]. На рисунке 6.1.9 представлена отливка «Рама экскаватора» с тангенциальным рассредоточенным подводом металла в отливку, при котором потоки заливаемого металла обеспечивают получение отливок без спая.

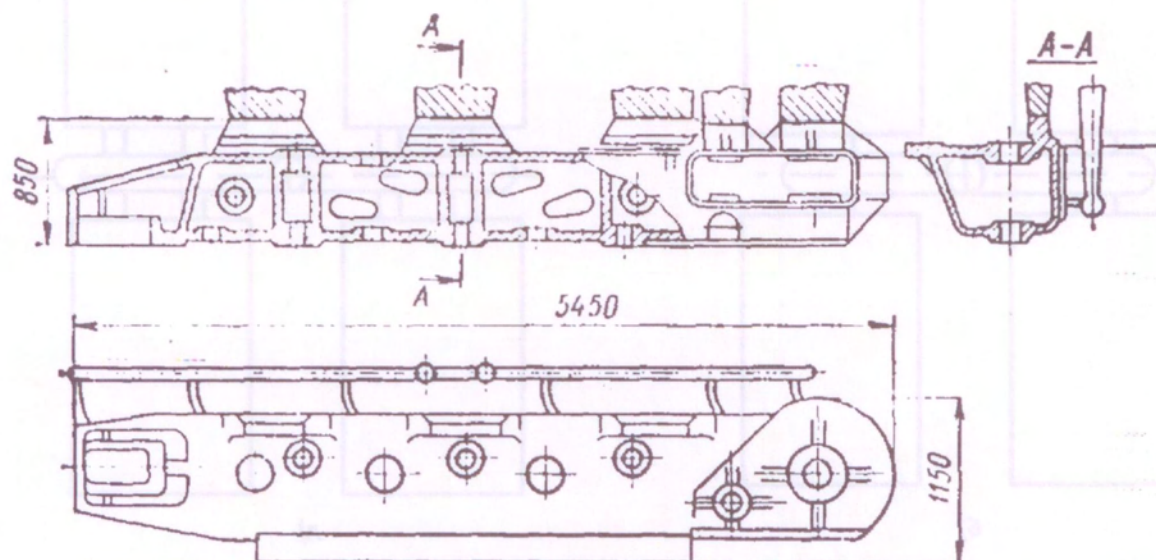


Рис. 6.1.9. Схема подачи металла к отливке «Рама экскаватора»

Симметричным расположением литниковой системы достигается равномерное движение металла через соответствующие питатели.

При определении числа и места подвода питателей к отливке необходимо учитывать, что рассредоточенный быстрый подвод металла достаточным количеством питателей снижает возможность образования неспаев и недоливов. Кроме этого, уменьшается местный перегрев, снижается возможность образования пористости, горячих трещин и пригара. Излишнее количество питателей вызывает удорожание отливки.

При выборе числа питателей для стальных отливок можно руководствоваться данными таблицы 6.1.1.

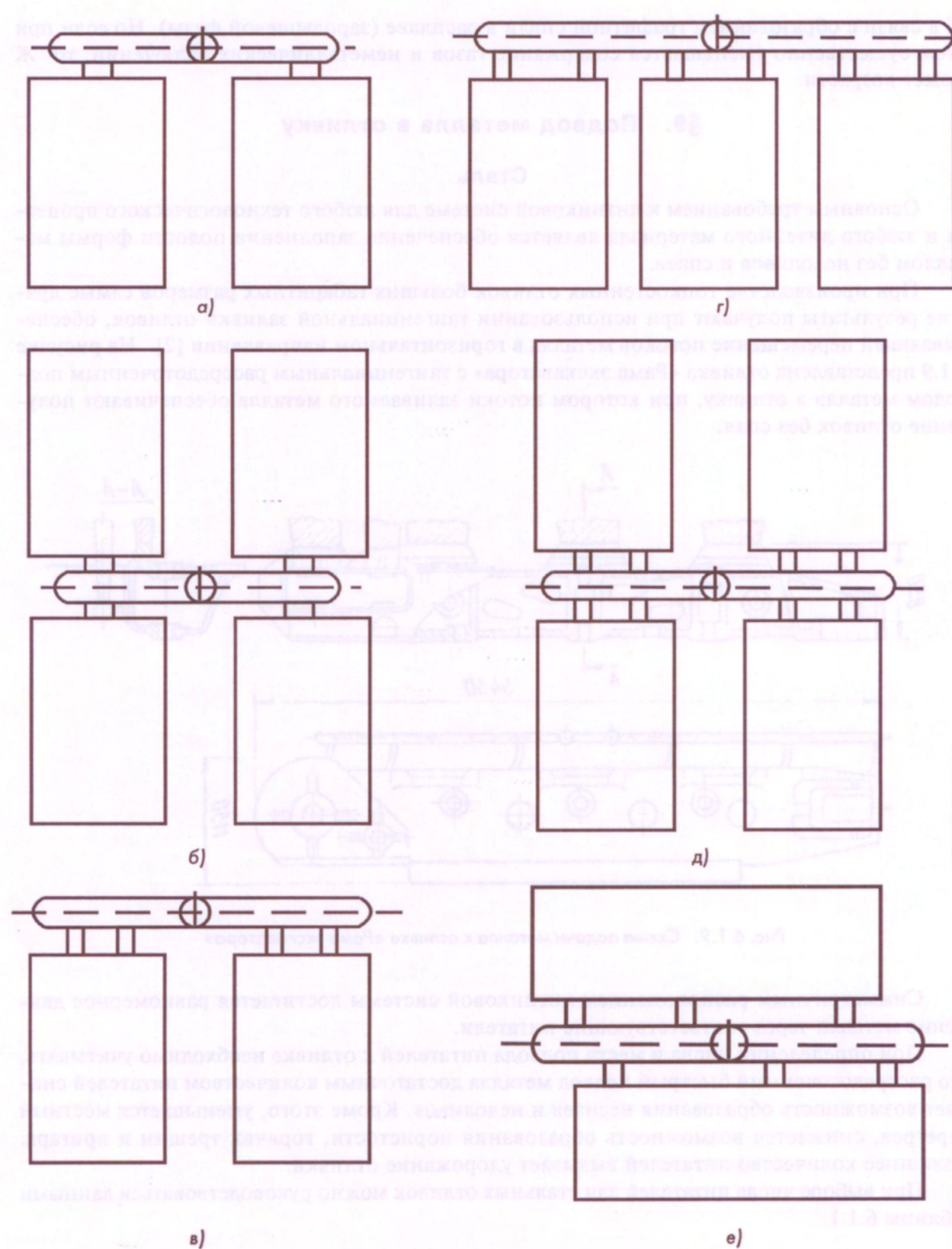


Рис. 6.1.10. Различные варианты расположения стойки при симметричной заливке

Таблица 6.1.1. Выбор числа питателей

Вес отливки, кг	Преобладающая толщина стенок, мм		
	15	15–50	50
	Рекомендуемое число питателей		
≤10	1	-	-
10–100	2–5	1–2	1
100–1000	2–8	2–6	1–2
1000	-	3–10	2–6

При появлении неспаев следует взять граничное (увеличенное) число питателей и расположить хотя бы один из них в зоне недолива или неспая. При этом заливаемая сталь должна иметь верхний предел рекомендуемой температуры заливки и минимально возможное время заливки.

При определении питателей для стальных отливок с небольшими толщинами стенок можно пользоваться следующими данными:

Толщина стенки отливки, мм	5–8	8–12	12–18
Наибольшее количество металла, протекающего через один питатель, кг	5	15	35

На рис. 6.1.10 представлены различные варианты (а–е) подвода металла к отливкам при симметричном расположении питателей. Такое расположение питателей обеспечивает оптимальную подачу металла в полость формы без образования неспаев.

Чугун

При неправильном подводе металла в отливку возможно получение дефекта неспай, поэтому проектирование литниковой системы является важным этапом технологического процесса и оказывает значительное влияние на качество и свойства получаемых отливок. Выбором типа подвода металла и регулированием его потоков при заполнении формы можно создавать необходимый режим охлаждения отливки, быстрое заполнение плоских поверхностей, что исключит образование неспая. Дальнейшую информацию смотрите в 6.1. §3.

§10. Заполняемость форм металлом

Заполняемость формы является важным моментом при ликвидации ряда дефектов отливки. Заполняемость повышается при увеличении сечения стояка и литникового хода и уменьшения их длины, так как это позволяет сохранить более высокую температуру металла при его поступлении в форму. Увеличение скорости заполнения (без разрушения формы) увеличивает заполняемость (см. 3.1. §12).

§11. Разное, или Советы бывалого

Сталь

К рекомендациям, улучшающим жидкотекучесть, облегчающим получение тонкостенных отливок и устраняющим недоливы и неспай, относятся следующие:

- 1. Высокой жидкотекучестью обладают сплавы с низкой теплопроводностью, большой теплотой кристаллизации, высокой теплоемкостью и небольшим температурным интервалом кристаллизации.

