

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Металлургия литейных сплавов»

А.М. Михальцов

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Учебно-методическое пособие
для практических занятий и курсового проектирования
для студентов направления специальности
1-42 01 01-01 01 «Литейное производство
черных и цветных металлов»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Республики Беларусь
по образованию в области металлургического оборудования и технологий*

Минск
БНТУ
2011

УДК 621.744.3(075.8)

ББК 34.61я7

М 69

Рецензенты:

С.К. Дятловский, А.Н. Крутилин

Михальцов, А.М.

М 69

Технология литейной формы: учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов направления специальности 1-42 01 01-01 01 «Литейное производство черных и цветных металлов» / А.М. Михальцов. – Минск: БНТУ, 2011. – 109 с.

ISBN 978-985-525-628-2.

Учебно-методическое пособие является руководством к практическим занятиям и курсовому проектированию по дисциплине «Технология литейной формы». В пособии рассмотрены вопросы разработки технологических процессов изготовления отливок наиболее распространенными способами литья. Приведены необходимые выдержки из нормативной документации, что облегчит выполнение индивидуальных заданий и курсовых проектов. Пособие может быть использовано при выполнении технологической части дипломных проектов по специальности.

УДК 621.744.3(075.8)

ББК 34.61я7

ISBN 978-985-525-628-2

© Михальцов А.М., 2011

© БНТУ, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ	5
2. ВЫБОР ПОЛОЖЕНИЯ ОТЛИВКИ В ФОРМЕ И ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗЪЕМА МОДЕЛИ И ФОРМЫ	10
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ	12
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМОВОЧНЫХ УКЛОНОВ	15
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА И КОНСТРУКЦИИ СТЕРЖНЕЙ, ПАРАМЕТРОВ СТЕРЖНЕВЫХ ЯЩИКОВ	17
6. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ	23
6.1. Расчет литниковой системы для отливок из серого чугуна	26
6.2. Расчет литниковых систем для отливок из высокопрочного чугуна	29
6.2.1. Определение размеров реакционной камеры	30
6.2.2. Определение размеров центробежного шлакоуловителя	33
6.2.3. Определение размеров питателей и литниковых ходов	34
6.3. Расчет литниковых систем и прибылей для отливок из стали	35
6.4. Особенности расчета литниковых систем для отливок, склонных к пленообразованию	38
7. МОДЕЛЬНО-ОПОЧНАЯ ОСНАСТКА	42
7.1. Модельные плиты, штыри и втулки	42
7.2. Модели. Фиксирование и крепление	56
8. КОМПОНОВКА МОДЕЛЕЙ НА МОДЕЛЬНОЙ ПЛИТЕ	66
9. РАСЧЕТ ГРУЗА	70
10. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ	71
11. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОКИЛЬНОЙ ОТЛИВКИ	76
11.1. Конструирование отливок	76
11.2. Выбор и обозначение поверхностей разъема кокиля	78
11.3. Определение типа и конструкции кокиля	79
11.4. Расчет литниковых систем при литье в кокиль	83
12. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВКИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ	97
12.1. Поверхность разъема. Конструирование отливок	97
12.2. Расчет литниковых систем	100
12.3. Выбор машины по усилию запираения	108
ЛИТЕРАТУРА	110

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство – один из старейших и до настоящего времени основных способов получения металлических изделий и заготовок для машиностроения, а также приборостроения других отраслей народного хозяйства. Это обусловлено тем, что с помощью литейной технологии можно получать заготовки и детали из разных сплавов практически любой конфигурации, массой от нескольких граммов до сотен тонн. При этом получение отливок высокого качества в значительной мере определяется хорошо проработанной технологией их изготовления. Поэтому будущий специалист в области литейного производства должен уметь разрабатывать литейную технологию, вести технологическую документацию, принимать обоснованные решения при проектировании и совершенствовании технологического процесса. Навыки в этих вопросах студенты получают на практических занятиях, а также при выполнении и защите индивидуальных заданий и курсовых проектов по дисциплине «Технология литейной формы».

В пособии изложены практические рекомендации необходимые при разработке технологий получения отливок литьем в разовые формы, литьем в кокиль и под давлением, выдержки из государственных стандартов и технической литературы.

Приведенные примеры графического выполнения заданий, расчетов призваны облегчить усвоение основных положений процесса разработки технологии.

Выполнение студентами индивидуальных заданий и курсовых проектов предполагает закрепление теоретических знаний, полученных при изучении специальных дисциплин «Теория литейных процессов», «Технология литейной формы», и направлено на приобретение навыков самостоятельной работы при проектировании технологии получения отливки.

1. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

Перед изготовлением отливки в конкретном производстве оценивается ее технологичность, т. е. возможность ее изготовления на данном предприятии. При этом принимаются во внимание следующие параметры: сплав, минимальная толщина стенки, минимальный диаметр литых отверстий, радиусы сопряжения стенок, литейные радиусы, точность отливки, шероховатость поверхностей, формовочные уклоны, требования к герметичности отливки и конструкционная технологичность.

В песчано-глинистых формах можно изготавливать отливки практически любых размеров и массы из любых сплавов за исключением титановых. А при изготовлении отливок из магниевых сплавов в формовочную смесь вводят гидроксид бора и серу для предотвращения окисления и выгорания сплава.

Возможность получения тонкостенных отливок из различных сплавов зависит от их массы, протяженности и класса размерной точности (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Минимальная толщина стенки отливок
при их изготовлении в песчано-глинистых формах [1]

Сплавы	Масса отливки, кг	Протяженность стенки, мм	Минимальная толщина с учетом класса размерной точности отливки		
			5–7	8–10	11–16
Алюминиевые	До 0,2	До 100	3,0	4,0	5,0
	Св. 0,2 до 1,5	100–250	4,0	5,0	7,0
	Св. 1,5 до 5,0	250–630	5,0	6,0	8,0
СЧ15 – СЧ20	До 0,5	До 100	3,0	4,0	5,0
	Св. 0,5 до 12,0	100–250	5,0	6,0	8,0
	Св. 12,0 до 50,0	250–630	6,0	8,0	10,0
Углеродистая сталь	До 40,0	До 100	6,0	7,0	9,0
	Св. 40,0 до 300,0	100–250	8,0	10,0	12,0
	Св. 300,0 до 1000,0	250–630	10,0	14,0	16,0

Под минимальным диаметром литого отверстия обычно понимается отверстие, которое может быть выполнено стержнем. Минимальный диаметр литого отверстия определяется толщиной стенки отливки, глубиной отверстия и маркой сплава. За толщину стенки h принимается толщина стенок, окружающих отверстие (рис. 1.1).

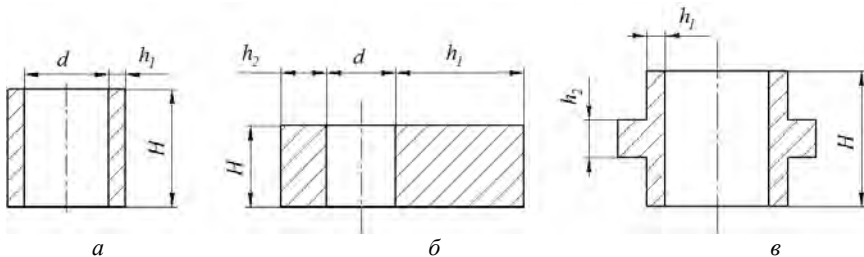


Рис. 1.1. Определение минимального диаметра литого отверстия:
 H – глубина отверстия; h_1, h_2 – толщина стенок; d – диаметр отверстия

В случае, показанном на рис. 1.1, б, толщина стенки $h = h_1$, т. е. принимается большая из толщин стенок, примыкающих к отверстию. В случае, изображенном на рис. 1.1, в, $h = h_1 + \frac{h_2}{3}$.

Значения минимальных диаметров отверстий, получаемых литьем для чугунных и стальных отливок определяются по табл. 1.2 и 1.3 соответственно.

Таблица 1.2
 Минимальный диаметр литого отверстия для чугунных отливок [1]

Глубина (высота) H отверстия, мм	Толщина стенки отливки h , мм					
	До 10	Св. 10 до 20	Св. 20 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 60
До 10	6	10	12	14	16	18
Св. 10 до 20	10	12	14	16	18	20
Св. 20 до 30	12	14	16	18	20	24
Св. 30 до 40	14	16	18	20	24	28
Св. 40 до 50	16	18	20	22	28	30
Св. 50 до 60	18	20	22	28	30	32

Таблица 1.3

Минимальный диаметр литого отверстия в отливках
из углеродистых сталей [1]

Глубина (высота) H отверстия, мм	Толщина стенки отливки h , мм				
	До 40	Св. 40 до 60	Св. 60 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 150
До 40	24	30	35	40	40
Св. 40 до 60	28	35	40	45	50
Св. 60 до 80	32	45	50	55	60
Св. 80 до 100	35	50	55	60	65
Св. 100 до 150	40	55	60	65	70

Для получения бездефектных отливок необходимо правильное сопряжение толстых и тонких стенок за счет использования радиусов перехода R_n при соотношении толщин стенок до 2 (рис. 1.2, а, б). Если это отношение превышает 2, то переход двух стенок рекомендуется выполнять в виде клина длиной l (рис. 1.2, в). Длина перехода l определяется по формуле [1]

$$l = 4 \cdot (h_2 - h_1).$$

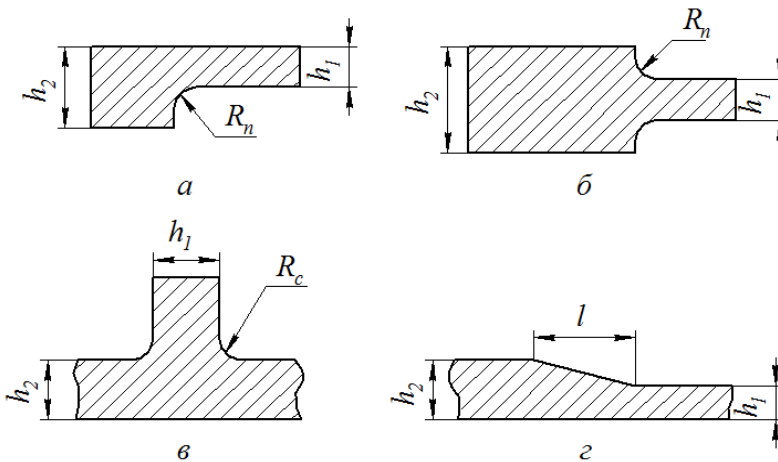


Рис. 1.2. Определение радиусов перехода R_n , радиусов сопряжения R_c и длины перехода l для стенок разной толщины

При соединении двух стенок под углом (рис. 1.2, в) переход выполняется по радиусу сопряжения R_c . Радиусы сопряжения R_c и перехода R_n рекомендуется определять по уравнению [1]

$$R_{\text{н(г)}} = \frac{k \cdot (h_1 + h_2)}{2},$$

где $k = \frac{1}{2} \dots \frac{1}{3}$.

Литейный радиус R предусматривается на модельной оснастке (рис. 1.3, б) в углах стенок отливки (рис. 1.3, а, в, з). Величина литейного радиуса для необрабатываемых поверхностей выбирается в зависимости от толщины H стенки отливки по табл. 1.4. При этом принимается толщина меньшей из сторон, образующих угол отливки ($H = h_2$ для случая а, рис. 1.3).

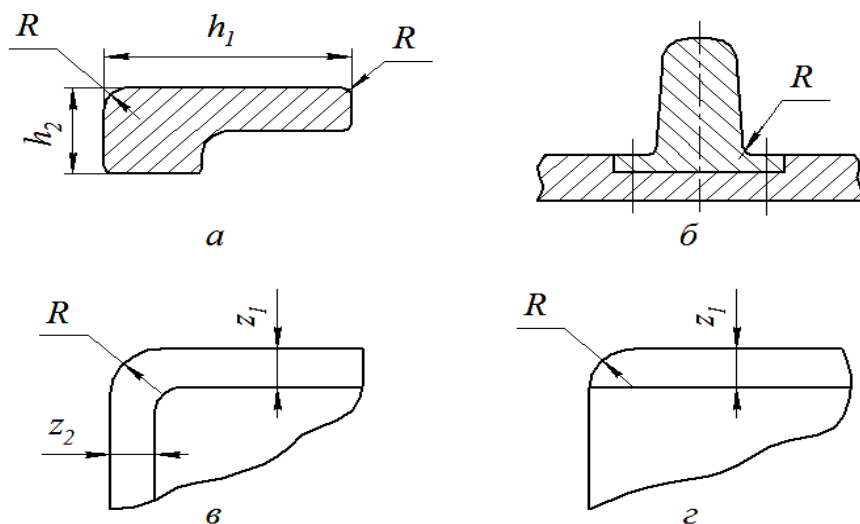


Рис. 1.3. Литейные радиусы на необрабатываемых (а) и обрабатываемых (в, з) поверхностях, на модельной оснастке (б):
 h_1 и h_2 – толщина сторон, формирующих угол отливки;
 R – литейный радиус; z_1 и z_2 – припуски на механическую обработку

Таблица 1.4

Величина литейного радиуса R в зависимости
от толщины стенки отливки H [1]

H , мм	До 5	Св. 5 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 60	Св. 60
R , мм	2	3	4	5	6

Если угол детали образуется обрабатываемыми поверхностями (рис.1.3, в), то после нанесения припуска литейный радиус определяется из соотношения

$$R = \frac{(z_1 + z_2)}{2}.$$

Если угол образуется обрабатываемой и необрабатываемой поверхностями (рис.1.3, г), то литейный радиус принимается равным z_1 – припуску на механическую обработку.

Литейный радиус отсутствует ($R = 0$) в плоскости разъема и на пересечении формы и стержня.

Радиусы сопряжений и переходов для отливок из алюминиевых сплавов принимают в 1,25 раза меньше, а для стальных в 1,25 раза больше, чем для чугунных. Радиусы сопряжений и переходов назначаются после нанесения припусков на сопрягаемые поверхности и технологических напусков.

При разработке чертежа элементов модельного комплекта необходимо учитывать величину линейной усадки сплава в %. Она принимается технологом-литейщиком при разработке технического задания на проектирование модельного комплекта. Значения линейной усадки сплавов, %:

Чугун серый	0,6–1,3
Чугун белый	1,6–2,3
Чугун высокопрочный	1,2–1,5
Чугун ковкий ферритный	1,0–1,2
Сталь углеродистая (0,14–0,75 % С)	1,5–2,0
Бронза оловянная	1,4–1,6
Бронза алюминиевая	1,5–2,4
Латунь цинковая	1,5–2,2
Силумин (5–14 % Si)	1,0–1,2
Цинковые сплавы	1,0–1,5

Большую усадку имеют отливки простой конфигурации, так как в них меньше препятствий усадке. Меньшую усадку имеют сложные разностенные отливки со стержнями.

2. ВЫБОР ПОЛОЖЕНИЯ ОТЛИВКИ В ФОРМЕ И ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗЪЕМА МОДЕЛИ И ФОРМЫ

Выбор положения отливки в форме и определение поверхности разъема модели и формы являются взаимоувязанными операциями. Они влияют на весь дальнейший технологический процесс изготовления отливки. Как правило, рассматривают несколько вариантов положения отливки в форме и выбирают наиболее приемлемый.

Разъем модели и формы необходим для извлечения модели из заформованной опоки, установки стержней, холодильников, фильтрующих сеток и т. д.

Выбор разъема модели и формы состоит из двух стадий:

1. Нахождение всех возможных поверхностей (в том числе в виде усеченных пирамид и конусов), относительно которых модель отливки или две части модели отливки, разделенные этими поверхностями, могут быть извлечены из заформованных опок без нарушения целостности полученного отпечатка. Если такой поверхности найти не удастся, модель отливки изменяют в проблемных местах за счет дополнения ее тела до получения конфигурации моделей, позволяющих беспрепятственно извлечь их из заформованных опок. Принятое дополнение оформляют в виде стержней с соответствующими знаками.

2. Анализ найденных поверхностей с учетом сложившихся требований и рекомендаций и выбор оптимальной.

При выполнении указанных действий используют следующие рекомендации, выработанные многолетней практикой:

1. Наиболее ответственные части отливки и основные обрабатываемые поверхности при заливке должны быть обращены вниз, либо занимать вертикальное или наклонное положение.

2. Тонкостенные части отливки следует располагать в нижней части формы, чтобы не допускать образование недоливов и спаев.

3. Необходимо избегать расположения развитых поверхностей в верхней части формы.

4. Для обеспечения направленного затвердевания и возможности установки прибылей на массивных частях отливки последние должны располагаться вверху.

5. Для выравнивания температуры металла в полости формы и создания условий для одновременного затвердевания отливки подвод металла осуществляется к ее тонкостенным участкам.

6. Всю отливку или основные ее элементы желательно располагать в одной полуформе, лучше нижней, для повышения геометрической точности и уменьшения дефектов.


7. Базы механической обработки отливок желательно располагать в одной части формы с обрабатываемыми поверхностями для повышения точности и уменьшения припусков на механическую обработку.

8. При формировании полостей в отливках вместо стержней можно использовать болваны. Болваны целесообразней располагать в нижней полуформе т. к. усилие отрыва болвана при съеме модели уменьшается на величину его веса. Допустимая высота болвана зависит от прочности формовочной смеси и положения его в форме. При использовании старого оборудования, не обеспечивающего высокую степень уплотнения, высота болвана (H_6), находящегося в нижней части формы не должна превышать его диаметра ($H_6 \leq D$); в верхней полуформе –

$H_6 \leq 0,3D$. При использовании современного оборудования высота болвана в верхней полуформе может быть увеличена до $H_6 \leq D$. Кроме того высота болвана может быть ограничена высотой, так называемой, буферной зоны (расстояние от болвана до контрлада опоки).

9. Поверхность разъема желательно выполнять плоской и с учетом возможностей используемого формовочного оборудования.

10. Сложные стержни целесообразно разделить на несколько простых.

Согласно ГОСТ 3.1125–88 [2] разъем модели и формы показывают отрезком или ломаной штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком , над которым указывается буквенное обозначение разъема: **МФ** при применении разъемной модели (рис. 2.1) и **Ф** для случая неразъемной модели.

Положение отливки в форме при заливке обозначают буквами В (верх) и Н (низ). Буквы проставляют у стрелок, показывающих направление разъема формы.

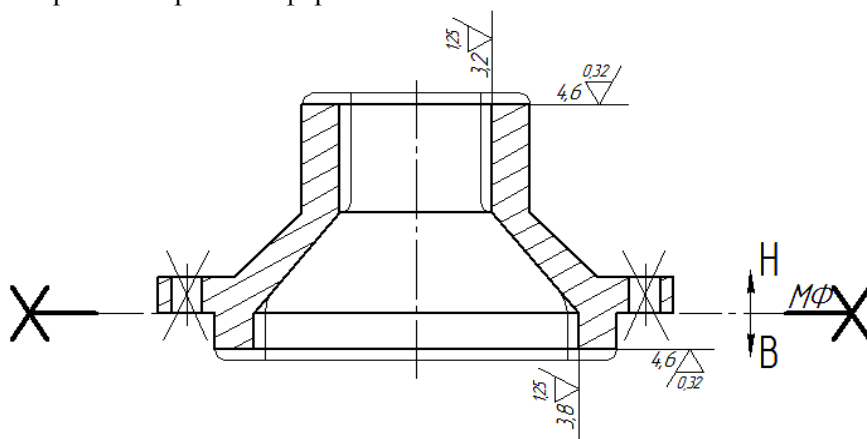


Рис. 2.1. Обозначение разъема модели и формы и положения отливки при заливке

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ

Припуск на механическую обработку – это слой металла определенной толщины, удаляемый с поверхности отливки для получения заданных размеров, формы и шероховатости поверхности детали.

Припуски на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией (ГОСТ 3.1125–88) [2]. Допускается выполнять линию припуска красным цветом.

Величину припуска на механическую обработку определяют по ГОСТ 26645–85 [3] и указывают цифрой перед знаком шероховатости поверхности детали или величиной уклона (см. рис. 2.1).

Отверстия, пазы, впадины и подобные элементы, не выполняемые при отливке детали, зачеркивают сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять красным цветом.

Определение припуска на механическую обработку начинается с определения норм точности отливки. Согласно ГОСТ 26645–85 их приводят на чертеже отливки в следующем порядке:

- 1) класс размерной точности;
- 2) степень коробления;
- 3) степень точности поверхностей;
- 4) класс точности массы и допуск смещения отливки.

Первых четыре показателя принимаются по стандарту [3], допуск смещения отливки зависит от уровня производства. Для ручной формовки допуск смещения не должен превышать 4,0 мм, для поточно-механизированной – 2,0 мм, для автоматизированной – 1,0 мм.

Класс размерной точности отливок определяется по таблице 9 ГОСТ 26645–85 (приложение 1) в зависимости от технологического процесса изготовления, габаритного размера и типа сплава.

Степень коробления определяется по таблице 10 (приложение 2, ГОСТ 26645–85) в зависимости от отношения наименьшего размера отливки к наибольшему (толщины или высоты к длине элемента отливки). При этом степень коробления отливки в целом, указываемую на чертеже, следует принимать по его элементу с наибольшей степенью коробления.

Степень точности поверхностей отливок определяется по таблице 11 (приложение 3) в зависимости от технологического процесса изготовления отливки, габаритного размера и типа сплава.

Класс точности массы отливок – по таблице 13 (приложение 5) в зависимости от технологического процесса литья, номинальной массы и типа сплава.

Пример условного обозначения точности отливки 9-го класса размерной точности, 6-й степени коробления, 6-й степени точности поверхности и 8-го класса точности массы с допуском смещения 1,0 мм:

Точность отливки 9 – 6 – 6 – 8 См. 1,0 ГОСТ 26645–85.

В некоторых случаях допускается указывать сокращенный перечень норм точности отливки. Указание классов размерной точности и точности массы отливок является обязательным. Например:

Точность отливки 9 – 0 – 0 – 8 ГОСТ 26645–85.

В технических требованиях отливки должны быть указаны значения номинальных масс детали, припусков на обработку, технологических напусков и массы отливки. Например, для детали массой 27,5 кг с припусками на обработку 1,25 кг, технологическими напусками 0,75 кг и массой отливки – 29,5 кг:

Масса 27,5 – 1,25 – 0,75 – 29,5 ГОСТ 26645–85.

Для необрабатываемых отливок и(или) при отсутствии технологических напусков запись изменится:

Масса 27,5 – 0 – 0 – 27,5 ГОСТ 26645–85.

На чертеже детали должны присутствовать базы черновой обработки, относительно которых проводится обработка поверхностей отливки. Если они отсутствуют, находят конструкторскую базу. Конструкторская база – это поверхность, относительно которой изделие базируется в узле. Данная поверхность скоординирована с другими поверхностями бóльшим числом размерных связей, указаны более высокие требования к точности размеров, выходящих на нее.

Определение припуска начинаем с **определения допуска** на номинальные размеры между поверхностями отливки, подлежащими обработке и базами. Эта операция выполняется с использованием таблицы 1 ГОСТ 26645–85 исходя из класса размерной точности (полученной ранее по таблице 9), а также с учетом сведений изложенных в §2 ГОСТ 26645–85.

Дополнительный допуск, учитывающий степень коробления элементов отливки (определенный по таблице 10), назначаем по таблице 2 ГОСТ 26645–85 в зависимости от номинального размера нормируемого участка.

Общий допуск на элемент отливки определяем по таблице 16, учитывающей значения обоих допусков, полученных по таблицам 1 и 2. При этом необходимо помнить, что припуски на противоположные поверхности, используемые в качестве взаимных баз при их обработке, назначают по половинным значениям общих допусков отливки на соответствующие диаметры или расстояния между противоположными поверхностями отливки (п. 4.2.1 ГОСТ 26645–85). То есть полученные значения допусков в указанных случаях необходимо разделить пополам и по их величине, а также используя вид

окончательной механической обработки и ряд припусков, определить по таблице 6 припуск на механическую обработку.

Вид окончательной механической обработки назначается по таблице 7 исходя из допуска размера отливки, определенного по таблице 1 и соотношения между допусками размера детали и отливки на номинальный размер.

При этом если нет конкретных указаний по допускам детали, то их можно определить по качеству используя ГОСТ 25346–89 [4] «**Ряды допусков и основных отклонений**».

Ряд припуска на механическую обработку определяем по табл. 14 ГОСТ 26645–85 исходя из степени точности поверхностей, определенной по таблице 11.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМОВОЧНЫХ УКЛОНОВ

Формовочные уклоны необходимы на моделях, в стержневых ящиках для облегчения извлечения модели из формы, стержней из стержневого ящика.

Формовочные уклоны на обрабатываемых поверхностях выполняются сверх припуска на механическую обработку отливки по ГОСТ 3212–92 [5]. На необрабатываемых поверхностях – за счет увеличения и(или) уменьшения размеров отливки, в том числе для случаев сопряжения поверхностей отливки с другими деталями.

Величина формовочных уклонов формообразующих поверхностей модельного комплекта зависит от высоты формообразующей поверхности: чем меньше высота, тем больше уклон.

По табл. 4.1 из ГОСТ 3212–92 назначают формовочные уклоны на формообразующие поверхности модельного комплекта для песчано–глинистых смесей.

Таблица 4.1

Формовочный уклон β комплекта

Высота h , мм	Комплект			
	Металлический, пластмассовый		Деревянный	
		мм		мм

До 10	2°20′	0,40	2°55′	0,50
Св. 10–16	1°35′	0,45	1°55′	0,55
16–25	1°10′	0,50	1°30′	0,65
25–40	50′	0,60	1°05′	0,75
40–63	35′	0,65	45′	0,85
63–100	25′	0,75	35′	1,00
100–160	20′	0,95	25′	1,20
160–250		1,45	25′	1,85

Окончание табл. 4.1

Высота h , мм	Комплект			
	Металлический, пластмассовый		Деревянный	
		мм		мм
250–400	20′	2,30	20′	2,30
400–630		3,65		3,65
630–1000		5,80		5,80

Значения формовочных уклонов формообразующих поверхностей модельных комплектов для форм, твердеющих в контакте с оснасткой, а также для стержневых ящиков при отверждении в них стержней назначают по ГОСТ 3212–92 (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Формовочный уклон β комплекта

Высота h , мм	Комплект			
	Деревянный		Металлический, пластмассовый	
		мм		мм
До 10	4°00′	0,70	3°30′	0,60
Св. 10–16	2°50′	0,80	2°35′	0,70
16–25	2°20′	1,00	2°55′	0,85
25–40	1°30′	1,05	1°20′	0,95
40–63	1°05′	1,20	55′	1,00
63–100	45′	1,30	40′	1,20
100–160	35′	1,65	30′	1,40
160–250		2,55		2,20
250–400		4,10		3,50
400–630		6,45	25′	4,60
630–1000	30′	8,70		7,30




5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА И КОНСТРУКЦИИ СТЕРЖНЕЙ, ПАРАМЕТРОВ СТЕРЖНЕВЫХ ЯЩИКОВ

Стержни образуют внутренние, в некоторых случаях и наружные, поверхности отливки. При разработке технологии получения отливки необходимо определить количество и конфигурацию стержней и их знаков, поверхности сопряжения отдельных стерж-

ней, разъем стержневых ящиков и направление набивки их смесью, отвод газов из стержней, места установки подъемников и арматуры.

Если стержень состоит из нескольких частей, делить его необходимо по несложной поверхности, где нет закруглений, сопряжений и т. д. Места сопряжения стержней друг с другом обозначают на чертеже жирной или двойной тонкой линией.

В соответствии с ГОСТ 3.1125–88 стержни на чертеже обозначают сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять синим цветом. Если стержень попадает в разрез его штрихуют по контуру. Длина линий штриховки 3–30 мм. При нанесении контуров стержней, контуры детали сохраняются в исходном виде.

Стержни обозначают буквами *ст.* и порядковыми номерами, соответствующими последовательности установки их в форму, например, *ст.3*. Если стержень в форме один, номер ему не присваивается. Кроме того, на контуре стержня специальными стрелками показывают поверхность разъема стержневого ящика  и направление набивки стержня . Размеры стрелок должны соответствовать ГОСТ 3.1125–88. Направление выхода газов показывают стрелкой с буквами  (рис. 5.1).

