

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

### Цели работы

По чертежу детали разработать технологический процесс изготовления литой заготовки этой детали, включающий проектирование и составление чертежей:

- элементов литейной формы (или отливки детали);
- модели отливки (или модельных плит);
- литейной формы в сборе;
- разработку эскизов:
- стержневых ящиков и полученных в них стержней;
- литниковой системы.

*Приспособления, инструменты.* Наглядные пособия: деревянные и металлические модели отливок, макет литейной формы, отливки из чугуна и алюминиевых сплавов, деревянные стержневые ящики. Чертежные принадлежности.

### Краткие теоретические сведения

Технологический процесс изготовления отливок актуален для получения изделий в любых отраслях промышленности.

При проектировании литейной технологии необходимо обеспечивать хорошие эксплуатационные качества литых деталей ([рис. 2.1](#) и [рис. 2.3, а](#)), высокие технико-экономические показатели на всех этапах технологического процесса.

При оценке технологического процесса нужно учитывать затраты на получение отливок в литейном цехе, снижая себестоимость механической обработки. При этом следует уменьшать припуски, упрощать процесс формовки, максимально использовать технологическое оборудование.

При разработке технологического процесса изготовления литейной формы необходимо:

- выбрать способ формовки (ручная, машинная);
- определить положение отливки в форме при заливке;
- установить поверхности разъемов литейной формы и модели отливки;
- наметить конструкцию литниковой системы;
- разработать чертежи элементов литейной формы ([рис. 2.1](#) и [рис. 2.3, в](#)) или отливки ([рис. 2.2](#)), модели ([рис. 2.5, а](#) и [рис. 2.7](#)) и литейной формы ([рис. 2.5, б](#) и [рис. 2.9](#)).

Чертеж детали ([рис. 2.1](#) и [рис. 2.3, а](#)) является основой для проектирования технологического процесса изготовления отливки.

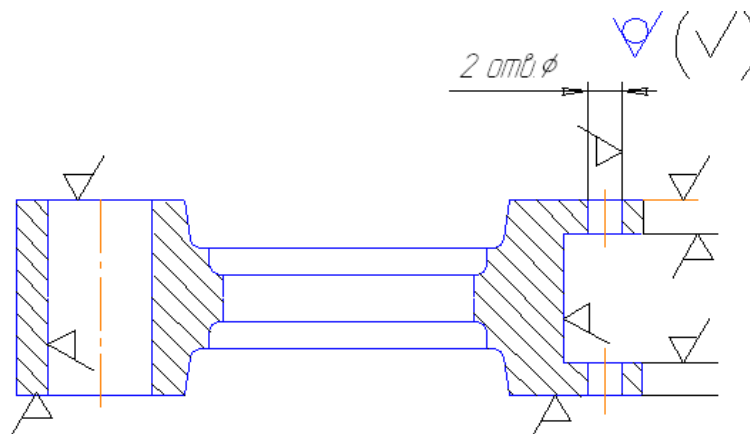


Рис. 2.1. Чертеж детали (рычага)

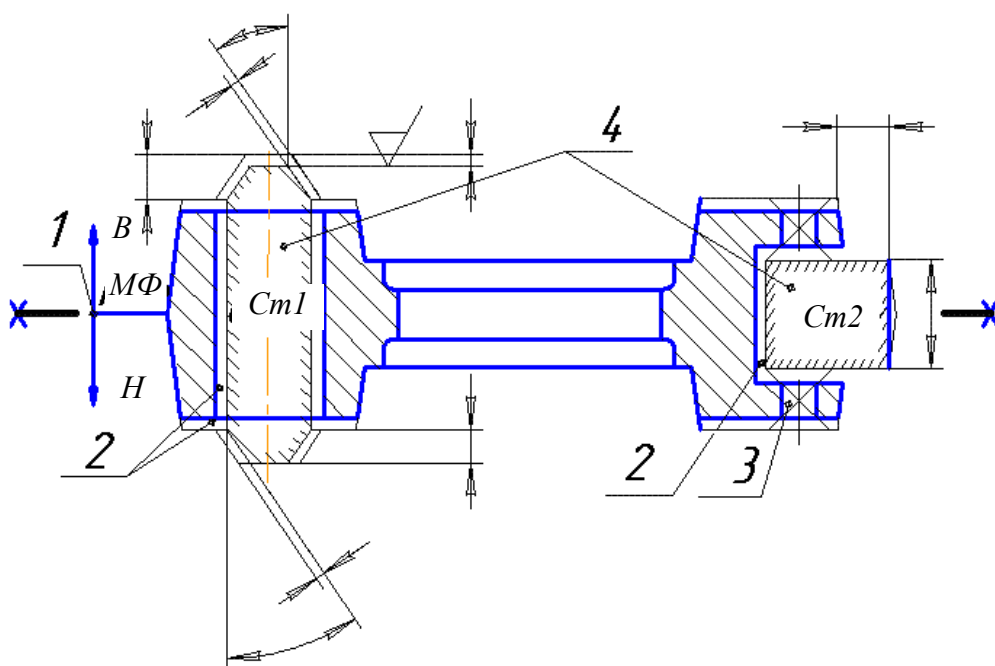


Рис. 2.2. Чертеж «Элементы литейной формы»

В мелкосерийном и единичном производстве на копию чертежа детали в соответствии с ГОСТ 3.1125–88 наносят технологические указания, необходимые для изготовления модельного комплекта, формы, стержня, и получают чертеж *элементов литейной формы* ([рис. 2.2](#) и [рис. 2.3, в](#)). На этом чертеже указывается поверхность разъема модели и формы, положение отливки при заливке, уклоны ([табл. 2.1](#)), припуски на обработку резанием ([табл. 2.2](#)), положение стержней, их знаки, размеры и другие технологические указания, необходимые для изготовления модельного комплекта, формы и стержней.