2. Степень воздействия температуры заливки, теплоаккумулирующей способности формовочной смеси и начальной температуры формы на способность к ее заполнению зависит от свойств сплава.
3. С повышением температуры заливки значительно улучшается жидкотекучесть хромоникелевых сталей и незначительно — жидкотекучесть углеродистых сталей.
4. Температура заливки тем больше влияет на жидкотекучесть, чем ниже теплоаккумулирующая способность литейной формы. При больших коэффициентах теплоаккумуляции формы повышение температуры перегрева незначительно влияет на жидкотекучесть сталей разного состава (легированных и углеродистых).
5. Повышение теплоаккумулирующей способности литейной формы при прочих равных условиях оказывает большее влияние на жидкотекучесть легированных сталей, чем на жидкотекучесть углеродистых сталей, что связано с относительно низкой их теплопроводностью (стали X18H25C2Л, 1X18H9ТЛ и 1X18H9Л).
6. Обмазки или другие теплоизоляционные покрытия используют при ликвидации неспая. При литье стали хорошие результаты получают используя обмазки, содержащие тальк или цемент. Обмазки с графитом или жидким стеклом дают удовлетворительные результаты при литье в кокиль.

Чугун

1. Конструкции отливок, имеющие неодинаковую толщину стенок, значительные плоские поверхности приводят к нарушению течения металла при заполнении формы. По возможности такие конструкции отливок следует изменять или же создавать сложные литниковые системы с подачей горячего металла в самые удалённые участки формы. Одновременно целесообразно использовать повышение температуры металла и его жидкотекучесть.
2. Причиной возникновения недолива или неспая могут служить изношенные модели или стержневые ящики, смещение моделей и стержневых ящиков из-за изношенных штырей, штифтов, втулок, смещения нижней или верхней полуформы из-за изношенных спаривающих элементов. Как известно, смещения могут приводить к утонению стенок отливок.
3. При заливке тонкостенных отливок в ряде случаев используют наклон опоки для непрерывного течения металла. В этом случае возможно получение качественной отливки. В дополнение к этому можно повысить температуру и жидкотекучесть металла. При отсутствии наклона могут возникать газовые пробки и прерываться течение металла. Наклон следует выполнять так, чтобы над самой высокой точкой отливки (после наклона) имелась достаточная высота верхней полуформы.
4. На неудовлетворительную заполняемость формы влияют:
 - высокая влажность формовочной смеси;
 - смеси с высокой газотворной способностью и низкой газопроницаемостью;
 - формовочные и стержневые смеси с повышенной теплоаккумулирующей способностью;
 - избыток краски или клеевого шва на стержне;
 - окислившийся или загазованный металл;
 - излишняя раскисленность металла;
 - избыток внешних добавок, приводящих к понижению температуры металла.

Короткие рекомендации

1. Содержание углерода в стали до 0,8% слабо влияет на жидкотекучесть; чугун имеет в среднем в 2 раза большую жидкотекучесть, чем сталь.
2. Повышение содержания кремния в стали повышает ее жидкотекучесть. Особенно резкое повышение жидкотекучести наблюдается у среднеуглеродистой стали при изменении содержания кремния с 0,25 до 0,45%.
3. Повышение содержания Mn до 2% не оказывает заметного влияния на жидкотекучесть. Высокомарганцовистые стали имеют лучшую жидкотекучесть, при более низких температурах (1450—1500°C).
4. Прибавление до 4% Cu к простой углеродистой стали повышает ее жидкотекучесть.
5. Ni при содержании его до 3,25% повышает жидкотекучесть углеродистой стали, увеличение до 5% приводит к некоторому снижению жидкотекучести.
6. Cr при содержании до 1,5% не оказывает влияния на жидкотекучесть.
7. Добавка Mo или ванадия к простой углеродистой стали в количестве 0,25—1,0% приводит к некоторому понижению жидкотекучести.
8. Высокой жидкотекучестью обладают легированные меднокремнемарганцовые и никелькремнистые стали.
9. Малая добавка Al при низкой температуре повышает жидкотекучесть. Добавка Al до 0,2% снижает жидкотекучесть. При содержании Al до 1,2%, сталь имеет низкую жидкотекучесть, но после добавки окислов железа происходит повышение жидкотекучести.
10. Сера снижает жидкотекучесть стали и чугуна, а фосфор увеличивает.
11. Добавка выше 0,6% Si к нержавеющей хромистой или хромоникелевой стали, резко повышает ее жидкотекучесть вследствие образования жидкоплавких соединений.
12. Сталь, выплавленная в кислой печи, более жидкотекуча, чем в основной, так как силикаты железа и марганца в ней находятся в жидком состоянии.
13. «Кипячением» стали в печи производится не только дегазация, но и удаление твердых неметаллических включений.

Глава 6.2. Недолив

Описание дефекта

Недоливом называют дефект отливки, выраженный в отсутствии ее части, расположенной главным образом в верхней по заливке зоне или в местах, наиболее удаленных от питателей. Иногда конфигурация отливки выполнена, но внешние грани или углы получились несколько округленные — заваленные. Такой дефект называют недоливом острых кромок.

Расположение дефекта

Обычно недолив обнаруживают сразу же после извлечения отливки из формы, а незаполнение углов и ребер — после очистки. Так же, как и возникновение неспаев, образование недоливов зависит от характера заполнения формы расплавом. Образовавшийся недолив (обычный) характеризуется окисленной поверхностью и закругленными торцами стенок.



Рис. 6.2.1. Отливка «Корпус вентиля» с недоливом

Формирование дефекта

Специфической причиной недолива острых углов и ребер может быть плохое смачивание формы расплавом.

Причиной недолива может быть утечка металла в разъем формы, во внутреннюю полость стержня [41] или через разрушенный участок формы. Такой недолив имеет вид углубления, края которого могут выступать в виде заусенцев, примыкающих непосредственно к поверхности формы. Иногда на поверхности углубления заметны оплавившиеся дендриты.

Причины образования и способы ликвидации дефекта

§1. Температура заливаемого чугуна и стали

Сталь

Температура заливаемого металла оказывает влияние на возможность образования неспая, недолива и других дефектов отливок.

Определение температуры заливки сводится к выбору необходимого перегрева стали, принимаемого сверх температуры начала затвердевания. При изготовлении отливок из углеродистой и низколегированной стали разных марок чаще всего достаточно иметь перегрев стали на 30–60°C, чтобы обеспечить удовлетворительную заполняемость литейных форм. При изготовлении тонкостенных отливок и отливок с повышенными требованиями к неровности поверхности, неспаям и недоливом допускается наибольший перегрев стали на 50–100°C (см. 1.2. §7).

Чугун

Одной из причин образования недолива может быть недостаточные температура и жидкотекучесть металла. Улучшить заполняемость формы можно повышением температуры чугуна до 1380°C, но при этом надо следить за появлением других дефектов, например, усадочных раковин.

Жидкотекучесть чугуна можно увеличить путем приближения его углеродного эквивалента $S_{эк}$ к эвтектоидному, т.е. к равному 4,3%. Одновременно можно повысить содержание фосфора. Однако в этом случае надо следить за возможным снижением механических свойств чугуна и появлением склонности к трещинообразованию.

Для обеспечения требуемой температуры в ковш набирают металл, имеющий температуру на 50–70 градусов большую, чем надо для заливки.

На рисунке 6.2.1 показана отливка «Корпус вентиля», в верхней части которой имеется дефект «Недолив». Вызвано это недостаточной температурой заливаемого металла в связи с длительной выдержкой металла в ковше.

§2. Заливка форм металлом

Время заливки стали

Время заливки зависит от размеров и особенностей конструкции отливки, литейных свойств определённой стали, теплоаккумулирующих свойств материала, формы и др. Для получения тонкостенных отливок, имеющих развитую поверхность стенок, требуется уменьшение времени заливки, чтобы не допустить образование недоливов и неспаев (см. 1.4. §9).

Скорость заливки чугуна

Для получения качественного литья очень важными являются температура заливаемого чугуна и весовая скорость заливки. Это продиктовано конструкцией отливок и технологией их изготовления. Если учесть, что одни отливки подвержены газовым раковинам, другие — усадочным, третьи — трещинам, четвертые — комбинации из перечисленных и т.д., то становится очевидным индивидуальный подход по температуре и скорости заливки металла. Например, для ликвидации раковин газовых окисленных требуется повышенная температура чугуна и пониженная скорость заливки, а для ликвидации недолива — повышенная температура и повышенная скорость заливки (в среднем на 10–15% от расчетной) (см. 1.4. §9).

Отливка «Задвижка», на рис. 6.2.2, имеет дефект «Недолив» в связи с низкой скоростью заливки и недостаточно горячим металлом для такой тонкостенной отливки. При изменении места подвода питателей и их увеличения отливки не имели дефекта.

§3. Неплотное прилегание полуформ

При неплотном прилегании полуформ, вызванном их недостаточным скреплением или проседанием одной из полуформ, возможна вытечка металла из формы. Для предупреждения вытекания металла по линии разъема при формовке по-сырому производят гладилкой подрезку лада формы по периметру полости формы или литниковой системы. Глубина подрезки 10–15 мм, расстояние подрезки от края полости формы 40–100 мм. Вместо подрезки также используют буртики (обжимные пояски), отформованные моделью по периметру формы и знакам.

