

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Машины и технология литейного производства»

В.А.Скворцов
Ю.А.Николайчик

Основы конструирования литых деталей

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям
для студентов специальности 1-36 02 01
«Машины и технология литейного производства»

Электронный учебный материал

Минск БНТУ 2018

Содержание

Введение	3
1.ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ	4
1.1. Требования, предъявляемые к конструкциям литых деталей	4
1.2. Основные принципы конструирования литых деталей	4
1.3. Разработка литейно-модельных указаний	12
1.3.1 Выбор плоскости разъема и положения отливки в форме.	12
1.3.2 Припуск на механическую обработку.	13
1.3.3 Припуски на усадку сплава.	14
1.3.4 Литейные уклоны.	15
1.3.5 Стержневые знаки.	16
Список использованных источников	19

Введение

Основы конструирования литых деталей предполагает анализ технологичности литых деталей, основанный на опыте производства подобных отливок и технологические возможности предприятия-изготовителя. При определении недостатков в конструкции литой детали, вызывающей возникновение брака, рассматривают общую конфигурацию детали, основные размеры, включая толщину стенок, ребер и массивных сечений в различных зонах, материал детали, технические требования к ней. Одновременно проводится анализ экономической и технической целесообразности намечаемого способа изготовления отливки с учетом всех технологических особенностей, обосновывается положение отливки в форме, разъем модели, формы, количество стержней, конструкция литниковой системы, наличие прибылей, холодильников и т. п. После выбора технологического процесса изготовления отливки приступают к проектированию оснастки, которая должна ему соответствовать.

1. ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

1.1. Требования, предъявляемые к конструкциям литых деталей

Анализ технологичности литых деталей учитывает опыт производства подобных отливок и технические возможности предприятия-изготовителя. При определении недостатков в конструкции литой детали, вызывающих возникновение брака из-за технологичности, рассматривают общую конфигурацию детали, основные размеры, включая толщину стенок, ребер и массивность сечений в различных зонах, материал детали, технические требования к ней. Одновременно проводится анализ экономической и технической целесообразности намечаемого метода изготовления отливки с учетом всех технологических особенностей, обосновываются положение отливки в форме, разъем модели, формы, число стержней, конструкция литниковой системы, наличие приливов, холодильников и т.п.

Конструкция литой детали должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- функциональному назначению и качественным показателям (прочность, точность, жесткость, надежность, эстетичность и др.);
- возможности получения детали в литом состоянии с наименьшими экономическими затратами;
- удобству механической обработки;
- простоте и удобству сборки, монтажа машины, изделия.

В зависимости от назначения каждой литой детали эти общие требования расшифровываются в специальных технических требованиях на конкретную деталь. Эти требования устанавливают механические свойства сплава детали, точность размеров, чистоту поверхности отливки, методы контроля качества и способы устранения возможных литейных дефектов и т.п. Специальные технические требования указываются либо непосредственно на чертеже детали, либо в технических условиях на отливку.

Все требования, предъявляемые к литой детали, можно выполнить лишь при условии, что ее конструкция будет отвечать как требованиям технологии механической обработки, так и литейной технологии. Технологичной с точки зрения литейного производства считается деталь, конструкция которой учитывает специфические особенности изготовления формы в целом и отдельных ее элементов, явления, происходящие в форме при заливке и кристаллизации сплава, а также необходимость легкой выбивки и очистки отливки.

1.2. Основные принципы конструирования литых деталей

Требования, предъявляемые к конструкции литых деталей, создают необходимость соблюдения основных принципов проектирования отливок, которые сводятся к следующему.

1. Литая деталь должна при минимальной массе обладать требуемой прочностью, которая зависит от сплава отливки и ее конструкции. Толщина стенки литой детали должна назначаться исходя из конструктивной необходимости с учетом механических

свойств применяемого сплава и технологических возможностей выбранного метода литья. Существует несколько методов определения толщины стенки отливки. Так, для определения толщины стенки литой детали из серого чугуна можно использовать диаграмму Рихтера (рис.1.1). Приведенный габарит отливки N , м рекомендуется определять по формуле

$$N = \frac{2L+B+H}{3}, \text{ м} \quad (1.1)$$

где L , B , H — наибольшая длина, ширина и высота отливки соответственно в метрах.

На станкостроительных предприятиях минимальную толщину стенки отливки обычно выбирают по табл.1.1 исходя из наибольшего габаритного размера, примерной массы и марки чугуна.

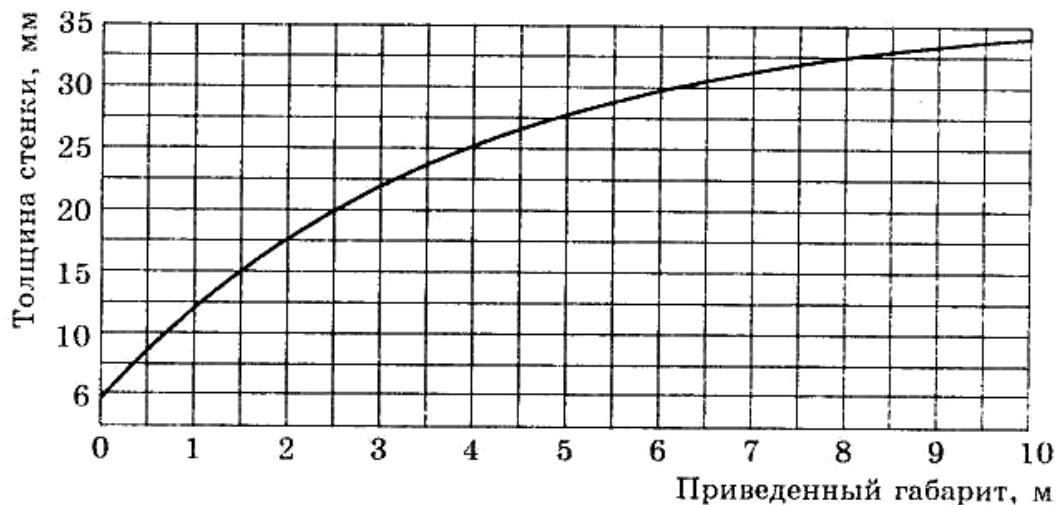


Рис.1.1 Диаграмма Рихтера для определения толщин стенок литых деталей из серого чугуна в зависимости от приведенного габаритного размера