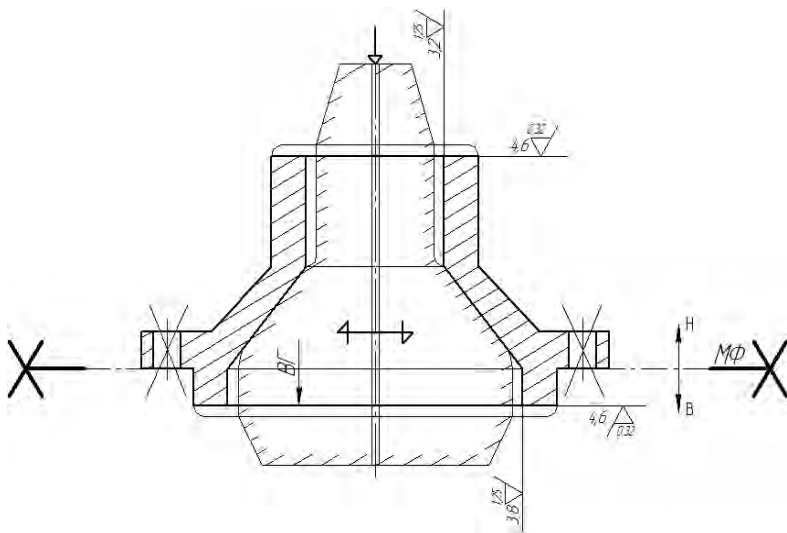


Рис. 5.1. Пример обозначения стержня на чертеже

Длина горизонтальных знаков стержней при изготовлении форм «по сырому» определяется по ГОСТ 3212–92 (табл. 5.1) с учетом длины рабочего участка стержня и его размеров в поперечном сечении.

Таблица 5.1

Длина горизонтальных знаков

$\frac{a+b}{2}$ или D	Длина знака l , не более при длине стержня L , мм							
	До 40	40–63	63–100	100–160	160–250	250–400	400–630	630–1000
До 25	20	25	30	35	–	–	–	–
25–40					45	50		
40–63				40	50	60	75	95
63–100				35	45	55	65	85
100–160	35	40	45	50	60	75	95	115
160–250					65	80	100	125
250–400	40	45	60	65	75	85	110	140
400–630					85	100	130	160
630–1000	–	–	–	–	–	145	150	180

Высоту нижних вертикальных знаков h назначают по ГОСТ 3212–92 (табл. 5.2) в зависимости от высоты рабочей части стержня и его размеров в поперечном сечении. Высоту верхних вертикальных знаков h , рекомендуется принимать не менее 0,5 высоты нижнего знака.

Таблица 5.2

Высота нижних вертикальных знаков, h

$\frac{a+b}{2}$ или D	Высота знака h , не более при длине стержня L , мм							
	До 40	40–63	63–100	100–160	160–250	250–400	400–630	630–1000
До 25	20	30	30	30	–	–	–	–
25–40					50	60		
40–63	25	35	35	35	40	50	80	110
63–100					40		70	100
100–160	30	40	40	40	40	40	60	80
160–250					40		50	
250–400	40	40	40	40	40	40	50	80
400–630	50	50	50	50	50	50	50	
630–1000	50	50	50	50	50	50	50	70

Для обеспечения возможности правильной установки стержней в форму на знаковых частях, в местах контакта знака с формой, предусмотрены уклоны. Если горизонтальный стержень имеет форму цилиндра, то уклоны необходимы только на торцах. Если знаки горизонтального стержня в сечении представляют собой прямоугольник или квадрат, то наряду с торцами уклоны назначаются и на боковых поверхностях знака (см. рис. 5.2, исполнение *Л*).

Значение уклонов горизонтальных и вертикальных знаков принимается по ГОСТ 3212–92 (табл. 5.3) в зависимости от их высоты.

Таблица 5.3

Уклон знаков

Высота знака или h_1 , мм	Модельный комплект				Модель	
	Для низа α		Для верха β		α_1	
		мм		мм		мм
До 40	10°00′	4,5	15°00′	8,2	4°00′	2,0
Св. 40–63	7°00′	5,5	10°00′	9,0	3°00′	2,5
63–100	6°00′	8,5	8°00′	11,7	2°00′	2,7
100–160	5°00′	11,5	6°00′	16,0	1°00′	3,2
160–250	5°00′	14,0	6°00′	19,0	45′	3,6
250–400	5°00′	17,0	6°00′	23,0	–	–
400–630	4°00′	21,0	5°00′	27,5	–	–
630–1000	3°00′	25,0	4°00′	32,2	–	–

Для свободной (без затруднений) установки стержней в форму и сборки формы назначают технологические зазоры между знаками стержня и формой (s_1, s_2, s_3 – см. рис. 5.2 и 5.3). Их величина зависит от размеров знаков и точности изготовления модельных комплектов и определяется по табл. 9–12 ГОСТ 3212–92. На опорных поверхностях стержней зазоры не назначают. Значения зазоров для модельного комплекта 7–9-го классов точности, изготавливаемого из металла, приведены в табл. 5.4.

В некоторых случаях стержни необходимо устанавливать строго определено по отношению к другим стержням или участкам формы. В ГОСТ 3212–92 приведены примеры конструктивного исполнения знаков, позволяющие устанавливать стержни в определенном положении и предупреждающие их смещение.

Точность модельного комплекта устанавливается по табл. 5.5 [5] исходя из класса размерной точности отливки, определяемой по ГОСТ 26645–85.

Таблица 5.4

Зазор для модельного комплекта 7–9-го классов точности,
изготавливаемого из металла

Высота знака h или h_1 , мм	Длина стержня							
	До 40	40– 63	63– 100	100– 160	160– 250	250– 400	400– 630	630– 1000
До 25	0,3	0,4		0,5	0,6	0,7		1,1
25–40	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	1,3
40–63	0,5	0,6		0,7	0,8	0,9		
63–100			0,6				0,7	
100–160	0,7	0,8		0,8	0,9	1,0		1,1
160–250			0,6				0,7	
250–400	0,7	0,8		0,8	0,9	1,0		1,1
400–630			0,7				0,8	
630–1000	0,8	0,9		1,0	1,1	1,2	1,3	1,5
S_2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,3	1,7

Таблица 5.5

Точность модельного комплекта

Класс размерной точности отливок по ГОСТ 26645–85	Класс точности модельного комплекта
4,5Г	1
5,6	2
7,7Г	3
8,9Г	4
9,10	5
11Г,11	6
12, 13Г	7
13, 14	8
15, 16	9

Точность металлического комплекта для отливки 9-го класса, изготовленного из металла, обозначают следующим образом:

Точность МК5 – металл по ГОСТ 3212–92.

6. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ

Литниковая система предназначена для заполнения полости формы жидким металлом и наряду с другими факторами должна обеспечивать получение качественной отливки. Литниковую систему в соответствии с ГОСТ 3.1125–88 выполняют в масштабе чертежа сплошной тонкой линией (рис. 6.1). Допускается выполнять литниковую систему красным цветом и с отступлением от масштаба.

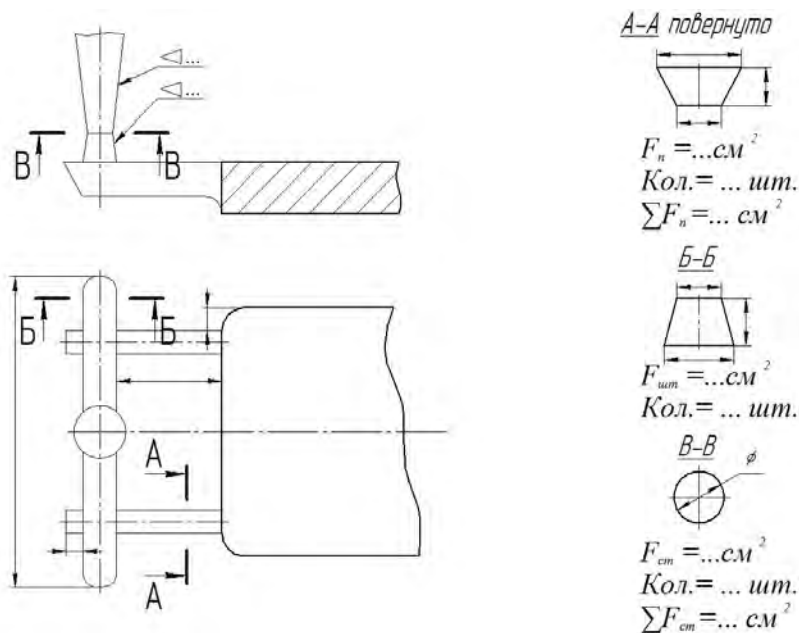


Рис. 6.1. Пример выполнения на чертеже литниковой системы

Сечение элементов литниковой системы не штрихуют. У каждого сечения литниковой системы указывают площадь сечения и их суммарную площадь (см. рис. 6.1).

Различают заполненную и незаполненную литниковые системы. В заполненной – площадь поперечного сечения элементов литниковой системы уменьшается от стояка к питателю, в незаполненной – наоборот.

Заполненные литниковые системы используют при получении отливок из чугуна и углеродистой стали, когда не возникает проблем образования неметаллических включений и плен в процессе заливки.

Незаполненные литниковые системы применяют при изготовлении отливок из легированных сталей и сплавов на основе алюминия и магния. Здесь поток расплава в каналах литниковой системы должен быть ламинарным, заполнение полости формы спокойным. В противном случае отливки будут поражены неметаллическими включениями и пеленами.

Заполненная литниковая система состоит из четырех основных элементов (рис. 6.2): литниковой воронки (чаши) 1, стояка 2, шлакоуловителя 3 и питателей 4. Под стояком, в полуформе низа, обычно располагают зумпф – сферический сегмент небольшой глубины для уменьшения торможения потока металла при переходе от стояка к шлакоуловителю.

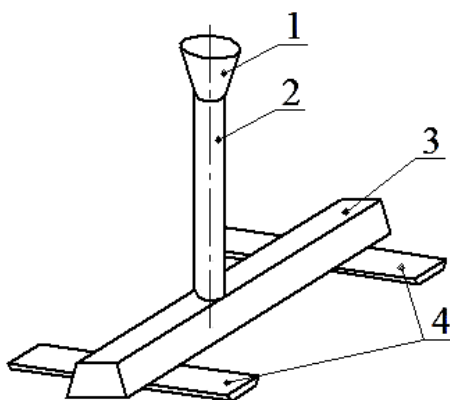


Рис. 6.2. Литниковая система

В зависимости от способа подвода металла в форму можно выделить следующие литниковые системы: боковую с подводом металла по плоскости разъема, сифонную, дождевую, комбинированную, ярусную и др.

Наибольшее распространение (как наиболее простые) получили боковые литниковые системы с подводом металла по плоскости разъема.

Сифонная литниковая система обеспечивает спокойное заполнение формы снизу, но используется редко, т. к. для нее необходимо изготовление специальных стержней с литниковыми каналами.

Дождевая литниковая система рекомендуется для изготовления средних и крупных отливок типа маховиков, шестерен, цилиндров. Металл подается в полость формы сверху через ряд отверстий, выполненных чаще всего в специальном стержне.

Комбинированная литниковая система используется при изготовлении объемных тонкостенных отливок. Ярусная литниковая система предназначена для изготовления крупных отливок. Подвод металла на других уровнях (по сравнению с подводом на плоскости разъема формы) достигается применением стержней или выполнением каналов из керамики.

Использование определенного типа и конструкции литниковой системы зависит от применяемого сплава, конструкции отливки и требований, предъявляемых к ней. Так, при разработке литниковой системы для отливок, изготавливаемых в разовых формах, необходимо учитывать следующие факторы:

- движение жидкого металла в каналах литниковой системы должно быть по возможности ламинарным;

- подводить металл в полость формы необходимо таким образом, чтобы направление его движения совпадало с направлением ребер и наиболее протяженных стенок отливки;

- на участках формы, где возможно образование воздушных мешков, препятствующих получению четких очертаний отливки, необходимо устанавливать выпоры;

- при склонности отливки к возникновению внутренних напряжений и трещин металл подводят в тонкие части для обеспечения одновременного затвердевания отливки;

- для предотвращения усадки в отдельных частях отливки путем создания направленного затвердевания металл подводят в массивные участки, над которыми устанавливаются прибыли, или подводят металл непосредственно в прибыли.

В зависимости от используемого сплава литниковые системы могут содержать дополнительные элементы: дроссели – при изготовлении отливок из серого чугуна; реакционные камеры и центробежные шлакоуловители – при изготовлении отливок из высокопрочного чугуна, модифицированного в форме; прибыли – при изготовлении отливок из высокопрочного чугуна и стали.

6.1. Расчет литниковой системы для отливок из серого чугуна

Для отливок из серого чугуна используются заполненные литниковые системы. Вначале определяют суммарную площадь поперечного сечения самого узкого элемента литниковой системы [6]:

$$\sum F_{\text{тёò}} = \frac{m_0}{\rho \cdot t \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\delta}}}, \quad (6.1)$$

где m_0 – масса отливок в форме, кг;

ρ – плотность расплава, кг/м³ (~ 6800 кг/м³);

t – продолжительность заливки, с;

μ – коэффициент расхода;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H_p – расчетный статический напор, м.

Расчетный статический напор при подводе металла по плоскости разъема (рис. 6.3, а) определяют из соотношения

$$H_p = H - P^2/2C, \quad (6.2)$$

где H – высота стояка от места подвода расплава в форму, м;

P – высота отливки над питателем, м;

C – высота отливки, м.

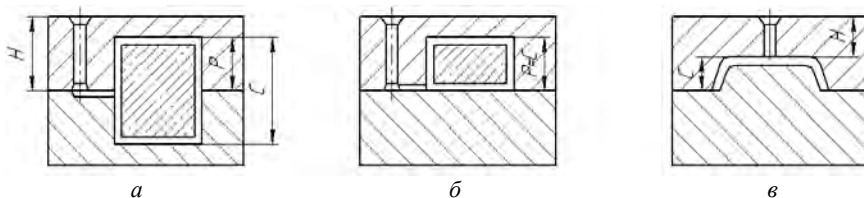


Рис. 6.3. Положение отливки в форме при заливке

При сифонной заливке (рис. 6.3, б)

$$P = C \text{ и } H_p = H - C/2.$$

При заливке сверху (рис. 6.3, в)

$$P = 0 \text{ и } H_p = H.$$

Для сложных отливок с толщиной стенки 2,5–15 мм и массой до 450 кг продолжительность заливки определяется по формуле

$$t = s\sqrt{m_0}, \quad (6.3)$$

где m_0 – масса отливки, кг;

s – коэффициент, зависящий от толщины стенки отливки:

Толщина стенки отливки, мм	2,5–3,5	3,5–8,0	8,0–15,0
Коэффициент s	1,68	1,85	2,2

Продолжительность заливки также можно определить по эмпирической формуле, полученной при обработке обширных заводских данных для отливок из серого чугуна [1]:

$$t = 3,7(m_0)^{0,38}. \quad (6.4)$$

Значение коэффициента расхода μ рекомендуется принимать равным 0,4 для сложных литниковых систем; 0,5–0,6 – для литниковых систем средней сложности и 0,6–0,8 – для простых литниковых систем.

Площади поперечного сечения шлакоуловителя и стояка находятся из соотношений:

- для тонкостенных отливок $\sum F_{\text{пит}} : \sum F_{\text{шл}} : \sum F_{\text{ст}} = 1 : 1,06 : 1,11$;
- для средних и мелких $\sum F_{\text{пит}} : \sum F_{\text{шл}} : \sum F_{\text{ст}} = 1 : 1,1 : 1,15$;
- для средних и крупных $\sum F_{\text{пит}} : \sum F_{\text{шл}} : \sum F_{\text{ст}} = 1 : 1,15 : 1,2$.

При определении размеров питателя необходимо учитывать, что его высота не должна превышать толщину стенки отливки в месте подвода. Ширину питателя определяют делением площади его поперечного сечения на высоту. При этом питатель должен быть расположен на расстоянии от стояка, не меньшем, чем расстояние всплытия шлака до потолка канала и его приклеивания к потолку шлакоуловителя. Для определения размеров шлакоуловителя при литье чугуна следует использовать неравенство $h_{\text{пит}} / h_{\text{шл}} \leq 1/5$. То есть высота шлакоуловителя должна быть как минимум в 5 раз больше высоты питателя, в противном случае шлаковая частица может оказаться затянутой в питатель.

Количество питателей, приходящихся на одну отливку, зависит от ее массы и преобладающей толщины стенки (табл. 6.1) [7].

Таблица 6.1

Количество питателей, приходящихся на одну отливку

Масса отливки, кг	Преобладающая толщина стенок, мм			
	3–5	5–8	8–12	12–20
3–5	2	2	1	1
5–15	–	3	2–3	2–3
15–50	–	3	2–3	2–3
50–100	–	5–7	5–6	3–4
100–200	–	7–9	7–8	4–6
200–400	–	7–9	8–9	6–7

Для облегчения попадания струи расплава в стояк используют литниковые воронки и чаши. Применение конкретного элемента зависит от расхода расплава в литниковой системе. При расходах, меньших или равных 5 кг/с для чугуна, или 0,725 л/с для любого сплава, применяют литниковую воронку (рис. 6.4, а), а при больших расходах – литниковую чашу (рис. 6.4, б). При машинной формовке литниковая воронка представляет собой усеченный конус, который формируется в верхней полуформе моделью, закрепленной на прессовой плите.

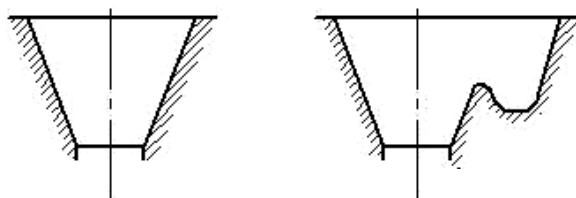


Рис. 6.4. Литниковая воронка (а), литниковая чаша (б)

Размеры литниковой воронки определяются из схемы на рис. 6.5. Верхний диаметр стояка $d_{ст.в}$ определяется из уравнения

$$d_{ст.в} = d_{ст} \pm Htg\alpha, \quad (6.5)$$

где H – высота стояка, мм;

α – угол литникового уклона стояка;
 D – диаметр воронки, мм;
 H_B^t – высота воронки, мм;
 $d_{ст}$ – расчетное значение диаметра стояка, как элемента литниковой системы, мм.

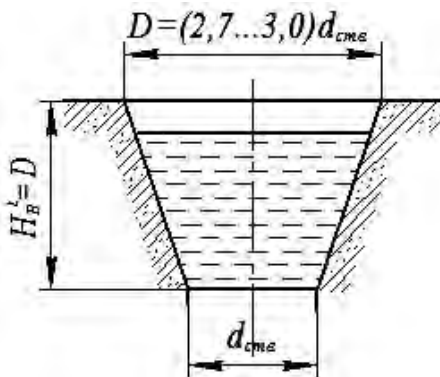


Рис. 6.5. Схема к определению размеров литниковой воронки

Объем литниковой чаши можно определить по приближенной формуле [8]

$$V_{ч} = 400m_c^{1,25}, \quad (6.6)$$

где m_c – расход металла через литниковую чашу, кг/с.

Заполненные литниковые системы иногда приводят к браку отливок по шлаковым раковинам и засорам вследствие размыва формы струей, вытекающей из питателей с большой скоростью. Для регулирования скорости поступления металла в форму используют дроссели – узкие щелевидные каналы, которые располагают между стояком и питателем. Методика расчета дроссельных литниковых систем приведена в [9].

6.2. Расчет литниковых систем для отливок из высокопрочного чугуна

Расчет площади сечения питателя, как и для отливок из серого чугуна, выполняется по формуле 6.1. Продолжительность заливки определяется по формуле

$$t = 3,7(m_{\phi})^{0,38}, \quad (6.7)$$

где m_{ϕ} – металлоемкость формы (масса отливок плюс масса литниковой системы).

Металлоемкость формы рассчитывается методом последовательных приближений: на первом этапе принять $m_{\phi} = \Sigma m_o$, затем рассчитать литниковую систему, найти ее массу и для второго приближения использовать

$$m_{\phi} = \Sigma m_o + m_{л.с.},$$

где $m_{л.с.}$ – масса литниковой системы, кг;

Σm_o – масса отливок в форме, кг.

Схема литниковой системы для модифицирования отливок из высокопрочного чугуна в литейной форме приведена на рис. 6.6 [1].

Узким сечением в данной литниковой системе, условно принимаемым как площадь сечения питателей, является сечение выхода из центробежного шлакоуловителя, т. е. $\Sigma F_{пит} = \Sigma F_{вых.цб.ш.}$. Для этого случая соотношение элементов литниковой системы принимает вид

$$\Sigma F_{вых.цб.ш.} : \Sigma F_{вх.цб.ш.} : \Sigma F_{вых.р.к.} : \Sigma F_{вх.р.к.} : F_{ст} = 1 : (1,1 \dots 1,2) : (1,15 \dots 1,3) : (1,2 \dots 1,4) : (1,3 \dots 1,6), \quad (6.8)$$

где $\Sigma F_{вых.цб.ш.}$ – площадь сечения выхода из центробежного шлакоуловителя;

$\Sigma F_{вх.цб.ш.}$ – площадь сечения входа в центробежный шлакоуловитель;

$\Sigma F_{вых.р.к.}$ – площадь сечения выхода из реакционной камеры;

$\Sigma F_{вх.р.к.}$ – площадь сечения входа в реакционную камеру;

$F_{ст}$ – площадь сечения стояка.

6.2.1. Определение размеров реакционной камеры

Объем реакционной камеры можно определить исходя из объема модификатора, необходимого для получения заданной структуры чугуна:

$$V_{мдф} = m_{мдф} / \rho_{мдф}, \text{ м}^3,$$

где $m_{мдф}$ – масса модификатора, кг;

$\rho_{мдф}$ – насыпная плотность дробленого модификатора, кг/м³.

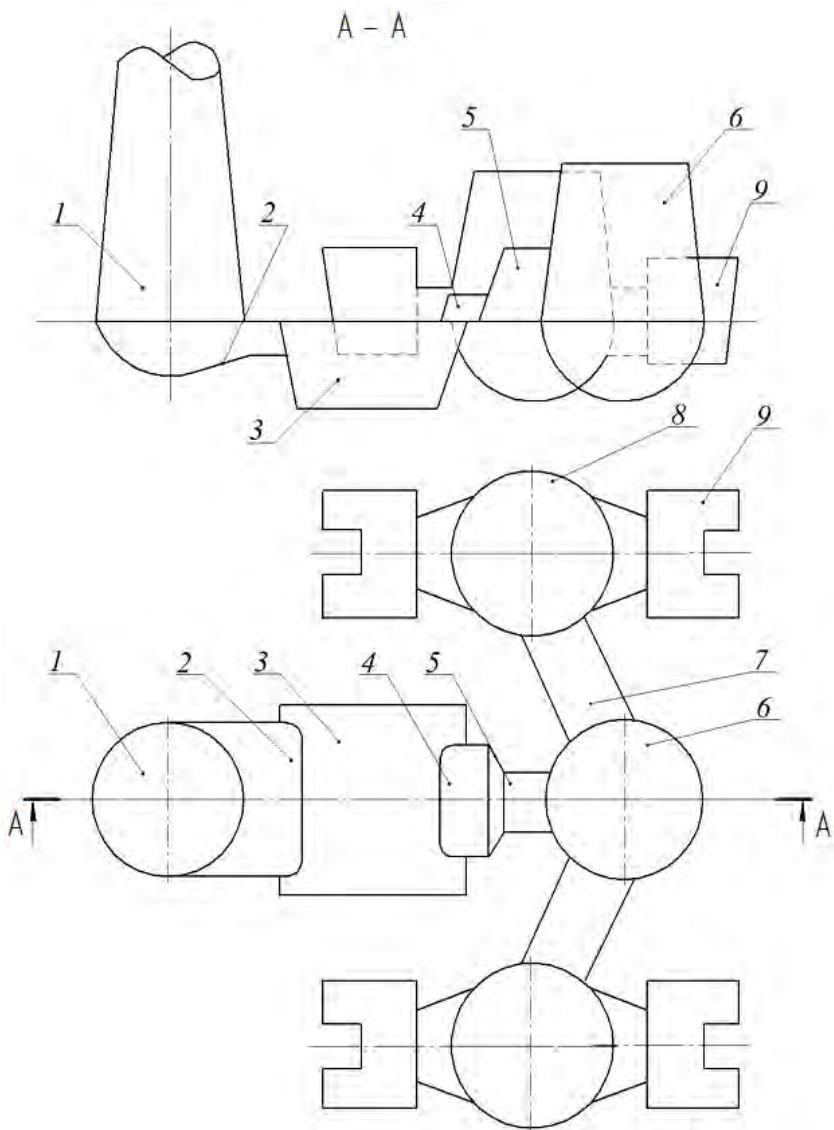


Рис. 6.6. Схема литниковой системы для высокопрочного чугуна:
 1 – стояк; 2 – литниковый ход; 3 – реакционная камера; 4 – выход
 из реакционной камеры; 5 – вход в центробежный шлакоуловитель (ЦБШ);
 6 – ЦБШ; 7 – выход из ЦБШ; 8 – прибыль; 9 – отливка

Площадь сечения реакционной камеры рассчитывается по уравнению

$$F_{\delta,\dot{\epsilon}} = \frac{m_{\delta}}{t \cdot f}, \text{ м}^2,$$

где t – время заливки формы, с;

f – фактор растворения дробленого модификатора, кг/(с·м²).

Для модификатора ФСМг5 $f = 525$ (химический состав модификатора, %: Mg – 4,5...6,5; Si – 45...55; PЗМ 0,2...1,0; Al – до 0,2; Fe – остальное).

Высота слоя модификатора определяется по формуле

$$h_{i\bar{A}\dot{O}} = \frac{V_{i\bar{A}\dot{O}}}{F_{\delta,\dot{\epsilon}}}, \text{ м.}$$

Общая высота реакционной камеры

$$h_{\delta,\dot{\epsilon}} = h_{i\bar{A}\dot{O}} + h_{\dot{a}\delta,\delta,\dot{\epsilon}} + h_{o\dot{a}\delta}, \text{ м,}$$

где $h_{\dot{a}\delta,\delta,\dot{\epsilon}}$ – высота входа в реакционную камеру;

$h_{o\dot{a}\delta}$ – технологическая высота, принимаемая 10–20 мм.

Величину $h_{\dot{a}\delta,\delta,\dot{\epsilon}}$ определяем по вычисленной ранее (6.2) $F_{\text{вх.р.к}}$ – площади сечения входа в реакционную камеру:

$$h_{\dot{a}\delta,\delta,\dot{\epsilon}} = \frac{F_{\dot{a}\delta,\delta,\dot{\epsilon}}}{b_{\dot{a}\delta,\delta,\dot{\epsilon}}}, \text{ м,}$$

где $b_{\dot{a}\delta,\delta,\dot{\epsilon}} = 8\sqrt{F_{\delta,\dot{\epsilon}}}$ – ширина входа в реакционную камеру, м.

Объем реакционной камеры, м³

$$V_{\delta,\dot{\epsilon}} = F_{\delta,\dot{\epsilon}} \cdot h_{\delta,\dot{\epsilon}}.$$

Масса металла в реакционной камере (после заливки)

$$m_{\delta,\dot{\epsilon}} = V_{\delta,\dot{\epsilon}} \cdot \rho_{\text{ж.м}}, \text{ кг,}$$

где $\rho_{\text{ж.м}}$ – плотность жидкого металла, кг/м³.

6.2.2. Определение размеров центробежного шлакоуловителя

Площадь сечения центробежного шлакоуловителя (рис. 6.7) определяется по уравнению

$$F_{цб.ш} = 6F_{вх.цб.ш}.$$

Площадь входа в центробежный шлакоуловитель определена по уравнению (6.2).