Для того, чтобы предупредить подъем верхней полуформы при заливке, производят скрепление полуформ с помощью груза, болтов, штырей с клиньями, скоб и др. В условиях конвейерного или автоматизированного производства эта операция производится путем

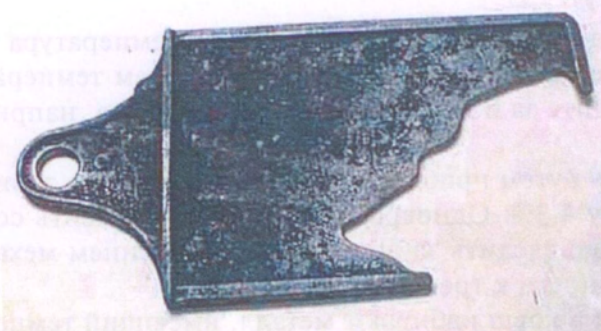


Рис. 6.2.2. Отливка «Задвижка» с недоливом



Рис. 6.2.3а. Отливка «Корпус вентиля» с дефектом «Уход металла»



Рис. 6.2.3б. Фрагмент отливки «Корпус вентиля» с дефектом «Уход металла»



Рис. 6.2.3в. Вид дефекта (увеличено)



Рис. 6.2.4. Отливка «Каток» с уходом металла



Рис. 6.2.5. Отливка «Опора» с дефектом «Недолив»

механизированного нагружения форм. Неплотность прилегания полуформ не должна превышать 1 мм.

Для предотвращения вытекания металла по разьему также надо следить за размерами формы от стенки опоки до модели. Для мелких отливок этот размер равен 20–30 мм, для средних — 50–75 мм, для крупных — 125–175 мм.

Отливка «Корпус вентиля», представленная на рис. 6.2.3а, имеет явный дефект «Недолив», связанный с уходом металла по разьёму формы. На рис. 6.2.3б представлен фрагмент другой отливки «Корпус вентиля» с дефектом «Недолив», который произошёл из-за частичной утечки металла. Дефект очень схож с раковиной «Пузыри подкорковые» и многие специалисты классифицируют его именно так. Но при большом увеличении (рис. 6.2.3в) видна осевая линия с частично дендритной структурой, образующаяся при небольшой подаче металла вниз с последующей усадкой. Раковина «Пузыри подкорковые» имеет гладкую, ровную, блестящую поверхность.

На рис. 6.2.4 представлена отливка «Каток» с утечкой металла по линии разьема. Произошло это из-за близкого расположения отливки к краю опоки и не полного прилегания опок между собой.

§4. Неудовлетворительная заполняемость формы металлом

Масса металла, набираемая в ковш, определяется суммарной металлоемкостью форм, заливаемых из одного ковша, с учетом дополнительно набираемого (3–5% от объема ковша) излишка металла для компенсации возможных переливов и погрешностей формовки. Для массового производства количество металла уточняется опытным путем с целью уменьшения сливов и предотвращения недолива форм. Металлоемкость заливочного ковша (m) рассчитывается по следующей формуле:

$$M = (T/T_i) \cdot P_i,$$

где: T — допустимый интервал $T_{\text{зал}}$;

T_i — падение температуры металла в ковше за время заливки одной формы;

P_i — металлоемкость формы.

В металлоемкость формы входит отливка с литниковой системой. Расплав необходимо заливать в форму непрерывно и равномерной струей. Форма носика ковша должна обеспечивать круглое сечение струи расплава. Литниковую чашу или воронку следует держать заполненной в течение всего времени заливки формы. Ковш должен быть расположен над формой на высоте не более 100 мм для мелких форм и 200–300 мм — для крупных. Расположение литниковой чаши или воронки и размещение форм перед заливкой должны обеспечивать удобный доступ к ним с ковшом.

Форма отливки «Опора» заливалась последней при недостаточном количестве металла в ковше. В результате отливка получилась с недоливом, что показано на рис. 6.2.5. В данном случае нарушено правило заполнения ковшей металлом.

§5. Подвод металла в отливку

Сталь

Основным требованием к литниковой системе для любого технологического процесса и любого литейного материала является обеспечение заполнения полости формы металлом без недоливов и спаев.

При производстве тонкостенных отливок больших габаритных размеров самые лучшие результаты получают при использовании тангенциальной заливки отливок, обеспечивающей перемещение потоков металла в горизонтальном направлении (см. 3.1. §12).

Чугун

При неправильном подводе металла в отливку возможно получение дефекта «Недолив», поэтому проектирование литниковой системы является важным этапом технологического процесса и оказывает значительное влияние на качество и свойства получаемых отливок. Выбором типа подвода металла и регулированием его потоков при заполнении формы можно создавать необходимый режим охлаждения отливки, быстрое заполнение плоских поверхностей, что исключит образование недолива.

§6. Образование окисных плен

Все малоуглеродистые сплавы, высоколегированные хромом, титаном, кремнием, алюминием и другими элементами, склонны к интенсивному пленообразованию. Плена, образующаяся на открытой поверхности сплавов в жидком состоянии, значительно сокращает их текучесть и является причиной многих дефектов отливок, в том числе неспая и недолива (см. 6.1. §4).

§7. Жидкотекучесть

Чугун

Важным литейным свойством серого чугуна, оказывающим влияние на недолив, является жидкотекучесть Ж (см), которая чаще всего определяется по спиральной пробе (рис. 6.2.6), отливаемой в песчаной или металлической форме (см. 6.1. § 8).

Необходимая минимальная жидкотекучесть Ж min. устанавливается в зависимости от усредненной толщины стенок отливок и марки чугуна. Так, для чугунов (СЧ20—СЧ30) при спиральной пробе с площадью сечения 50 мм² рекомендуются следующие пределы Ж min. (таблица 6.2.1).

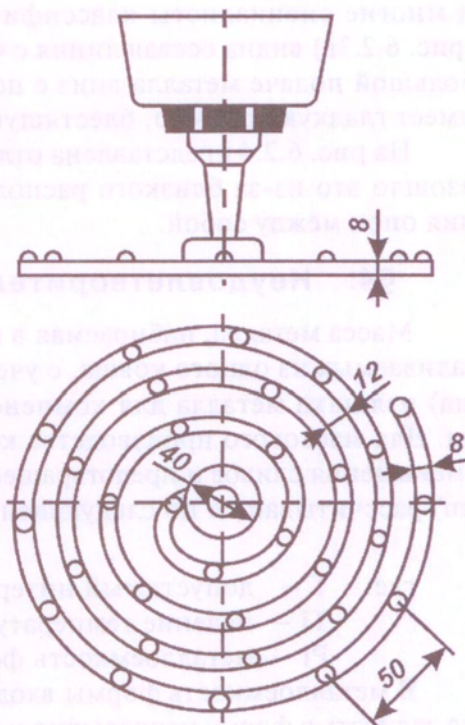


Рис. 6.2.6. Проба на жидкотекучесть

Таблица 6.2.1. Пределы жидкотекучести серого чугуна

Толщина стенок отливки, мм	Ж min., см
3–6	50–70
6–15	40–50
15–25	30–40
>25	20–30

Сталь

Жидкотекучесть — одно из важнейших свойств стали, влияющее на способность заполнять литейную форму и воспроизводить конфигурацию отливки. Основным фактором, влияющим на жидкотекучесть, является изменение температуры сплава. Кроме этого, на жидкотекучесть значительно влияет вязкость сплава, поверхностное натяжение, свойства поверхности пленок, теплофизические параметры литейной формы. Изменение жидкоте-

кучести в зависимости от температуры влияет на возникновение ряда дефектов. Низкая жидкотекучесть является причиной образования недолива и неспая.

Жидкотекучесть данного сплава зависит, прежде всего, от линейной вертикальной скорости заполнения формы:

$$V = \frac{h}{t}$$

где: h — высота формы до основания прибыли, м;
 t — продолжительность заполнения формы до основания прибыли, с.

Жидкотекучесть непосредственно зависит и от толщины стенок отливки.

В легированных сталях различные элементы по-разному влияют на жидкотекучесть. Углерод, никель и кобальт повышают жидкотекучесть, а хром, молибден, вольфрам, алюминий и титан — уменьшают. Это объясняется образованием прочных окисных пленок, которые увеличивают внутреннее трение в сплаве, движущемся в литейной форме.

Влияние содержания углерода и температуры стали на жидкотекучесть (по спиральной пробе) представлено на рис. 6.2.7. Определение жидкотекучести угле-

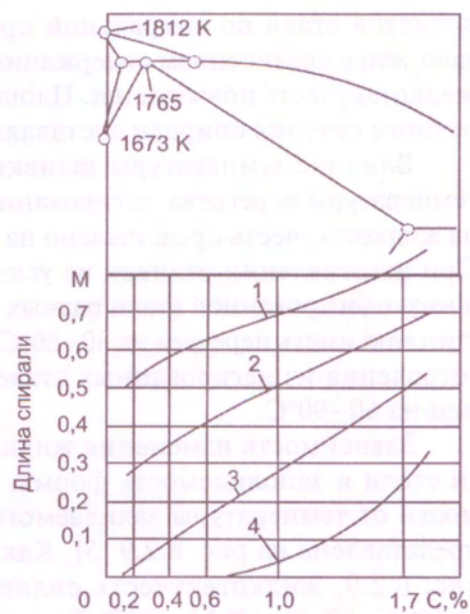


Рис. 6.2.7. Зависимость жидкотекучести от содержания углерода при температурах заливки, °C:
1 — 1600; 2 — 1550;
3 — 1500; 4 — 1450