Таблица 1.1

Минимальная толщина стенки чугунной отливки

Технологические параметры отливки		Минимальная толщина стенки отливки в зависимости от марки чугуна, мм		
наибольший габаритный размер, мм	примерная масса, кг	СЧ15	СЧ20-СЧ25	СЧ30-СЧ35
До 250	До 5	6	10	
От 215 до 500	25	8	12	12-16
501-750	100	10	14	
751-1000	250	12	15	16-18
1001-1500	500	14	16	18
1501-2000	750	16	18	20
2001-2500	1500	18	20	22

2501-3000	3000	20	20	22
3001-5000	5000	22	22	22
От 5001	Свыше 5000	25	25	25

Толщина, расположение и форма стенок отливки должны способствовать спокойному заполнению формы сплавом. Для этого необходимо избегать тонких и плоских горизонтально расположенных стенок с развитой поверхностью, так как на них часто образуется брак по недоливам и неспаям. На больших горизонтально расположенных поверхностях нередко наблюдаются газовые, шлаковые и земляные раковины, скопления неметаллических включений (рис.1.2,*а*), поэтому такие поверхности желательно заменять наклонными, как показано на рис.1.2, *б*.

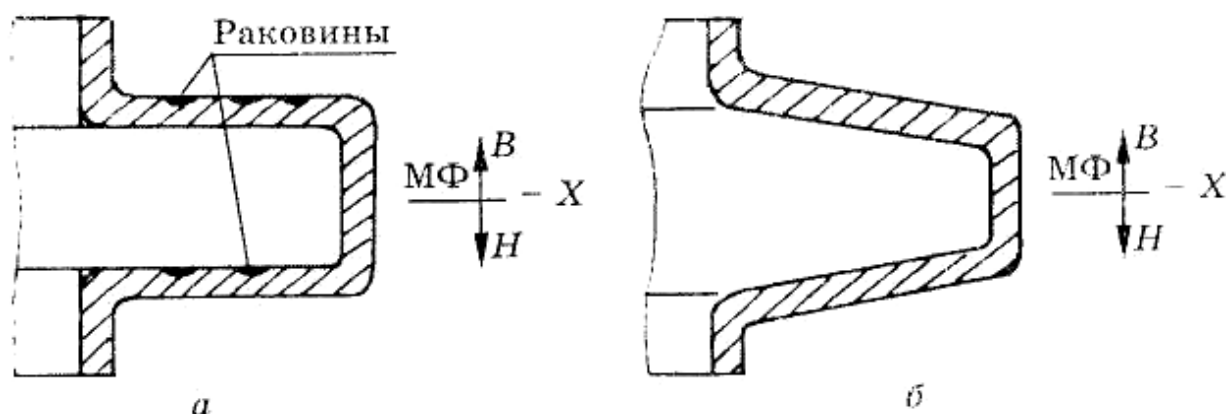


Рис.1.2 Конструкция отливки до (а) и после (б) изменения наклона горизонтальных поверхностей

2. Базовой поверхностью литой детали может служить та часть отливки, которая связана с наиболее ответственными элементами конструкции детали. Это, как правило, необрабатываемая поверхность, имеющая наибольшие размеры, либо осевая линия, проходящая через центр детали или основного отверстия детали и т.п. Не рекомендуется использовать в качестве базы для разметки места расположения прибылей, плоскости, склонные к короблению, а также плоскости, располагающиеся по обе стороны линии разъема формы.

3. При проектировании литой детали необходимо стремиться к ее равностенности, с правильными переходами от тонких сечений к толстым сечениям, без больших местных скоплений металла и острых углов, так как в местах утолщения стенок могут образовываться дефекты усадочного характера, усадочные раковины, пористость, трещины.

Переход от одного сечения к другому должен оформляться галтелью, радиус которой определяется по стандартам, либо для деталей, воспринимающих динамические нагрузки, выполняется сочетанием клина с галтелью (рис.1.3).

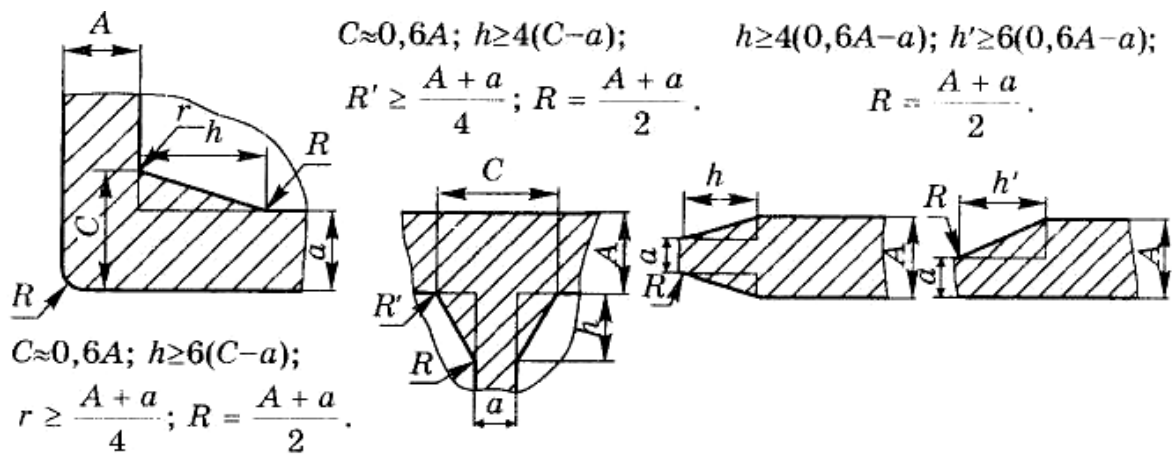


Рис.1.3 Примеры сопряжения стенок разной толщины

В отливках, имеющих большое число ребер, необходимо избегать образования массивных скоплений металла, которые могут служить причинами дефектов усадочного характера. Толщину ребер рекомендуется принимать 0,7-0,8 толщины стенки.