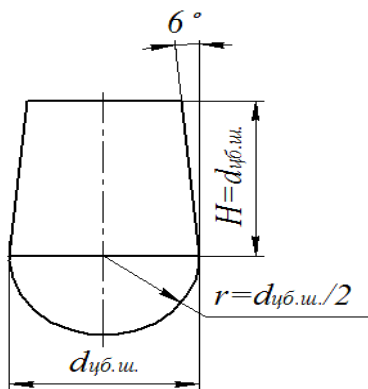


Рис. 6.7. Эскиз центробежного шлакоуловителя:
 $d_{цб.ш}$, H – соответственно диаметр и высота шлакоуловителя

$$d_{цб.ш} = 2\sqrt{\frac{F_{цб.ш}}{\pi}};$$

$$V_{\text{\u043e\u0430.\u043e}} = d_{\text{о\u0430.\u043e}}^3 \quad (\text{для рис. 6.7});$$

$$m_{цб.ш} = V_{цб.ш} \cdot \rho_{м.ж}.$$

где $V_{цб.ш}$ – объем центробежного шлакоуловителя;
 $m_{цб.ш}$ – масса центробежного шлакоуловителя;
 $\rho_{м.ж}$ – плотность жидкого металла.

6.2.3. Определение размеров питателей и литниковых ходов

Размеры питателя при расчете зависят от того, куда он будет присоединен. В случае присоединения его к прибыли рассчитывается по схеме (рис. 6.8): $\Sigma F_{\text{пит}} = \Sigma F_{\text{вых.цб.ш.}}$, т. е. рассчитывается площадь сечения литникового хода γ (рис. 6.6).

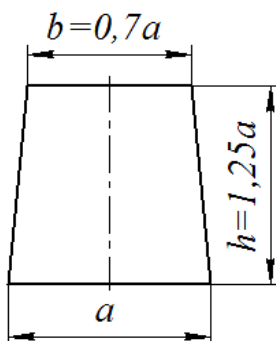


Рис. 6.8. Схема к определению размеров питателя

При известной площади сечения питателя его размеры можно вычислить из соотношений:

$$a = 0,97\sqrt{\Sigma F_{\text{цб}}}; \quad b = 0,679\sqrt{\Sigma F_{\text{цб}}}; \quad h = 1,2125\sqrt{\Sigma F_{\text{цб}}}.$$

При присоединении питателя непосредственно к отливке его минимальная высота рассчитывается по эмпирическому уравнению

$$h_{\text{min}} = 3,5 - 0,01[T_{\text{зал.мин}} - (1670 - 124C_{\text{эКВ}}) - 100],$$

где h_{min} – минимально возможная высота питателя, мм;

$T_{\text{зал.мин}}$ – минимальная температура заливки (по технологической карте), К;

$C_{\text{эКВ}}$ – углеродный эквивалент.

Высота литникового хода, подводящего металл к питателям и являющегося линейным шлакоуловителем, определяется из условия $h_{\text{л.х}} \geq 5h_{\text{пит}}$.

Размеры прибылей (поз. 8, на рис. 6.6) для питания отливок, рассчитываются по отдельной методике.

6.3. Расчет литниковых систем и прибылей для отливок из стали

При разработке технологии для стальных отливок вместо понятия «литниковая система» целесообразнее использовать понятие «литниково-питающая система». Это обусловлено тем, что одновременно с определением поверхности разъема и положения отливки в форме необходимо решать вопросы, связанные с питанием тепловых узлов для устранения возможности образования усадочной пористости.

К литниковым системам для стальных отливок предъявляют следующие требования [8]:

- длина литников должна быть минимальной, чтобы обеспечить лучшее заполнение формы;
- металл следует подводить в места отливки, нагрев которых способствует последовательному затвердеванию и питанию отливки;
- при заливке формы литники должны быть заполнены металлом, чтобы исключать инжекцию воздуха и газов из формы и растрескивания их в металле;
- при затвердевании литники не должны тормозить усадку отливки.

Для мелких и средних невысоких отливок используют подвод металла по разъему или сверху, для массивных отливок – снизу сифоном. Литниковые системы для стали отличаются коротким массивным литниковым ходом, отсутствием шлакоуловителей, установкой прибылей для питания усадки отливки. На литниковую систему с прибылями расходуется 25–50 % общей массы жидкой стали.

Суммарную площадь сечения питателей рекомендуется определять по формуле (6.1). Время t заполнения формы жидким металлом следует находить по формуле

$$t = S\sqrt[3]{\delta G},$$

где S – коэффициент времени;

δ – средняя толщина стенок, мм;

G – масса отливки с литниковыми прибылями, кг.

Коэффициент S зависит от толщины стенки, массы, конфигурации отливки и материала формы. Для отливки массой 500–1000 кг в формах из жидкостекольных смесей коэффициент S имеет следующие значения:

Толщина стенки отливки, мм	1	2	4	6
Коэффициент S	5	5	0	0
	1	1	1	1
	,3	,2	,1	,05

Для отливок, склонных к образованию внутренних напряжений, трещин и усадочных раковин, коэффициент S желательно увеличить на 0,1–0,2.

Найденное время рекомендуется проверять соотношением

$$u = H_{\text{отл}} / t,$$

где u – скорость подъема расплава в форме, м/с;

$H_{\text{отл}}$ – высота отливки.

При толщине стенок 7–10 мм скорость подъема u должна быть не менее 0,02 м/с; при $\delta = 10$ –40 мм $u \geq 0,01$ м/с; при $\delta \geq 40$ мм $u \geq 0,008$ м/с. Если полученное значение скорости окажется недостаточным, то нужно уменьшить время заливки или же изменить положение отливки в форме.

По Г.М. Дубицкому [8] соотношение сечений элементов литниковой системы должно быть для отливок:

– мелких $F_{\text{п}} : F_{\text{л.х}} : F_{\text{ст}} = 1,0 : (1,05 \div 1,2) : (1,1 \div 1,2);$

– средних $F_{\text{п}} : F_{\text{л.х}} : F_{\text{ст}} = (1 \div 1,5) : 1,0 : (1,05 \div 1,2);$

– крупных $F_{\text{п}} : F_{\text{л.х}} : F_{\text{ст}} = (1,0 \div 2,0) : (1,0 \div 2,0) : 1,0,$

где $F_{\text{л.х}}$ – поперечное сечение литникового хода.

Согласно ГОСТ 3.1125–88 прибыль обозначают порядковым номером на полке линии-выноски, перед которым ставят слово «Прибыль».

Прибыли ставят на самые массивные части отливки. Прямые открытые прибыли, помимо своего основного назначения – питания отливки – служат как бы резервуаром для всплывания неметаллических включений (засоров). Отводные прибыли используют для питания узла отливки в тех случаях, когда нельзя поставить прямую прибыль без изменения конфигурации отливки. Для облегчения отделения прибылей применяют специальные тонкие керамические

пластинки, которые быстро прогреваясь, не охлаждают перешеек между отливкой и прибылью и не препятствуют перетеканию металла из прибыли в отливку, но создают своеобразный надрез, позволяющий легко отделять прибыль от отливки.

Расчет и построение прибылей основаны на принципах, сформулированных В.Е. Грум-Гржимайло [8]:

- прибыль должна затвердевать позже питаемого ею узла отливки;
- объем $V_{\text{пр}}$ должен быть достаточным для питания усадки теплового узла отливки;
- высота прибыли $H_{\text{пр}}$ должна быть достаточной для размещения в прибыли усадочной раковины.

При проектировании технологии питания отливки необходимо определить места установки прибылей, их размеры и число. Тепловые узлы в отливке определяют методом вписанных окружностей. Размеры и количество прибылей для питания теплового узла определяют на основании обобщения практических данных. Й. Пржибыл [8] установил, что объем V_p усадочной раковины составляет 1/10 объема $V_{\text{пр}}$ прибыли для открытых прибылей и 1/8 $V_{\text{пр}}$ – для закрытых. Объем прибыли находим по формуле

$$V_{\text{пр}} = [\beta/(\alpha - \beta)] V_{\text{отл}},$$

где β – коэффициент объемной усадки металла;

$\beta \approx 3\varepsilon_{\text{л}}$ – линейная усадка металла;

α – 1/8 или 1/10, в зависимости от типа прибыли;

$V_{\text{отл}}$ – объем питаемого узла отливки.

Площадь основания прибыли ($F_{\text{о.пр}}$), примыкающего к питаемому узлу отливки, рекомендуется принимать более площади ($F_{\text{отл}}$) сечения питаемого узла отливки в месте установки прибыли:

$$F_{\text{о.пр}} = (1,2 \dots 1,3) F_{\text{отл}}.$$

Зная объем $V_{\text{пр}}$ и площадь основания $F_{\text{о.пр}}$ определяем ее высоту

$$H_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} / F_{\text{о.пр}}.$$

Более точно объем прибыли можно рассчитать, если воспользоваться коэффициентом прибыли $K_{\text{п}}$. Он определяется эксперимен-

тально и равен отношению объема прибыли $V_{\text{пр}}$ к объему усадочной раковины $V_{\text{у.р.}}$:

$$K_{\text{п}} = V_{\text{пр}} / F_{\text{о.пр.}}$$

В этом случае объем прибыли определяется по формуле

$$V_{\text{пр}} = \frac{\beta \cdot K_{\text{п}}}{1 - \beta K_{\text{п}}} \cdot V_{\text{отл.}}$$

Данные для вычислений с помощью приведенной формулы приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Значения суммарной усадки β и коэффициента прибыли $K_{\text{п}}$ для различных сплавов и прибылей [1]

Сплав	β	$K_{\text{п}}$ для прибылей				
		откры- тых	закры- тых	при залив- ке в авто- клаве	теплоизоли- рованных	экзотер- мических
Средне- углероди- стая сталь	0,05	9–12	7,5–9,0	5,5–7,0	6,0–7,5	4,5–5,0
Высоко- прочный чугун	0,045– 0,060					
АК 12 АК 5М АК 94	0,030– 0,035 0,045– 0,049 0,032– 0,034	8,0–10,0	6,0–9,0	5,0–6,0	5,0–6,0	3,0–4,0
Латунь ЛЦ 40С1	0,06– 0,065	10,0	9,0	6,7	7,0–8,0	5,0

6.4. Особенности расчета литниковых систем для отливок, склонных к пленообразованию

Алюминиевые, магниевые, некоторые медные сплавы, а также легированные стали склонны к образованию плен, окислению и вспениванию. С целью обеспечения минимально допустимой тур-

булентности потока при течении металла по каналам литниковой системы и в полости формы и предотвращения образования названных явлений используют расширяющиеся литниковые системы. При этом скорость потока металла в стояке (узком сечении) не должна превышать максимально допустимую, значение которой для стояка разных диаметров и отливок из алюминиевых сплавов приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Максимальные допустимые скорости потока в стояках, рекомендованные для высот и масс отливок из Al-сплавов

H'_0 , мм	m'_0 , кг	Круглые стояки		Прямоугольные стояки	
		$d_{ст.н}$, мм	$v_{ст.маx}$, см/с	$a \times b$, мм	$v_{ст.маx}$, см/с
До 200	До 10	10	261	13 × 6	318
До 1000	Любая масса	12	218	16 × 7	268
До 850		14	186	19 × 8	232
До 750	Свыше 20	16	163	20 × 10	197
До 650		18	145	21 × 12	170
До 550		20	130	26 × 12	159
До 400		22	118	29 × 13	143
До 350	Свыше 50	24	108	30 × 15	130
До 300		26	100	31 × 17	118
До 250	Свыше 100	28	93	32 × 19	107
До 200		30	87	32 × 22	100

H'_0 , m'_0 – соответственно высота и масса отливки с прибылями.

Последовательность расчета литниковых систем для отливок из алюминиевых сплавов может быть принята следующей [1]:

1) определяют суммарную площадь $\sum F_{н\delta}$ сечения стояка (узкого сечения) по уравнению (6.1). При этом продолжительность заливки $\tau_{зал.ф}$ вычисляют по эмпирическому уравнению

$$\tau_{за\delta} = 4,5m_{\delta}^{0,38};$$

2) определяют скорость $v_{ст}$ потока металла в стояке по уравнению

$$v_{\text{н\ddot{o}}} = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H},$$

где $\mu = 0,55 \dots 0,8$;

H – металлостатический напор (высота стояка);

3) выбирают диаметр (диаметры) стояков: по найденной скорости $v_{\text{ст}}$ определяют диаметр стояка из условия $v_{\text{ст}} \leq v_{\text{ст, max}}$, используя данные табл. 6.3;

4) определяют, стояки каких диаметров удовлетворяют условию п. 3. Любой из найденных диаметров может быть использован в литниковой системе. Выбирают один из диаметров $d_{\text{ст}}$ и определяют его площадь

$$F_{\text{н\ddot{o}}} = \pi \cdot d_{\text{н\ddot{o}}}^2 / 4;$$

5) определяют число стояков $n_{\text{ст}}$ из отношения площадей:

$$n_{\text{н\ddot{o}}} = \sum F_{\text{н\ddot{o}}} / F_{\text{н\ddot{o}}}.$$

Полученное значение округляют до ближайшего целого значения;

6) выбирают соотношения площадей стояка, литникового хода, питателя:

$$\sum F_{\text{н\ddot{o}}} : \sum F_{\text{л.х}} : \sum F_{\text{пит}} = 1 : 2 : 3 \text{ – для мелких отливок};$$

$$\sum F_{\text{н\ddot{o}}} : \sum F_{\text{л.х}} : \sum F_{\text{пит}} = 1 : 3 : 4 \text{ – для средних отливок};$$

$$\sum F_{\text{н\ddot{o}}} : \sum F_{\text{л.х}} : \sum F_{\text{пит}} = 1 : 4 : 6 \text{ – для крупных отливок};$$

7) определяют суммарную площадь сечения литникового хода и питателей:

$$\sum F_{\text{л.х}} = \sum F_{\text{н\ddot{o}}} \cdot K_{\text{л.х}};$$

$$\sum F_{\text{пит}} = \sum F_{\text{н\ddot{o}}} \cdot K_{\text{пит}},$$

$$\text{где } K_{\text{л.х}} = \frac{\sum F_{\text{л.х}}}{\sum F_{\text{ст}}}; \quad K_{\text{пит}} = \frac{\sum F_{\text{пит}}}{\sum F_{\text{ст}}}.$$

8) определяют площади одного из одинаковых литниковых ходов и питателей по уравнениям:

$$F_{i\ddot{e}.\ddot{o}} = \frac{\sum F_{\ddot{e}.\ddot{o}}}{n_{\ddot{e}.\ddot{o}}}; \quad F_{\ddot{n}\ddot{e}\ddot{o}} = \frac{\sum F_{i\ddot{e}\ddot{o}}}{n_{i\ddot{e}\ddot{o}}};$$

9) вычисляют размеры трапецидального литникового хода, используя следующие соотношения:

высота

$$h_{iл.х} = \sqrt{F_{iл.х}/0,68};$$

нижнее основание

$$a_{i\ddot{e}.\ddot{o}} = h_{i\ddot{e}.\ddot{o}}/1,25;$$

верхнее положение

$$b_{i\ddot{e}.\ddot{o}} = 0,7 \cdot a_{i\ddot{e}.\ddot{o}};$$

10) находят размеры прямоугольных питателей:

площадь одного питателя

$$F_{\ddot{n}\ddot{e}\ddot{o}} = \sum F_{i\ddot{e}\ddot{o}} / n_{i\ddot{e}\ddot{o}};$$

высота

$$h_{\ddot{n}\ddot{e}\ddot{o}} = h_{i\ddot{e}.\ddot{o}}/3,25;$$

размеры поперечного сечения

$$a_{\ddot{n}\ddot{e}\ddot{o}} = b_{\ddot{n}\ddot{e}\ddot{o}} = F_{\ddot{n}\ddot{e}\ddot{o}} / h_{\ddot{n}\ddot{e}\ddot{o}}.$$

Алюминиевые сплавы с узким интервалом кристаллизации (АК12, АК9) предрасположены к образованию концентрированных усадочных раковин в тепловых узлах отливок. Для выведения этих раковин за пределы отливок широко используют установку массивных прибылей. Для тонкостенных (4–5 мм) и мелких отливок масса прибылей в 2–3 раза превышает массу отливок, для толстостенных – в 1,5 раза. Высоту прибыли выбирают в зависимости от высоты отливки. При высоте менее 150 мм высоту прибыли принимают равной высоте отливки. Для более высоких отливок отношение высоты прибыли к высоте отливки принимают равным 0,3–0,5. Отно-

шение высоты прибыли к ее толщине составляет в среднем 2–3. Наибольшее применение при литье алюминиевых сплавов находят верхние открытые прибыли круглого и овального сечения; боковые прибыли в большинстве случаев делают закрытыми.

Сплавы с широким интервалом кристаллизации (АК5М2, АКМ7) склонны к образованию рассеянной усадочной пористости.

Для получения качественных отливок из указанных сплавов осуществляют направленную кристаллизацию, используя для этой цели установку холодильников. При литье цветных сплавов применяют только наружные холодильники, которые выполняют из чугуна, стали, меди и медных сплавов, алюминия и графита. Их устанавливают на соответствующие места модели при изготовлении литейных форм. Толщину холодильников принимают равной 0,6–0,8 от толщины охлаждаемого узла.

Расположение и основные размеры прибылей, а также расположение холодильников приведены в работе [10].

7. МОДЕЛЬНО-ОПОЧНАЯ ОСНАСТКА

7.1. Модельные плиты, штыри и втулки

Металлические модельные плиты для встряхивающих формовочных машин под опоки с размерами в свету от 400 × 300 мм до 2500 × 2000 мм, в том числе для формовочных машин с допрессовкой и поворотом полуформ, изготавливаются в соответствии с ГОСТ 20084–74 – ГОСТ 20121–74 [11]. Определяющими параметрами при выборе модельных плит являются размеры опоки в свету и межштыревое расстояние. Для повышения жесткости и прочности с тыльной стороны модельные плиты снабжены ребрами, размеры и расположение которых зависят от назначения модельных плит.

Для точной установки опоки на модельной плите имеются два штыря: круглый (центрирующий, ГОСТ 20122–74, рис. 7.1, табл. 7.1) и квадратный (направляющий, ГОСТ 20123–74, рис. 7.2, табл. 7.2), либо две втулки: круглая (центрирующая, ГОСТ 20126–74, рис. 7.3, табл. 7.3) и прорезная (направляющая, ГОСТ 20127–74, рис. 7.4, табл. 7.4).

Опоки для машинной и ручной формовки, их конструкция, размеры, назначение приведены в ГОСТ 14996–69 – ГОСТ 15018–69 (цельнолитые стальные) [12].

Втулки центрирующие (рис. 7.5, табл. 7.5) и направляющие (рис. 7.6, табл. 7.6) для опок несколько отличаются от втулок для модельных плит и выполняются в соответствии с ГОСТ 15019–69. Направляющие втулки имеют два исполнения.

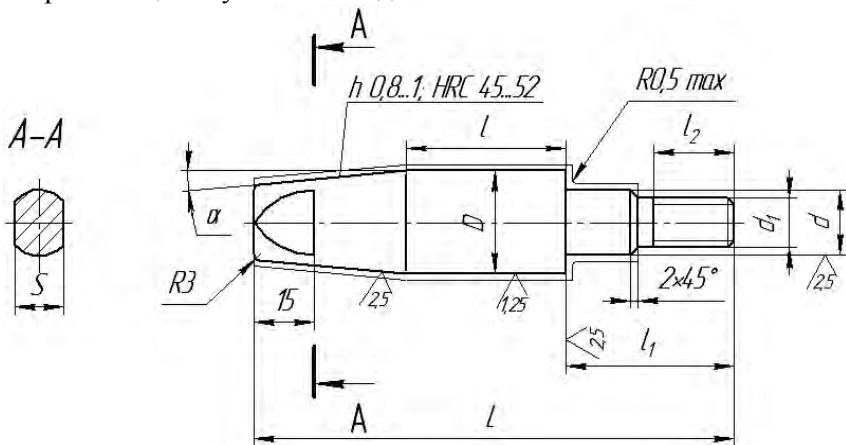


Рис. 7.1. Штырь центрирующий для модельных плит

Таблица 7.1

Размеры штыря (см. рис. 7.1)

Средний габаритный размер опок в свету $L+B$	D	L	l	l_1	l_2	d	d_1	S	α
До 750	25	120	40	42	20	16	M12	19	5°
		160	70						3°
		200	100						2°
Св. 750 до 1500	30	130	50	52	28	20	M16	22	5°
		170	80						3°
		210	110						2°
Св. 1500 до 2500	36	170	60	65	30	25	M20	24	5°
		240	100						2°
Св. 2500 до 5000	40	210	70	75	35	32	M24	27	5°

		280	120						2°
--	--	-----	-----	--	--	--	--	--	----

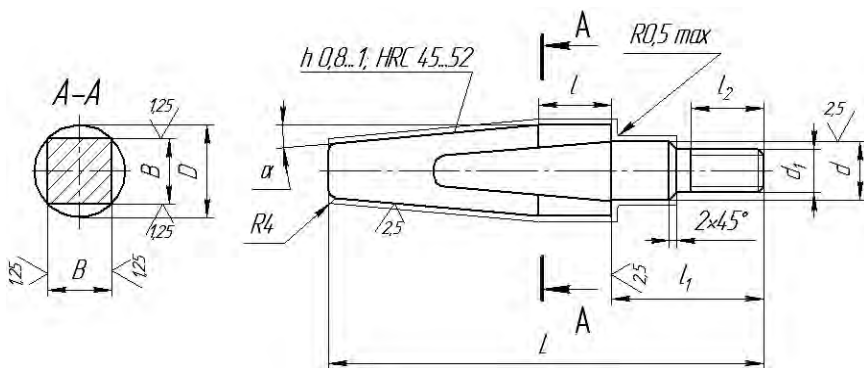


Рис. 7.2. Штырь направляющий для модельных плит

Таблица 7.2

Размеры штыря (см. рис. 7.2)

Средний габаритный размер опок в свету $L+B$	B	L	l	l_1	l_2	D	d	d_1	S	α
До 750	25	120	20	42	20	30	16	M12	19	5°
		160	40							3°
		200	60							2°
Св. 750 до 1500	30	130	30	52	22	35	20	M16	22	5°
		170	50							3°
		210	70							2°
Св. 1500 до 2500	36	170	40	65	25	40	23	M20	24	5°
		240	60							2°
Св. 2500 до 5000	40	210	50	75	32	45	32	M24	27	5°
		280	80							2°

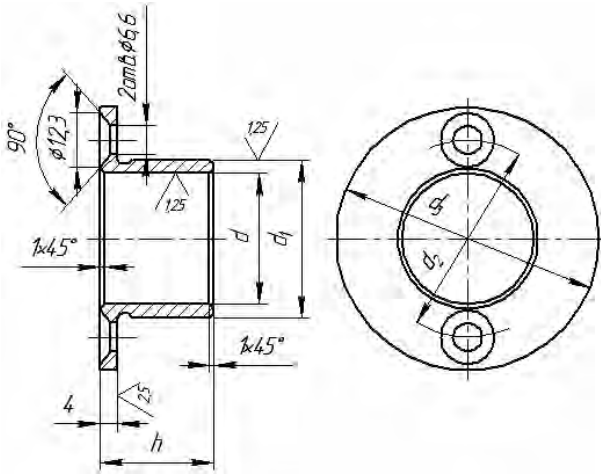


Рис. 7.3. Втулка центрирующая для модельных плит

Таблица 7.3

Размеры втулки (см. рис. 7.3)

d	d_1	d_2	d_3	h
25	30	42	56	20
30	36	48	60	26

ИСПОЛНЕНИЕ 1

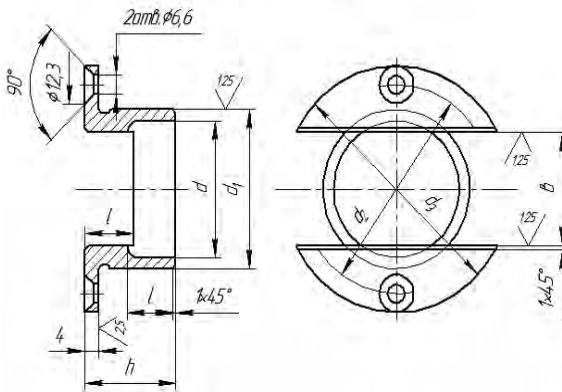


Рис. 7.4. Втулка направляющая для модельных плит

исполнение 2

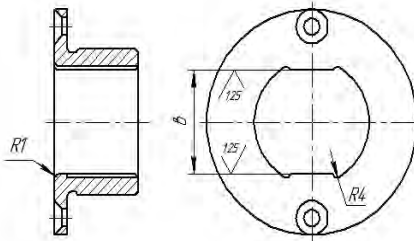


Рис. 7.4. Окончание

Таблица 7.4

Размеры втулки (см. рис. 7.4)

ϵ	d	d_1	d_2	d_3	h	l
25	30	36	48	60	20	11
30	36	42	55	65	26	14

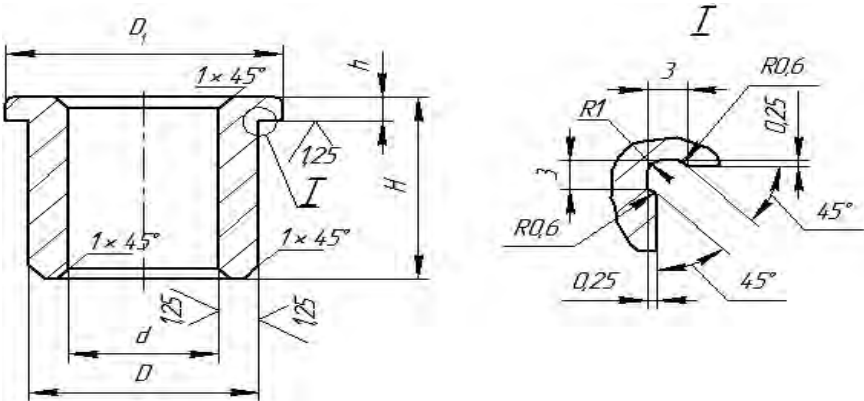


Рис. 7.5. Втулка центрирующая для стальных и чугунных опок

Таблица 7.5

Размеры втулок (см. рис. 7.5)

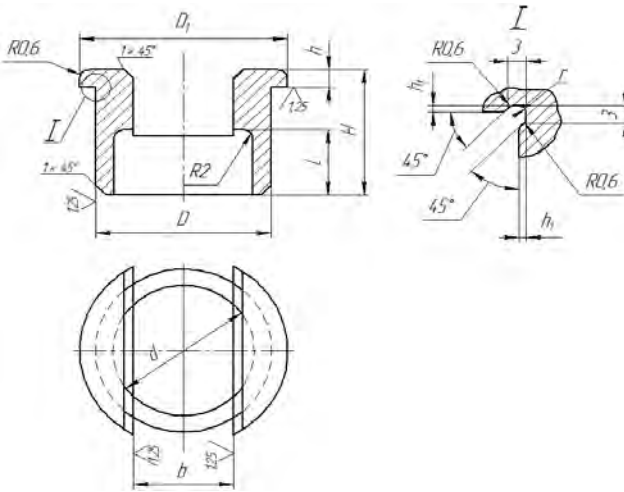
Средний габаритный размер опок $L+B$	d	Стальные опоки		Чугунные опоки		D_1	h	Масса, кг
	Номин.	D (пред. откл. по S6)	H	D (пред. откл. по n6)	H			
≤ 750	25	36	30	–	–	45	4	0,13
		–	–	36	36			0,15
751–1500	30	40	36	–	–	50	5	0,18
		–	–	40	40			0,20
1501–2500	36	45	40	–	–	55	5	0,23
		–	–	45	45			0,25
2501–5000	40	50	45	–	–	60	5	0,23
		–	–	50	50			0,31

Таблица 7.6

Размеры втулок (см. рис. 7.6)

Средний габаритный размер опок $\frac{L+B}{2}$	b	d	Стальные опоки		Чугунные опоки		D_1	h	Масса, кг	
	Номин.		H	l	H	l			исполнение	
									1	2
≤ 750	25	38	30	16	–	–	58	4	0,15	0,24
			–	–	36	19			0,18	0,27
751–1500	30	42	36	19	–	–	62	5	0,20	0,3
			–	–	40	21			0,23	0,33
1501–2500	36	50	40	21	–	–	70	5	0,28	0,42
			–	–	45	24			0,32	0,47
2501–5000	40	55	45	24	–	–	75	5	0,30	0,45
			–	–	50	26			0,36	0,52

Исполнение 1



Исполнение 2

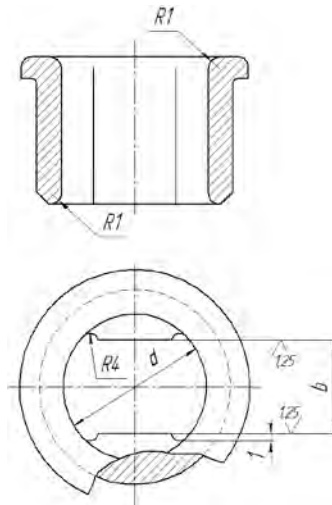


Рис. 7.6. Втулки направляющие

Опоки и модельные плиты для АФЛ существенно отличаются от опок и модельных плит, используемых для механизированных линий и индивидуальной формовки.