В массовом и крупносерийном производстве разрабатывают специальный чертеж *отливки* ([рис. 2.3, б](#)), при этом на копию чертежа детали наносят необходимые указания.

Выбор варианта расположения отливки в литейной форме ([рис. 2.5, б](#) и [рис. 2.9](#)) – первоочередная задача разработки технологического процесса изготовления отливки.

Поверхность, по которой при сборке литейной формы соединяются ее части, называется *поверхностью разъема*. Правильные разъемы формы и модели обеспечивают удобство изготовления формы, ее сборки и качество отливки.

Разъем модели и формы показывают отрезком или штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком Х— —Х. Над ней указывают буквенное обозначение разъема (МФ) на чертежах элементов литейной формы ([рис. 2.2](#) и [рис. 2.3, в](#)).

Положение отливки в форме при заливке обозначают буквами В (верх) и Н (низ), которые проставляют у стрелок, показывающих направление разъема. Направление разъема обозначается сплошной основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной линии разъема.


При определении поверхности разъема формы следует руководствоваться следующими положениями:

- всю отливку, если позволяет ее конструкция, нужно располагать в нижней части формы: при этом исключается перекося отливки ([рис. 2.5, б](#));

- поверхность разъема при заливке желательно иметь горизонтальной;

- поверхность разъема формы должна обеспечивать свободное извлечение модели из формы и удобную установку стержней;

- форма должна иметь минимальное число стержней по возможности простой конфигурации или иметь не стержни, а песчаные болваны.

**Отливка** является заготовкой детали и отличается от детали размерами и формой. Размеры отливки изменяются в тех местах, где на поверхности детали указан знак  механической обработки ([рис. 2.2](#) и [рис. 2.3, а](#)). Наружные размеры увеличиваются, а внутренние уменьшаются на величину *припуска на механическую обработку*. Это слой металла (на сторону), удаляемый в процессе механической обработки отливки с ее поверхностей для получения заданной геометрической точности и качества поверхности детали.

Припуск на обработку металла резанием зависит:

- от способа изготовления отливки;

- расположения отливки в форме;

- класса точности отливки;

- наибольшего габаритного размера литой детали;

- материала отливки ([табл. 2.2](#)).

Припуски на обработку резанием наносят на копии чертежа детали сплошными тонкими линиями у поверхностей, где указан знак обработки, при построении чертежа «Элементы литейной формы» ([рис. 2.2](#) и [рис. 2.3, в](#)).

При построении чертежа отливки припуск на обработку резанием наносят на копию чертежа детали сплошной толстой линией и штрихуют в плоскости разреза ([рис. 2.3, б](#)).