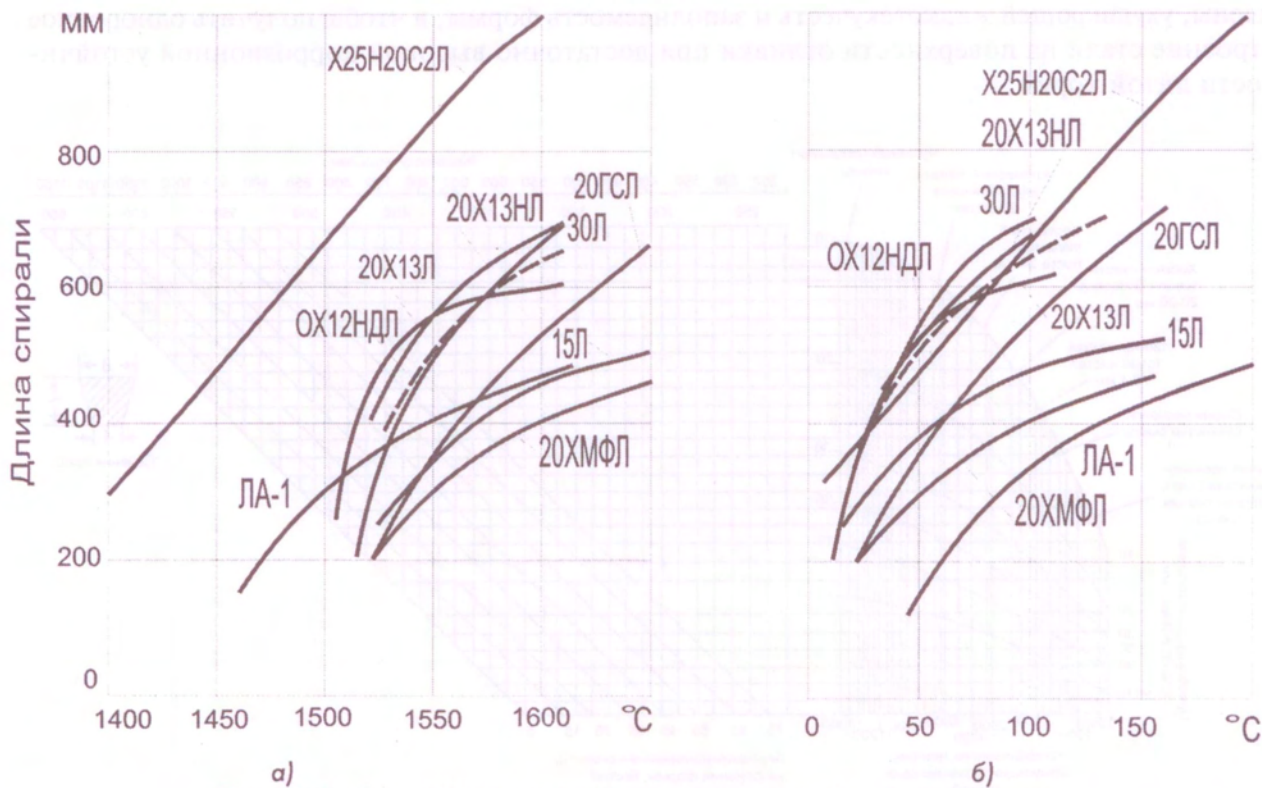


Рис. 6.2.8. Сравнимые данные по жидкотекучести стали разных марок:
а) — при температуре заливки стали; б) — при температуре перегрева стали выше температуры ликвидуса

родистой стали по спиральной пробе показало, что с увеличением содержания углерода жидкотекучесть повышается. Площадь поперечного сечения спирали составляла 0,5 см².

Влияние температуры заливки стали и температуры перегрева легированных сталей на жидкотекучесть представлено на рис. 6.2.8. При изготовлении отливок из углеродистой и низколегированной стали разных марок достаточно иметь перегрев на 30–60°C, а для изготовления из легированных сталей в среднем на 60–90°C.

Зависимость изменения жидкотекучести стали и заполняемости формы в зависимости от температуры заливаемого металла представлена на рис. 6.2.9 [5]. Как видно из рис. 6.2.9, жидкотекучесть сплава монель (0,1% C; 1% Si; 1% Mn; 30% Fe; остальное – Ni) почти одинакова со сплавом нимоник 90 (0,1% C; 0,5% Si; 0,5% Mn; 20% Cr; 16% Co; 2,4% Ti; 1,2% Al; 0,5% Fe; остальное – Ni). Нержавеющая сталь типа 18-8 (0,05% C; 0,8% Si; 0,5% Mn; 18% Cr; 8% Ni; остальное – Fe) уступает по жидкотекучести и заполняемости формы.

Для получения высоких показателей литья, нержавеющая сталь указанного состава требует перегрева при заливке примерно на 100–150°C, чтобы предупредить образование плены, ухудшающей жидкотекучесть и заполняемость формы, и чтобы получить однородное строение стали на поверхности отливки при достаточно высокой коррозионной устойчивости литой корки.

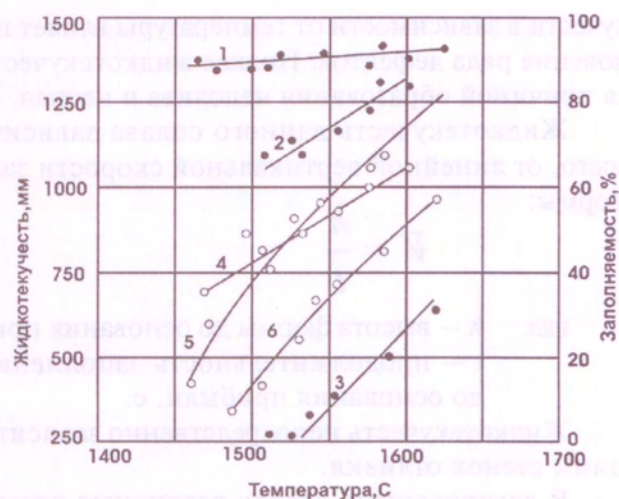


Рис. 6.2.9. Изменение заполняемости (черные точки) и жидкотекучести (белые точки) в зависимости от температуры:
1 и 5 – металл монель; 2 и 4 – нимоник 90;
3 и 6 – нержавеющая сталь

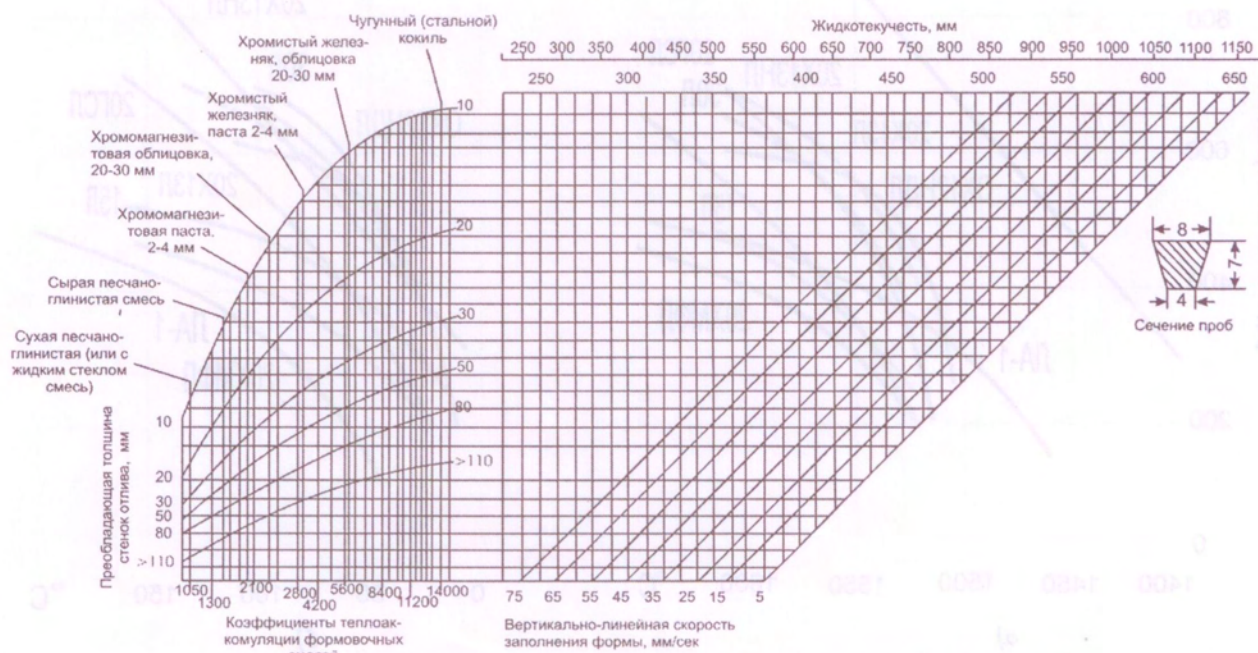


Рис. 6.2.10. Номограмма для определения оптимальной жидкотекучести стали

При повышении содержания кремния от 0,5% до 2,5–3% сплавы на никелевой основе показывают более высокую заполняемость даже при небольшом перегреве. Следовательно, для улучшения жидкотекучести, сплавы на никелевой основе и никельсодержащие сплавы необходимо перегревать. Для улучшения заполняемости формы, перегрев при заливке не дал такого высокого положительного эффекта, как изменение химического состава сплава при повышении содержания кремния.