4. В литых деталях необходимо обеспечивать принцип одновременного или направленного затвердевания сплава. Это наиболее действенное средство борьбы с усадочными дефектами. Правильность конструкции отливки, в которой соблюдается принцип направленного затвердевания, проверяют методом вписанных окружностей, по которому окружность, вписанная в любое нижнее сечение детали (с учетом припусков на механическую обработку), должна свободно проходить в любых вышележащих сечениях (рис.1.4). В зависимости от конструкции отливки соотношение двух рядом расположенных диаметров (d_1/d_2 или d_2/d_3) рекомендуется принимать в пределах от 1:1,1 до 1:1,5.

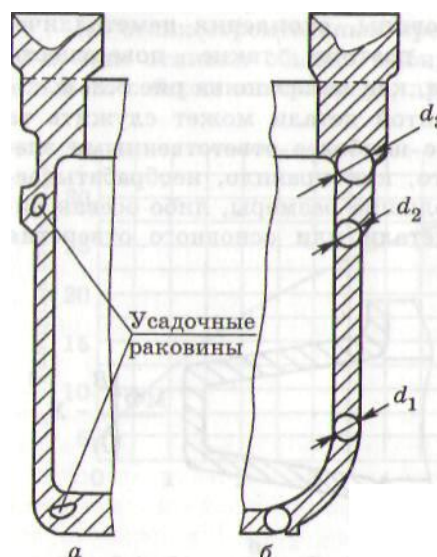


Рис.1.4 Пример конструкции литой детали ($d_3 > d_2 > d_1$)

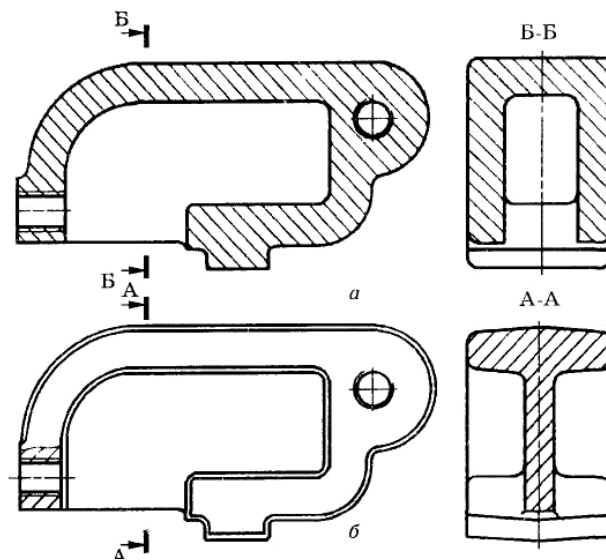


Рис.1.5 Конструкция отливок до (а) и после (б) устранения внутренних полостей

5. Общим правилом при конструировании литых деталей должно быть стремление к минимальным затратам труда и материалов для изготовления модельного комплекта. Поэтому необходимо использовать минимальное число стержней, что повышает размерную точность и качество отливок, снижает трудозатраты на изготовление дополнительных стержневых ящиков и др. элементов модельного комплекта. Это может быть достигнуто за счет соединения смежных внутренних полостей или заменой внутренних полостей (рис.1.5,а) наружными (рис.1.5, б).

Повышение технологичности литой детали может быть достигнуто также за счет исключения внешних поднутрений (рис.1.6, а), которые требуют применения стержней или отъемных частей у модели (рис.1.6, б).

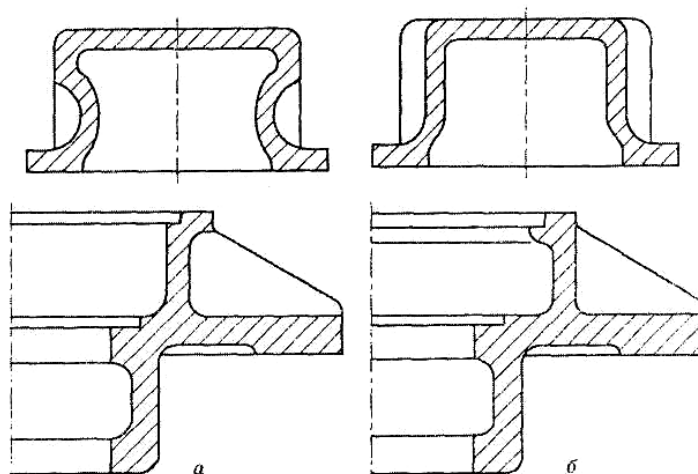


Рис.1.6 Конструкция отливок до (а) и после (б) устранения внешних поднутрений

Небольшие приливы, бобышки и платики, находящиеся на вертикальных стенках (по формовке) (рис.1.7, а), следует объединять в один общий массив, как показано на рис.1.7, б, доводя его до плоскости разъема.