Опоки для АФЛ (рис. 7.7) представляют собой более жесткие, толстостенные и прочные конструкции по сравнению с обычными. Толщина стенок, буртиков примерно в 2 раза превышает аналогичные параметры обычных опок. В стенках опок нет газоотводящих отверстий и ребер. Для более плотного прилегания полуформ друг к другу ширина выступающего буртика по ладу опок составляет 15 мм, в то время как в обычных опоках выступающий буртик отсутствует, а общая ширина бурта для того же типа размера опок составляет 70 мм.

В обычных опоках элементы для сборки располагают в специальных приливах. В опоках для автоматических линий отсутствуют цапфы.

Втулки для сборки опок (центрирующая и направляющая) при сборке замораживаются до минус 60 °С. Элементы сборки опок расположены в буртиках. При этом в опоке верха, как правило, устанавливают штыри (фирма «Гизаг»), а в опоке – низа втулки. Как и в обычных опоках используют центрирующие и направляющие втулки (см. рис. 7.7, табл. 7.7), отличающиеся по конструкции от обычных.

Таблица 7.7

Размеры опок для АФЛ «Гизаг»

	A	B	C	D	E	F
1	$1150 \pm 0,5$	1000^{+2}_{-5}	800^{+2}_{-4}	$1350_{-0,8}$	$1099^{+0,4}_{-0,5}$	$840_{-0,5}$
2	$950 \pm 0,5$	800^{+2}_{-5}	700^{+2}_{-4}	$1050_{-0,8}$	$999^{+0,4}_{-0,5}$	$740_{-0,5}$

Опоки для других автоматических линий представлены на рис. 7.8–7.12.

Опоки современных автоматических линий (Henrich Wagner Sintto) отличаются по конструкции от обычных опок и опок для АФЛ, выпускавшихся ранее. Борты опок выполнены коробчатыми. Это придает им высокую прочность и жесткость. Внутренняя поверхность опок выполнена в виде ломаной линии, что позволяет ей надежно удерживать сформированный ком. Привычные борты по поверхности разъема отсутствуют (рис. 7.13).

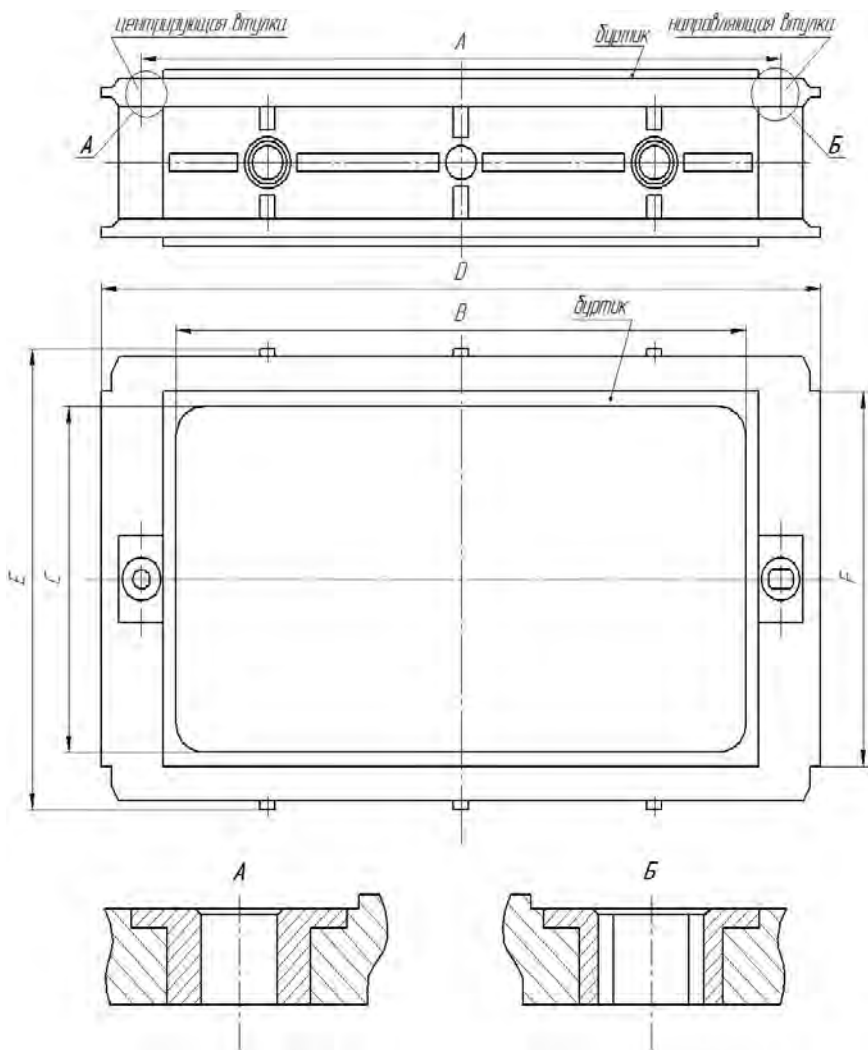


Рис. 7.7. Опока для АФЛ «Гизаг»

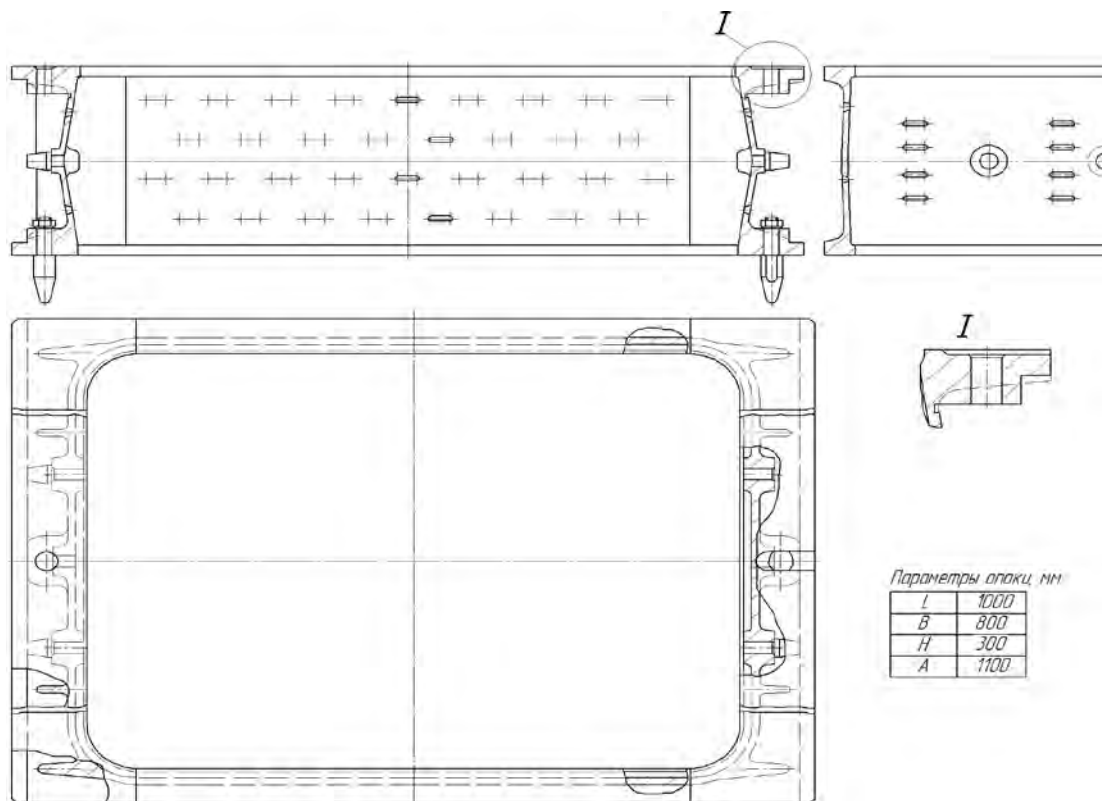


Рис. 7.8. Опока верха 1000×800

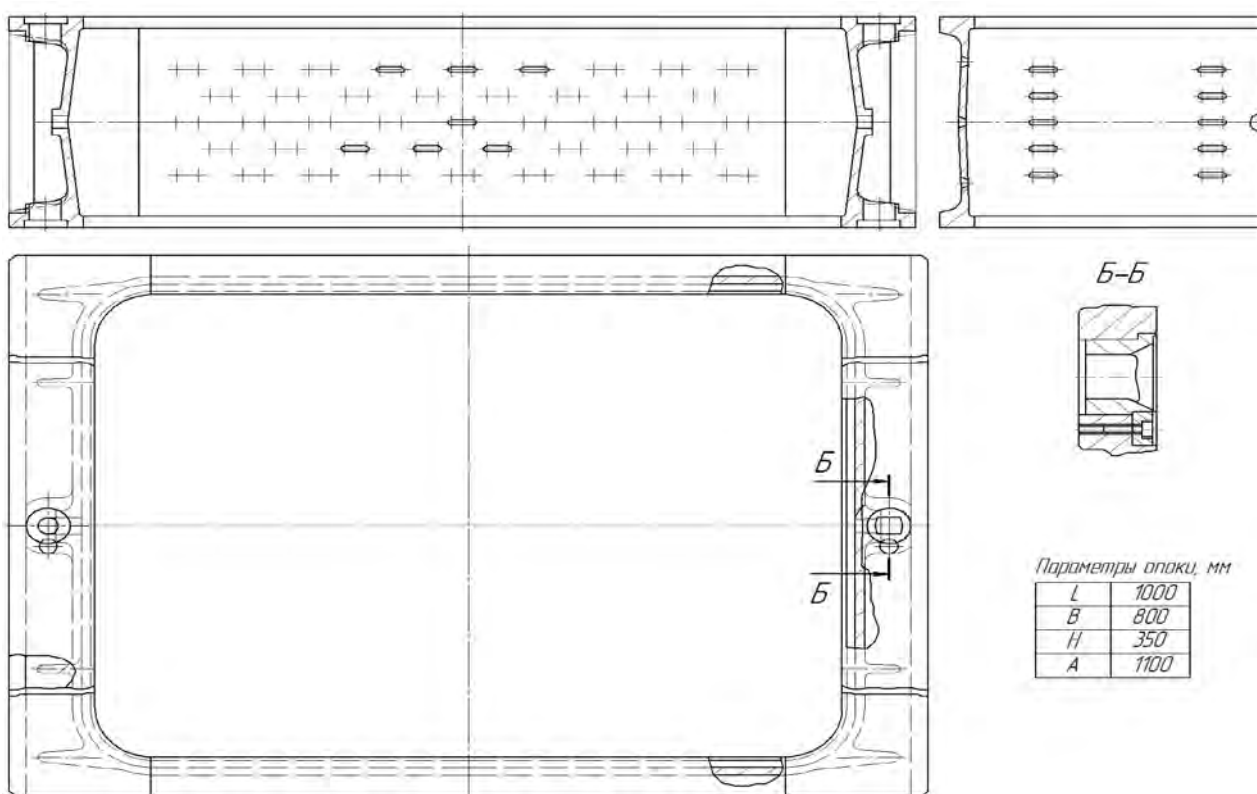


Рис. 7.9. Опока низа 1000×800

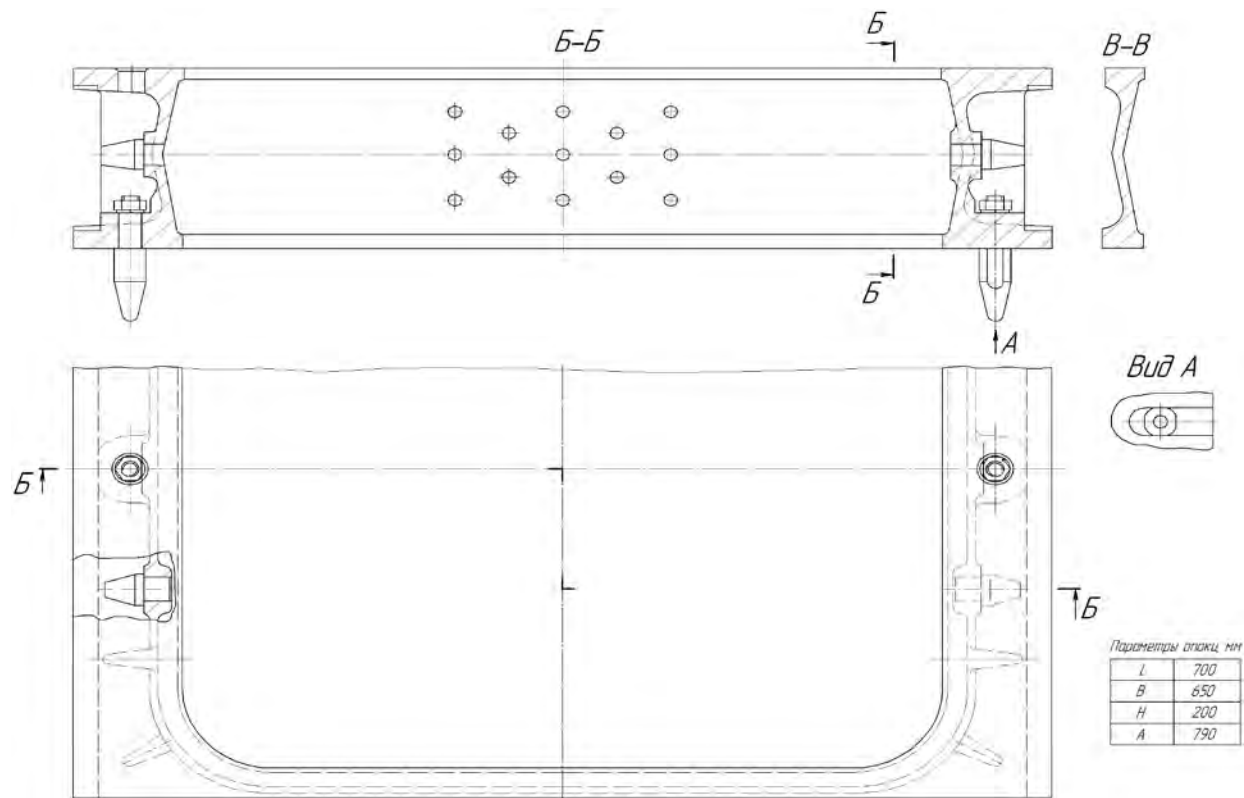


Рис. 7.10. Опока верха 700×650

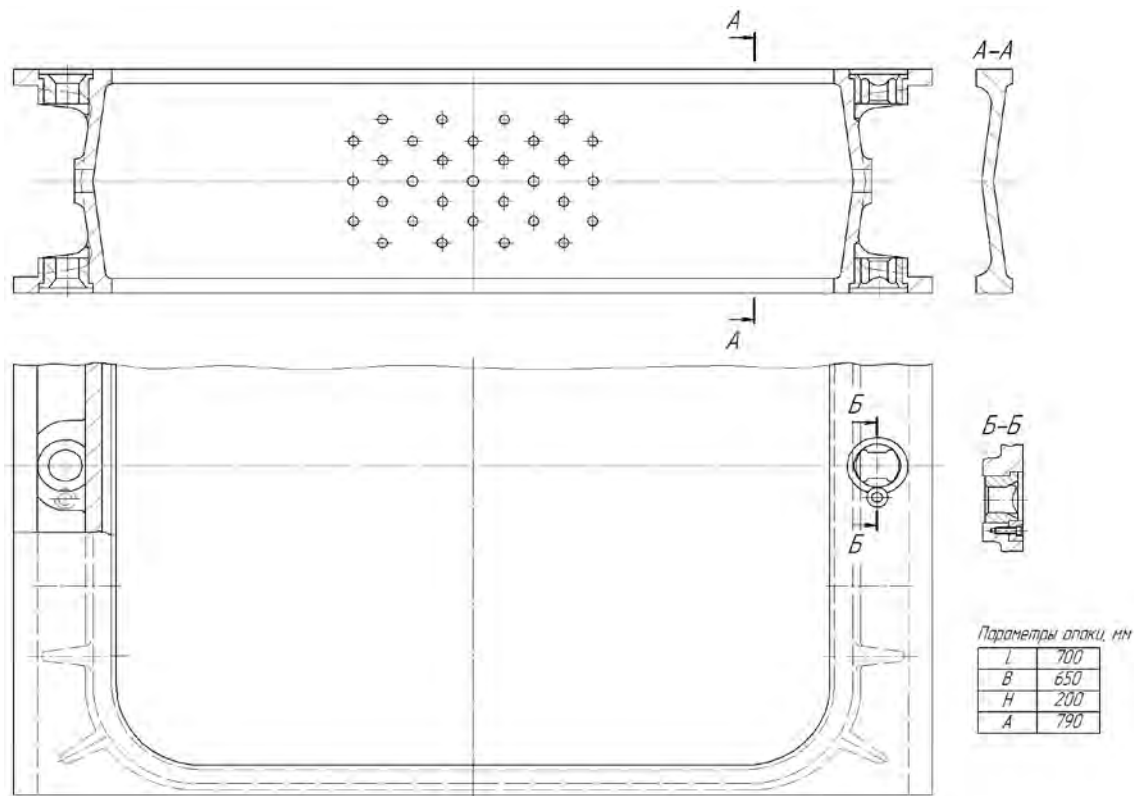


Рис. 7.11. Опока низа 700×650

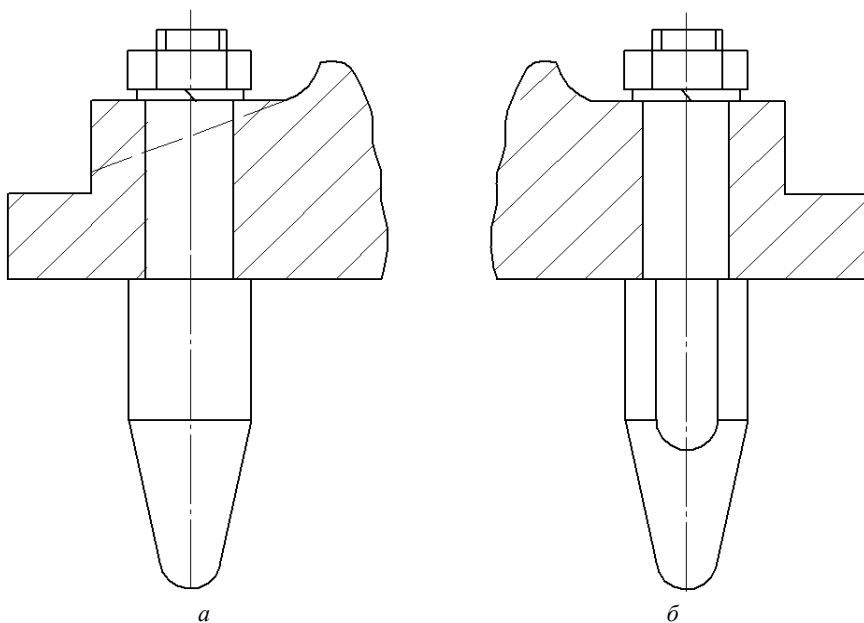


Рис. 7.12. Штырь:
а – центрирующий; *б* – направляющий

Спаривание опок производится с помощью направляющих и центрирующих штырей и втулок. Они расположены внутри коробчатых бортов. Следует отметить, что конструкции опоки верха и низа различаются. Спаривающие штыри, центрирующий и направляющий, расположены в опоке верха. В опоке низа установлены две пары втулок. Кроме этого каждая пара опок снабжена устройством скрепления опок для предотвращения «всплытия» верхней полужформы.

7.2. Модели. Фиксирование и крепление

Основными элементами формовочного комплекта при изготовлении формы для конкретной отливки являются модели и стержневые ящики. Они должны быть легкими и прочными. Поэтому их рекомендуется делать тонкостенными, усиливая ребрами жесткости (рис. 7.14).

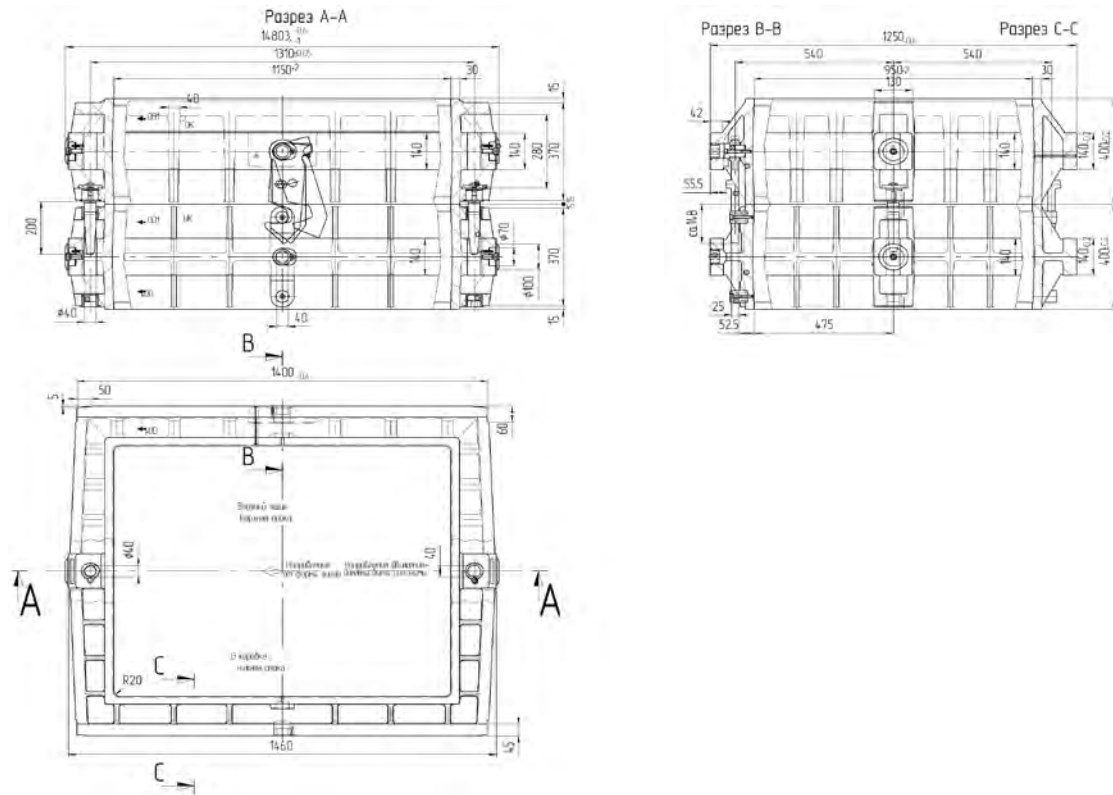


Рис. 7.13. Опора Henrich Wagner Sinto



Рис. 7.14. Борты и ребра жесткости моделей

Модели со средним габаритным размером до 160 мм выполняют сплошными.

Толщину стенок металлических моделей и стержневых ящиков определяют по ГОСТ 13138–67 с учетом используемого материала и среднего габаритного размера (табл. 7.8).

Таблица 7.8

Толщина стенок металлических моделей и стержневых ящиков

Материал	$(L + B)/2$ или D , мм			
	до 250	250–400	400–630	630–1000
Сплавы алюминия	$\frac{8}{8}^*$	$\frac{9}{10}$	$\frac{10}{12}$	$\frac{12}{15}$
Чугун	$\frac{6}{6}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{10}{12}$

* цифры в числителе – для моделей, в знаменателе – для стержневых ящиков.

Толщина ребер жесткости не должна превышать 0,8 толщины стенок моделей. Расстояние между ребрами назначают в пределах 60–250 мм в зависимости от предполагаемой нагрузки.

Конструкции металлических моделей следует выбирать по ГОСТ 21079–75 – ГОСТ 21087–75.

Величину бортов (см. рис. 7.14) в зависимости от среднего габаритного размера или диаметра определяют по ГОСТ 21079–75 [14] (табл. 7.9).

Для изготовления форм с «болванами», выступающими за пределы опоки используют так называемые «модели-фальшивки».

Размеры бортов «моделей-фальшивок» (рис. 7.15) должны соответствовать указанному в табл. 7.10.

Таблица 7.9

Размеры бортов моделей

Средний габаритный размер ($L+B$)/2 или D , мм	b , мм	h , мм	r , мм
До 250	20	16	6
Св. 250 до 400	25	16	6
Св. 400 до 630	32	16	6
Св. 630 до 1000	40	20	8

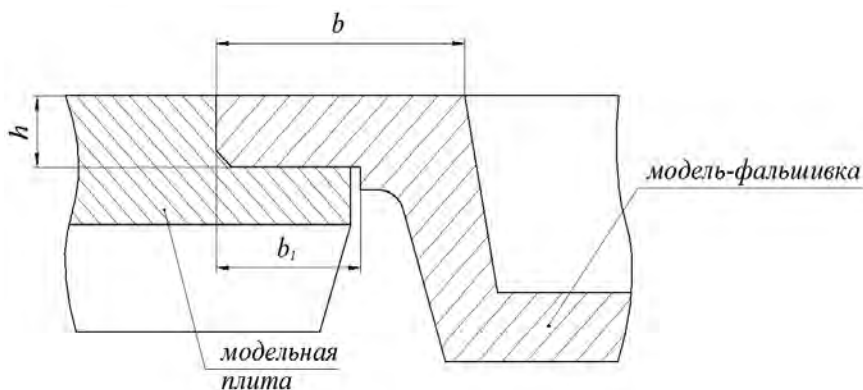


Рис. 7.15. Размеры бортов «моделей-фальшивок»

Таблица 7.10

Размеры бортов «моделей-фальшивок»

Средний габаритный размер ($L+B$)/2 или D , мм	b , мм	h , мм	r , мм
До 160	36	24	10
Св. 160 до 250	40	28	10
Св. 250 до 400	45	32	14
Св. 400 до 630	50	36	16
Св. 630 до 1000	67	50	20

Рекомендуемые варианты расположения ребер жесткости различных моделей приведены в приложении к ГОСТ 21079–75.

Для крепления на модельных плитах согласно ГОСТ 21080–75 на моделях предусматриваются специальные приливы (рис. 7.16).

Размеры приливов в зависимости от диаметра крепежных деталей приведены в табл. 7.11.

исполнение I

исполнение II



Рис. 7.16. Приливы на моделях

Таблица 7.11

Размеры приливов

Диаметр крепления деталей d , мм	r , мм	l , мм (не менее)	l_1 , мм (не менее)	h , мм
5	10	12	—	—
6	10	12	—	—
8	12	15	12	16
10	16	18	14	20
12	20	22	16	25
16	25	30	20	32

Согласно ГОСТ 21087–75 на формообразующих поверхностях моделей отверстия под головки винтов и болтов должны быть заделаны эпоксидной смолой с добавлением алюминиевой пудры. Допускается применение других материалов, обеспечивающих эксплуатационные качества моделей.

При монтаже вначале фиксируют модель на модельной плите с помощью штифтов, а затем закрепляют ее с использованием винтов, болтов или заклепок.

Фиксирование моделей штифтами на модельных плитах должно соответствовать ГОСТ 20340–74 [15] (рис. 7.17, табл. 7.12).

Длина штифтов определяется конструктивно.

Крепление моделей винтами на модельных плитах должно соответствовать ГОСТ 20341–75 (рис. 7.16, 7.18, табл. 7.13).

Длина винта определяется конструктивно.

Крепление моделей болтами на модельных плитах необходимо выполнять по ГОСТ 20342–74 (рис. 7.19, табл. 7.14).

Длина болта определяется конструктивно.