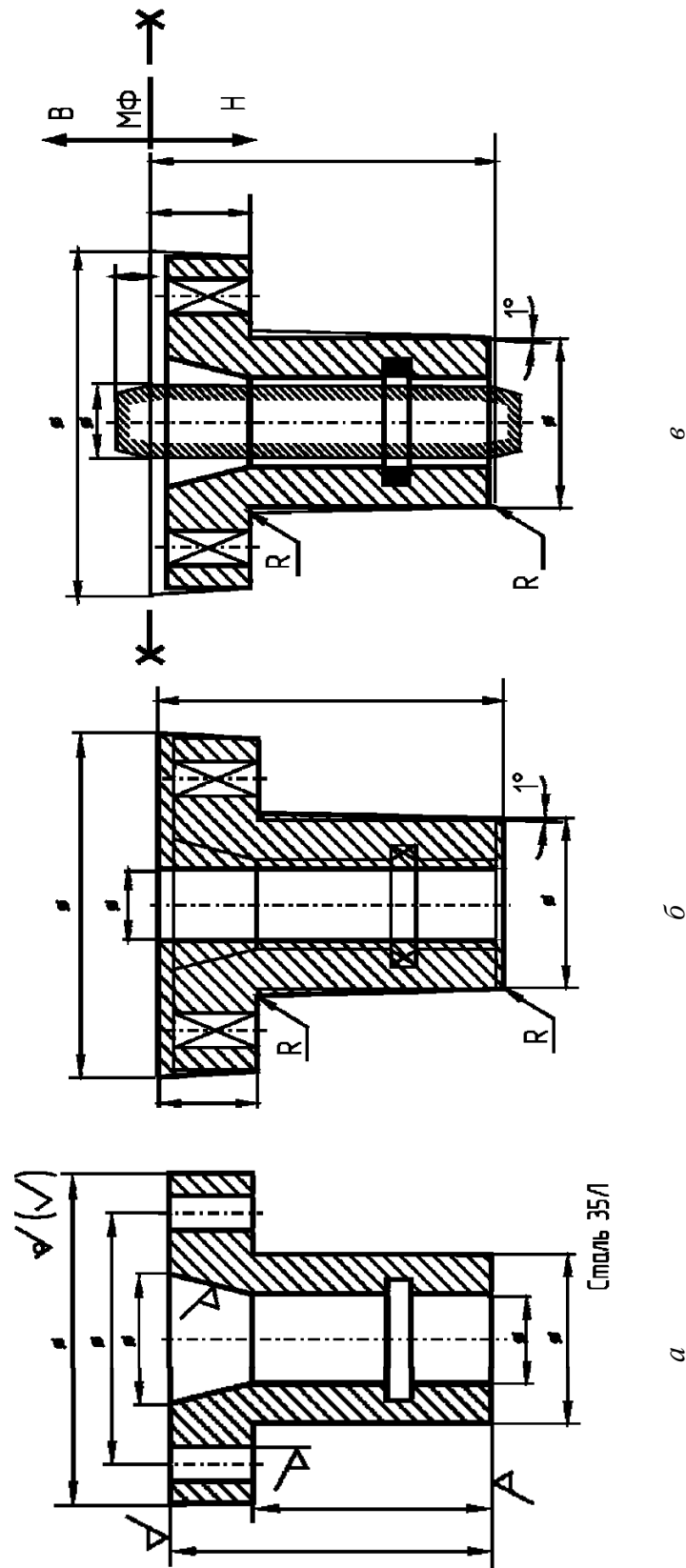


Рис. 2.3. Проектирование технологического процесса изготовления отливки:  
а – чертеж детали; б – чертеж отливки; в – чертеж элементов литейной формы

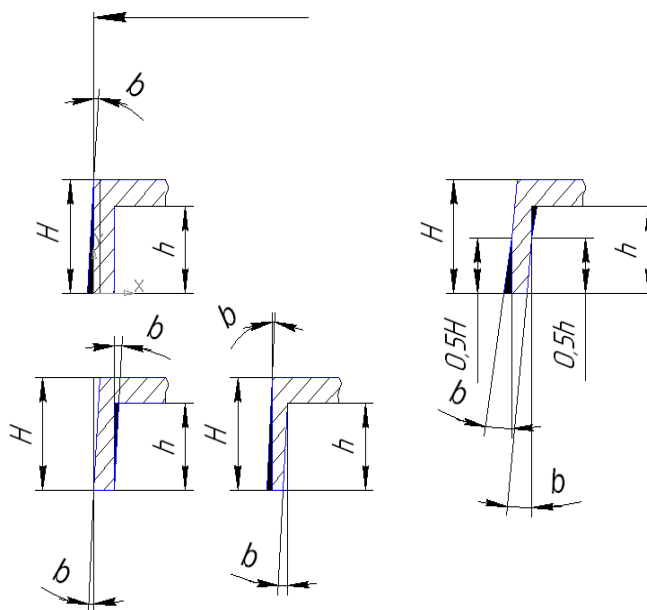


Рис. 2.4. Формовочные уклоны

Для верхней части отливки дают припуски больше, чем для нижней и боковой, потому что в верхней части скапливаются шлаковые включения и появляются газовые раковины ([табл. 2.2](#)).

При массовом производстве отливок с помощью стержней получают отверстия диаметром более 20 мм, при серийном производстве – более 30 мм, при единичном – более 50 мм.

По форме отливка отличается от детали также наличием *напусков*, которые облегчают процесс ее изготовления. К ним относятся литейные уклоны, галтели, приливы, отверстия и впадины, не выполняемые литьем.

Наличие уклонов на моделях является главной причиной значительных отклонений размеров отливок от номинальных.

У отливки, полученной в песчано-глинистой форме, на обрабатываемых поверхностях сверх припуска на механическую обработку следует выполнять формовочные уклоны. Допускается выполнение уклонов за счет уменьшения припуска, но не более 30 % его значения.

Формовочные уклоны следует выполнять на необрабатываемых поверхностях отливки, не сопрягаемых по контуру с другими деталями за счет увеличения ([рис. 2.4](#)) или уменьшения размеров отливки.

Формовочные уклоны выполняются на необрабатываемых поверхностях отливки, сопрягаемых по контуру с другими деталями за счет уменьшения или увеличения размеров отливки, в зависимости от поверхностей сопряжения.

Значения формовочных уклонов в модельных комплектах для песчано-глинистых смесей указаны в [табл. 2.1](#). Чем больше высота поверхности, тем абсолютная величина уклона меньше. На деревянных моделях уклоны делают больше, чем на металлических моделях при равных габаритных размерах.