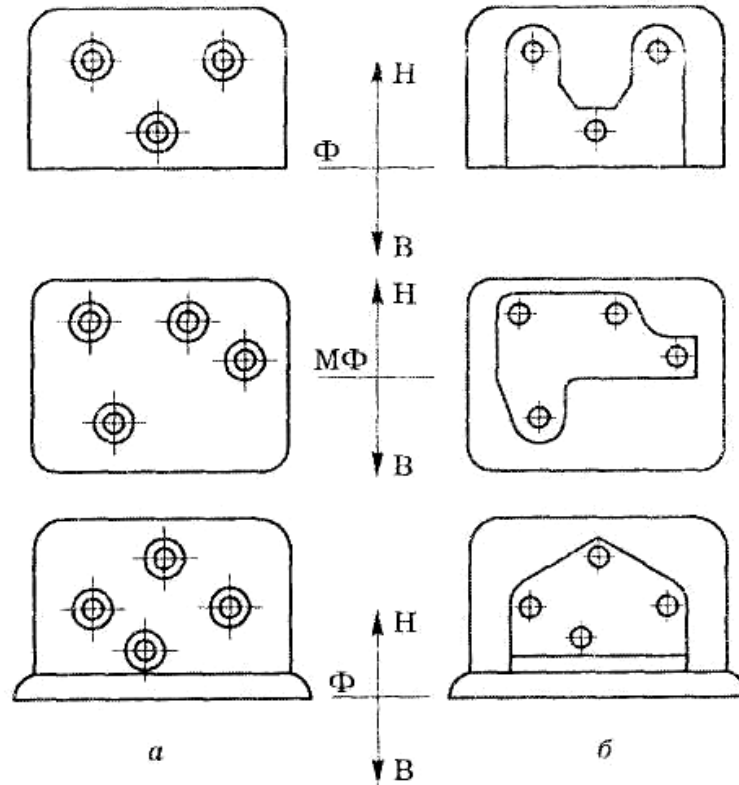


Рис.1.7 Варианты расположения платиков: а – нетехнологично; б – технологично

Расстояние между бобышками, приливами и другими выступающими частями, расположенными на горизонтальных плоскостях (по формовке), не должно быть менее указанных в табл.1.2.

Таблица 1.2

Расстояние между выступающими частями отливок

Высота выступающих частей Н, мм	До 8	9-15	16-25	26-50	51-100	101-200	201-300	Свыше 300
Расстояние между выступающими частями, мм	1,8Н	1,6Н	1,4Н	1,2Н	Н	0,8Н	0,7Н	0,6Н

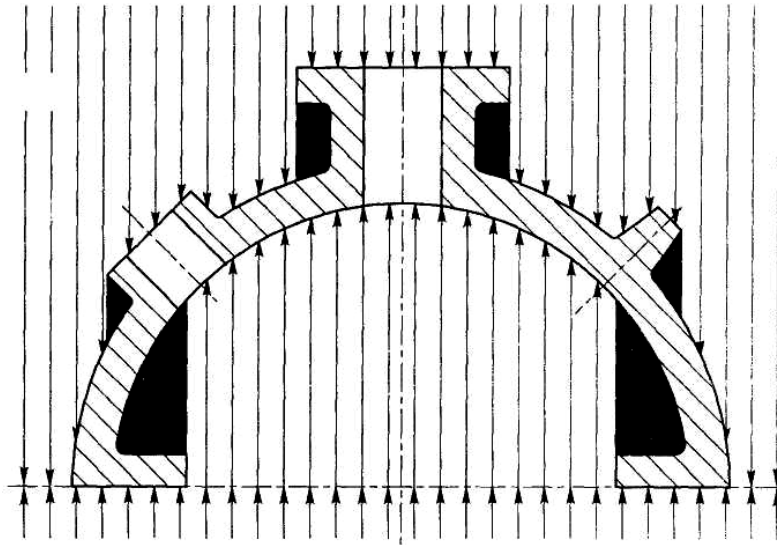


Рис.1.8 Схема проверки наличия внутренних и внешних поднутрений

Проверка наличия внешних и внутренних поднутрений осуществляется с помощью правила лучей. Сущность данного метода заключается в освещении детали параллельными лучами, перпендикулярными к выбранной плоскости разреза моделей и стержневых ящиков. В случае наличия поднутрений на чертеже детали возникают темновые участки (рис.1.8).

6. Литые детали, внутренние полости которых оформляются стержнями, должны иметь достаточное количество окон необходимых размеров для надежной установки и крепления стержней в форме, вывода газов, удаления стержней, а также очистки полученных полостей. Этому требованию удовлетворяют конструкции, имеющие не менее двух окон, расположенных в противоположных плоскостях отливки. Минимальные размеры площадей окон в стенках отливки зависят от объема внутренних полостей, ограниченных наружной стенкой, и определяются по табл.1.3.

Таблица 1.3

Минимальные размеры площадей окон в стенках отливки

Объем внутренней полости литой детали, ($\times 10^{-3}$) м ³	Минимальная площадь окна в наружной стенке, ($\times 10^{-2}$) м ²	Объем внутренней полости литой детали, ($\times 10^{-3}$) м ³	Минимальная площадь окна в наружной стенке, ($\times 10^{-2}$) м ²
До 0,5	0,3	Св. 25 до 50	3; 5
Св. 0,5 до 1	0,7	Св. 50 до 100	4,5
« 1 « 3	1,0	« 100 « 250	7,0
« 3 « 5	1,5	« 250 « 500	10,0
« 5 « 10	2,0	« 500 « 1000	14,0
« 10 « 25	2,5	Св. 1000	18,0

Минимальные размеры отверстий, получаемых литьем без последующей механической обработки, зависят от толщины стенки отливки и выбираются из табл.1.4. Если нужно получить отверстие меньшего диаметра, чем указано в табл.1.4, необходимо предусмотреть механическую обработку.

Таблица 1.4

Минимальные размеры литых отверстий при различной толщине стенки отливки

Толщина стенки отливки, мм	Наименьший диаметр литого отверстия, мм
От 6 до 10	30
Св. 20 до 20	40
« 20 « 30	50
« 30 « 40	70
« 40 « 50	80

Для усиления конструкции и предупреждения образования трещин рекомендуется предусматривать отбуртовку окон (рис.1.9), которая может выполняться с одной или двух сторон стенки отливки. Рекомендуемые размеры отбуртовок с одной стороны приведены в табл.1.5.