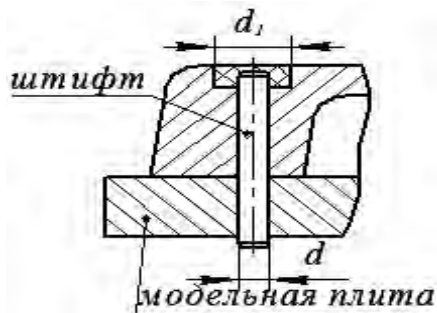


Рис. 7.17. Фиксирование моделей штифтами

Таблица 7.12

Фиксирование моделей штифтами

Средний габаритный размер ($L + B$)/2 или D , мм	d , мм	d_1 , мм	Штифт по ГОСТ 3128–70
До 400	6	8	$6m6 \times l^*$
Св. 400 до 630	8	10	$8m6 \times l$
Св. 630 до 1000	10	12	$10m6 \times l$

* l принимается конструктивно

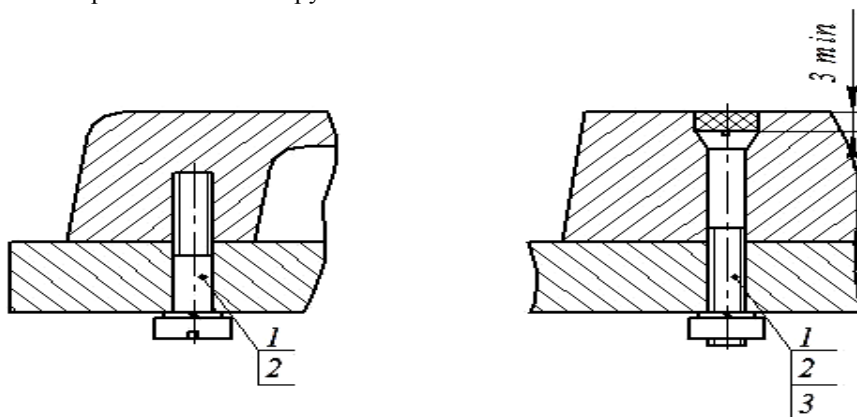


Рис. 7.18. Крепление моделей винтами

Таблица 7.13

Крепление модели винтами

Средний габаритный размер $(L + B)/2$ или D , мм	Поз. 1. Винт по ГОСТ 17475–80	Поз. 2. Гайка по ГОСТ 5927–70	Поз. 3. Шайба по ГОСТ 6402–70
До 160	M6	M6	6.65Г
Св. 160 до 250	M8	M8	8.65Г
Св. 250 до 400	M10	M10	10.65.Г
Св. 400 до 1000	M12	M12	12.65.Г

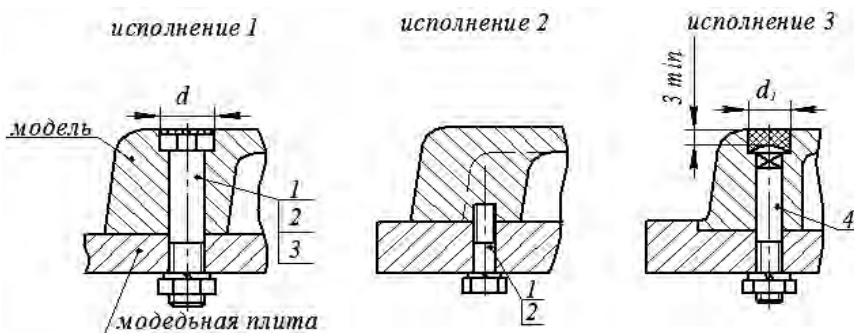


Рис. 7.19. Крепление моделей болтами

Таблица 7.14

Крепление моделей болтами

Средний габаритный размер $(L + B)/2$ или D , мм	d , мм	d_1 , мм	Поз. 1. Болт ГОСТ 7808–70	Поз. 2. Шайба ГОСТ 6402–70	Поз. 3. Гайка ГОСТ 5927–70	Поз. 4. Болт ГОСТ 7802–70
До 250	16	20	M8	8.65Г	M8	M8
св. 250 до 400	20	25	M10	10.65.Г	M10	M10
св. 400 до 630	25	32	M12	12.65.Г	M12	M12
св. 630 до 1000	32	40	M16	16.65.Г	M16	M16

Крепление моделей заклепками на модельных плитах выполняется в соответствии с ГОСТ 20343–74 (рис. 7.19, табл. 7.15).

Длина заклепки определяется конструктивно.

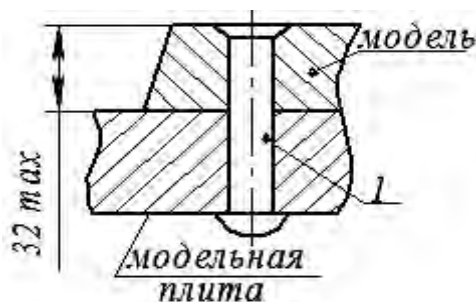


Рис. 7.20. Крепление моделей заклепками

Таблица 7.15

Крепление моделей заклепками

Средний габаритный размер ($L + B$)/2 или D , мм	Поз. 1. Заклепка по ГОСТ 10302–80
	Обозначение
До 160	$5 \times L$
Св. 160 до 250	$6 \times L$
Св. 250 до 400	$8 \times L$
Св. 400 до 1000	$15 \times L$

Места фиксирования и крепления моделей на модельных плитах должны располагаться преимущественно в углах и знаковых частях моделей на возможно большем расстоянии друг от друга.

Модель стояков и выпоров, фиксирование и крепление моделей литниковой системы штырями на модельных плитах должно соответствовать ГОСТ 20345–74 (рис. 7.21, табл. 7.16).

При использовании автоматических формовочных линий модель стояка устанавливается на модельной плите стационарно и сужается кверху.

Для удаления газов из полости литейной формы и для контроля ее заполнения металлом используются газоотводные выпоры. Они устанавливаются на самой высокой или удаленной поверхности модели. Конструкция и размеры газоотводных выходов должны соответствовать ГОСТ 21085–75 [14]. На рис. 7.22 приведены конструк-

ции выпоров, в табл. 7.17 – выдержки из ГОСТ по основным размерам.

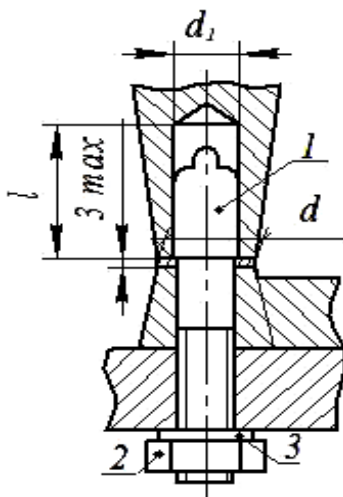


Рис. 7.21. Фиксирование модели стояка

Таблица 7.16

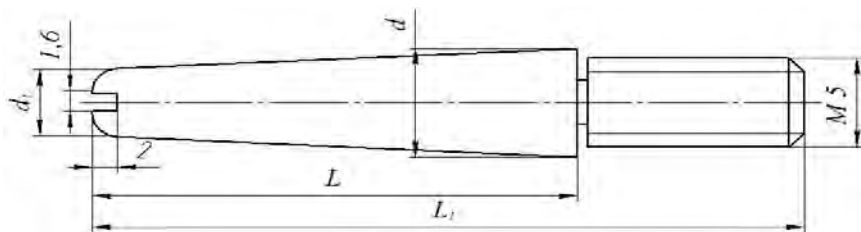
Фиксирование модели стояка

Диаметр модели стояка или выпора d , мм	d_1 , мм	l не менее	Поз. 1.	Поз. 2.	Поз. 3.
			Штырь по ГОСТ 20348-74	Гайка по ГОСТ 5927-70	Шайба по ГОСТ 6402-70
Обозначение					
До 25	12	35	0298-1371	M8	8.65Г
Св. 25 до 36	16	40	0298-1372	M10	10.65Г
Св. 36 до 60	20	50	0298-1373	M12	12.65Г

В приложении к ГОСТ 21085-75 приведены примеры установки газоотводных выпоров.

При изготовлении отливок из сплавов, обладающих высокой объемной усадкой, необходимо использовать прибыли. Различают открытые прибыли, сообщающиеся с атмосферой, и закрытые, находящиеся внутри формы. Конструкция и крепления открытых и закрытых прибылей приведены в ГОСТ 21084-75 [14].

Для d до 10 мм



Для d св. 10 мм

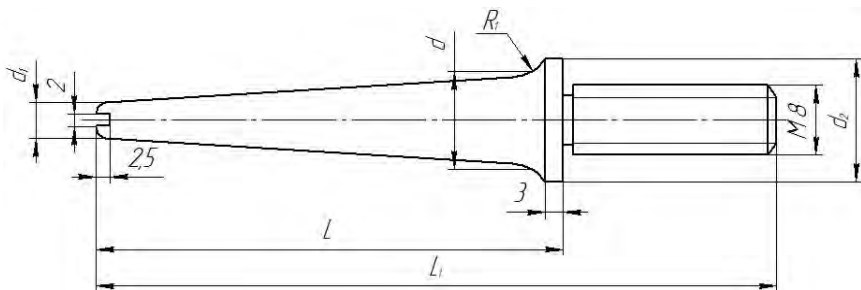


Рис. 7.22. Конструкции выпоров

Таблица 7.17

Основные размеры выпоров

d , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	L , мм	L_1 , мм
8	5	—	40–63	55–93
10	5	—	63–90	78–120
12	6	16	63–160	78–190
16	10	20	71–200	86–230

8. КОМПОНОВКА МОДЕЛЕЙ НА МОДЕЛЬНОЙ ПЛИТЕ

При компоновке моделей на модельных плитах необходимо стремиться к максимальному использованию объема опок, т. е. размещению в форме по возможности большего количества полостей для получения отливок. Одновременно следует учитывать тип литниковой системы, расположение отдельных ее элементов, возможность продавливания металлом формы при ее заполнении, прорыва металла по поверхности разреза. Схема размещения отливок в форме, позволяющая учитывать указанные параметры для случая опочной формовки, приведена на рис. 8.1, а данные для определения размеров опок – в табл. 8.1. Для безопочной формовки с вертикальной поверхностью разреза рекомендации по размещению моделей приведены на рис. 8.2 и в табл. 8.2 [1].

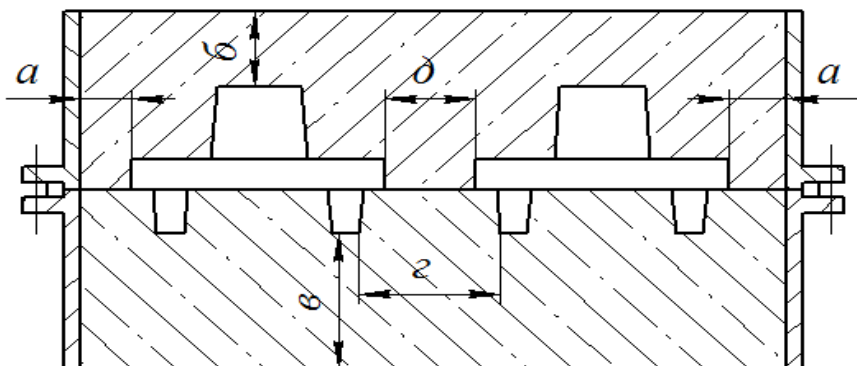


Рис. 8.1. Схема размещения отливок в форме

Таблица 8.1

Граничные размеры в соответствии с рис. 8.1, мм

Отливки	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Мелкие (до 10 кг)	20–30	35–60	50–75	0,3 высоты модели в полуформе	0,5 высоты модели в полуформе
Средние (10–50 кг)	50–75	75–100	110–125		
Крупные (более 50 кг)	125–175	150–200	175–200	–	–

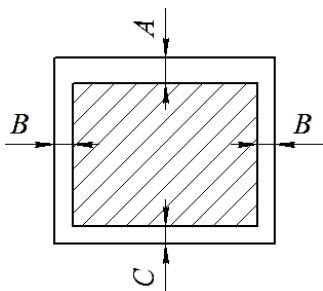


Рис. 8.2. Размещение моделей для безопасной формовки с вертикальной поверхностью разъема

Таблица 8.2

Граничные размеры в соответствии с рис. 8.2

Толщина стенки отливки, мм	Наибольшая высота модели, мм	мм		
		A	B	C
До 10	До 50	70	30	30
20–25	До 50	70	70	60
	100–150		90	80
	200–250		110	100
Свыше 25	До 50	70	80	70
	100–150		100	90
	200–250		120	110

Например: в форме, состоящей из 2 опок размерами в свету 400×500 мм и высотой 150 мм, необходимо расположить оптимальное количество отливок (рис. 8.3) с принятой поверхностью разъема и положением отливки в форме.

Для случая изготовления отливки из серого чугуна литниковая система, как правило, состоит из стояка, шлакоуловителей и питателей. С учетом этого, а также приведенных выше рекомендаций определим максимально возможное количество отливок в форме с размером опоки в свету 500×400 мм и высотой 150 мм.

При расположении моделей по варианту 1 (рис. 8.4) по длине опоки L можно вместить 4 ряда моделей с размером 70 мм на длине 490 мм, а по ширине опоки – два ряда моделей с размером 80 мм и литниковую систему на длине 270 мм. Здесь размер 50 мм обусловлен примерной шириной шлакоуловителя 20 мм и длиной питателей

15 мм (для мелких отливок). В этом случае полезный объем опоки по ширине использован не полностью.

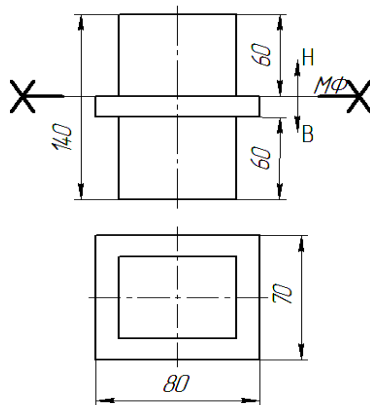


Рис. 8.3. Чертеж отливки

Вариант 1

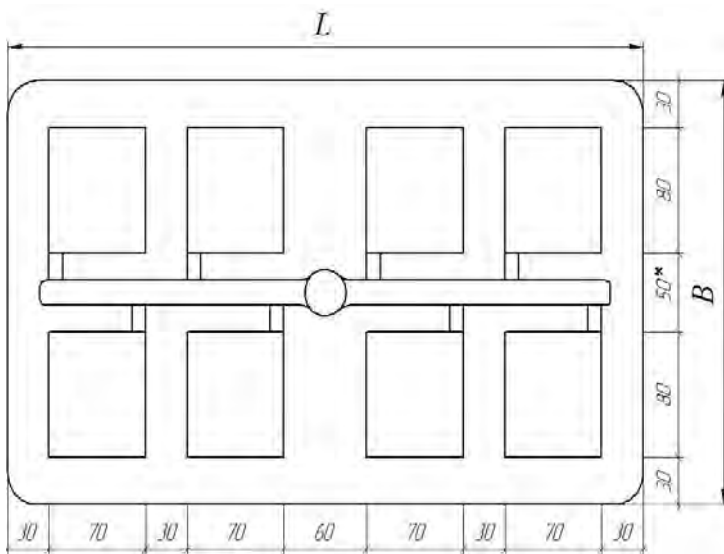


Рис. 8.4. Схема расположения моделей на модельной плите по варианту 1

При расположении моделей по варианту 2 (рис. 8.5) по длине опоки L вмещается 4 ряда моделей на длине, равной 510 мм. Но расстояние между отливкой и опокой можно принять равным 25 мм и тогда модели с литниковой системой размещаются на длине 500 мм. По ширине опоки B на длине, равной 400 мм, размещается 3 ряда моделей и литниковая система со стоячком. По второму варианту, как следует из приведенных схем, в том же объеме формы расположено на 4 отливки больше.

Высота опок 150 мм позволяет расположить отливки в форме согласно принятой схеме.

Вариант 2

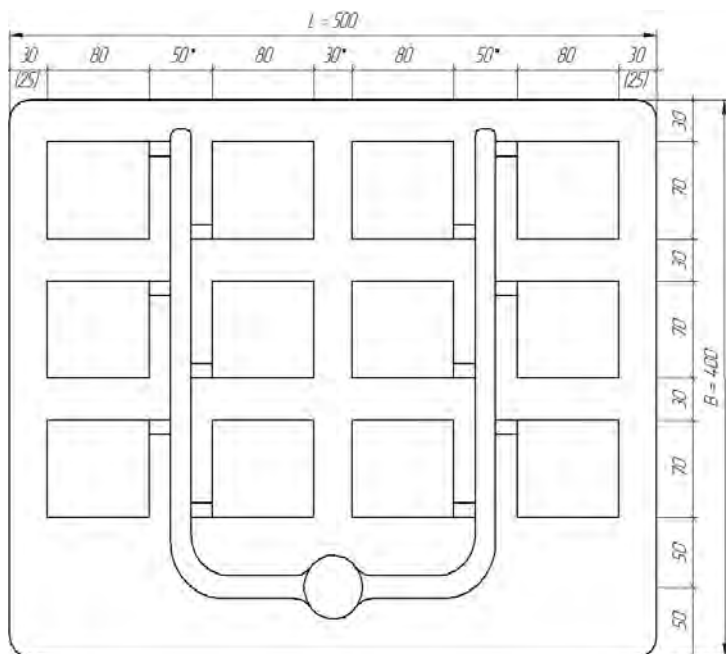


Рис. 8.5. Схема расположения моделей на модельной плите по варианту 2

9. РАСЧЕТ ГРУЗА

Собранная из двух опок форма скрепляется при помощи скоб, струбцин либо нагружается дополнительно грузом. Это необходимо для того, чтобы предотвратить всплытие верхней полуформы в процессе заливки и ухода расплава из полости формы по плоскости разъема.

Вес груза, кН, который устанавливается на верхнюю платформу, определяется по формуле [8]

$$P = k \cdot \gamma \cdot F \cdot h + (\gamma - \gamma_{\text{но}}) \cdot V_{\text{но}} - Q_{\text{а.т}},$$

где k – коэффициент, учитывающий гидравлический удар металла в момент окончания заливки, принимаем равным 1,3–1,5;

γ – удельный вес жидкого металла, кН/м³;

F – площадь горизонтальной проекции отливки с литниковой системой на полуформу верха, м²;

h – среднее расстояние от отливки в верхней полуформе до уровня расплава в литниковой чаше (воронке), м;

$\gamma_{\text{ст}}$ – удельный вес стержня, кН/м³;

$V_{\text{ст}}$ – объем стержня, м³;

$Q_{\text{в.п}}$ – вес верхней полуформы, кН.

Первое слагаемое в уравнении определяет подъемную силу расплава, действующую на верхнюю полуформу. Эта сила равна весу воображаемого столба расплава над верхней частью отливки высотой до уровня расплава в литниковой чаше.

Второе слагаемое численно равно выталкивающей силе, действующей на верхнюю полуформу через стержень и определяемой с учетом объема жидкости, вытесненной стержнем, и силы тяжести стержня.

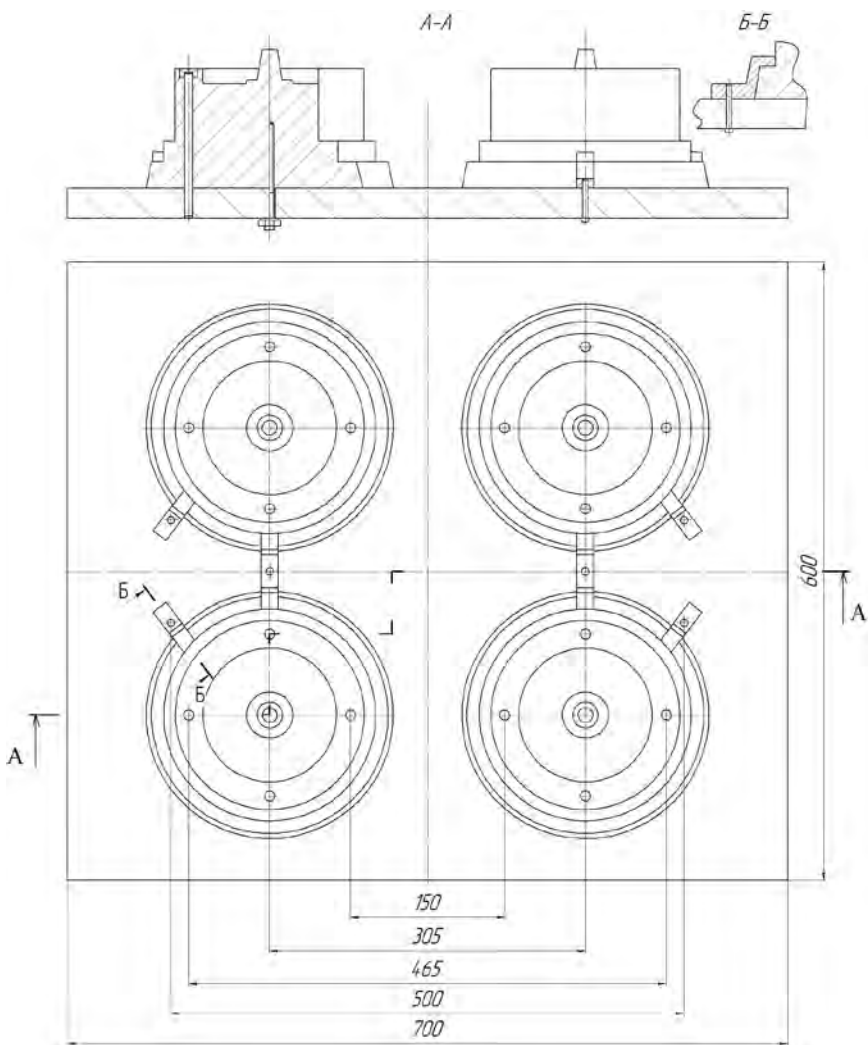


Рис. 10.2. Монтаж моделей на модельной плите низа

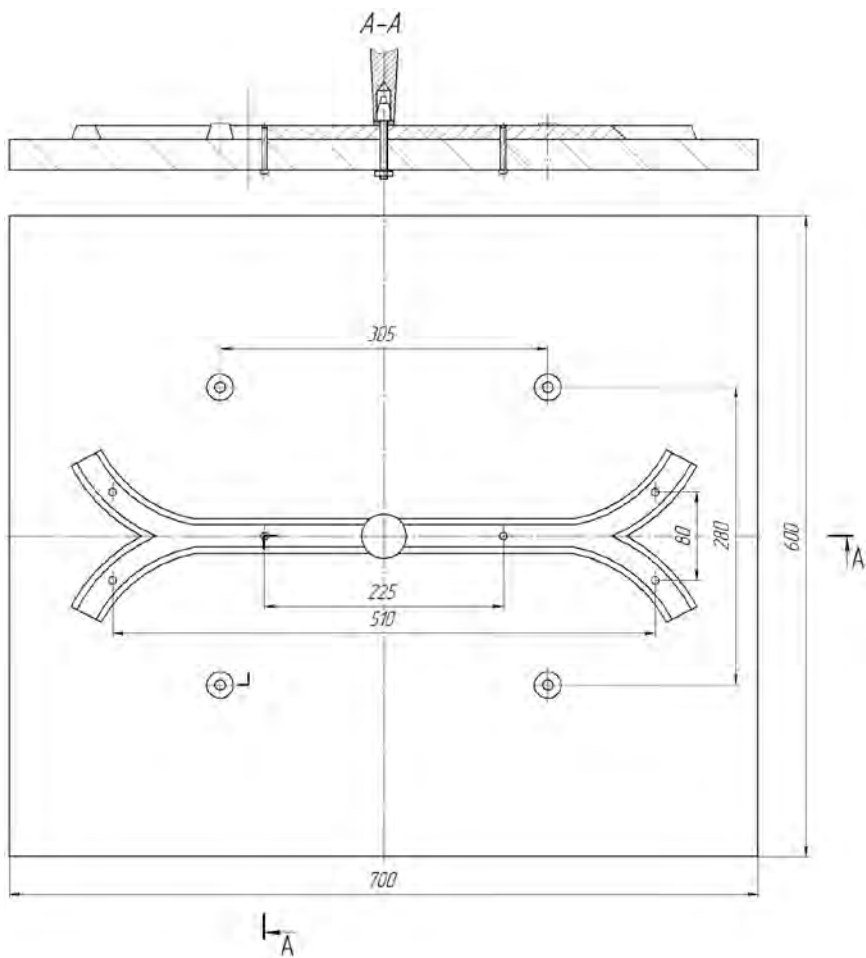
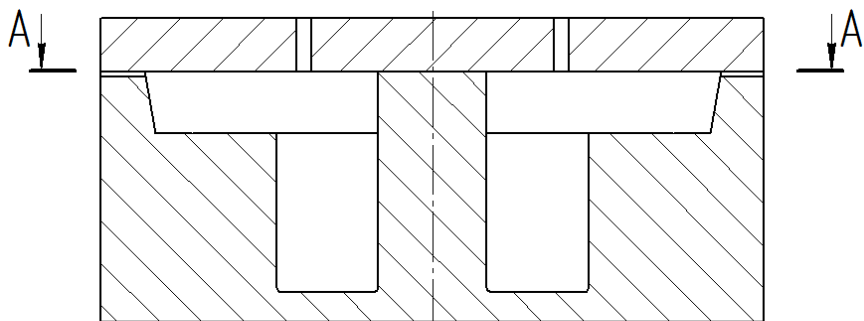


Рис. 10.3. Монтаж моделей на модельной плите верха



A-A

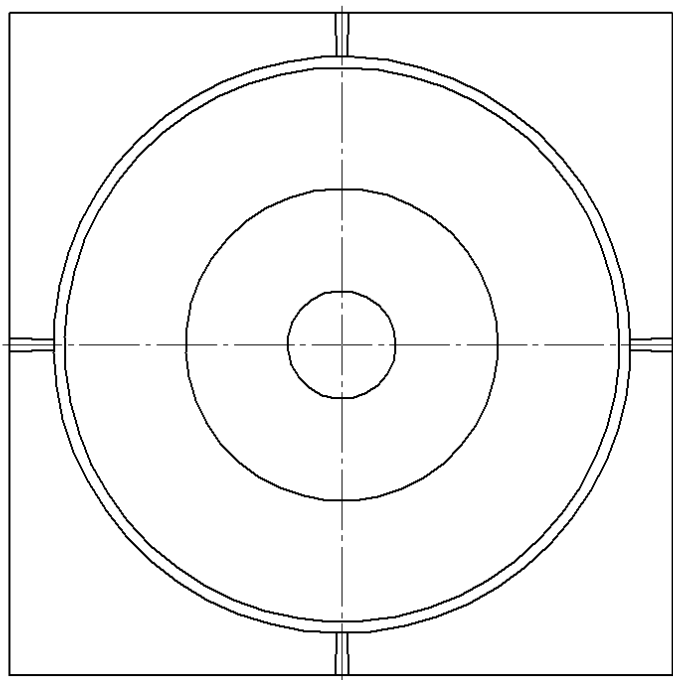


Рис. 10.4. Стержневой ящик

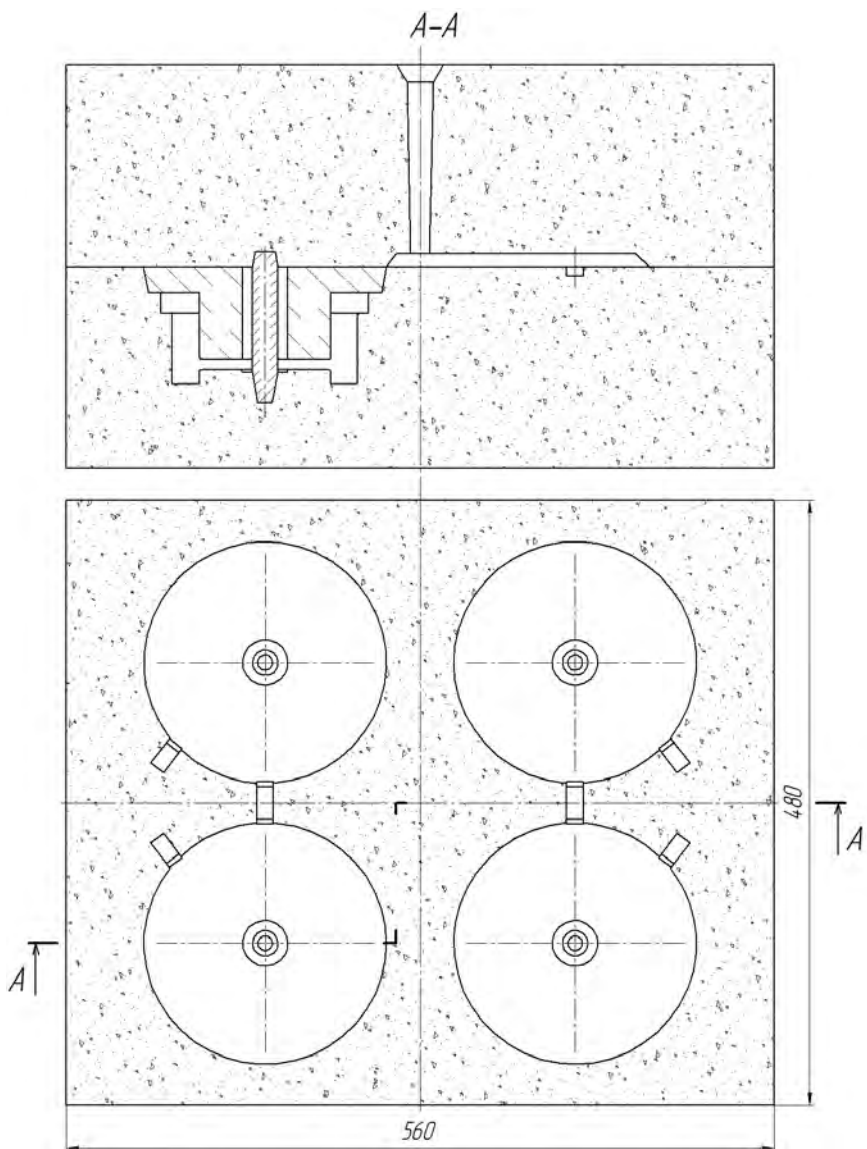


Рис. 10.5. Форма в сборе

11. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОКИЛЬНОЙ ОТЛИВКИ

11.1. Конструирование отливок

Разработка технологии изготовления кокильной отливки начинается с анализа ее технологичности. Его проводят с учетом общих требований к отливкам, изготавливаемым в металлических формах.