Таблица 2.1

**Величины формовочных уклонов для отливок,  
получаемых в песчано-глинистых формах**

Высота модели, мм	Формовочные уклоны			
	Деревянная модель		Металлическая модель	
	град	мм	град	мм
До 20	0,5	1,0	1,30	0,5–1,0
20–50	1,30	1,0–2,0	1,0	0,8–1,2
50–100	1,0	1,5–2,5	0,45	1,2–1,5
100–200	0,45	2,0–3,0	0,30	1,5–2,0
200–300	0,30	2,5–4,0	0,30	2,0–3,0

Таблица 2.2

**Припуски (мм) на обработку отливок резанием**

Габаритный размер, мм	Положение поверхности при заливке	Для серого чугуна	Для стали	Для цветных сплавов (бронза, латунь, силумин)
120	Верх	3,5	4,5	–
	Низ, бок	2,5	4,0	
121–260	Верх	4,0	5,0	3
	Низ, бок	3,0	4,0	–
261–500	Верх	4,5	6,0	4
	Низ, бок	3,5	5,0	
501–800	Верх	5,0	7,0	5
	Низ, бок	4,0	5,0	
801–1250	Верх	6,0	8,0	–
	Низ, бок	4,0	6,0	6
1251–2000	Верх	7,0	9,0	–
	Низ, бок	4,5	7,0	7

Отливка должна иметь по возможности равномерную толщину стенки, так как в местах утолщения стенок могут образовываться дефекты усадочно-го характера (пористость, усадочные раковины, трещины).

Отливка не должна иметь острых углов и резких переходов от толстых стенок к тонким. Сопряжения стенок должны выполняться плавными переходами-галтелями.

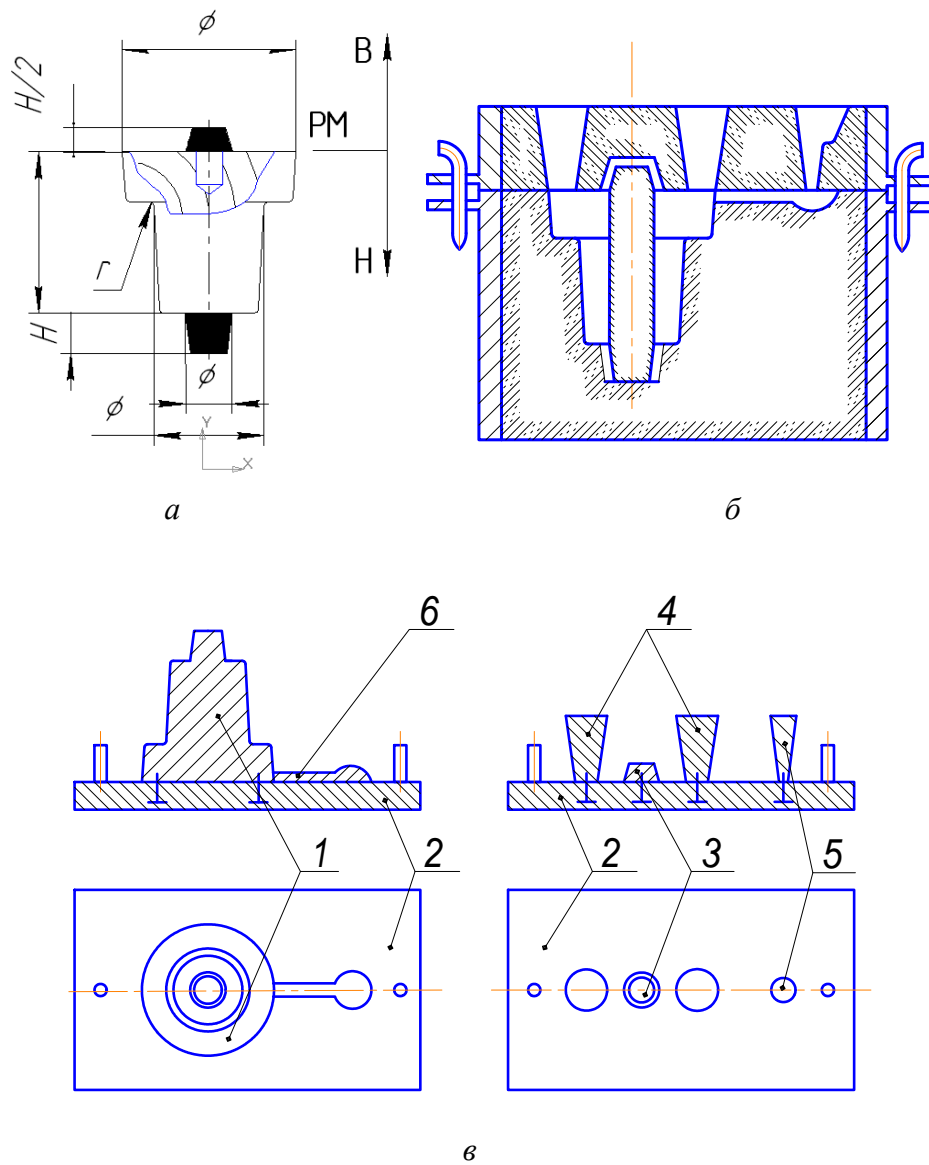


Рис. 2.5. Модели (а) и модельные плиты (в) для изготовления литейной формы (б)