На рис. 6.2.10 представлена номограмма для определения оптимальной жидкотекучести. При определении оптимальной температуры литья необходимо выбрать такой перегрев над ликвидусом, который бы обеспечивал наряду со всеми другими требованиями и удовлетворительную поверхность стальных отливок. Оптимальная жидкотекучесть зависит от скорости заполнения формы, теплоаккумулирующей способности формовочного материала и толщины стенок отливки.

Отливка «Фланец», представленная на рис. 6.2.11, имеет дефект «Недолив», связанный с недостаточной жидкотекучестью металла и низкой его температурой. Причина низкой жидкотекучести в повышенном содержании марганца и серы в металле. После контроля за качеством металла и соблюдением требуемой температуры, дефект не появлялся.

§8. Заполняемость форм металлом

Заполняемость формы является важным моментом при ликвидации ряда дефектов отливки. Заполняемость повышается при увеличении сечения стояка и литникового хода и уменьшения их длины, так как это позволяет сохранить более высокую температуру металла при его поступлении в форму. Увеличение скорости заполнения (без разрушения формы) увеличивает заполняемость (см. 3.1. §12).

Сечения питателей в отливке «Корпус вентиля» (рис. 6.2.12) имели недостаточную пропускную способность металла, в резуль-

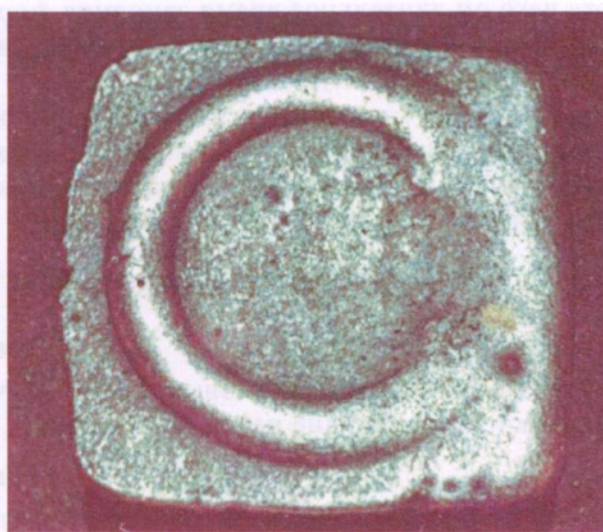


Рис. 6.2.11. Отливка «Фланец»



Рис. 6.2.12. Отливка «Корпус вентиля» с недоливом



Рис. 6.2.13. Отливка «Тигель» с недоливом

тате чего он длительное время заполнял форму. Это привело к захлаживанию металла и образованию недолива отливки. Использование расчетной литниковой системы позволило получить качественную отливку.

Недостаточное сечение стояка и литникового хода приводит к увеличению времени заливки, охлаждению металла, снижению его жидкотекучести. Представленная отливка (рис. 6.2.13) имеет недолив в верхней части отливки в результате недостаточного сечения питателя и невысокой жидкотекучести металла.

§9. Разное, или Советы бывалого

Сталь

Рекомендации, улучшающие жидкотекучесть, облегчающие получение тонкостенных отливок и устраняющие недоливы и неспаи, изложены в 6.1. §11.

Чугун

Конструкции отливок, имеющие неодинаковую толщину стенок, значительные плоские поверхности приводят к нарушению течения металла при заполнении формы. По возможности такие конструкции отливок следует изменять или же создавать сложные литниковые системы с подачей горячего металла в самые удаленные участки формы. Одновременно здесь можно использовать повышение температуры металла и его жидкотекучести (см. 6.1. §11).

Короткие рекомендации

Содержание углерода в стали до 0,8% слабо влияет на жидкотекучесть; чугун имеет в среднем в 2 раза большую жидкотекучесть чем сталь (см. 6.1. §11).



Глава 7.1. Пригар

Описание дефекта

Пригаром называют слой на поверхности отливки, состоящий из оплавившихся частиц формовочных материалов, пропитанных основным сплавом, окислами его компонентов и продуктами их взаимодействия с составляющими формовочной смеси. Этот слой прочно удерживается на поверхности отливки.

В большинстве случаев наблюдается пригар комплексный, т.е. химико-механический. Термический пригар сам по себе образуется редко и является продолжением химического пригара.

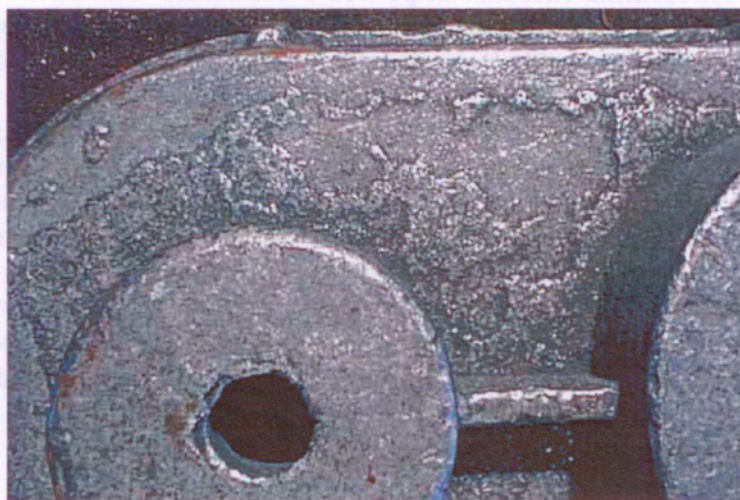


Рис. 7.1.1. Фрагмент отливки с пригаром

Механизм формирования пригара

Образование пригара вызвано проникновением сплава в поры формы под действием капиллярных сил и давления металла на стенки формы. Проникновение расплава в поры формы является первой стадией процесса образования пригара, а второй его стадией является химическое взаимодействие окислов металла, содержащихся в расплаве (окислов железа и легирующих элементов), и окислов, содержащихся в формовочных материалах. Химическое взаимодействие расплава и формы усиливает проникновение металла в поры формы.

Причины образования и способы ликвидации дефекта

§1. Содержание в формовочной смеси углеродосодержащих добавок

Для получения отливок с чистой поверхностью при формовке по-сырому в формовочные смеси добавляют легко газифицирующиеся углеродосодержащие вещества. Распространенной добавкой является молотый каменный уголь марок Г, Д или ПЖ. Каменноугольная пыль для формовочных смесей должна иметь высокое содержание летучих веществ (не менее 25%), низкое содержание серы (менее 1%) и выход «блестящего» углерода не менее 7–10% (см. таблицу 7.1.1) [4, 50].

Содержание каменного угля в смеси зависит от толщины и массы отливки и не должно превышать 6% (обычно 1,5%). Каменноугольную пыль часто вводят в смесь вместе с бентонитом в виде бентонито-угольной суспензии.

Вместо каменного угля в смесь добавляют битумную суспензию, мазут, нефтяной кокс, древесный пек и др. Мазут дешевле каменноугольной пыли, проще вводится, имеет более

низкую температуру газификации, раньше угля создает в форме восстановительную атмосферу. Однако при этом выделяется большое количество газов, что вызывает опасность образования газовых дефектов в отливках. Тем не менее, при хорошей вентиляции формы и стержня вероятность образования газовых раковин значительно снижается.

Следует отметить, что мазут снижает смачиваемость формы водой и ухудшает санитарно-гигиенические условия в литейном цехе.

На ряде предприятий вместо молотого угля вводят кубовый остаток от дистилляции жирных кислот, образующийся при переработке технических жиров и называемый ОДК. По химическому составу — это смесь жирных кислот и неомыляемых веществ. Добавка ОДК повышает текучесть смеси и улучшает чистоту поверхности чугунных отливок.

В качестве противопригарной добавки в единую формовочную смесь вводят до 1,5% ССБ или СДБ, которые одновременно повышают текучесть смеси. Введение в смесь от 0,1 до 0,5% крепителей КО, КВ или других исследованных органических веществ обеспечивают улучшение противопригарных свойств и увеличение текучести.

Общее содержание органических добавок (угля, пека и т.д.) в составе формовочных смесей не должно превышать 5–6%.

Таблица 7.1.1
Количество «блестящего» углерода, выделяющегося из различных смесей

Материал	Блестящий углерод, %		Содержание материала (добавки) в составе смеси, %
	Из материала	Из формовочной или стержневой смеси	
Древесная мука	3	0,03	1
Каменноугольная пыль	10	0,4	4
Гранулированный пек	40	0,4	1
Синтетическая угольная добавка	16	0,4	2,5
Фурано-формальдегидная смола	2	0,04	2
Мочевино-формальдегидная смола	12	0,24	2
Полистирол	58	-	-

Отсутствие углеродосодержащих добавок в составе формовочных смесей способствует увеличению пригара. На рис. 7.1.2 представлена отливка «Крышка люка» с местным пригаром. Введение в состав смеси мазута практически полностью ликвидировало дефект.

§2. Температура заливаемого металла

Сталь

Температура заливаемого металла оказывает влияние на образование пригара. Чем выше температура стали, тем интенсивнее идет образование пригара. В связи с этим следует, по возможности, ограничить температуру заливки до рекомендуемой. Определение температуры сводится к выбору необходимого понижения температуры стали, принимаемого сверх температуры начала затвердевания. При изготовлении отливок, склонных к пригару (толстостенные с местными скоплениями металла и др.) допускается минимальный перегрев стали на 10–40°C и ниже. Это относится к отливкам, на которых возможно возникнове-

ние газоусадочных раковин, открытых и закрытых усадочных раковин, усадочной пористости, пригара (см. 1.2. §7).