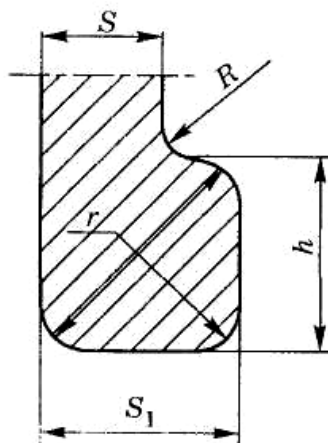


Рис.1.9 Пример конструктивного оформления отбуртовки в опоках

Таблица 1.5

Размеры отбуртовок

Толщина стенки детали S, мм	Размеры отбуртовки (см.рис.1.9), мм				Толщина стенки детали S, мм	Размеры отбуртовки (см.рис.1.9), мм			
	S ₁	h	R	r		S ₁	h	R	r
6	4	10	6	2	16	9	22	9	6
7	5	12	8	3	18	10	25	10	6
8	6	1	8	3	20	10	28	10	8
10	6	15	8	3	22	10	30	10	8
12	8	18	8	5	25	10	32	10	10
14	8	20	8	5	28	10	35	10	10

1.3. Разработка литейно-модельных указаний

Чертеж элементов литейной формы оформляется на копии чертежа детали в соответствии с «Правилами выполнения чертежей литейной формы и отливки» ГОСТ 3.1125-88. Основные работы и технологические указания, выполняемые при разработке такого чертежа, следующие:

- определить и указать плоскость разъема модели и формы и положение отливки при заливке;
- указать припуски на механическую обработку;
- указать припуск на усадку сплава;
- нанести литейные уклоны;
- изобразить контуры стержней, их знаки и фиксаторы с необходимыми уклонами и зазорами;
- показать направление набивки и плоскость разъема стержневого ящика, места вывода газов из формы и стержней;
- указать места установки жеребеек;
- показать отъемные части моделей;
- показать холодильники, их размеры и количество;
- указать усадочные ребра, стяжки, пробы для механических и других испытаний, технологические приливы;
- показать литниковую систему, сечения ее элементов с указанием площадей и количества.

1.3.1 Выбор плоскости разъема и положения отливки в форме.

При выборе плоскости разъема и положения отливки в форме очень часто имеется несколько вариантов. Поэтому выбор оптимального варианта учитывает соблюдение основных правил:

- наиболее целесообразно получение отливок в одной полуформе; если это выполнить невозможно, то следует большую часть отливки располагать в нижней полуформе;
- ответственные обрабатываемые поверхности отливок должны располагаться внизу или на боковых поверхностях формы;
- отливку в форме следует располагать так, чтобы при затвердевании соблюдался принцип одновременного или направленного, затвердевания сплава;
- линия разъема модели не должна проходить по базовым поверхностям отливки или по поверхностям с пониженной шероховатостью;
- разъем модели и формы должен обеспечить применение минимального количества стержней и отъемных частей на модели, удобную сборку и простановку стержней в нижней полуформе.

Разъем модели и формы на чертеже детали показывают отрезком или ломаной штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком «X- -X», над которой указывается буквенное обозначение: МФ — при применении разъемных моделей и Ф — неразъемных.

Направление разъема обозначается сплошной основной линией, ограниченной стрелками, перпендикулярными линии разъема. Положение отливки в форме при заливке показывают буквами В (верх) и Н (низ), расположенными у стрелок, обозначающих направление разъема (рис.1.10).

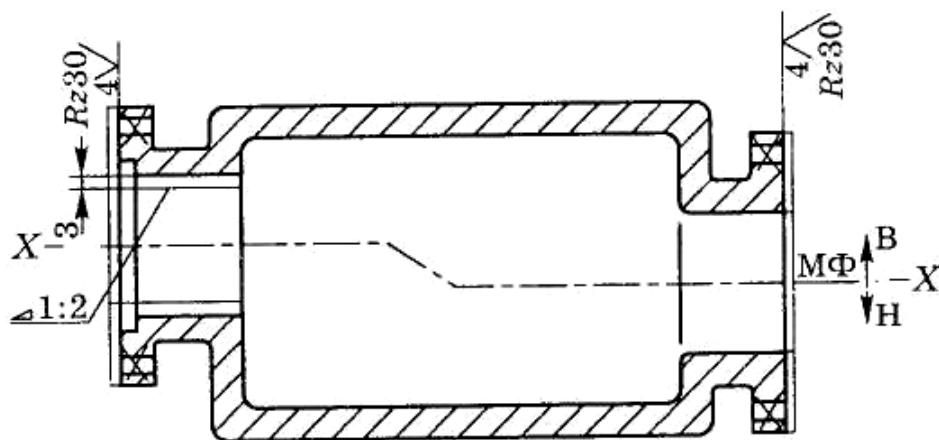


Рис.1.10 Пример указания разъема формы и модели, положение детали при заливке и припусков на механическую обработку

1.3.2 Припуск на механическую обработку.

Припуск на механическую обработку предусматривается только на обрабатываемых плоскостях и назначается с учетом общего допуска элемента поверхности, вида окончательной механической обработки и ряда припуска на отливку по ГОСТ 26645-85. Порядок определения общего припуска на механическую обработку следующий:

по принятому технологическому процессу литья, типу заливаемого сплава и наибольшему габаритному размеру отливки определяем степень точности поверхностей (Приложение 3, табл.11, ГОСТ 26645-85);

по степени точности поверхности определяем ряд припуска отливки (Приложение 6, табл.14, ГОСТ 26645-85);

на основании принятого технологического процесса получения отливки, наибольшего габаритного размера и типа сплава выбираем класс размерной точности отливки (Приложение 1, табл.9, ГОСТ 26645-85);

по отношению наименьшего размера элемента отливки к наибольшему (толщины или высоты к длине элемента отливки), типу формы (разовые или многократные), намеченной термообработке, определяется степень коробления элементов отливки (Приложение 2, табл.10);

по интервалу номинальных размеров и классу размерной точности детали определяем допуск размеров отливки (табл.1, ГОСТ 26645-85);

по номинальному размеру нормируемого участка отливки и степени коробления элементов отливки выбираем допуск формы и расположение элементов отливки (табл.2, ГОСТ 26645-85);

на основании допуска размеров отливки и допуска формы и расположения поверхности определяем общий допуск элемента отливки (Приложение 8, табл.16);

по общему допуску, виду окончательной механической обработки и ряду припуска определяем общий припуск на сторону (табл.6, ГОСТ 26645-85).

Припуски на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией (допускается выполнять ее красным цветом). Величину припуска указывают цифрой перед знаком шероховатости поверхности детали или величиной уклона и линейными размерами (рис.1.10). Отверстия, впадины и т.п., не выполняемые при отливке детали, зачеркиваются сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять красным цветом (рис.1.10).

