

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Л. М. Морозова Г. А. Косников

**ЛИТЕЙНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК
В РАЗОВЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМАХ**

Учебное пособие



Санкт-Петербург
2016

УДК 621.74
М80

Рецензент – доктор технических наук, профессор СПбПУ *М.А. Иоффе*

Морозова Л.М. Литейное производство. Разработка технологии изготовления отливок в разовых литейных формах : учеб. пособие / Л. М. Морозова, Г. А. Косников. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 56 с.

Учебное пособие соответствует содержанию дисциплины «Литейное производство» государственного образовательного стандарта по направлению 22.03.02 «Металлургия» (уровень бакалавриата).

Описывается последовательность операций при разработке технологического процесса изготовления отливок в разовых литейных формах всех видов, используемых в современном литейном производстве, (на примере сырых песчано-глинистых форм); регламентируются правила выполнения элементов литейных форм и отливок; рассматривается порядок и пример выполнения расчетно-графической работы.

Предназначено для студентов третьего курса, обучающихся по направлению бакалавриата 22.03.02 «Металлургия», изучающих дисциплину «Литейное производство». Может быть использовано студентами неметаллургических специальностей, изучающих технологию заготовительных производств в машиностроении.

Табл. 21. Ил. 31. Библиогр.: 12 назв.

Печатается по решению
Совета по издательской деятельности Ученого совета
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

ISBN 978-5-7422-5221-4

© Морозова Л.М., Косников Г. А., 2016
© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее массовым способом получения фасонных отливок является изготовление их в разовых формах, разрушающихся при извлечении из них затвердевших отливок.

Процесс получения отливки в разовой литейной форме включает ряд последовательных операций:

- обработка (совместно с конструктором) технологичности литой детали, в случае необходимости - согласование типа и марки сплава,
- выбор наиболее рационального способа изготовления отливки,
- разработка технологии получения отливки,
- проектирование и изготовление оснастки,
- подготовка формовочных материалов и приготовление формовочных и стержневых смесей,
- изготовление формы и стержней,

а также операции, общие для всех видов литья:

- установка стержней, сборка литейной формы и подготовка ее к заливке,
- приготовление расплава заданного состава,
- заливка сплава в литейную форму, формование и охлаждение отливки,
- финишные операции (выбивка отливки из формы, удаление стержней; обрубка, очистка, термообработка отливок; контроль качества, исправление дефектов, нанесение защитных покрытий, окончательная приемка и оформление выходных документов).

В данном пособии рассматривается процесс разработки технологии получения отливок в разовых литейных формах.

Основными компонентами смесей для изготовления разовых литейных форм и стержней являются основа и связующие. В качестве основы используют дисперсные материалы, чаще всего кварцевые пески, в качестве связующих - органические (синтетические и природные смолы, масла и пр.) и неорганические (формовочная глина, жидкое стекло, цемент и пр.) материалы, а также постоянно действующие внешние силы (вакуум, магнитные поля, глубокий холод).

Порядок разработки технологического процесса изготовления отливок в

разовых формах идентичен для всех видов формовочных смесей и способов литья: в песчано-глинистых сырых (ПГС), сухих и подсушенных формах; в формах, отверждаемых в контакте с холодной (ХТС) и горячей (ГТС) оснасткой, в вакуумно-пленочных песчаных формах (ВПФ), в оболочковых формах из термореактивных смесей, в формах из жидких самотвердеющих смесей (ЖСС).

1. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ В РАЗОВОЙ ПЕСЧАНОЙ ФОРМЕ

Конструктор выбирает тип и марку сплава и разрабатывает конструкцию детали, исходя, в первую очередь, из ее функционального назначения. Технолог-литейщик может оказать влияние на конструктивные особенности детали либо на стадии предварительного согласования с конструктором, либо непосредственно при разработке технологического процесса получения отливки. В любом случае стремятся обеспечить оптимальную технологичность отливки как за счет технологичности детали, так и за счет рациональной конструкции самой отливки. Под технологичностью отливки следует понимать такие ее конструктивные особенности, которые при обеспечении выполнения требований к готовой детали одновременно обеспечивают технологическую возможность и экономическую целесообразность ее производства. При знании и выполнении конструктором основных требований к технологичности литых деталей (наличие местных выступов вокруг отверстий, прерывистость опорных и минимальная протяженность сопрягаемых поверхностей, максимальные равнотолщинность стенок и простота внешних очертаний и др.) задача технолога-литейщика сводится к повышению технологичности отливки за счет арсенала средств, базирующихся на знании особенностей процессов литья.