Чугун

Температура заливаемого чугуна играет важную роль при формировании пригара. Пригар образуется в случае проникновения расплава чугуна в форму на глубину, превышающую радиус зерна песка. Чем выше температура металла, больше его контакт в жидком состоянии с формой, тем создается большая вероятность формирования пригара.

Под действием высокой температуры изменяются свойства песка и глины в поверхностных слоях формы, происходит их спекание и оплавление. Одновременно, проникший в форму чугун начинает интенсивно окисляться, происходит взаимодействие окислов железа с составляющими формовочной смеси и образование легкоплавких соединений. С повышением температуры заливаемого чугуна уменьшается стойкость поверхностного слоя формы. Причем стойкость смесей на основе бентонитов невысока, так как огнеупорность бентонитов ниже, чем каолинитов.

Следовательно, для снижения пригара необходимо снизить температуру заливаемого чугуна (примерно до 1320°C , если позволяет конструкция отливки). Если при этом будет выявлена тенденция к появлению других дефектов (газовые раковины, трещины и др.), можно несколько повысить температуру заливаемого чугуна, но при этом для снижения интенсивности химической стадии образования пригара уменьшить окисленность заливаемого чугуна. Осуществляют это раскислением чугуна до заливки и введением в состав смесей специальных органических добавок (уголь, пек, битум, мазут), создающих восстановительную атмосферу в форме.

На рис. 7.1.2 представлена отливка «Крышка люка» с дефектом «Пригар». Дефект образовался в результате повышенной температуры заливаемого металла, выплавленного в индукционной печи. Форма, изготовленная из влажной песчаноглинистой смеси, была без противопопригарного покрытия.



Рис. 7.1.2. Отливка «Крышка люка» с пригаром

§3. Местный перегрев формы

Для исключения местного перегрева формы при ее заполнении сталью и образования увеличенного пригара рекомендуется принимать во внимание следующее:

1. Металл необходимо заливать в форму по наиболее коротким путям и одновременно через достаточное количество питателей, чтобы не допускать местного разогрева формы, особенно сырой песчано-глинистой.
2. Не располагать питатели в непосредственной близости от выступающих частей формы и, как следствие, не допускать удара струи металла в вертикальную стенку формы.
3. Необходимо соблюдать принцип последовательности при заполнении крупной формы сложной конструкции, а именно подавать первые порции металла сифоном, последующие — под затопленный уровень. Этим достигается спокойное затопление формы сталью без особого разогрева отдельных ее частей.

4. При изготовлении отливок увеличенной металлоемкости в песчано-глинистых формах места подвода металла в форму выполнять стержневыми вставками из огнеупорных материалов.
5. Важным является правильный выбор места подвода металла в форму. Его выбирают в каждом отдельном случае в зависимости от размеров отливки, ее конфигурации, материала, технических требований при обработке и т.д. Для снижения пригара необходимо:
 - рассредоточение подвода металла с направлением питателей вдоль простенок формы;
 - расширение устья питателей;
 - максимальное ограничение высоты свободного падения потоков металла из питателей;
 - подводить металл в утолщенные части отливки, если это не нарушает условия питания отливки.

§4. Облицовочные смеси

Облицовочные смеси являются эффективным средством борьбы с пригаром.

Сталь

В качестве облицовочных нашли широкое распространение быстротвердеющие жидкостекольные песчано-глинистые смеси, используемые при производстве отливок как из углеродистых, так и из легированных сталей. Составы облицовочных быстротвердеющих смесей приведены в таблице 7.1.2 [50].

Таблица 7.1.2. Смеси облицовочные быстротвердеющие

Отливки	Состав смеси в вес. %							Влажность, %	Газопроницаемость, ед.	Предел прочности	
	Отработанная смесь	Песок КО2А, КО16	Глина в порошке	Общее глино-содержание	Жидкое стекло, содовое*	Едкий натр	Мазут			На сжатие (по-сырому), кг/см ²	На разрыв (по-сухому), кг/см ²
Мелкие и средние	50	50		4–8	5–7	0,5–1,5		4,5–5,5	70	0,25–0,35	>8
Средние	25	75		До 5	7,0	1,0	0,5	3–5	80	0,25–0,35	>8
Крупные		100	2–3	До 5	6,5–7,5	1,0	0,2–0,3	3–4,5	180	0,2–0,35	>12
Общего назначения	30	69	1,0**		5,2**	1,1	0,6	2,6–3,0	150	0,18–0,27	10–18

* Если вместо содового применять сульфатное жидкое стекло, необходимо его содержание увеличить на 15%.

** Содержание глины уточняется в зависимости от содержания глины в отработанной смеси; жидкое стекло модуля 2,6–2,8.

Облицовочные смеси на основе хромомагнезитовых, хромитовых и цирконовых наполнителей используются для крупных, тяжелых отливок с увеличенной толщиной стенок и высокой температурой заливаемого расплава. Толщина облицовочного слоя хромомагнезитовых смесей не превышает 10–15 мм из-за недостаточной газопроницаемости. Некоторые составы высокоогнеупорных смесей приведены в таблице 7.1.3.

Таблица 7.1.3. Сmesi высокоогнеупорные для стального литья

Отливки	Состав смесей, %		Влажность, %	Газопроницаемость, ед.	Предел прочности На сжатие по-сырому, кг/см ²
	Связующие материалы	Высокоогнеупорные материалы			
Крупные, массой более 5000 кг, толщина стенки 40 мм	Жидкое стекло 7,5	Хромомагнезитовый порошок 100	5–6	50–70	0,2–0,3
Особо крупные и тяжелые, массой более 5000 кг	Сульфитная барда 0,75–3,0	Хромит 100	5–6		
Не легированные стали	Глина 2,5 Крепитель СБ 2–3	Цирконовый песок	3–5	40–130	0,3–0,45

Таблица 7.1.4. Сmesi облицовочные для чугунного литья

Масса отливки, кг	Толщина стенки, мм	Обработанная смесь, вес, %	Свежие материалы, вес, %	Каменный уголь, вес, %	Влажность, %	Газопроницаемость, ед.	Предел прочности на сжатие, кг/см ²
до 20	до 10	78–59	20–38	2–3	4,5–5	30–50	0,3–0,5
до 200	до 25	75–45	22–50	3–5	4,5–5	40–60	0,3–0,5
до 1000	более 25	70–40	27–55	3–5	4,5–5,5	60–80	0,4–0,6
до 200	до 25	60	37	3% от мазута	4,5–5	60–70	0,4–0,6
до 200	до 25	60	38	2% от древесной муки	5–6	50–60	0,3–0,5

Чугун

Облицовочная смесь применяется в условиях единичного, серийного и массового производства. Она наносится вокруг модели слоем 15–20 мм в зависимости от толщины стенки отливки. Облицовочная смесь непосредственно соприкасается с жидким металлом и подвергается наибольшему тепловому и физико-химическому воздействию. В состав облицовочной смеси вводится значительное количество свежих материалов, чтобы улучшить технологические свойства смеси и обеспечить получение качественной отливки без пригара, с чистой поверхностью. Облицовочную смесь применяют при изготовлении крупных

отливок, ответственных отливок среднего развеса и в тех случаях, когда единая смесь приводит к значительному браку отливок.

Для облицовочной смеси приготавливают свежие материалы, состоящие из 8–12% глины и кварцевого песка марки 016–0315. Составы некоторых облицовочных смесей приведены в таблице 7.1.4 [50].

Иногда для повышения качества поверхности чугунных отливок ответственного назначения (блоки цилиндров, головки блоков, корпус трансмиссии и др.) используют облицовочную смесь в массовом производстве. Например, использование облицовочной смеси на ряде заводов позволило значительно улучшить качество поверхности отливок из серого чугуна.

§5. Время простоя собранных форм

Для снижения образования пригара рекомендуется ограничить длительность простоя собранных форм. Вызвано это образованием повышенной влажности на рабочей поверхности формы, что способствует образованию увеличенного пригара при контакте с заливаемым металлом.

При выдержке собранных форм по-сырому с использованием стержней, уже через 30 минут происходит их увлажнение, начиная от знаков и на всю окрашенную поверхность. Процессу переноса влаги на стержень сопутствует повышенная гигроскопичность краски.

Стенки крупных литейных форм просушивают обычно на глубину до 80 мм, поэтому при длительном простое собранных сухих форм, особенно горячих, влажность просушенных частей резко повышается.

Из-за влажности воздуха в полости формы поверхность холодильников через некоторое время покрывается влагой. Скорость развития данного процесса ещё более возрастает, если использованы только закрытые прибыли. Длительный простой собранных форм вызывает одновременно с пригаром образование светлых газовых раковин и ужимин. Светлые газовые раковины вызваны разложением воды с выделением атомарного водорода, адсорбирующегося на поверхности металла с последующим переходом в молекулярную форму и образованием раковин.

Рекомендуется следующая длительность простоя собранных форм:

- при формовке по-сырому — до 1 часа;
- сухих форм — 1 сутки при сборке в холодном состоянии. Форму заливать после накрытия верхней полуформы.