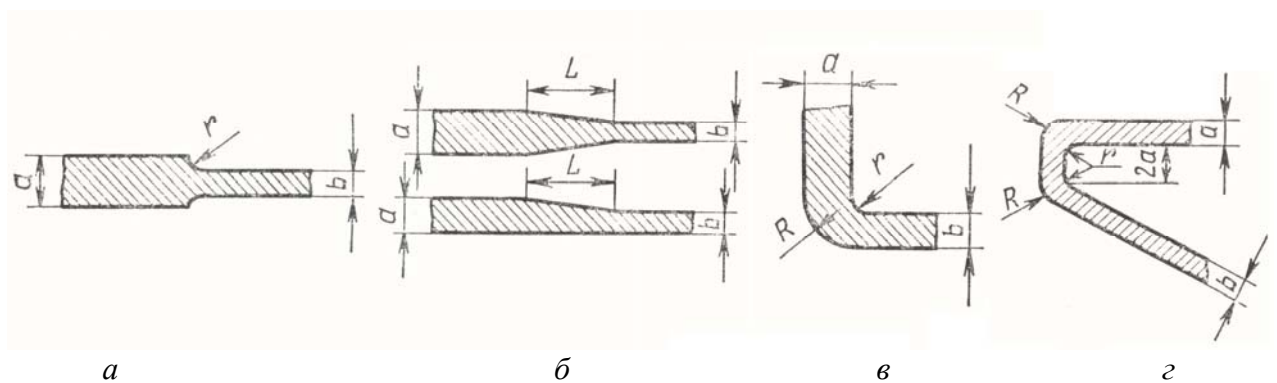


Рис. 2.6. Примеры сопряжения стенок отливки



Если толщины стенок отличаются меньше чем вдвое, то при сопряжении рекомендуется применять галтели (радиусы внутренних углов) от  $1/6$  до  $1/3$  среднего арифметического толщин сопрягаемых стенок. Величина радиуса определяется по формуле  $r = (1/6 - 1/3)[(a + b)] / 2$  (рис. 2.6, а). При различии толщин сопрягаемых стенок вдвое и более рекомендуется клиновое сопряжение (рис. 2.6, б). Длина этого сопряжения  $L$  для чугуна и цветных сплавов принимается равной  $L = 4(a - b)$ , для стали  $L = 5(a - b)$ .

При угловых сопряжениях стенок разной толщины (рис. 2.6, в) галтель делается радиусом  $r$ , определенным по приведенной выше формуле. Внешний радиус закругления  $R$  равен толщине большей стенки.

Технологические напуски – отверстия, впадины и т. п., не выполняемые в отливке, зачеркивают тонкими линиями (рис. 2.3, б, в).

Контуры стержней (рис. 2.2 и рис. 2.3, б, в) со знаками, попадающими в разрез, обозначают сплошными тонкими линиями с короткой штриховкой по контуру. Номера стержней обозначают Ст1, Ст2 и т. д.

**Модель** – это приспособление для получения в песчаной форме отпечатка, обычно соответствующего наружной конфигурации отливки со стержневым знаком. У отливок простой конфигурации модели могут быть без знаковых частей.

На рис. 2.7 приведен чертеж деревянной модели для получения отливки рычага в форму, изготовленную вручную. Основным документом для разработки чертежа модели является чертеж «Элементы литейной формы» (рис. 2.2). Конструкция модели должна обеспечивать возможность уплотнения формовочной смеси и удаления модели из формы. Поэтому модель чаще всего делается разъемной, причем в ее нижней части имеются отверстия, а в верхней – шипы 4 (рис. 2.7), при помощи которых обе части модели фиксируются.

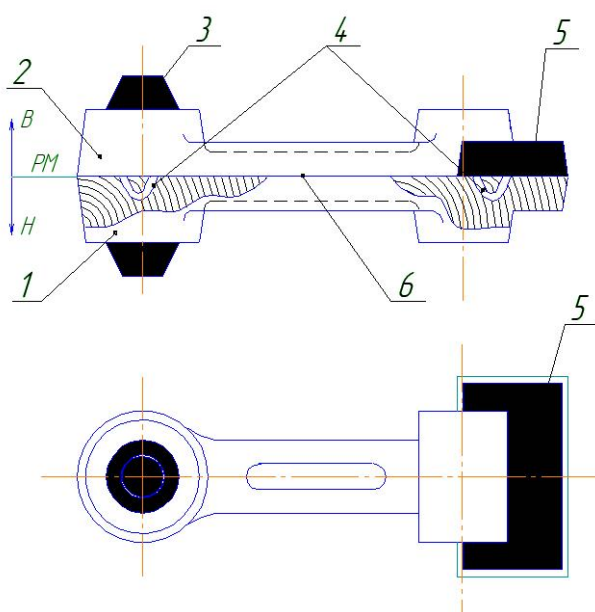


Рис. 2.7. Модель отливки рычага



Таблица 2.3

Припуски на усадку металлов

Металл отливки	Виды отливки	Припуск на усадку, %
Серый чугун	Мелкие, средние	0,8–1,2
Медные сплавы	Мелкие, средние	1,4
Алюминиевые сплавы	Мелкие, средние	0,8–1,2
Сталь	Мелкие, средние	1,5

Формовочные уклоны выполняются на плоскостях модели, перпендикулярных разъему формы, чтобы модель легко вынималась из формы, не повреждая ее ([табл. 2.1](#)). У стенок модели острые углы делают скругленными.