Способ получения отливки предопределяется выбранным конструктором литейным сплавом, назначением и конструкцией (формой, габаритами, массой) отливки, серийностью ее производства, производственными возможностями действующих или специализацией проектируемых литейных цехов.

При этом должно быть обеспечено изготовление изделий в заданном количестве и требуемого качества при минимальных затратах трудовых, материальных и энергетических ресурсов и минимальном вредном воздействии на человека и окружающую среду.

Технологический процесс изготовления отливки разрабатывают в определенной последовательности, регламентируемой соответствующими

нормативными документами (ЕСКД, ЕСТД, ГОСТы, отраслевые стандарты, ТУ и пр.).

Каждый этап процесса разработки технологии изготовления отливки сопровождается графическим изображением элементов литейных форм и отливок, которое выполняют в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и ГОСТа 3.1125-88 «Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок».

В связи с тем, что большинство фасонных отливок изготавливают в разовых песчаных формах, процесс проектирования технологии изготовления отливки рассматривается применительно к этому способу литья.

Условные обозначения элементов литейных форм и отливок наносят на чертеж детали.

1.1. Выбор положения отливки в форме при заливке (рис. 1.1)

Обозначение: *сплошная основная линия, ограниченная стрелками и перпендикулярная к линии разреза; у стрелок ставят буквы В(верх) и Н(низ).*

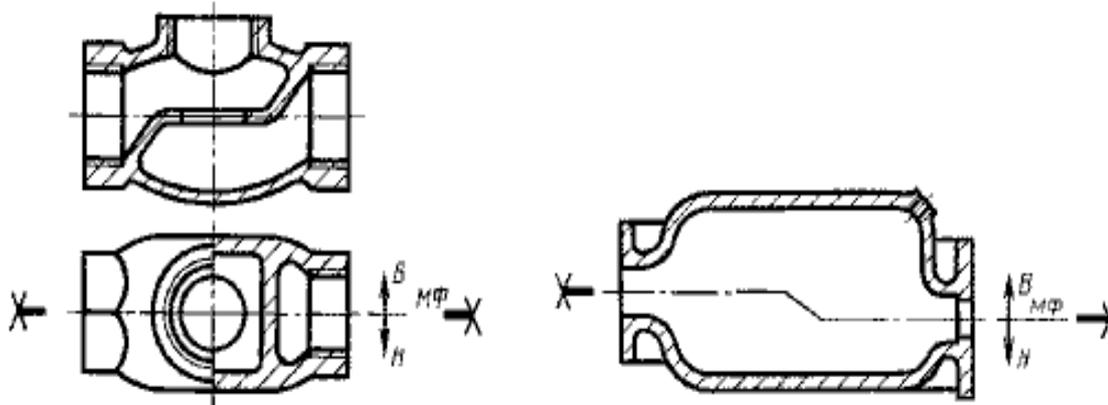


Рис.1.1.

При выборе положения отливки в форме нужно исходить из желательности выполнения следующих условий:

- наиболее ответственные, обычно обрабатываемые, поверхности располагают внизу или сбоку, так как верхние части отливок в наибольшей степени загрязняются неметаллическими включениями, поражаются газовыми раковинами, требуют, как правило, увеличенных припусков на механическую обработку;

- для предотвращения образования усадочных дефектов более массивные узлы отливки стремятся располагать вверху (реализуя принцип направленного затвердевания отливки снизу вверх по направлению к прибыли);
- обеспечивают минимальные: количество стержней, разъемов модели и формы; сложность оснастки; трудоемкость изготовления оснастки, форм, стержней, сборки формы.

1.2. Выбор разъемов модели и формы (рис. 1.1, 1.2)

Обозначение: штрихпунктирная линия, заканчивающаяся знаком X - X — — . — . — . — X, над которой указывают буквенное обозначение разъема модели и формы (МФ) или только формы (Ф). При нескольких разъемах модели и формы каждый разъем показывают отдельно (рис. 1.2).