1. Отливки должны иметь такую конфигурацию, при которой требуется кокиль с минимальным числом разъемов, подвижных частей и вкладышей.

2. Отливки не должны иметь выступающих частей, поднутрений, затрудняющих усадку отливки и извлечение ее из кокиля, а полость отливки должна быть выполнена минимальным числом стержней, преимущественно металлических.

3. Отливки не должны иметь поднутрений D в полости (рис. 11.1, *а*, D). При их отсутствии (рис. 11.1, *б*, D) появляется возможность применения неразъемных металлических стержней [16].

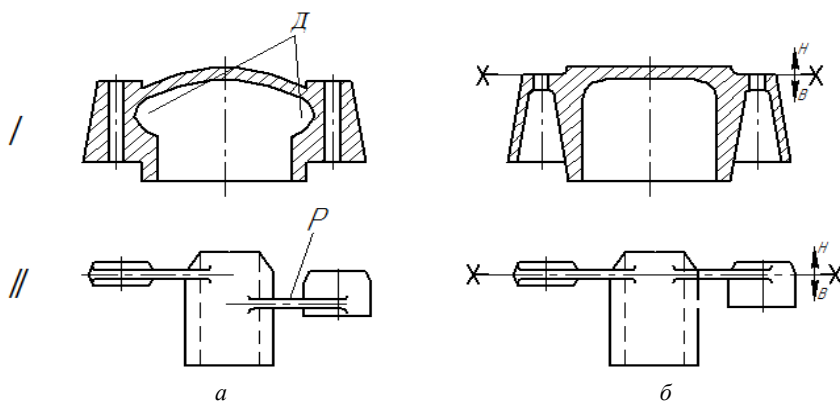


Рис. 11.1. Конструкции кокильных отливок:

а – неправильные; *б* – правильные:

D – поднутрения; P – ребро; В, Н – верх и низ линии разъема кокиля

4. Разъем кокиля должен быть плоским, что удешевляет его изготовление и повышает точность отливки (рис. 11.1, *б*, D). Например, ребро P на отливке (рис. 11.1, *а*, II) не позволяет сделать раз-

ем кокиля плоским. Плоский разъем кокиля можно сделать, изменив конструкцию отливки (рис. 11.1, б, II).

5. Толщина стенки отливки должна обеспечивать необходимую ее прочность, заполнение формы и питание отливки при затвердевании. Минимальные толщины стенок отливок приведены в табл. 11.1 [17].

Таблица 11.1
Минимальные толщины стенок отливок

Сплавы	Площадь поверхности стенки, см ²	Толщина стенки, мм
Чугун	25	4–5
	25–125	6–7
Сталь	25–125	8
Алюминиевые	100–250	2,2–4,0
	250–900	2,5–4,5
	900	3,5–5,0
Магниевые	30	3
Бронза	30	4–6

Отливка не должна иметь резких переходов от тонких стенок к массивным, чтобы устранить возможность образования усадочных дефектов. Плавность перехода обеспечивается, если соотношение толщин l_1 / l_2 стенок отливки не превышает 1 : 4, а переход осуществляется на участке длиной $L \geq (4 \dots 5) \cdot (l_2 - l_1)$. Ребра жесткости должны иметь толщину $l_p = 0,7l_0$ (где l_0 – толщина стенки отливки). Радиусы скруглений при угловом сопряжении стенок $R = (l_1 + l_2) / 2$. Для чугунных отливок во избежание отбела радиус скругления должен быть не менее 3 мм [16].

Для легкого извлечения отливки из кокиля ее стенки должны иметь уклоны (табл. 11.2) [16].

Отверстия и углубления в отливках из чугуна могут быть выполнены металлическими стержнями, если диаметр отверстия не менее 40 мм, а глубина не более $\frac{1}{2}$ диаметра; в отливках из алюминиевых и магниевых сплавов диаметр отверстия не менее 5 мм, а предельные значения составляют [17]:

Диаметр отверстий, мм	6	6–12	12–25
Глубина отверстия, мм	24	36–75	96–200

Таблица 11.2

Уклоны стенок при литье в кокиль, %

Сплавы	% от высоты стенки отливки		
	Наружная Поверхность отливки	Внутренняя поверхность, оформляемая металлическим стержнем, при высоте отливки, мм	
		до 50	свыше 50
Чугун, высота стенки, мм:			
до 50	4–7	–	–
51–100	2–5	–	–
101–500	1–3	–	–
Сталь углеродистая	5	–	–
Алюминиевые	1–1,5	5	2–2,5*
Магниевые	2,5	3	2–3
Медные	1,5	7	3–3,5*

* Для тонкостенных отливок.

11.2. Выбор и обозначение поверхностей разъема кокиля

Технологические указания наносят на чертеже детали, соблюдая условные обозначения принятые в ГОСТ 3.1125–88. Поверхности разъема кокиля указывают на чертеже детали штрихпунктирной линией, которая заканчивается знаками \times — — — Φ \times . Буква Φ обозначает разъем кокиля. Перпендикулярно линии, указывающей поверхность разъема кокиля, проводится отрезок, заканчивающийся стрелками. Они показывают положение отливки в кокиле и означают соответственно: *Л* – левая половина кокиля, *П* – правая половина кокиля при вертикальной поверхности разъема. Для ряда отливок вместе с определением их положения в половинах кокиля возникает необходимость ориентации по вертикали. Это показывают отрезком прямой, ограниченной стрелками. Он располагается рядом с отливкой, параллельно ее вертикальной оси в кокиле. У стрелок ставят буквы *В* – верх и *Н* – низ, указывающие положение отливки в кокиле.

При выборе положения отливки в форме следует учитывать, что в кокиле положение отливки должно обеспечивать решение ряда задач:

- 1) условия для ее направленного затвердевания и питания;
- 2) возможность направленного удаления воздуха и газов из кокиля при заполнении его расплавом;
- 3) извлечение отливки из кокиля при минимальном числе его разрезов, минимальном числе стержней и вкладышей и надежном креплении частей и стержней кокиля перед заливкой;
- 4) расположение баз для обработки резанием в одной половине кокиля.

Предпочтительно располагать цилиндрические отливки вертикально; плоские отливки – рамки, плиты, крышки – на ребро, а чашеобразные отливки – днищем вверх [17].

На чертеже отливки с технологическими указаниями в соответствии с ГОСТ 3.1125–88 сплошной тонкой линией указывают места подвода расплава в форму и конструкцию литниково-питающей системы. Их допускается выполнять красным цветом.

Припуски на механическую обработку назначают в соответствии с ГОСТ 26645–85 по описанной методике.

11.3. Определение типа и конструкции кокиля

Разработка технологического процесса изготовления кокильной отливки производится с учетом имеющегося оборудования.

Исходя из выбранных поверхностей разъема и положения отливки в кокиле нужно определиться с типом кокиля и возможностью его «привязки» к имеющемуся оборудованию.

Различают несколько типов кокилей, предназначенных для универсальных кокильных машин (рис. 11.2) [17].

Наиболее простой кокиль состоит из двух половинок, одна из которых подвижна. Кокиль может иметь вертикальную (см. рис. 11.2, *а*) или горизонтальную (см. рис. 11.2, *б*) плоскость разъема. При вертикальной плоскости элементы литниковой системы, расположенные в разъеме формы, не препятствуют свободному извлечению отливки из кокиля. При горизонтальной часто приходится вводить специальный песчаный стержень для оформления стояка и чаши, чтобы извлечь отливку.

Следующий тип кокиля (см. рис. 11.2, в) состоит из двух подвижных половин с вертикальной плоскостью разреза. Плиты толкателей в этом случае могут находиться в одной или обеих половинах кокиля.

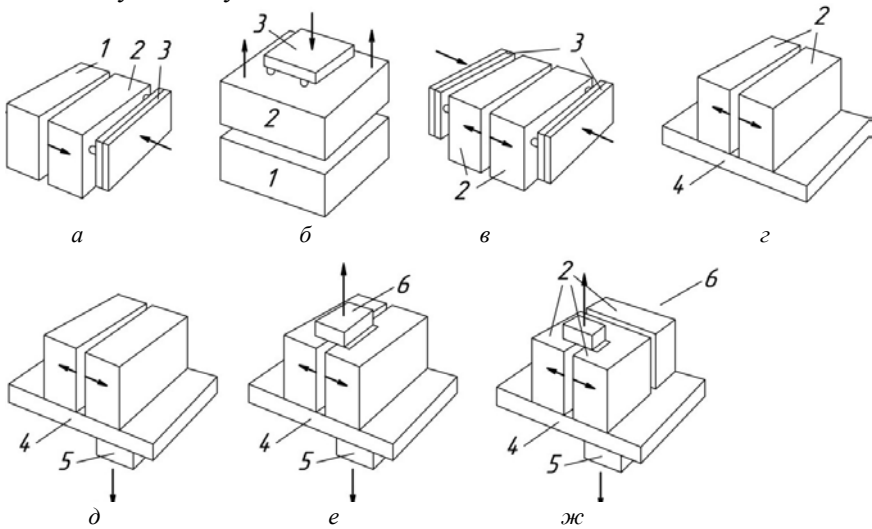


Рис. 11.2. Типы кокилей для универсальных кокильных машин (стрелки – направление движения деталей кокиля):

- а* – с вертикальной плоскостью разреза и одной подвижной половиной;
- б* – с горизонтальной плоскостью разреза и одной подвижной половиной;
- в* – с вертикальной плоскостью разреза и двумя подвижными половинами;
- г* – с вертикальной плоскостью разреза, двумя подвижными половинами и поддоном;
- д* – с вертикальной плоскостью разреза, двумя подвижными половинами, поддоном и нижним металлическим стержнем;
- е* – с вертикальным разъемом, двумя подвижными половинами, нижним и верхним металлическим стержнем;
- ж* – с вертикальным разъемом, тремя подвижными частями, поддоном, нижним и верхним металлическими стержнями: 1 – неподвижная часть; 2 – подвижная часть; 3 – плита толкателей с толкателями; 4 – поддон; 5, 6 – соответственно нижний и верхний металлические стержни

Кокили типов, приведенных на рис. 11.2, *г*, *д*, состоят из двух подвижных частей 2 с вертикальной плоскостью разреза и поддоном 4, в который можно устанавливать песчаный или металлический стержень.

Конструкция кокиля на рис. 11.2, *е* дополнительно имеет подвижную часть верхнего металлического стержня *б*.

В варианте, показанном на рис. 11.2, *ж*, по сравнению с предыдущим типом (см. рис. 11.2, *е*) добавлена еще одна торцевая подвижная часть 2 кокиля.

Схема кокиля с вертикальной поверхностью разреза и одной подвижной половиной при изготовлении отливки типа «рамка» приведена на рис. 11.3 и 11.4

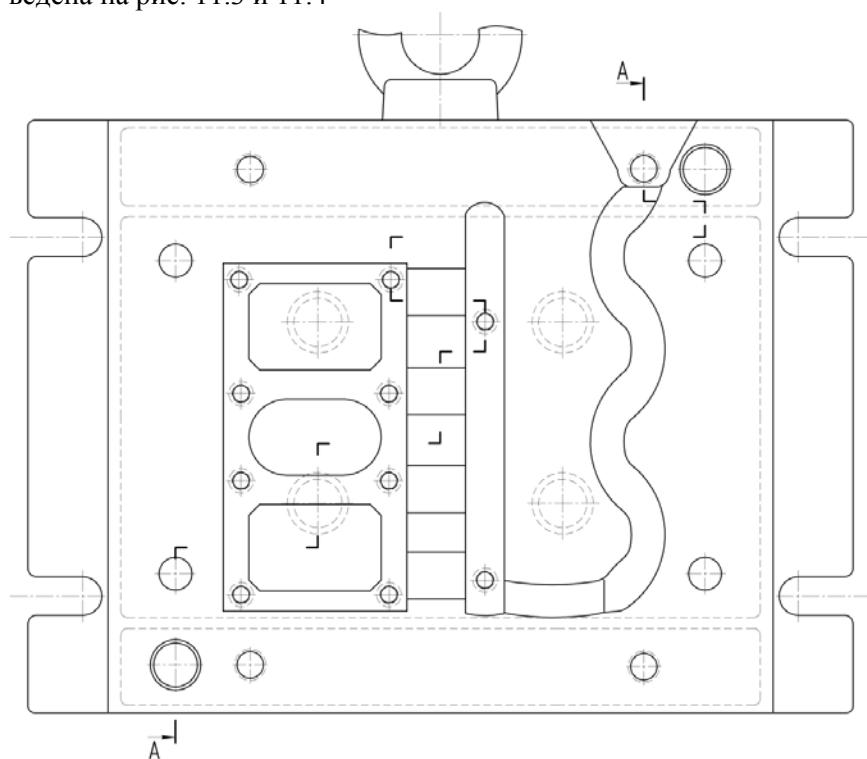


Рис. 11.3. Кокиль с вертикальной поверхностью разреза и одной подвижной половиной. Вид на подвижную половину

При использовании указанной схемы отливка должна остаться в подвижной части кокиля, из которой она извлекается с помощью системы выталкивания. Для того чтобы отливка осталась в заданной половине кокиля, сумма поверхностей кокиля, охватываемых отливкой в этой половине, должна быть больше аналогичного показателя в другой половине кокиля. При равенстве таких сумм уклоны на охватываемых поверхностях в одной из половин кокиля делают меньше или используют специальные приливы, которые позволяют оставить отливку в нужной половине кокиля. Из этой половины ко-

киля отливки выталкиваются толкателями, которые вместе с контролкателями закреплены в плите толкателей. Контролкатели 6 (см. рис. 12.4) используются для возврата плиты толкателей в исходное положение при сборке кокиля. Для центрирования полуформ при сборке используются штыри 3 и втулки 5. Брусы 7 образуют полость между формообразующей плитой 4 и опорной плитой 9, в которой перемещается плита толкателей 8.

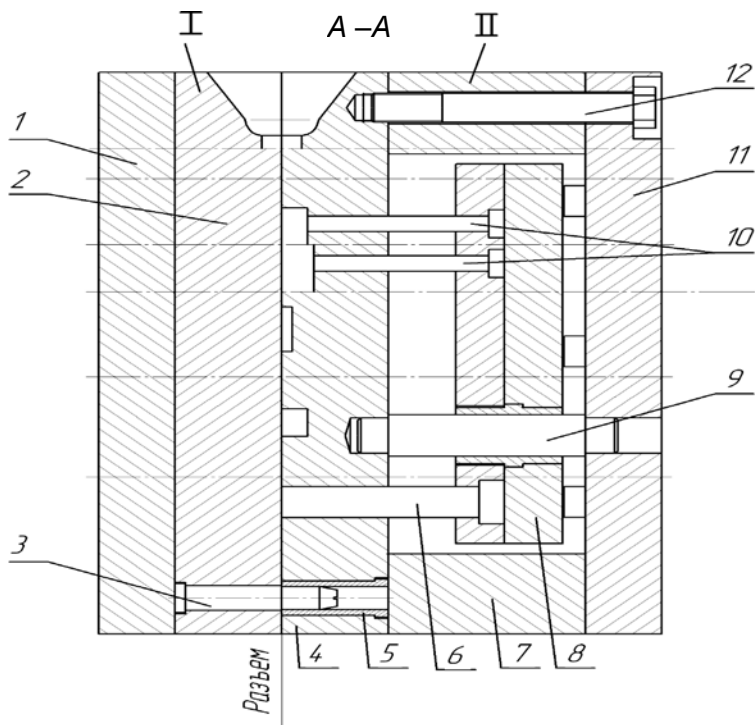


Рис. 11.4. Кокиль с вертикальной поверхностью разреза и одной подвижной половиной. Разрез: I – подвижная половина, II – неподвижная половина: 1 – опорная плита неподвижной половины; 2 – формообразующая плита неподвижной половины; 3 – штырь; 4 – формообразующая плита подвижной половины; 5 – втулка; 6 – контролкатель; 7 – опорный брус; 8 – плита толкателей; 9 – колонка; 10 – толкатели; 11 – опорная плита подвижной половины; 12 – винт

На рис. 11.5 приведен пример выполнения технологических указаний при разработке технологии изготовления кокильной отливки.

На рис. 11.6, 11,7 приведена схема кокиля по типу z (см. рис. 11.2). Здесь часть отливки, а также стержень, выполняющий внутреннюю полость, расположены в поддоне. При раскрытии кокиля обе вертикальные полуформы перемещаются от центра на определенное расстояние, освобождая отливку. Из поддона отливка извлекается с помощью толкателей. Плита толкателей приводится в движение штоком, соединенным с гидроцилиндром.

На рис. 11.8–11.10 приведен пример выполнения задания для случая с разовым песчаным стержнем.

На рис. 11.11, 11,12 приведен пример выполнения кокиля с протяжкой стержней.

11.4. Расчет литниковых систем при литье в кокиль

Литниковая система должна обеспечивать спокойное, плавное поступление расплава в полость формы, надежное улавливание оксидных плен, шлаковых включений и, предотвращая их образование в каналах литниковой системы и полости кокиля, способствовать направленному затвердеванию и питанию массивных узлов отливки [17].

При литье в кокиль используют сифонные (с подводом снизу), дождевые (с подводом металла сверху), боковые (в том числе вертикально-щелевые), комбинированные, ярусные литниковые системы.

Литниковые системы с подводом расплава снизу используют для отливок корпусов, высоких втулок, крышек (рис. 11.13). Для уменьшения скорости входа расплава в форму стояк делают зигзагообразным (см. рис. 11.13, б) или наклонным (см. рис. 11.13, а). Для удаления первых охлажденных порций расплава, содержащих шлаковые включения, используют промывники $П$ (см. рис. 11.13, б).

Литниковые системы с верхним подводом применяют для мелких невысоких отливок типа втулок и колец (рис. 11.14). Такие литниковые системы просты, позволяют достичь высокого коэффициента выхода годного, способствуют направленному затвердеванию отливок.

Литниковые системы с подводом расплава сбоку через щелевой литник (рис. 11.15) сохраняют преимущества сифонной заливки и способствуют направленному затвердеванию отливки, т. е. в верхних частях отливок температура залитого расплава будет выше, чем в нижних. На практике используют несколько вариантов таких си-

стем. Стояки выполняют также наклонными или сложной формы («гусиной шеи»), что снижает скорость, исключает захват воздуха, образование шлаков и пены в литниковой системе, обеспечивает плавное заполнение формы расплавом.

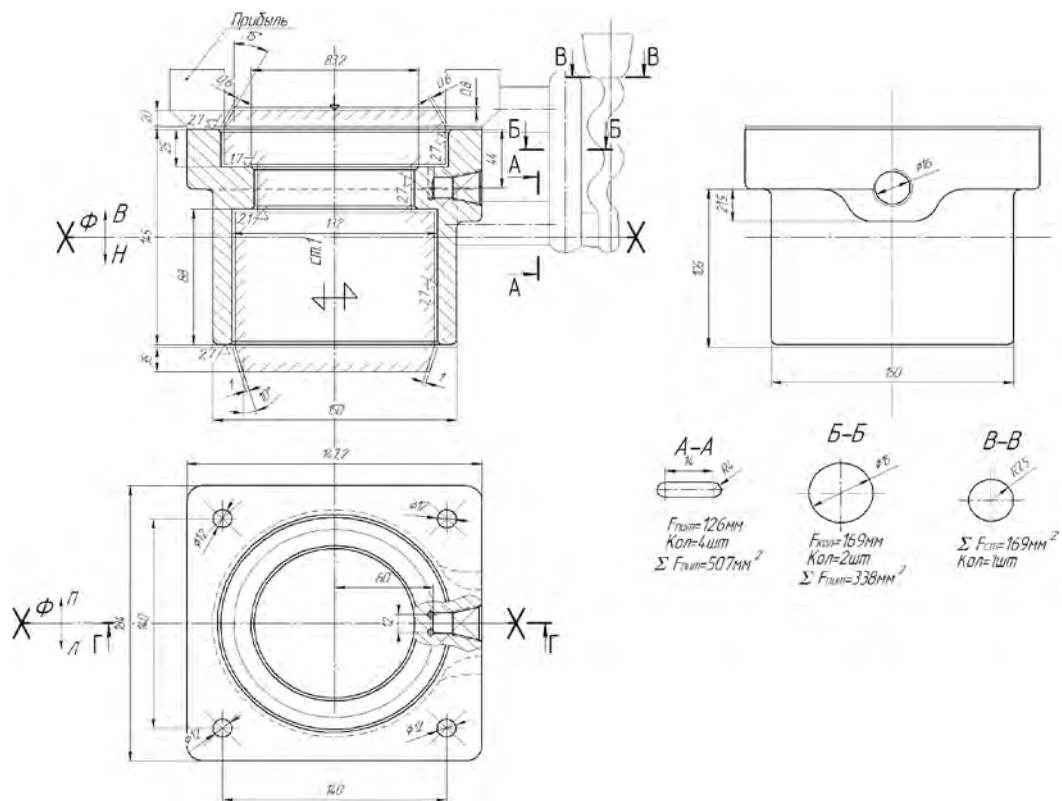


Рис. 11.5. Технологические указания (при разработке технологии изготовления кокильной отливки)

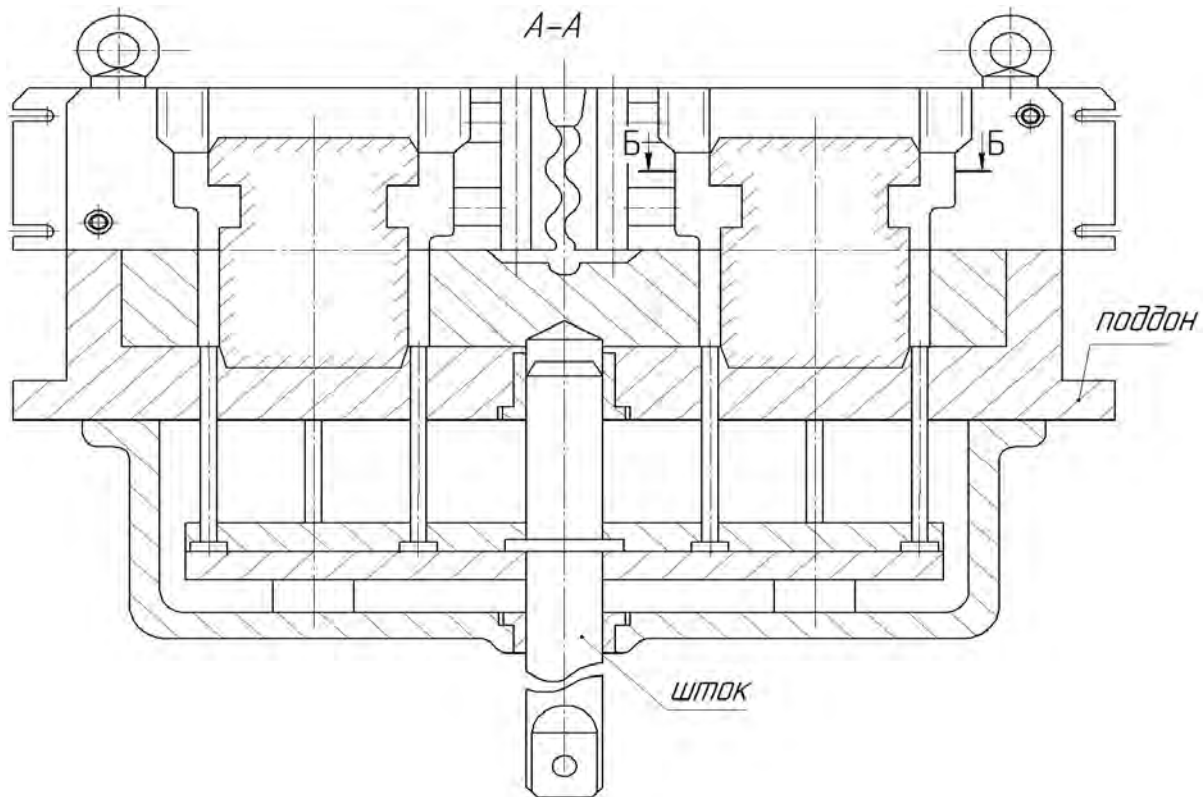


Рис. 11.6. Вид на полуформу кокиля

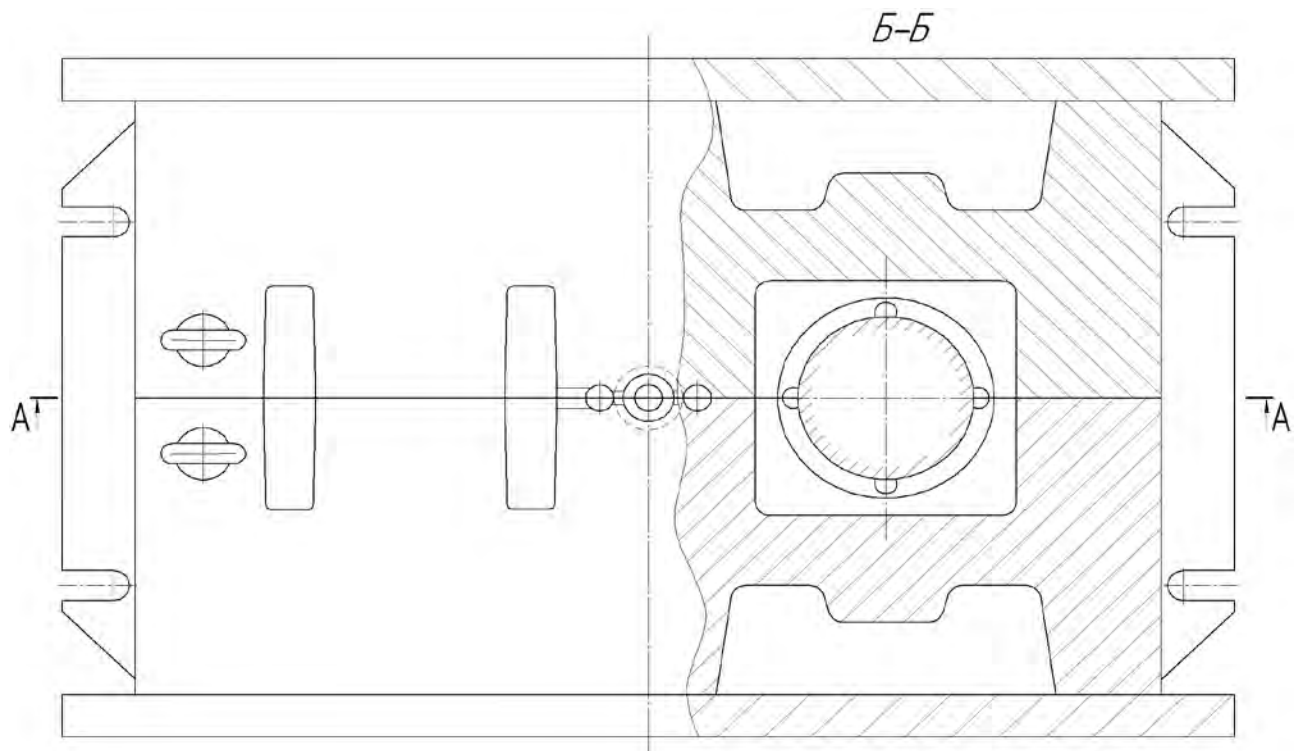
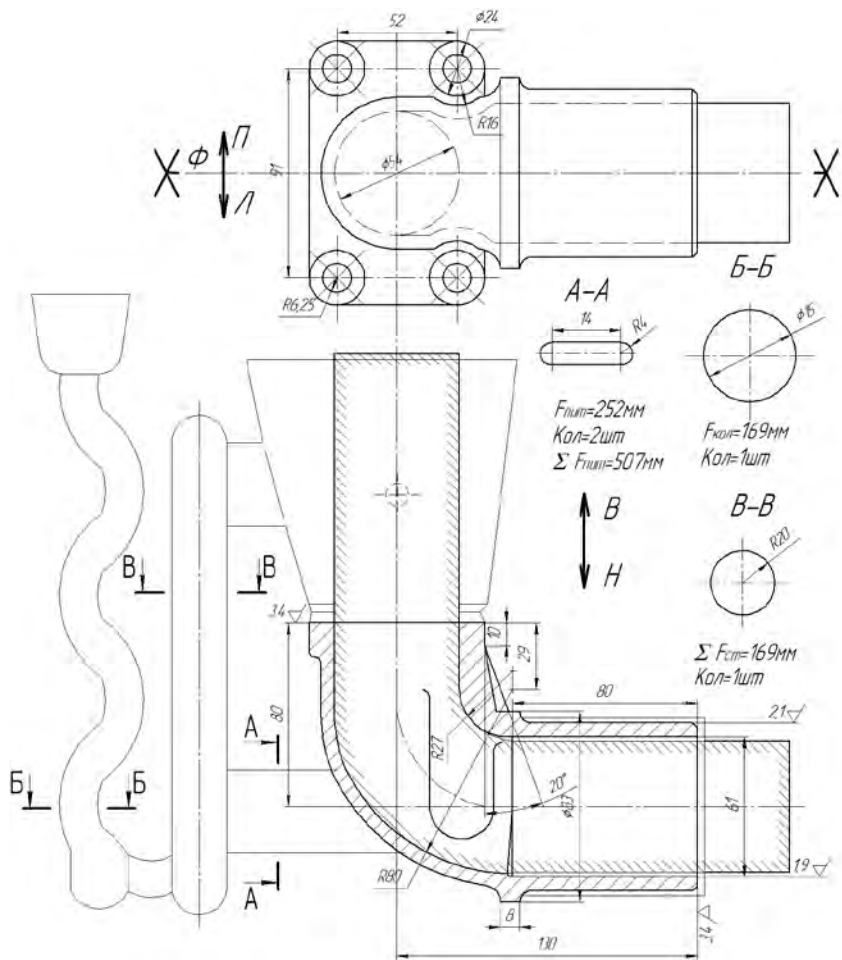