Размеры модели отливки в массовом и крупносерийном производстве указываются на ее чертеже ([рис. 2.5, а](#)) с учетом литейной усадки сплава ([табл. 2.3](#)). В мелкосерийном и единичном производстве при разработке чертежа «Элементы литейной формы» указывается усадка сплава в процентах.

Модели изготавливаются обычно из дерева или металла, реже – из пластмасс и других материалов. Поверхности деревянных моделей механически обрабатывают и окрашивают для увеличения срока службы. Знаки 3 и 5 на моделях могут быть окрашены в черный цвет ([рис. 2.5, а](#) и [рис. 2.7](#)).

**Модельные плиты** ([рис. 2.5, в](#)) представляют собой металлические плиты, на которых монтируются модели отливок и элементы литниковой системы. На [рис. 2.5, в](#) показаны нижняя и верхняя модельные плиты для изготовления формы ([рис. 2.5, б](#)) стальной отливки ([рис. 2.8, б](#)). На нижней плите 2 кроме модели 1 установлена модель питателя 6. На верхней плите 2 установлены модели стояка 5 верхнего стержневого знака 3 и прибылей 4. Модельные плиты, как правило, применяют при машинной формовке для изготовления отливок в массовом и крупносерийном производствах. По односторонним металлическим плитам при формовке на машинах получают литейную форму в парных опоках ([рис. 2.5, б](#)).

**Модельные комплекты и опочная оснастка.** Чугунная отливка рычага с литниковой системой представлена на [рис. 2.8, а](#). Наружная конфигурация отливки образуется формой ([рис. 2.9](#)), а внутренняя (цилиндрическое отверстие и сквозной паз) выполняется цилиндрическим стержнем Ст1 и плоским стержнем Ст2 ([рис. 2.10](#)). Каждый стержень с помощью знаков устанавливается и фиксируется в форме. Конструкция знаков должна обеспечивать устойчивое положение стержней в форме.

Для изготовления песчаной формы используют модельные комплекты и опочную оснастку. В модельный комплект входят: модели или модельные плиты ([рис. 2.5, а, в](#)), стержневые ящики ([рис. 2.10](#)), модели литниковой системы, выпоров и прибылей.

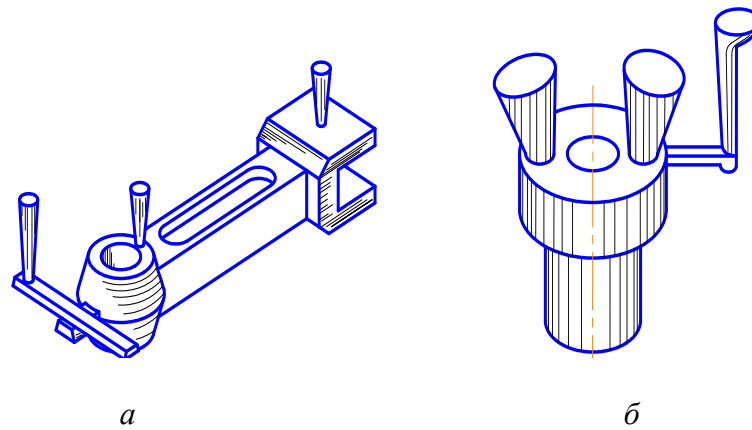


Рис. 2.8. Отливки с литниковой системой:  
*а* – чугунная отливка рычага; *б* – отливка стальной втулки

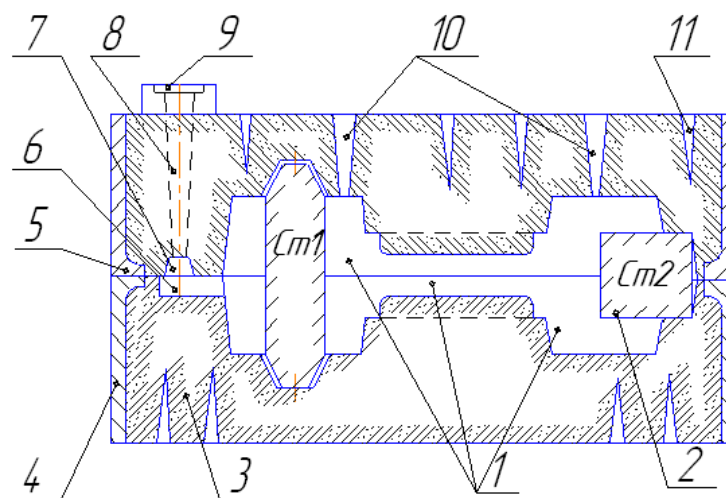


Рис. 2.9. Литейная форма для получения отливки рычага: 1 – полость формы; 2 – стержни; 3 – формовочная смесь; 4 – нижняя опока; 5 – верхняя опока; 6–9 – литниковая система; 10 – выпоры; 11 – газоканалы