§6. Противопригарные покрытия

Наиболее эффективным способом предотвращения пригара является нанесение на поверхность формы противопригарного покрытия.

Противопригарная краска представляет собой суспензию, состоящую из порошкообразного огнеупорного наполнителя, связующего компонента и стабилизатора, равномерно распределенных в дисперсной среде (воде или органической жидкости). В массовом производстве противопригарные материалы наносят на поверхность сырых форм в виде суспензий путем пульверизации. Такой метод увеличивает связь покрытия с формой и полностью изолирует зерна формовочной смеси от соприкосновения с металлом. Если в качестве растворителя применяют воду, то перед заливкой водные покрытия следует просушивать. Состав красок для сырых форм приведен в таблице 7.1.5 [46].

При формовке по-сырому, для получения чистой поверхности отливки, форму припыливают через мешочек графитом (для чугунного литья) или пылевидным кварцем, цирконом, магнезитом, алюминиевой пудрой (для стального литья). Для лучшего удержания на вертикальной поверхности стенок формы сухого противопригарного покрытия, его

Таблица 7.1.5. Состав красок для сырых форм

Материал	Содержание компонентов красок, % масс.					
	1	2	3	4	5	6% объем
Графит скрытокристаллический	-	20	-	-	-	20–25
Графит кристаллический	20	20	46,1	-	33	30–20
Тальк	-	-	-	48,6	-	-
Резиновый клей	-	-	-	5,2	-	-
Мазут	-	5	-	-	-	-
ССБ, СДБ или патока	-	-	-	-	33	-
Поливинилацетатная эмульсия (ПВАЭ)	-	-	7,8	-	-	-
Уайт-спирит	40	-	-	-	-	-
Керосин	-	55	-	46,2	-	40–55
Машинное масло	-	-	-	-	-	5
Асфальтовый лак БТ-5101	40	-	-	-	-	-
Вода	-	-	46,1	-	34	-

Таблица 7.1.6. Краски для углеродистых сталей

Материал	Содержание компонентов красок, % по массе			
	1	2	3	4
Пылевидный кварц	100	78	-	-
Глина огнеупорная	1–3	-	-	-
Бентонит	-	2	2	-
Дистен-силлиманит	-	-	78	До 1,5 г/см ³
Хлористый калий или натрий	0,2–1,5	-	-	-
ЛКБЖ	2–4	6	-	-
Алюминиевая пудра	1–5	-	-	-
Подмыленный щелок	3–6	6	-	-
Марганцевая руда	-	8	-	-
Гидрол(плотность 1,32 г/см ³)	-	-	20	-
ПВАЭ	-	-	-	1 об. ч
Вода	До плотности 1,4–1,7 г/см ³	До плотности 1,6–1,8 г/см ³	До плотности 1,5–1,55 г/см ³	1 об. ч

плакируют легкоплавкими кристаллогидратами $[\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$; $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$; триполифосфатом натрия и другими. Подготовленные компоненты (противопригарный порошок и кристаллогидрат) в течение 3–5 мин перемешивают в лабора-

торных бегунах. Вместо кристаллогидратов можно использовать легкоплавкие некоксуемые соединения углеводородного ряда — парафин, стеарин, канифоль, воск и др. В последние плакирующие составляющие рекомендуется вводить 20–30% коксообразующего вещества (битум, пек, фенольные смолы и другие).

Цирконовые покрытия форм применяются для сложных отливок. Толщина покрытия для тонкостенных отливок составляет 0,1 мм, для толстостенных отливок доходит до 0,5 мм. В качестве огнеупорного покрытия используется хромомагнетит, дистен-силлиманит, хромистый железняк (хромит), корунд. Составы красок для углеродистых сталей приведены в таблице 7.1.6.

Для предотвращения пригара используются противопопригарные пасты. В качестве противопопригарной основы используют хромомагнетит, металлургический магнезит, хромистый железняк, циркон. Пасты на основе хромомагнетита и хромистого железняка рекомендуется использовать для средних и крупных отливок, которые в обычных условиях получают с пригаром. Составы красок для легированных сталей приведены в таблице 7.1.7.

Таблица 7.1.7
Краски для углеродистых легированных сталей

Материалы	Содержание компонентов красок, % по массе							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Цирконовый концентрат	90							
Циркон обезжелезненный		88	87	50% по объём.	47% по объём.	70		
Хромистый железняк (хромит)							88	100
Хромомагнетит								
Жидкое стекло	10			Плотность 1,25–1,26 г/см ³				
Декстрин		2					0,2	
Патока, плотность 1,35 г/см ³		10						
Бентонит			3		3,5			2
ЛКБЖ			10		7			
4%-ный раствор КМЦ						30		
Смола ПК-104 (сверх 100%)						5		
Патока							10–12	
Гидрол, плот. 1,05 г/см ³								40–50
Вода	(сверх 100%) 30	До плотн. 1,8–1,9 г/см ³	До плот. 1,85–1,9 г/см ³		42,5		До требуемой плотности	

§7. Термостойкие смеси

При невозможности получения отливок без пригара с использованием формовочных материалов на основе кварцевого песка или же противопопригарной краски и паст с высокоогнеупорными наполнителями, для изготовления форм и стержней применяют высокоогнеупорные формовочные и стержневые смеси. В качестве наполнителя используются хромистый железняк, хромомагнезит, циркон, оливин, шамот и другие химически инертные материалы. Такие смеси обычно используют при изготовлении крупного толстостенного специального литья.

Высокоогнеупорные материалы дороже кварцевого песка, поэтому их используют для приготовления облицовочных смесей, а в ряде случаев из них выполняют только отдельные участки формы или стержня, особо подверженные пригару.

Из высокоогнеупорных материалов наибольшее применение получил хромистый железняк (хромит), как наиболее дешевый. Перед использованием сухой хромит подвергают высокотемпературной сушке при 300–380°C, потери при этом не должны превышать 2%. При больших потерях температуру сушки повышают до 400–450°C, что крайне нежелательно из-за некоторого ухудшения качества смеси. Более целесообразно применять для изготовления форм обожженный при 900–1100°C хромит, молотый бой хромомагнезитового кирпича или же их смесь. Хромитовые смеси приготавливаются на тех же связующих материалах, что и кварцевые.

В качестве противопопригарной, можно использовать смесь (мас. ч.): 100 — хромомагнезита, 7–8 — жидкого стекла, 0,1–0,15 — нефтяного мыла.

§8. Захлаживающие литейные формы

Повышение теплоаккумулирующей способности отдельных частей формы, в местах расположения которых возможно образование пригара, положительно сказывается на резком снижении или полной ликвидации пригара на отливках из стали. Это становится возможным при использовании смесей с добавлением стальной дробы или применении хромитовой или хромомагнезитовой смесей для облицовки подвергаемых длительному тепловому воздействию участков формы. Такие мероприятия наиболее эффективны при изготовлении отливок с толщиной стенок не более 50 мм. При этом достигается ускорение процесса затвердения и последующего охлаждения отливки до температуры, предотвращающей проникновение легкоплавких окислов железа FeO и эвтектики системы FeO — SiO₂ в формовочную смесь и образования пригара.

Использование захлаживающих смесей и холодильников способствует также созданию лучшей направленности затвердевания отливки. Кроме этого, смеси инертны к окислам железа, а их спекшаяся пленка предотвращает проникновение легкоплавких соединений в смеси. Это позволяет использовать данные формовочные материалы при изготовлении массивных отливок.

§9. Прочность литейной формы

На проникновение металла в форму и образование пригара влияет степень уплотнения смеси. Проникновение металла в поры формы уменьшается наиболее эффективно при увеличении давления прессования формовочной смеси до 10 кгс/см².

Поверхностная твердость формы во влажном состоянии зависит от зернового состава песка, влажности, содержания глины, ее связующей способности, а также от плотности. Прочность формовочной смеси создает глинистая оболочка, в состав которой, кроме глины и воды, входят противопопригарные добавки (каменный уголь, мазут и др.), органи-

ческие связующие материалы и балластные материалы — продукты распада глин и связующих при высокой температуре.

Балластные материалы инертны по отношению к воде и их накопление в смеси снижает прочность, газопроницаемость и противопопригарные свойства. Уменьшение содержания глины при одновременном снижении влажности положительно сказывается на всех технологических свойствах формовочной смеси. Пластичные маловлажные смеси можно получать следующими способами [26]:

- использовать более дисперсные монтмориллонитовые глины вместо каолинитовых;
- сочетать монтмориллонитовые глины с небольшими добавками связующих материалов, способных образовывать в воде гели повышенной вязкости;
- активировать воду, входящую в состав глинистой оболочки, добавками ПАВ.

Для снижения пригара необходимо иметь формовочную смесь с требуемыми физико-механическими и технологическими свойствами. Увеличение активной глины в составе смеси повышает прочность и текучесть, снижает осыпаемость и вероятность образования пригара.

Содержание активной глины в смесях для формовки по-сырому должно быть не менее 8%.

Для увеличения прочностных и технологических свойств единой формовочной смеси используют следующие добавки:

- ДС-РАС и контакт Петрова. Уменьшают вязкость глинисто-угольной суспензии и дают возможность увеличить в ней содержание глины, причем смеси не обсыхают и не имеют повышенной осыпаемости при снижении влажности;
- крахмалит — порошок, получаемый при термической обработке крахмало-белковой суспензии кукурузы; имеет влажность не более 12%, набухаемость в холодной воде 13–16 мл/г, насыпную массу 0,25–0,35 г/см³. Используется в формовочной смеси в количестве до 0,1% для ответственного чугунного литья с целью повышения поверхностной прочности сырых форм;
- понизитель вязкости ПФЛХ. Повышает прочностные свойства смесей, текучесть, обеспечивает стабильность свойств при изменении влажности, снижает вязкость глинисто-угольной суспензии.