Рис. 11.7. Вид на кокиль сверху



1. Точность отливки 7-4-8-6
2. Масса отливки 1.7-0.14-0.08-1.92
3. Неуказанные литейные радиусы 1.2 мм

Рис. 11.8. Технологические указания
(пример выполнения задания для случая с разовым песчаным стержнем)

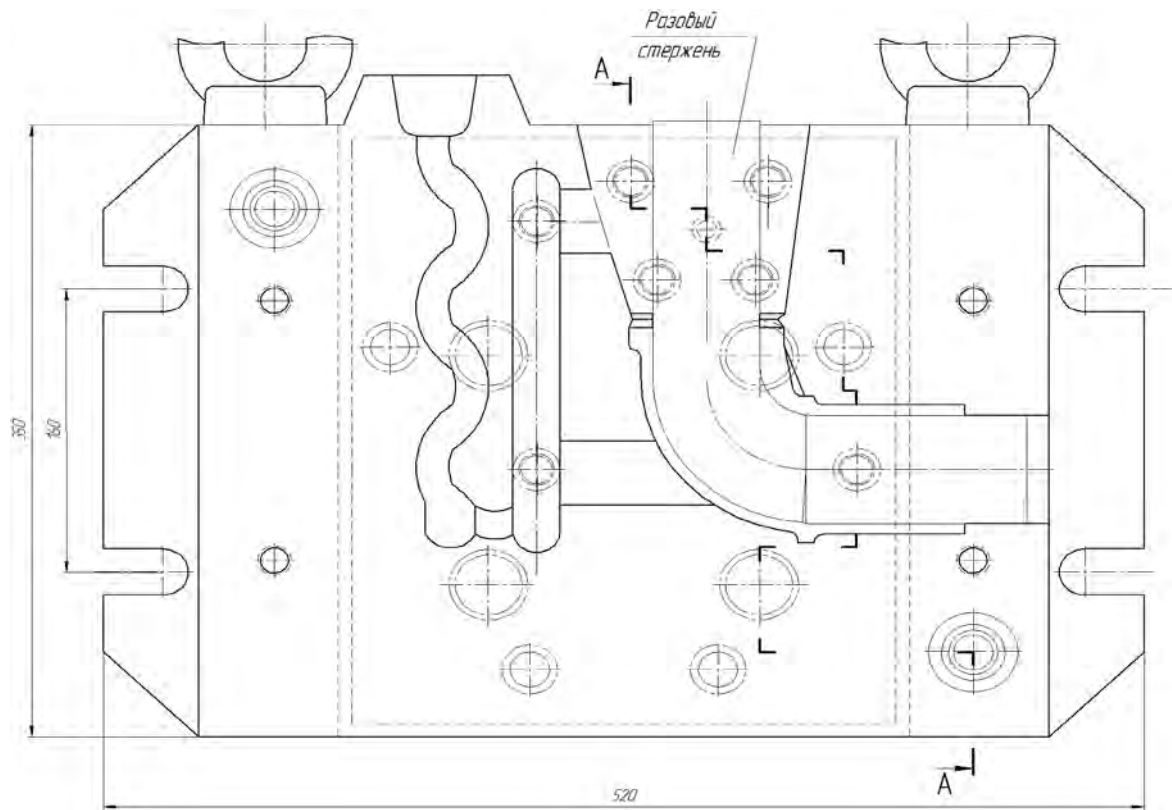


Рис. 11.9. Вид на полуформу кокиля (пример выполнения задания для случая с разовым песчаным стержнем)

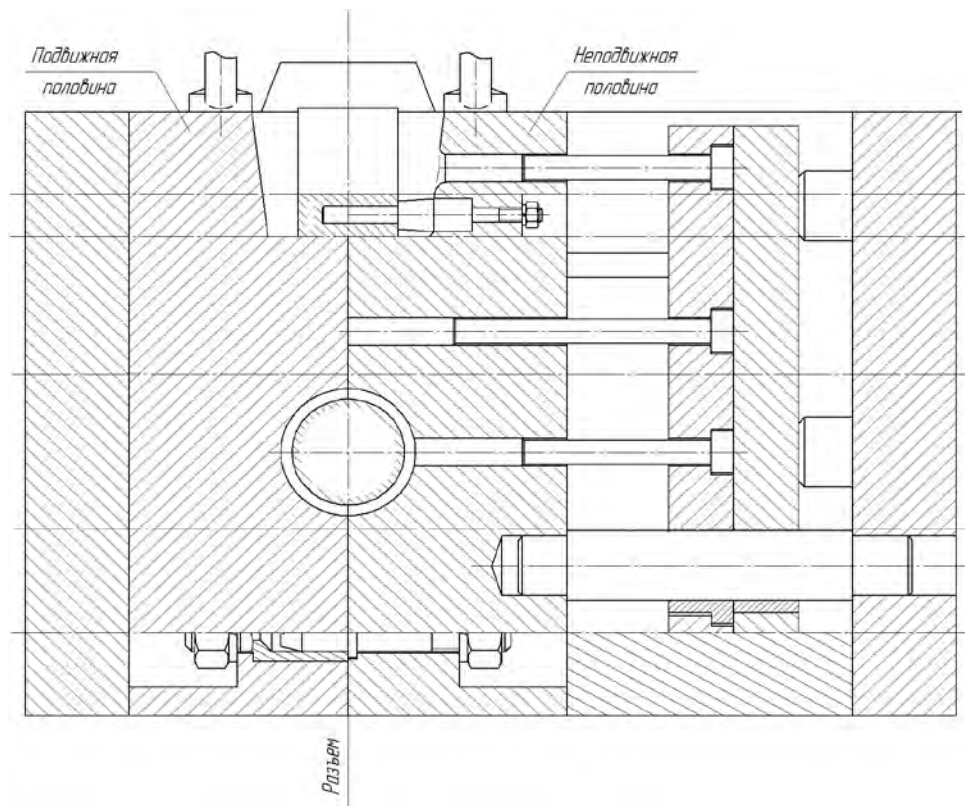


Рис. 11.10. Кокиль в сборе (пример выполнения задания для случая с разовым песчаным стержнем)

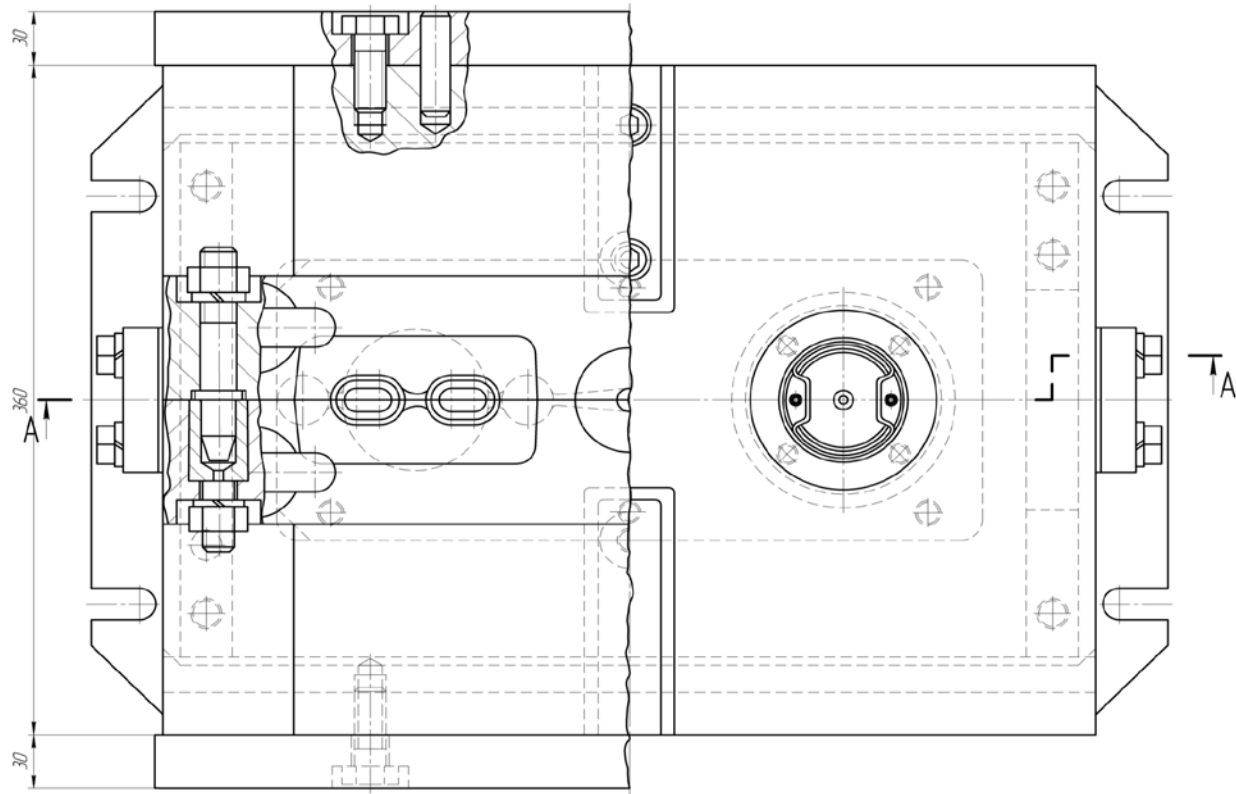


Рис. 11.11. Кокиль с протяжкой стержней

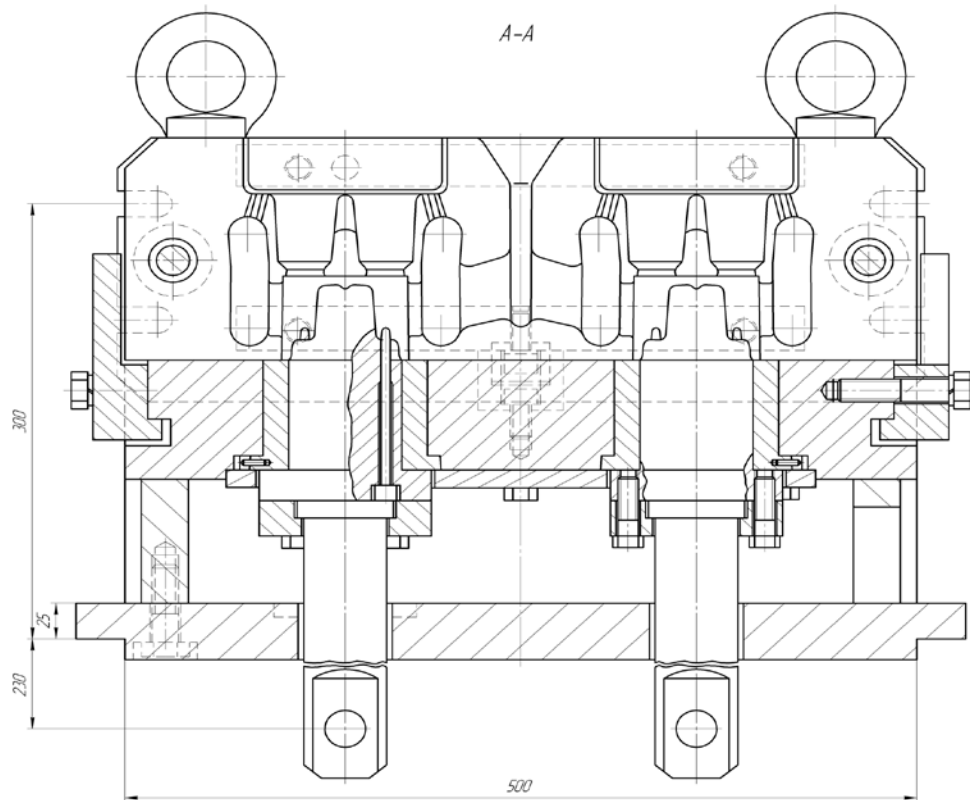


Рис. 11.12. Вид на полуформу кокиля с протяжкой стержней

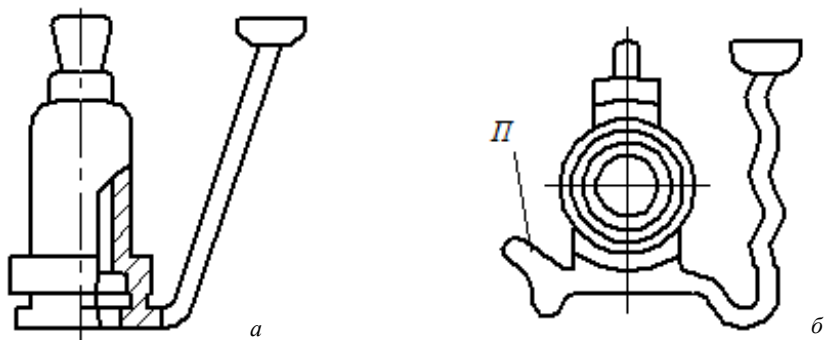


Рис. 11.13. Литниковые системы с подводом металла снизу

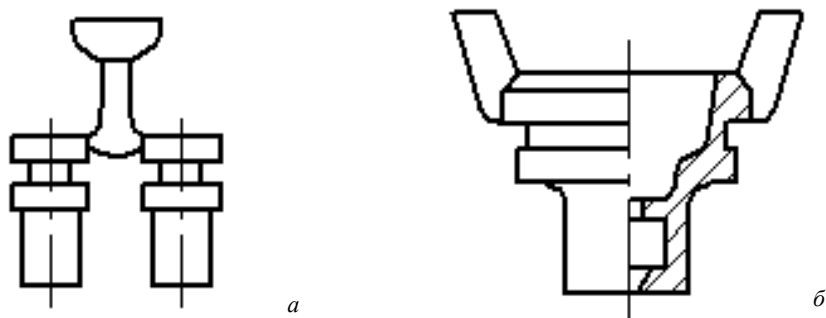


Рис. 11.14. Литниковые системы с верхним подводом металла

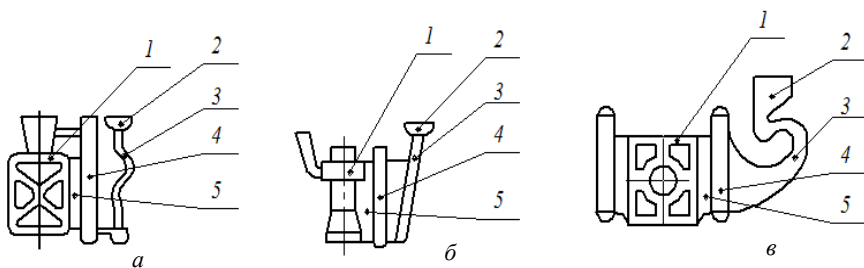


Рис. 11.15. Литниковые системы с подводом расплава через щелевой питатель:
 1 – отливка; 2 – чаша; 3 – стояк; 4 – вертикальный канал; 5 – питатель

При заливке крупных отливок обязательный элемент литниковой системы – вертикальный канал, являющийся коллектором. Расплав (рис 11.15, *a*) из чаши 2 поступает в зигзагообразный или наклонный стояк 3, а из него – в вертикальный канал 4 (коллектор) и вертикальный щелевой питатель 5. Соотношение площадей поперечных сечений элементов литниковой системы, показанных на рис. 11.15, подбирают так, чтобы уровень расплава в форме во время ее заполнения был ниже уровня в канале 4: верхние порции расплава должны сливаться в форму и замещаться более горячим металлом. Размеры канала 4 и питателя 5 назначают сообразно с толщиной стенки отливки h , чтобы избежать усадочных дефектов в отливке, расплав в канале 4 и питателе 5 должен затвердевать позже. Недостаток литниковой системы – большой расход металла на систему и сложность отделения ее от отливки [17].

Литниковые системы с комбинированным подводом используют для сложных отливок (см. рис. 11.16). Нижний питатель способствует спокойному заполнению формы, а через верхний наиболее горячий расплав подается под прибыль, тем самым улучшается ее питающее действие.

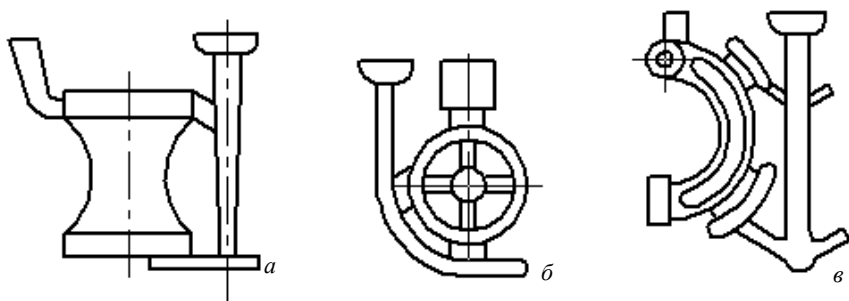


Рис. 11.16. Литниковые системы с комбинированным подводом расплава

Ярусные литниковые системы используют для улучшения заполнения формы тонкостенных сложных отливок (рис. 11.17).

Для отливок из алюминиевых сплавов применяют расширяющиеся литниковые системы.

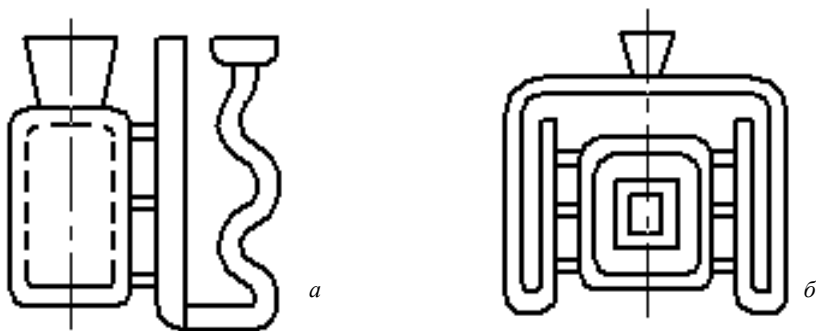


Рис. 11.17. Ярусные литниковые системы

Площадь поперечного сечения узкого элемента, которым является стояк, рассчитывают аналогично методам расчета в песчаные формы:

$$f_{\text{ст}} = \frac{G}{\rho \cdot \tau \cdot \mu \cdot \sqrt{2gH_p}}, \text{ м}^2,$$

где G – масса отливок с прибылями, кг;

ρ – плотность расплава, кг/м³;

τ – продолжительность заливки, с;

μ – коэффициент расхода;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H_p – расчетный статический напор, м.

Время заливки $\tau_{\text{зал}}$ можно определить по формуле

$$\tau_{\text{зал}} = \frac{H_o}{u_{\text{ф.ср}}},$$

где H_o – высота отливки в форме, см

$u_{\text{ф.ср}}$ – оптимальная скорость подъема металла в форме, см/с.

Значение $u_{\text{ф.ср}}$ должно быть больше минимального значения скорости, определяемой по формуле [17]

$$u_{\text{min}} = \frac{\sqrt{H_o}}{b_o \cdot \ln\left(\frac{t_{\text{зал}}}{380}\right)},$$

где b_0 – толщина стенки отливки, см;

$t_{\text{зал}}$ – температура заливки расплава, °С.

Вместе с тем значение $u_{\text{ф.ср}}$ должно быть меньше максимального значения, определяемого по формуле [17]:

$$u_{\text{max}} = \frac{Re \cdot \nu}{4 \cdot R_r},$$

где Re – критерий Рейнольдса, характеризующий возможность нарушения сплошности потока при движении расплава в элементах литниковой системы и форме. В частности, при движении расплава в простой форме допустимое значение критерия Рейнольдса находится в пределах 2600–1350, в сложной – равно 780;

ν – кинематическая вязкость расплава, м²/с;

R_r – гидравлический радиус элемента, равный отношению F/Π площади поперечного сечения элемента F , м², к его периметру, м.

Значение оптимальной скорости $v_{\text{ф.ср}}$ для тонкостенных отливок ближе к v_{max} , для толстостенных – к v_{min} .

Величина коэффициента расхода μ принимается равной 0,4–0,5 для нижнего подвода металла, 0,7–0,8 – для ярусной системы, 0,56–0,67 – для комбинированного подвода. Меньшие значения коэффициента μ принимаются для пониженных температур заливки.

Площадь остальных элементов литниковой системы определяется из соотношений для мелких и средних отливок:

$$f_c : f_k : f_{\text{п}} = 1 : 2 : 3 \text{ или } 1 : 2 : 4;$$

для крупных и высоких отливок:

$$f_c : f_k : f_{\text{п}} = 1 : 3 : 4 \text{ или } 1 : 3 : 5,$$

где $f_c, f_k, f_{\text{п}}$ – соответственно площади поперечного сечения стояка, коллектора и питателя.

Для компенсации усадки в тепловых узлах кокильных отливок используют прибыли.

Число, форма и размеры прибылей должны обеспечивать питание кристаллизующихся участков отливки жидким сплавом с целью компенсации объемной усадки и получения плотных отливок.

Форма прибыли определяется конфигурацией питаемого массивного теплового узла отливки, а ее объем должен в 1,5–2 раза превосходить объем питаемого узла.

По расположению прибыли разделяют на верхние и боковые (открытые и закрытые). Температуру сплава в прибыли поддерживают доливкой горячего сплава, электрообогревом, уплотнением прибыли (покрытием поверхности, оформляющей прибыль, смесью с низкой теплопроводностью).

Размеры прибылей рассчитывают по номограммам или эмпирическим путем, затем размеры прибыли корректируют после получения опытной партии отливок.

12. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВКИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

12.1. Поверхность разъема. Конструирование отливок

Литье под давлением – весьма специфичный способ изготовления литых заготовок, отличающийся от обычных способов литья высокими скоростями заполнения полости пресс-формы жидким металлом, а также воздействием высокого давления на затвердевающую отливку. Разъем пресс-формы показывают на копии чертежа детали в соответствии с ГОСТ 3.1125–88. Вместо букв В и Н у стрелок, показывающих направление разъема формы, проставляют буквы П и Н, соответственно обозначающие – подвижная и неподвижная полуформа. При раскрытии пресс-формы отливка должна оставаться в подвижной полуформе, из которой она удаляется посредством специальных толкателей. Для обеспечения указанного условия отливку в форме располагают таким образом, чтобы сумма охватываемых отливкой поверхностей в подвижной полуформе была больше аналогичного показателя в неподвижной.

Желательно, чтобы отливка, предназначенная для изготовления литьем под давлением, была равностенной. Это создает предпосылки для соблюдения принципа одновременного затвердевания. В противном случае в массивных узлах отливки образуются крупные газоусадочные поры и раковины. Важно помнить, что создание условий для направленного затвердевания при литье под давлением чаще всего не представляется возможным.

Обычно толщина стенки и конфигурация отливки назначаются из условия обеспечения необходимой жесткости и прочности кон-

струкции. При этом следует отметить, что с увеличением стенки отливок, получаемых литьем под давлением, плотность и механические свойства материала отливок, как правило, снижаются.

Минимально допустимая толщина стенок отливок зависит от марки сплава, габаритов отливки, характеристик оборудования и др. Рекомендуемые значения минимальной толщины стенок отливок из разных сплавов приведены в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Рекомендуемая толщина стенок отливки, мм

Площадь поверхности отливки, см ²	Сплавы				
	Цинковые	Магниевые	Алюминиевые	Медные	Сталь
До 25	0,5	1,0	0,8	1,5	–
25–100	1,0	1,8	1,5	2,0	–
100–225	1,5	2,5	2,0	3,0	3,0
225–400	2,0	3,0	2,5	3,5	–
400–1000	–	4,0	4,0	–	–

Стенки отливки, расположенные перпендикулярно к поверхности разъема должны иметь литейные уклоны для облегчения извлечения отливки из пресс-формы. Для наружных поверхностей величина литейных уклонов составляет 10'–30', для внутренних поверхностей – 30'–2°. При назначении уклонов необходимо стремиться к тому, чтобы окончательный размер отливки не выходил за пределы поля допуска, и учитывать, что с уменьшением уклона усложняется извлечение отливки из пресс-формы.

При литье под давлением могут быть получены литые отверстия небольших размеров (по сравнению с литьем в кокиль и разовые формы). Их величина зависит от марки сплава, а также конструкции. В табл. 12.2 приведены максимально допустимые значения глубины отверстий из разных сплавов при минимально возможном диаметре [17].

Отливки, получаемые литьем под давлением, могут иметь как наружную, так и внутреннюю резьбу. Следует отметить, что в отливке резьба прочнее, чем нарезная, т. к. при нарезке удаляется наиболее плотная часть отливки – поверхностный слой, глубина которого 0,5–1,0 мм. В табл. 12.3 приведены допустимые размеры литых резьб для различных сплавов.