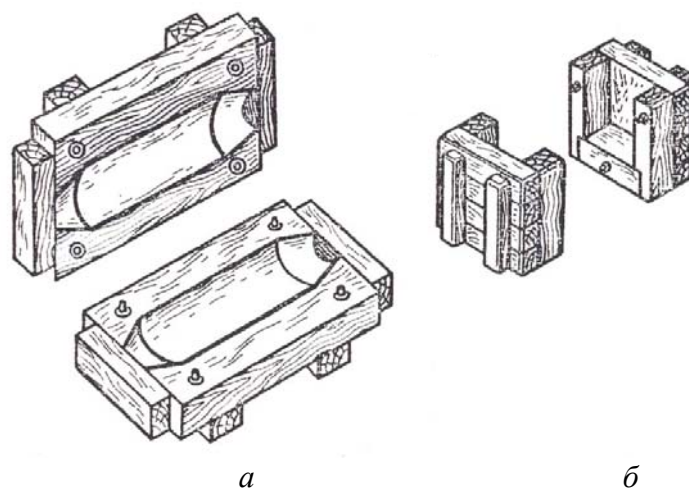


Рис. 2.10. Деревянные стержневые ящики: *а* – для цилиндрического стержня литейной формы чугунного рычага; *б* – для стержня сквозного паза

Стержневой ящик – это приспособление, в котором из стержневой смеси изготавливают стержни. Стержни служат для выполнения в отливке внутренних отверстий, полостей, пазов. Стержневые ящики, как и модели, изготавливаются из дерева, металла, пластмассы. На [рис. 2.10](#) приведены деревянные стержневые ящики для изготовления стержней отливки рычага. В большинстве случаев стержни устанавливаются и укрепляются в форме на знаках 2 ([рис. 2.9](#)). Конструкция знака зависит от конфигурации и габаритов стержня. Жидкий металл, заполняя форму, оказывает давление на стержни снизу, стремясь их вытолкнуть.

Таблица 2.4

**Высота  $h$  (мм) нижних вертикальных знаков стержней для сырых форм**

Размеры стержня $(a + b)/2$ или $D$ , мм	Высота $h$ знака, не более, при длине $L$ стержня, мм							
	до 50	50–80	80–120	120–180	180–250	250–315	315–400	400–500
До 30	20	30	30	–	–	–	–	–
30–50	20	35	35	35	50	60	60	70
50–80	25	35	35	35	40	50	60	70
80–120	25	35	35	35	40	50	60	70
120–180	30	35	35	35	35	40	50	60
180–250	30	35	35	35	35	40	50	60
250–315	35	35	35	35	35	40	50	60
315–400	40	40	40	40	40	40	40	50

Таблица 2.5

**Длина  $l$  (мм) горизонтальных знаков стержней**

Размеры стержня $(a + b)/2$ или $D$ , мм	Длина $l$ знака, не более, при длине $L$ стержня, мм							
	до 50	50–80	80–120	120–180	180–250	250–315	315–400	400–500
До 30	20	25	30	35	–	–	–	–
30–50	20	25	30	35	45	50	–	–
50–80	20	25	30	40	50	55	60	70
80–120	20	25	35	45	55	60	70	80

Таблица 2.6

**Формовочные уклоны на знаковых частях стержня**

$h$ или $h_1$ , мм	$\alpha$ , град	$\beta$ , град	$\alpha_1$ , град
До 30	10	15	4
30–50	7	10	3
50–80	6	8	2
80–120	6	8	2
120–180	5	6	1
180–250	5	6	0

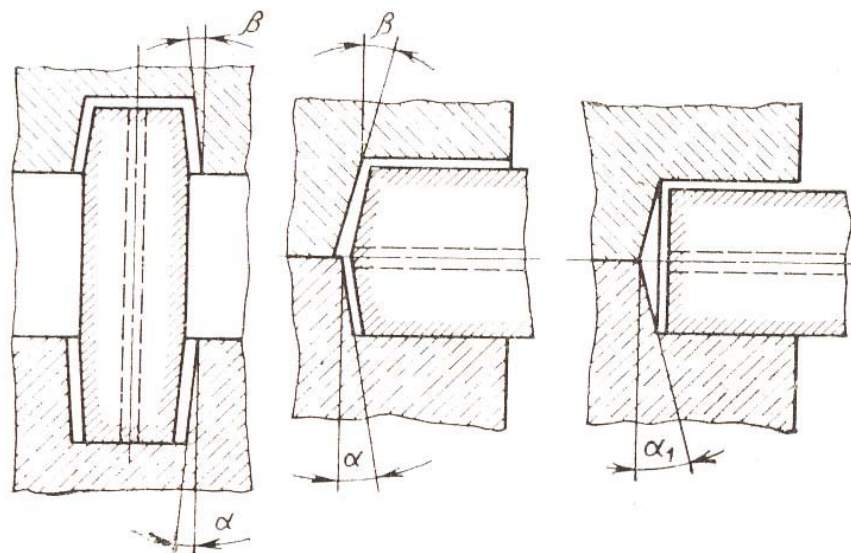


Рис. 2.11. Уклоны знаков стержней

Размеры стержневых знаков должны обеспечить устойчивое положение стержня, но не быть чрезмерно большими, чтобы не вызвать увеличение размеров опок и стоимость формы. Длина горизонтальных знаков  $l$  и высота вертикальных знаков  $h$  указаны в [табл. 2.4](#) и [табл. 2.5](#). Необходимы формовочные уклоны на стержневых знаках ([рис. 2.11](#)), их значения представлены в [табл. 2.6](#).