1.3.3 Припуски на усадку сплава.

При разработке чертежа элементов литейной формы в технических условиях на отливку указывается величина усадки сплава в процентах, которая учитывается при изготовлении модельного комплекта. Величину литейной усадки для различных сплавов выбирают по табл. 1.6. Причем верхний предел берется для отливок с простой конфигурацией поверхности, в которых преобладает свободная усадка, а нижний — для сложных отливок со стержнями, имеющих затрудненную усадку.

Таблица 1.6

Линейная усадка литейных сплавов

Сплавы	Линейная усадка, %	Сплавы	Линейная усадка, %
Чугун: серый белый ковкий перлитный ковкий ферритный высокопрочный	1,0-1,3	Бронза: оловянистая	1,4-1,6
	1,6-2,3	алюминиевая	1,5-2,4
	1,2-2,0	Латунь: кремнистая цинковая	1,6-1,8
	1,0-1,2		1,5-2,2
	1,2-1,5		
Сталь: углеродистая (0,14-0,75 % C) марганцевая (до 14% Mn) хромоникелевая (25% Cr, 20% Ni)	1,5-2,0	Магниевые сплавы	1,1-1,9
	2,5-3,8	Алюминиевые сплавы	1,0-2,0
	1,8-2,2	Силумин (8-14% Si)	1,0-1,2
		Дюралюминий (3,5-5,5% Cu)	0,8-1,0
		Цинковые сплавы	1,0-1,5

Размеры модели с учетом усадки определяют по формуле:

$$l_M = l_{отл} \left(1 + \frac{\varepsilon_L}{100} \right), \quad (1.2)$$

где $l_{отл}$ – размер отливки по чертежу, мм;
 ε_L – линейная усадка, %.

1.3.4 Литейные уклоны.

Технологические формовочные уклоны выполняются на формообразующих поверхностях, расположенных перпендикулярно линии разреза, для облегчения извлечения модели из литейной формы.

При назначении величины формовочных уклонов следует руководствоваться ГОСТ 3212-92. В зависимости от требований, предъявляемых к поверхностям отливок, условий ее сопряжения с другими деталями технологические уклоны следует выполнять:

- на обрабатываемых поверхностях отливки сверх припуска на механическую обработку за счет увеличения размеров отливки (рис.1.11, *а*);
- на необрабатываемых поверхностях отливки, не сопрягаемых по контуру с другими отливками, за счет увеличения и уменьшения размеров отливки (рис.1.11, *б*);
- на необрабатываемых поверхностях отливки, сопрягаемых по контуру с другими деталями, за счет уменьшения (рис.1.11, *в*) или увеличения (рис.1.11, *г*) размеров отливки в зависимости от поверхности сопряжения.

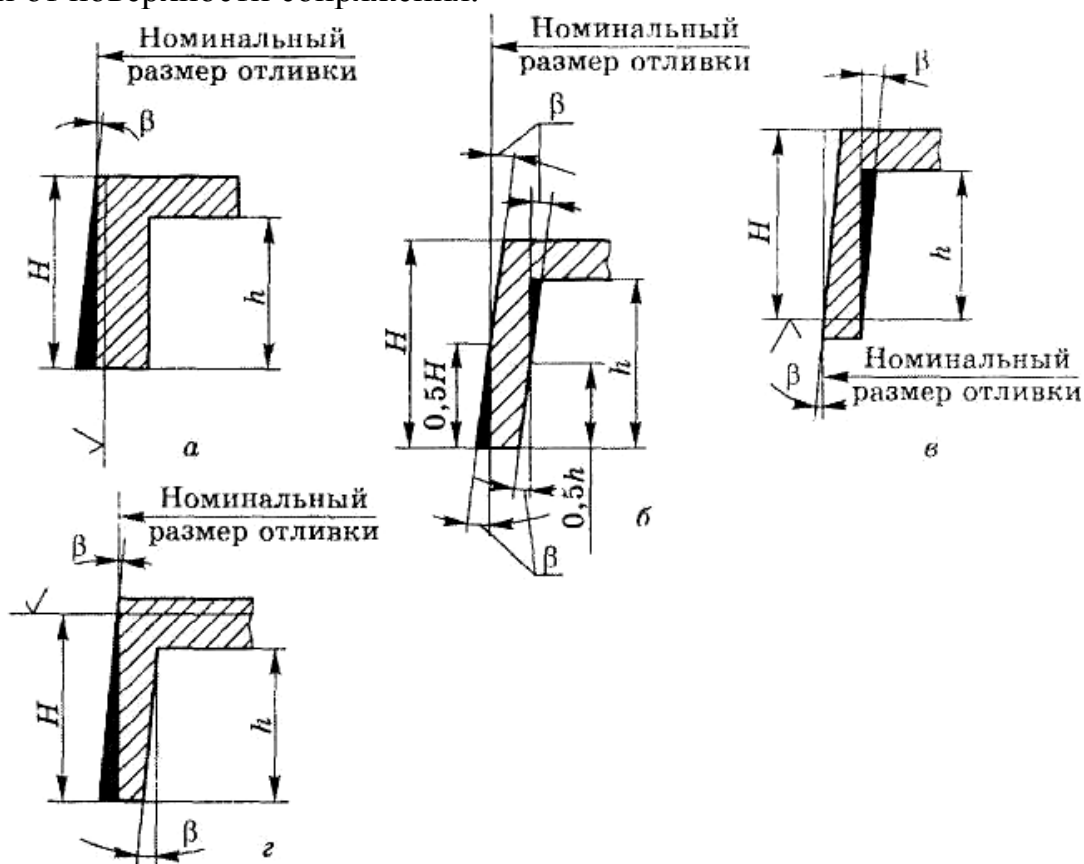


Рис.1.11 Формовочные уклоны на рабочих поверхностях моделей:
а – на наружных; *б*– на наружных и внутренних

1.3.5 Стержневые знаки.