Таблица 12.2

Максимально допустимая глубина отверстий, мм

Сплавы	Допустимое значение диаметра, мм	Отверстия, мм	
		Глухие	Сквозные
Алюминиевые	1,5	3	6
Цинковые	1,0	6	12
Магниевые	1,5	5	10
Медные	2,5	3	4

Таблица 12.3

Допустимые размеры литых резьб

Сплавы	Минимальный шаг, мм		Минимальный диаметр, мм	
	внутренняя	наружная	внутренний	наружный
Алюминиевые	1,0	2,0	6,0	25,0
Цинковые	0,7	1,0	4,0	10,0
Магниевые	1,0	2,0	6,0	25,0
Медные	1,0	–	8,0	–

Величина радиусов сопряжения стенок отливок зависит от свойств сплава и должна быть не менее 0,5 мм для отливок из алюминиевых сплавов и не менее 1,5 мм – из магниевых.

Точность размеров отливки, полученной методом литья под давлением, определяется точностью изготовления рабочей полости пресс-формы, расположением этой полости в пресс-форме, износом рабочих поверхностей, величиной усадки сплава, точностью сопряжения и перемещения подвижных частей пресс-формы, величиной деформации отливок при их извлечении из пресс-формы, условиями транспортировки и хранения отливок. Наибольшее влияние на точность размеров отливок оказывает стабильность усадки сплава, которая зависит от стабильности его химического состава и технологических параметров процесса (температуры пресс-формы и заливаемого сплава, продолжительности выдержки отливки в пресс-форме до извлечения, скорости и давления прессования). Для алюминиевых сплавов значение коэффициента усадки может быть принято равным 0,3–0,6; для цинковых сплавов – 0,2–0,5; для магниевых – 0,4–0,7, а для медных – 0,5–0,8. На практике меньшие значения коэффициента усадки назначают для тонкостенных отливок, а большие – для толстостенных.

Припуски на обработку резанием отливок под давлением назначают минимальными, т. е. на небольшом (0,8–1 мм) расстоянии от поверхности в отливках расположены мелкие поры и раковины. Обработка резанием отливок, полученных литьем под давлением, производится только в тех случаях, если допуски на размеры отливок не обеспечивают работоспособности детали или данные элементы детали невозможно получить литьем.

Припуски на обработку резанием назначают в соответствии с ГОСТ 26645–85.

На рис. 12.1–12.3 приведен пример выполнения чертежа: технологические указания, вид на подвижную часть пресс-формы и разрез пресс-формы. По конструкции пресс-форма для литья под давлением отличается от конструкции кокилей с вертикальной поверхностью разъема наличием подкладной плиты и литниковой втулки. Кроме того, формообразующие матрицы кокиля на тыльной стороне как правило имеют оребрение. Точность изготовления и чистота поверхностей формообразующих полостей значительно выше у пресс-форм литья под давлением. Они изготавливаются из специальных марок стали. Формообразующие плиты кокилей чаще изготавливаются из серого чугуна. В формообразующих матрицах, подкладных плитах выполняются каналы для охлаждения пресс-формы.

12.2. Расчет литниковых систем

В зависимости от расположения литникового хода относительно отливки различают литниковые системы трех типов: прямая, внутренняя и боковая.

Прямая литниковая система (рис. 12.4, *a*) не имеет подводящего канала, литниковый ход l непосредственно соединяется с полостью формы. Эта литниковая система обеспечивает направленное заполнение формы сплошным потоком, чаще применяют ее для отливок, не имеющих в центре отверстий. Тепловые и гидравлические потери расплава в таких системах минимальны, поэтому такую систему используют для заполнения формы твердожидким сплавом с небольшой скоростью впуска. Это позволяет уменьшить газовую, воздушную и усадочную пористость в отливках, повысить их механические свойства и плотность, повысить стойкость пресс-формы.

Указанный тип литниковой системы реализуется в основном на машинах с холодной вертикальной камерой прессования.

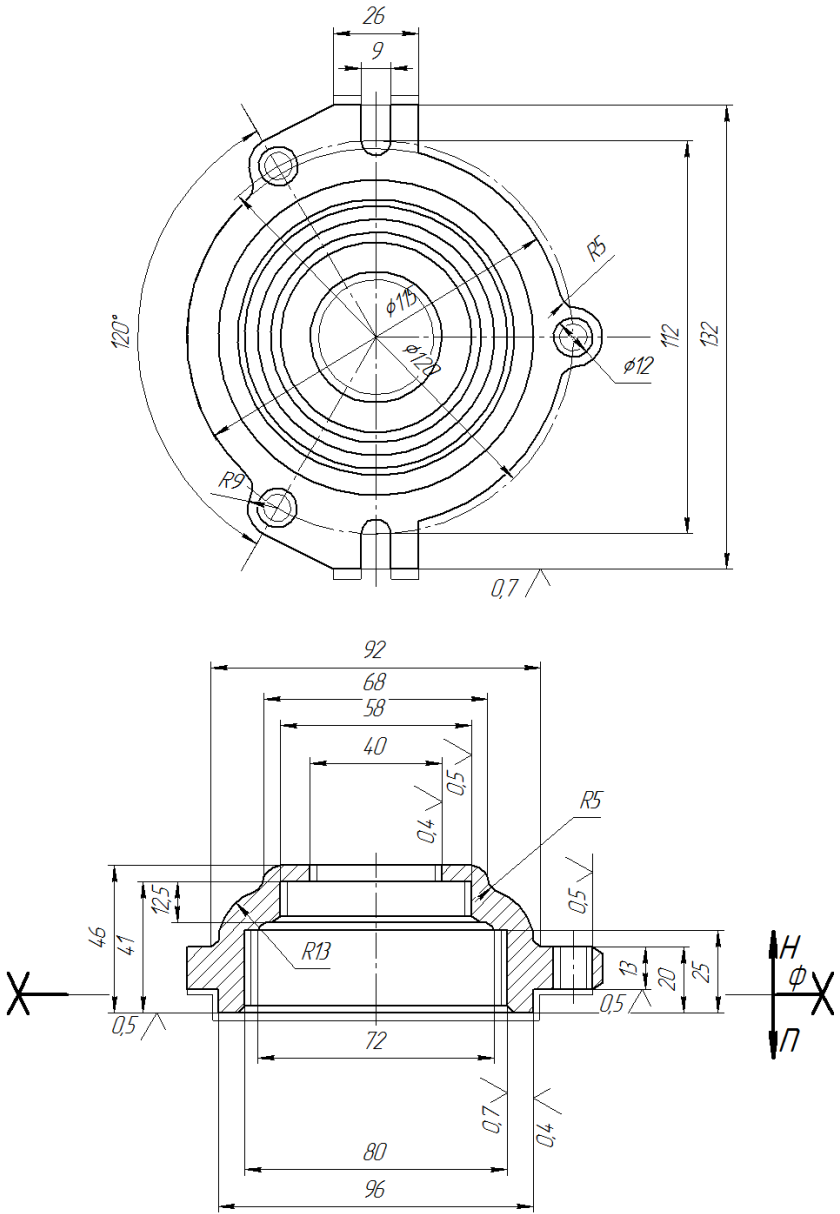


Рис. 12.1. Поверхность разъема (при литье под давлением)

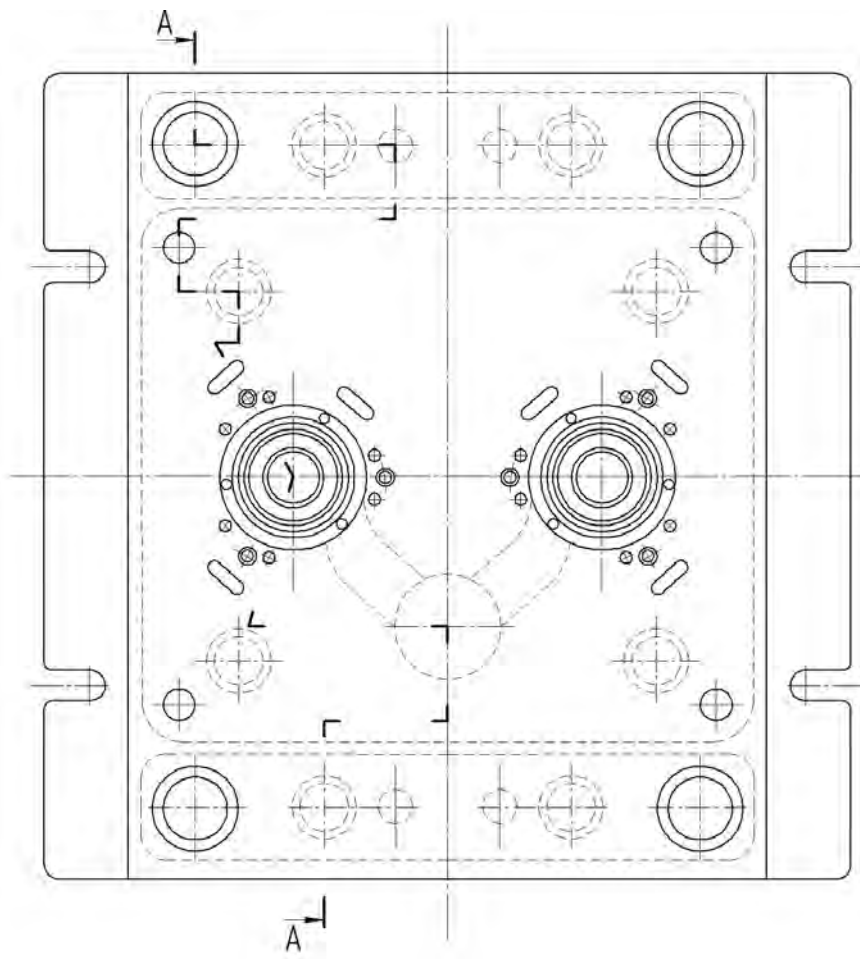


Рис. 12.2. Вид на подвижную полуформу (при литье под давлением)

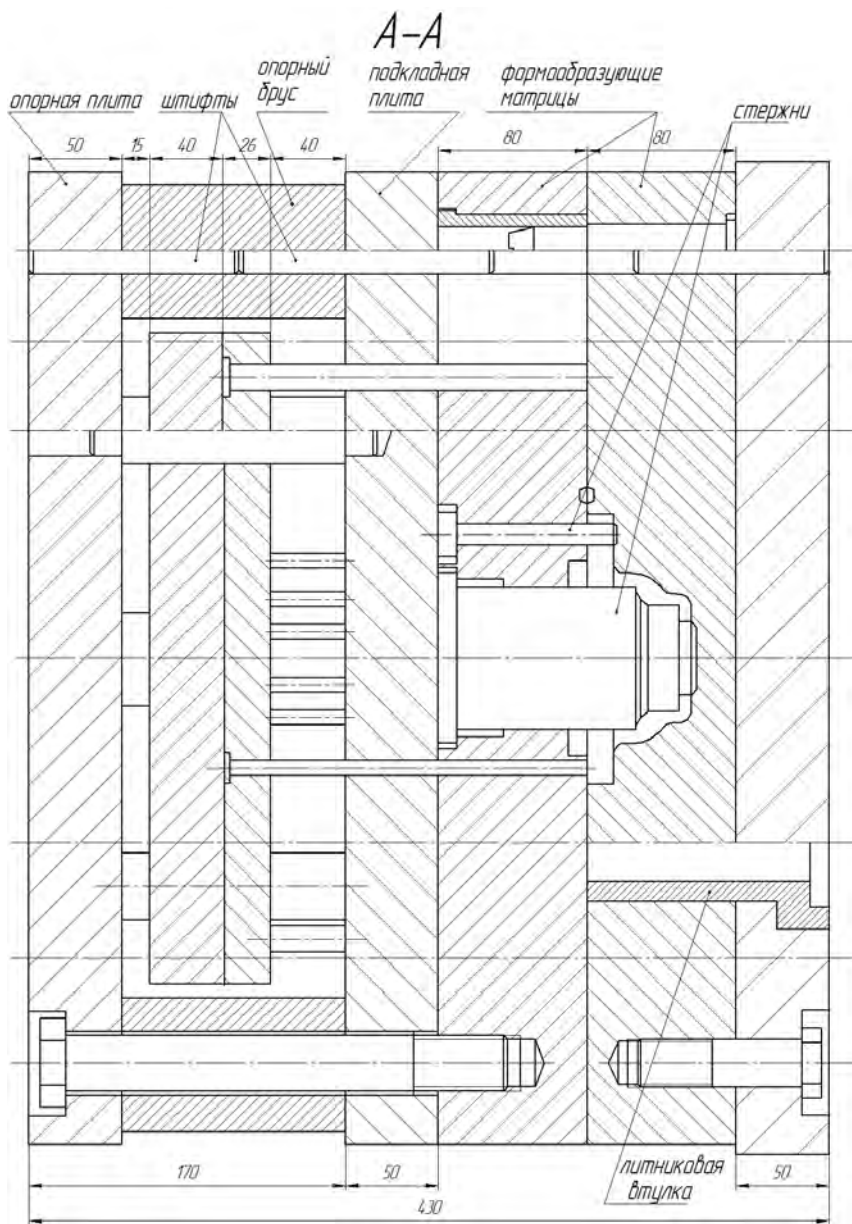


Рис. 12.3. Разрез пресс-формы

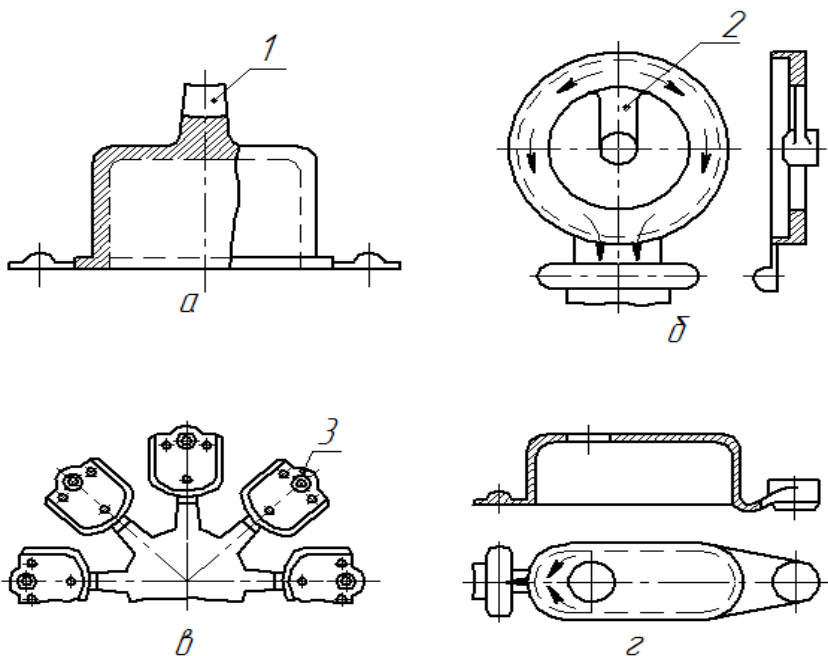


Рис. 12.4. Литниковые системы

Внутренняя литниковая система (рис. 12.4, б) используется для отливок типа рамок, колец с большими отверстиями. Расплав подводится в полость формы внутри контура проекции отливки на плоскость разъема через литниковый ход 2, расположенный в плоскости разъема. Такая литниковая система позволяет уменьшить размеры пресс-формы, а также расход металла на литниковую систему.

Боковая литниковая система (рис. 12.4, в, г) наиболее распространена для подвода расплава в пресс-форму. Расплав подводится к внешнему контуру отливок 3. Литниковую систему этого типа используют в одногнездных и многогнездных пресс-формах для мелких, средних, крупных отливок. Мелкие отливки располагают так, чтобы вначале заполнялся коллектор, а затем полость формы.

Проектирование литниковой системы начинают с определения места установки питателя, соблюдая выполнение следующих принципов [18]:

- исключать лобовой удар струи расплава в рабочие поверхности пресс-формы. Это способствует сохранению на них смазочного ма-

териала, снижает вероятность приваривания отливки к пресс-форме и образования задигов на отливке, способствует повышению долговечности пресс-формы;

- избегать встречных потоков расплава в форме;
- обеспечивать поступление расплава параллельными струями;
- располагать питатель так, чтобы движение потока расплава способствовало последовательному вытеснению воздуха и продуктов разложения смазочного материала из полости пресс-формы через вентиляционные каналы.

Большое влияние на качество отливки (наличие спаев, пористости) оказывает расположение питателя по ширине рабочей полости пресс-формы. В отливках типа «прямоугольная пластина» питатель необходимо подводить к короткой стороне отливки, ширина питателя должна составлять $0,8B$ (где B – ширина отливки) (рис. 12.5, *а*). При подводе расплава к длинной стороне воздух и продукты разложения смазочного материала не успевают покинуть пресс-форму, в результате в отливки типа «рамка» с небольшим отверстием расплав лучше подводить двумя потоками (рис. 12.5, *б*). В отливках типа «рамка» с тонкими стенками нельзя использовать подвод через два питателя из-за образования в местах встречи потоков спаев и пористости (рис. 12.5, *в*).

Следует избегать столкновения в отливке потоков расплава из двух питателей (рис. 12.5, *г*). Для отливок типа «кольцо» целесообразно применять тангенциальный подвод расплава (рис. 12.5, *е*).

К отливкам типа «цилиндрический корпус» (диаметр D больше высоты H) расплав следует подводить через питатель, примыкающий к донной части (рис. 12.5, *ж*). К удлиненным цилиндрическим корпусам малого диаметра D и большой высоты H целесообразно подводить расплав со стороны, противоположной днищу, через специальные коллекторы (рис. 12.5, *з*).

Для удаления воздуха и газов из полости формы при заполнении ее расплавом используют вентиляционные каналы. Если воздух и газы из полости формы не удалить, они остаются в теле отливки, образуя пористость.

При заполнении формы сплошными потоками каналы располагают в местах где сходятся потоки, либо где заполнение формы происходит в последнюю очередь.

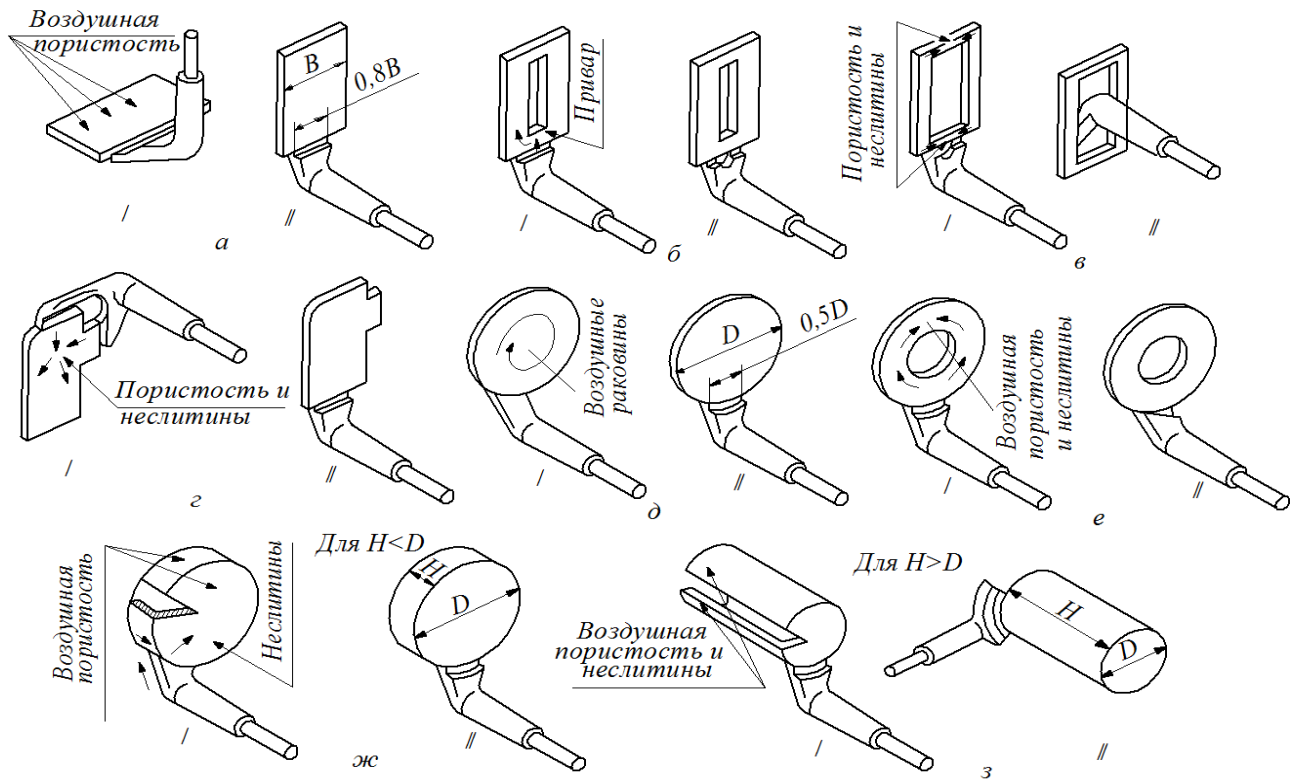


Рис. 12.5. Подвод расплава к отливкам различной конфигурации: I – неправильный; II – правильный

При заполнении дисперсным потоком вентиляционные каналы следует располагать на всех участках заполнения.

Вентиляционные каналы выполняют в плоскости разъема формы в виде проточек прямоугольного поперечного сечения. Глубину h_v , мм, вентиляционных каналов принимают в следующих пределах в зависимости от заливаемого сплава:

Свинцово-сурьмянистые	0,05 – 0,1
Цинковые	0,08 – 0,12
Алюминивые	0,10 – 0,12
Магниевые	0,1 – 0,15
Медные	0,15 – 0,2
Стали и чугуны	0,2 – 0,3

Ширина b канала должна быть не более 30 мм, что облегчает удаление облоя при обдувке пресс-формы.

Для удаления первых порций расплава, загрязненного продуктами разложения смазочного материала, воздухом, газом, окислами, в пресс-форме делают промывники – технологические приливы (1, 2 на рис. 12.6). Промывники соединяют с полостью формы каналами 3 глубиной $h_r = 0,8 \dots 0,9$ толщины питателя. Промывник 1 может соединяться с атмосферой вентиляционным каналом, но может быть и глухим 2. Обычно промывники располагают напротив тех полостей формы, заполнение которых происходит в последнюю очередь.

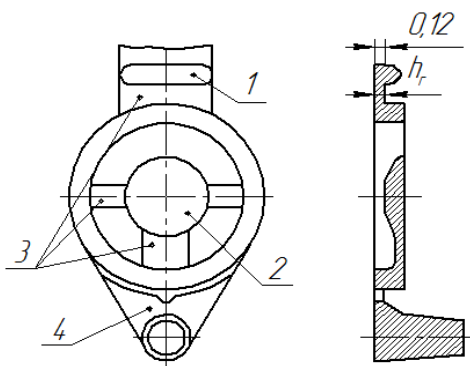


Рисунок 12.6. Отливка с промывниками:

1, 2 – промывники; 3 – соединительные каналы; 4 – литниковая система

Определение размеров каналов литниковой системы вследствие сложности физико-химических процессов, происходящих при заполнении формы, вызывает значительные трудности. Поэтому на практике используют методы расчета, основанные на опытных и практических данных.

Шубин Н.А. предложил рассчитывать площадь поперечного сечения питателя по формуле [18]

$$f_n = \frac{G}{K\rho},$$

где G – масса отливки, кг;

K – коэффициент, зависящий от конфигурации отливки и сплава, из которого ее изготавлиют;

ρ – плотность сплава, кг/м³.

Для алюминиевых сплавов значение K может быть принято равным 4,41–6,09; для цинковых сплавов – 1,57–2,16; для магниевых – 4,78–7,32, а для медных – 1,37–1,89. Большие значения K принимаются для простых отливок.

Этот способ расчета используют для отливок массой до 0,5 кг с толщиной стенок до 5 мм.

На практике применяют также другие методы расчета, основанные на использовании опытных данных.

Геометрические размеры питателей устанавливают с учетом конфигурации и толщины стенки отливки в месте подвода расплава и удобства отделения литниковой системы от отливки. Так, при изменении толщины отливок от 1,0 до 6,0 мм рекомендуется назначать следующую толщину питателя: для цинковых сплавов 0,6–2,7 мм; для магниевых 1,0–3,5 мм; для алюминиевых 0,8–3,0 мм.

12.3. Выбор машины по усилию запираания

Неотъемлемой частью разработки технологии получения отливки литьем под давлением является выбор литейной машины по усилию запираания или определение минимально допустимого значения диаметра прессующего поршня.

Усилие запираания должно быть больше давления, создаваемого сплавом в форме, чтобы исключить раскрытие формы и выброс сплава по разъему:

$$P_{\text{зап}} \geq k \cdot p \cdot F,$$

где $P_{\text{зап}}$ – усилие запираания машины, Н;

k – коэффициент запаса (для алюминиевых и магниевых сплавов рекомендуется $k = 1,18$);

p – удельное давление прессования, Па;

F – суммарная площадь проекции отливки с литниковой системой и промывниками на подвижную полуформу, м².

Удельное давление прессования определяется из соотношения

$$p = \frac{P_{\text{п}}}{F_{\text{п}}},$$

где $P_{\text{п}}$ – усилие прессования, Н;

$F_{\text{п}}$ – площадь поперечного сечения прессующего поршня, м².

Емкость камеры прессования должна быть по возможности минимальной. При этом необходимо учитывать, что диаметр прессующего поршня не должен быть меньше минимально допустимого, определяемого из условия раскрытия пресс-формы:

$$d_{\text{min}} \geq 1,13 \sqrt{\frac{k \cdot P_{\text{п}} \cdot F}{P_{\text{зап}}}}.$$

Во избежание выбросов жидкого металла через заливочное окно в момент начала движения прессующего поршня степень заполнения камеры прессования не должна превышать 0,85.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология литейного производства. Литье в песчаные формы: учебник для студентов высших учебных заведений / А.П. Трухов [и др.]; под ред. А.П. Трухова. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 528 с.
2. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок: ГОСТ 3.1125–88.
3. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку: ГОСТ 26645–85.
4. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений: ГОСТ 25346–89.
5. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров: ГОСТ 3212–92.
6. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, В.Н. Эктова. – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 416 с.
7. Анисимов, Н.Ф. Проектирование литых деталей / Н.Ф. Анисимов, Б.Н. Благов. – М.: Машиностроение, 1967. – 272 с.
8. Титов, Н.Д. Технология литейного производства / Н.Д. Титов, Ю.А. Степанов. – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.
9. Справочник по чугунному литью / под ред. Н.Г. Гиршович. – Л.: Машиностроение, 1978. – 758 с.
10. Липницкий, А.М. Технология цветного литья / А.М. Липницкий, И.В. Морозов, А.А. Яценко. – Л.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
11. Плиты модельные металлические для встряхивающих формовочных литейных машин: ГОСТ 20084–74... ГОСТ 20131–74.
12. Опоки литейные цельнолитые: ГОСТ 14996–69... ГОСТ 1502–69.
13. Толщина стенок металлических моделей и стержневых ящиков: ГОСТ 13138–67.
14. Модели литейные металлические: ГОСТ 21079–75... ГОСТ 21087–75.
15. Модели литейные. Крепление моделей на металлических модельных плитах: ГОСТ 20340–74...ГОСТ 20351–74.
16. Степанов, Ю.А. Технология литейного производства. Специальные виды литья / Ю.А. Степанов, Г.Ф. Баландин, В.А. Рыбкин. – М.: Машиностроение, 1983. – 287 с.

17. Гини, Э.Ч. Технологии литейного производства. Специальные виды литья: учебник для студентов высших учебных заведений / Э.Ч. Гини, А.М. Зарубин, В.А. Рыбкин; под ред. В.А. Рыбкина. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 352 с.

18. Белопухов, А.К. Технологические режимы литья под давлением / А.К. Белопухов. – М.: Машиностроение, 1985. – 267 с.

Учебное издание

МИХАЛЬЦОВ Александр Миронович

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Учебно-методическое пособие
для практических занятий и курсового проектирования
для студентов направления специальности
1-42 01 01-01 01 «Литейное производство
черных и цветных металлов»

Редактор Е.О. Коржуева
Компьютерная верстка Д.А. Исаева

Подписано в печать 1.11.2011.
Формат 60×84 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 6,34. Уч.-изд. л. 4,95. Тираж 150. Заказ 341.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.