Нижние знаки вертикальных стержней являются опорными, поэтому их высота  $h$  может быть больше высоты  $h_1$  верхних знаков ([рис. 2.5, а](#)).

Знаковые части стержней на моделях делают больших размеров, чем в стержневых ящиках, для того чтобы при сборке формы между ее поверхностью и знаком стержня образовался зазор ([рис. 2.3](#)). Отсутствие зазоров приведет к тому, что форму нельзя будет собрать.

Модели литниковой системы служат для образования в форме совокупности каналов, по которым металл из ковша поступает в полость литейной формы. Литниковая система состоит из литниковой чаши (воронки), стояка, шлакоуловителя и питателей ([рис. 2.5, е](#)).

*Литниковая чаша* служит для приема металла из заливочного ковша. Во время заливки металла чаша должна быть полной, чтобы шлак, плавающий на поверхности металла, не попадал в стояк. Для задержания шлака используют перегородки и фильтровальные сетки. Стояк-канал передает металл из чаши к другим элементам литниковой системы. Обычно используют вертикальные стояки с круглым сечением.

*Шлакоуловитель* – горизонтальный канал, имеющий обычно сечение в виде трапеции, задерживает шлак и передает металл к питателям. Шлакоуловитель чаще всего располагают в верхней полуформе.

*Питатели* (литники) предназначены для передачи металла в полость формы. Питателей в форме может быть один или несколько. Их располагают обычно в нижней части формы ([рис. 2.9](#)).

**П р и б ы л и и в ы п о р ы.** В зависимости от свойств литейного сплава для получения ответственных отливок применяют прибыли. Модель прибыли образует в форме дополнительную емкость ([рис. 2.5, б](#)) для жидкого металла, которым питается отливка при затвердевании. Конструкции прибылей бывают различные. Для ответственных отливок применяются открытые прибыли ([рис. 2.8, б](#)), которые можно доливать сверху горячим металлом. Чтобы металл в прибыли дольше оставался жидким, сверху засыпают древесный уголь, сухой песок или вещества, выделяющие тепло в результате химических реакций.

Модели выпоров образуют каналы *10* ([рис. 2.9](#) и [рис. 2.5, б](#)), соединяющие полость формы с атмосферой. По ним вытесняются воздух и газы из формы. Выпоры при формовке обычно устанавливают на самых высоких частях модели или в местах предполагаемого скопления газов.

**О п о ч н а я о с н а с т к а.** Для изготовления форм кроме модельных комплектов используются опоки, центрирующие штыри и другие приспособления. Форма изготавливается в опоках *4* ([рис. 2.9](#)). Они предохраняют ее от разрушения во время сборки, транспортировки и заливки.

### Порядок выполнения работы

1. Согласно варианту, указанному преподавателем, начертить чертеж детали ([прил. 1](#)).
2. По чертежу детали, пользуясь краткими теоретическими сведениями, изложенными выше, и условиями производства детали (массовое, мелкосерийное, единичное), разработать чертеж элементов литейной формы или чертеж отливки.
3. С помощью полученного чертежа разработать чертеж модели или модельных плит, а также эскизы стержневого ящика и стержней.
4. Разработать чертеж литейной формы со всеми составляющими литейной системы.

### Содержание отчета

1. Перечертить чертеж детали на лист формата А4 с указанием всех данных о детали, подписать ФИО студента, группу и номер варианта задания. Это первый лист отчета.
2. На втором листе формата А4 начертить отливку или чертеж «Элементы литейной формы» в зависимости от вида производства (единичное, мелкосерийное, массовое).
3. На третьем листе начертить модель или модельные плиты. Чертеж стержней и стержневых ящиков можно выполнить на третьем или на четвертом листе.
4. Последний чертеж – это схема литейной формы без указания размеров.

5. В письменном приложении к чертежам дать определения отливки, модели, стержня и литейной формы. Указать основные отличия между деталью и отливкой, отливкой и моделью.

### Контрольные вопросы

1. Из каких материалов изготавливают модели отливок и модельные плиты?
2. Перечислите основные отличия отливки от детали.
3. Объясните назначение литейных уклонов на моделях отливок.
4. Для чего предназначены стержневые знаки на моделях отливок?
5. В каких случаях при изготовлении песчано-глинистых литейных форм используют модельные плиты?
6. Почему наружные размеры отливки меньше размеров литейной формы?
7. Укажите основные причины, по которым целесообразно располагать отливку в нижней части литейной формы.