Для оформления внутренних полостей, наружных углублений и выступов отливки применяются стержни. Установка и фиксация стержня в форме осуществляется с помощью стержневых знаков, которые в зависимости от положения стержня при сборке могут быть горизонтальными (рис.1.12, *а*) и вертикальными (рис.1.12, *б*). Конфигурация стержневых знаков выбирается в соответствии с ГОСТ 3212-92 и зависит от размеров сечения знаков $(a + b)/2$ или D , длины стержня (L), положения его в форме (вертикальное, горизонтальное) и способа формовки.

Длина знака консольного стержня l (рис.1.13, *а*) может быть увеличена до длины стержня L . Высоту верхних вертикальных знаков принимают не более 0,5 высоты нижних вертикальных знаков, определенных по ГОСТ 3218-92. При отношении L/D или $\frac{2L}{a+b} \geq 5$ нижний вертикальный знак рекомендуется выполнять в соответствии с рис.15.13, *б*.

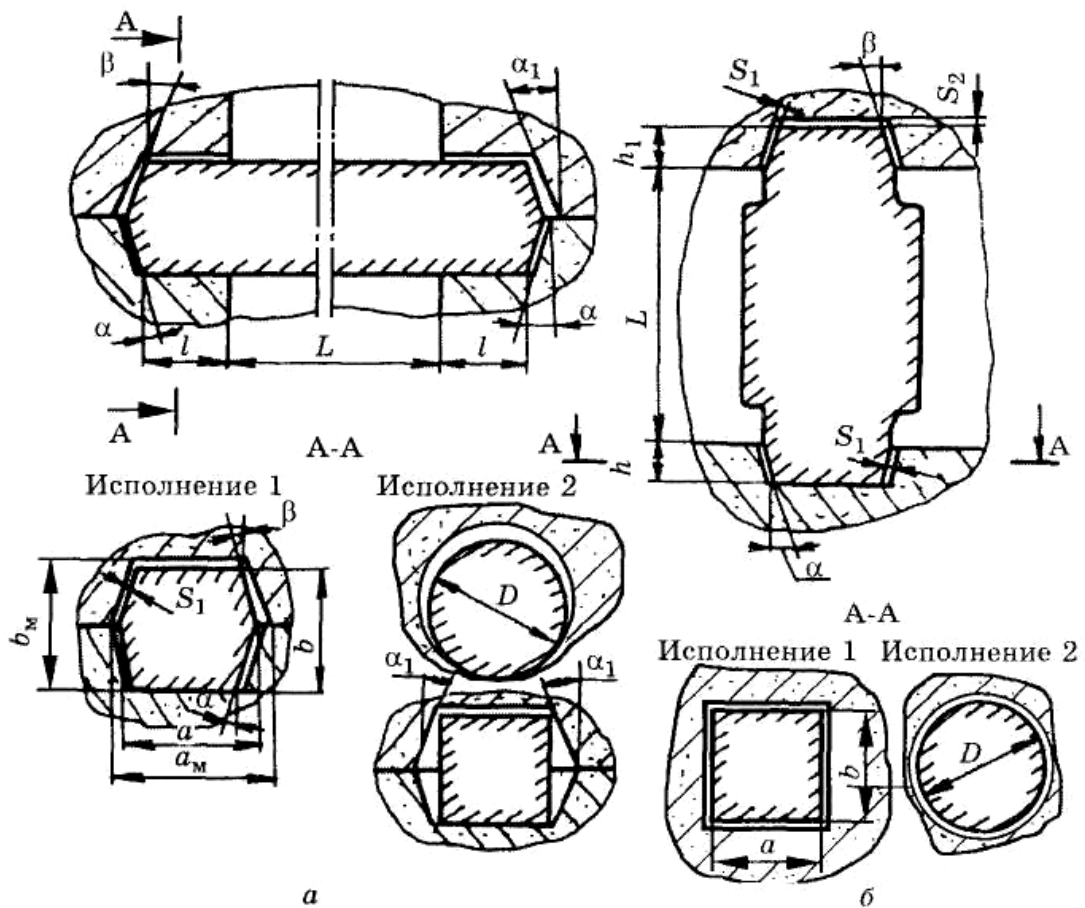


Рис.1.12 Стержневые знаки: *а* – горизонтальные; *б* – вертикальные

Формовочные уклоны на знаковых формообразующих поверхностях (α , β , α_1), предназначенные для облегчения сборки форм, в зависимости от высоты знака и расположения его в форме, должны соответствовать размерам, указанным в ГОСТ 3212-92. Под знаковой формообразующей поверхностью понимают поверхность модельного комплекта, формирующую части литейной формы или стержня, не подлежащих соприкосновению с жидким металлом.

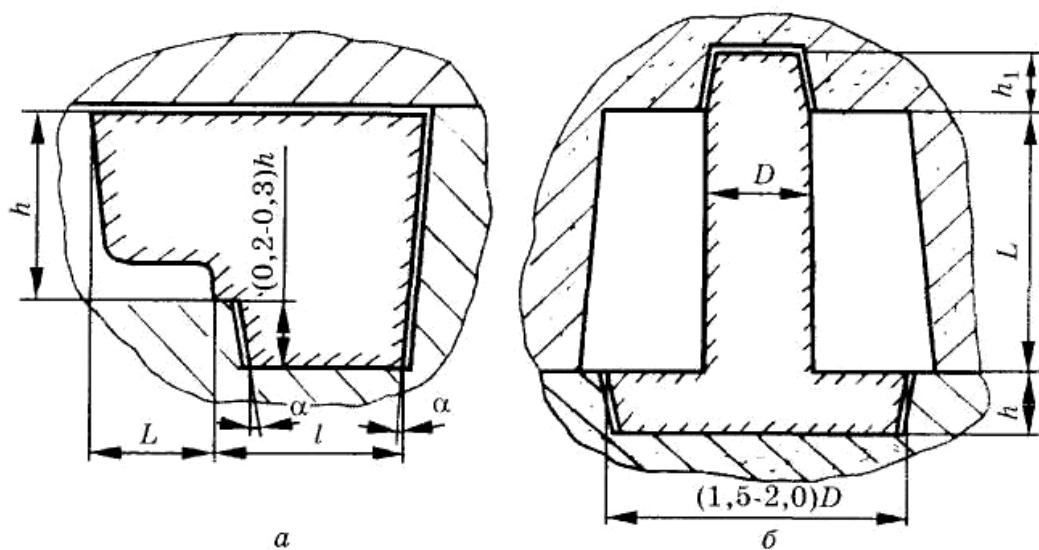


Рис.1.13 Примеры выполнения стержневых знаков: *а* – консольного стержня; *б* – вертикального тонкого стержня

Между поверхностью формы и знаковой частью стержня необходимо предусмотреть технологические зазоры (S_1 и S_2), которые необходимы для правильной установки стержней в форму. Значение зазоров S_1 и S_2 зависит от наибольшей высоты знаков и длины стержня между опорами и должно соответствовать значениям ГОСТ 3212-92.