§10. Толщина корки затвердевшей стали

Быстрое формирование корки затвердевшего металла в форме в большинстве случаев оказывает влияние на уменьшение пригара. В то же время медленное образование корки металла способствует появлению пригара, иногда в ярко выраженном виде (увеличенный). Поэтому представляет интерес ознакомиться с условиями формирования корочки металла при его движении в форме. На рис. 7.1.3 представлено влияние температуры металла и времени его течения на толщину затвердевшей корки [25].

В случае заливки стали при температуре, близкой к точке кристаллизации (1510°C), процесс затвердевания происходит одинаково на различных расстояниях от начала питания [46]. Затвердевание начинается сразу же после соприкосновения металла со стенками формы. В случае заливки стали при более высокой температуре — 1550°C, затвердевание происходит тем медленнее, чем ближе к питателю расположен соответствующий участок. В случае заливки стали при высокой температуре — 1600°C, кривые затвердевания для участков, близких к началу потока, еще более деформируются. На первых 100–200 мм от места подвода питателя затвердевание металла начинается только через некоторый промежуток времени после его соприкосновения с поверхностью формы. На больших расстояниях

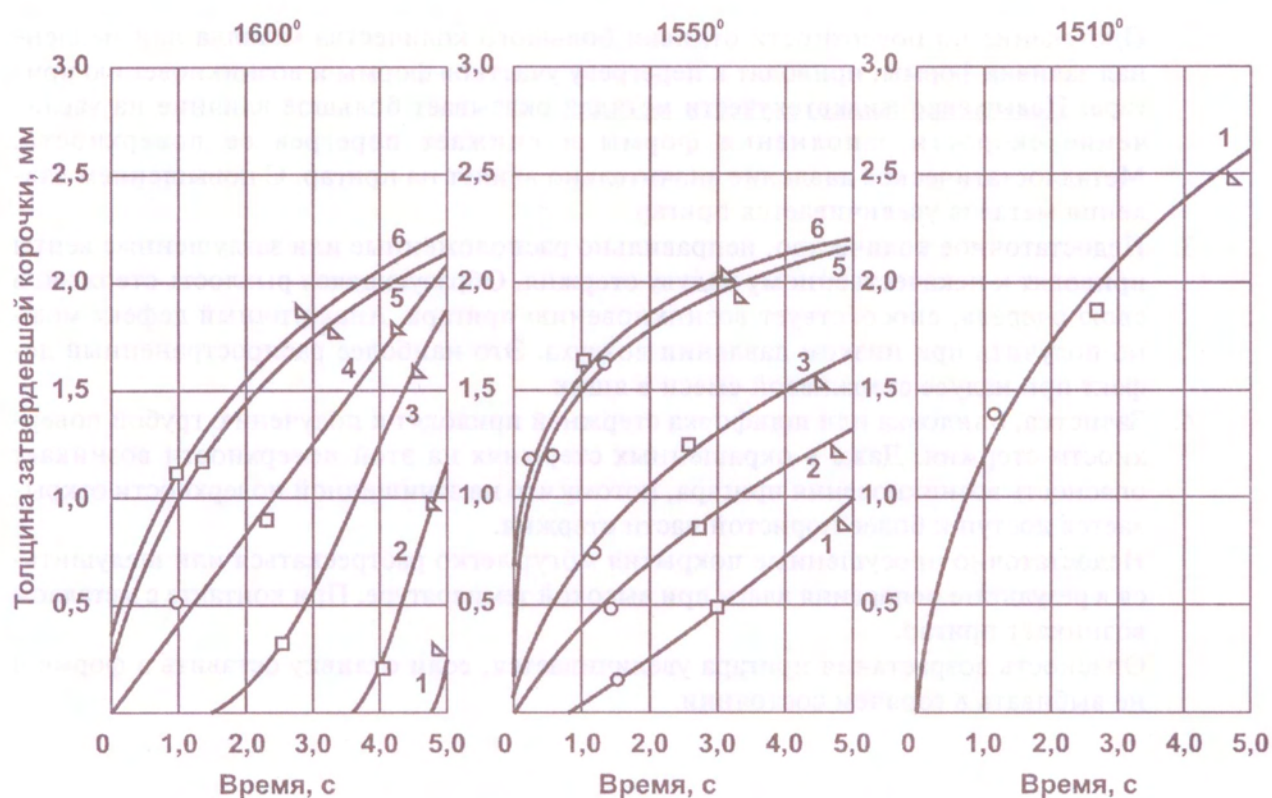


Рис 7.1.3. Кривые затвердевания стали в песчаной форме в движущемся потоке для различных температур заливки:
 1 – начальный участок потока; 2 – на расстоянии 60–120 мм от начала канала;
 3 – на расстоянии 120–180 мм; 4 – на расстоянии 180–240 мм;
 5 – на расстоянии 420–480 мм; 6 – на расстоянии 480–540 мм

от начала потока, где перегрев снимается, различие в скоростях затвердевания на различных расстояниях перестает сказываться.

Следовательно, температура заливки и снятие перегрева по длине потока оказывают решающее влияние на начало затвердевания, характер нарастания корки в начальной стадии затвердевания и на образование пригара.

§11. Заполняемость форм металлом

Заполняемость формы является важным моментом при ликвидации ряда дефектов отливки.

Заполняемость повышается при увеличении сечения стояка и литникового хода и уменьшения их длины, так как это позволяет сохранить более высокую температуру металла при его поступлении в форму. Увеличение скорости заполнения (без разрушения формы) увеличивает заполняемость (см. 6.1. §10).

§12. Разное, или Советы бывалого

1. Конструкция отливки повышает опасность образования пригара в острых углах сопряжения стенок, выступающих частях и тепловых узлах отливки.
2. Ближкое расположение элементов литниковой системы (стояк, прибыль, выпор, шлакоуловитель) к форме создают дополнительное тепловое воздействие на смесь, способствуя повышению пригара.

Протекание по поверхности отливки большого количества металла или медленная заливка формы, приводят к перегреву участков формы и возникновению пригара. **Повышение жидкотекучести металла** оказывает большое влияние на увеличение скорости заполнения формы и снижает перегрев ее поверхности. Металлостатическое давление значительно влияет на пригар. С повышением давления металла увеличивается пригар.

3. Недостаточное количество, неправильно расположенные или заглушенные венты приводят к некачественному надуву стержня. Образующаяся рыхлость стержня, в свою очередь, способствует возникновению пригара. Аналогичный дефект можно получить при низком давлении воздуха. Это наиболее распространенный дефект при надуве стержневой смеси в ящик.
4. Зачистка, опиловка или шлифовка стержней приводят к получению грубой поверхности стержня. Даже в окрашенных стержнях на этой поверхности возникает опасность возникновения пригара, потому что на зачищенной поверхности открывается доступ к более пористой части стержня.

Недостаточно просушенные покрытия могут легко растрескаться или шелушиться в результате испарения влаги при высокой температуре. При контакте с металлом возникает пригар.

Опасность возрастания пригара увеличивается, если отливку оставить в форме и не выбивать в горячем состоянии.

Глава 7.2. Ужимины

Описание дефекта

Ужимины возникают в результате быстрого нагрева рабочей поверхности формы и представляют собой утолщения на поверхности отливки, под которым находится полость, заполненная формовочным материалом. В зависимости от условий образования ужимины могут иметь вид неглубоких вытянутых канавок или впадин, тонких, плоских, неправильной формы наростов, сопровождающихся значительными песчаными включениями.

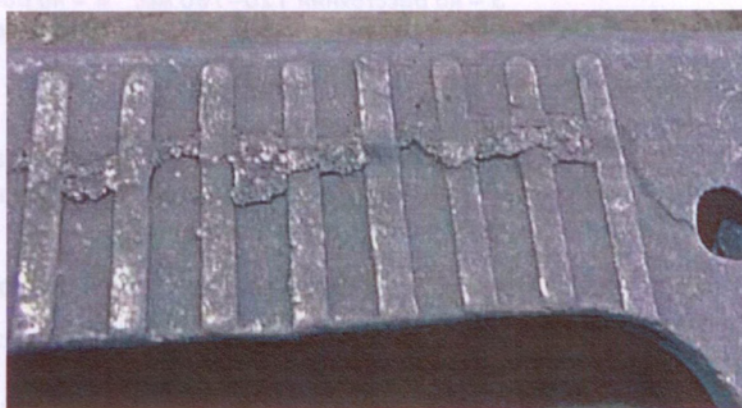


Рис. 7.2.1. Отливка «Балансир» с дефектом «Ужимина»

Механизм формирования ужимин

В процессе заливки поверхностные слои формы быстро высыхают, а испаряющаяся из них влага перемещается в менее прогретые слои формы, где конденсируется, образуя зону с низкой прочностью и значительно повышенной влажностью при температуре около 100°C. Одновременно начинается расширение формовочной и стержневой смесей, сопровождающееся объемными и линейными расширениями формы.