Для обеспечения точной фиксации стержня и предотвращения его смещения относительно своей оси в литейной форме применяют стержневые знаки с фиксатором. Такие фиксаторы можно выполнять на вертикальных и горизонтальных знаках.

Примеры конструктивных исполнений стержневых знаков и их размеры приведены на рис.1.14.

Стержни, их знаки и фиксаторы, знаки моделей на чертеже детали изображаются в масштабе чертежа сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять синим цветом. Контуры стержней и знаков следует наносить на минимальном числе изображений, обеспечивая при этом необходимое для изготовления модельного комплекта представление о контурах, расположении стержней и размерах знака. Стержни в разрезе штрихуются только у контурной линии по ГОСТ 3.1125-88 и обозначаются буквами ст. и номером, например ст.5, соответствующему порядковому номеру при сборке формы. Кроме этого, на чертеже указывается направление набивки стержня (\rightarrow), разъем стержневого ящика (\uparrow) и выход газов (ВГ↓).

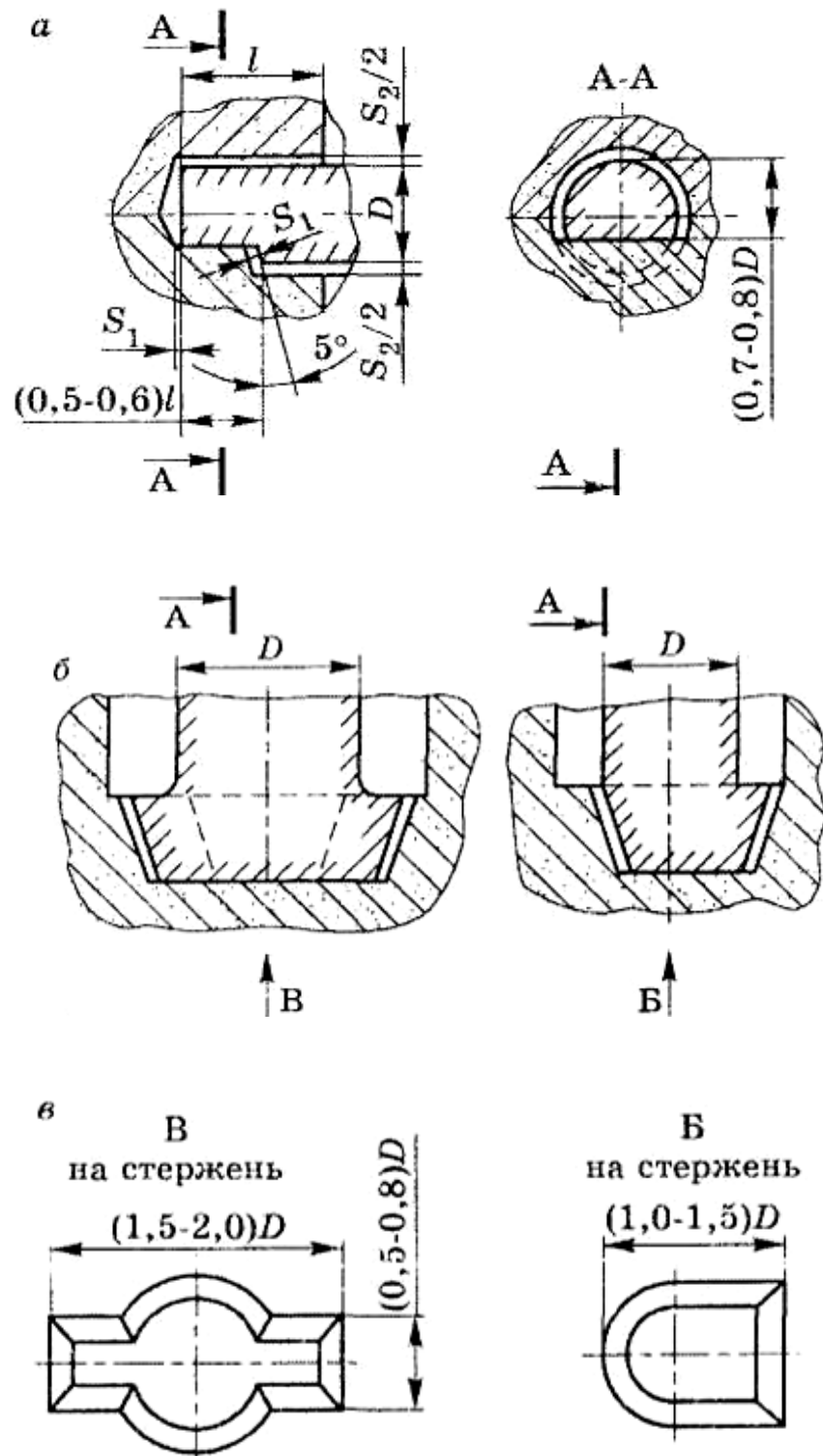


Рис.1.14 Примеры конструктивных исполнений стержневых знаков

Список использованных источников

1. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства / Д.М.Кукуй, В.А.Скворцов, Н.В.Андрианов часть 2 Технология изготовления отливок в разовых формах – Минск «Новое знание», - М. «ИНФРА-М»,2011.-405 с.
2. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку
3. ГОСТ 3212-92. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров.
4. ГОСТ 3.1125-88. Правила графического выполнения чертежей литейной формы и отливки.