Если отливка формуется в горизонтальном положении, а заливается в вертикальном, то буквенное обозначение верха и низа отливки у стрелок не ставится, а параллельно заливке проводится сплошная основная линия, ограниченная стрелками. У стрелок ставится буквенное обозначение верха и низа (рис. 1.2).

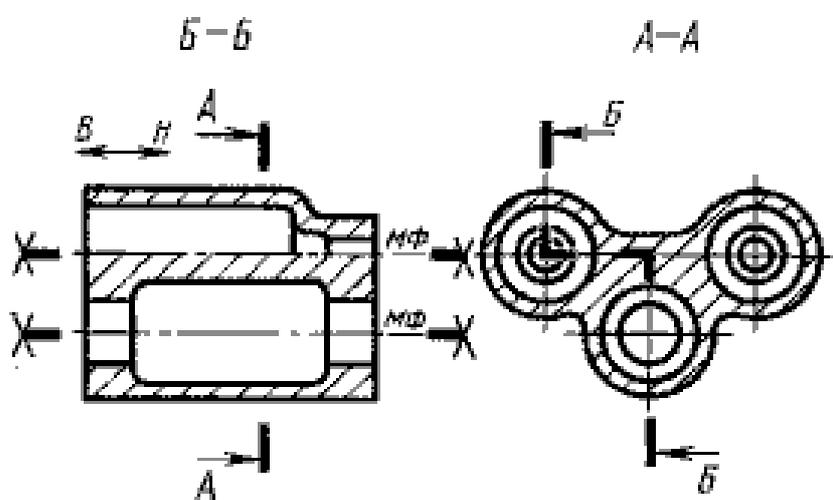


Рис. 1.2.

Количество разъемов модели и формы должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы обеспечивать удобство формовки, выема модели из формы, сборки формы.

Учитывая возможность смещения частей формы относительно друг друга, всю отливку или ее большую часть стремятся размещать в одной (желательно нижней) части формы.

Уменьшение количества разъемов модели достигают за счет применения моделей с отъемными частями, подрезки, внешних стержней.

При машинной формовке выбирают один плоский разъем формы (формовка в парных опоках) и не более одного разъема модели.

Решения по п.п. 1.1 и 1.2 взаимосвязаны и должны приниматься в едином комплексе. При их принятии в ряде случаев необходимо учитывать количество и взаимное расположение отливок в форме, стремясь в максимальной степени использовать рабочее пространство опоки.

1.3. Припуски на механическую обработку и нормы точности отливки

Припуск на обработку – толщина слоя металла, удаляемого с поверхности отливки при ее обработке в целях обеспечения заданных размеров, формы, расположения, неровностей и шероховатости поверхности детали.

Общий припуск следует назначать для устранения погрешностей размеров, формы и расположения неровностей и дефектов обрабатываемой поверхности, формирующихся при изготовлении отливки и последовательных переходах ее обработки в целях повышения точности обрабатываемого элемента отливки.

Обозначение: припуски на механическую обработку *изображают сплошной тонкой линией, допускается выполнять линию припуска красным цветом. Величину припуска указывают цифрой перед знаком шероховатости поверхности детали или величиной уклона и линейными размерами (рис.1.3,а).*

Допускается при несложных отливках припуски не изображать, а указывать только величину припуска цифрой.

Величину припуска на механическую обработку определяют согласно ГОСТ Р 53464-2009 «ОТЛИВКИ ИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку».

Величина припуска зависит от размеров отливки, типа сплава, технологического процесса литья, положения обрабатываемых поверхностей отливки в форме, которые определяют получаемую точность отливки.

Припуски на обработку (на сторону) назначают дифференцированно на каждую обрабатываемую поверхность отливки с учетом общего допуска ($\Delta_{\text{общ}}$) и ряда припуска (РП).

Общий допуск элемента отливки ($\Delta_{\text{общ}}$) – комплексный допуск, включающий допуск размера от поверхности до базы и независимо назначенные допуски формы и неровности поверхности.

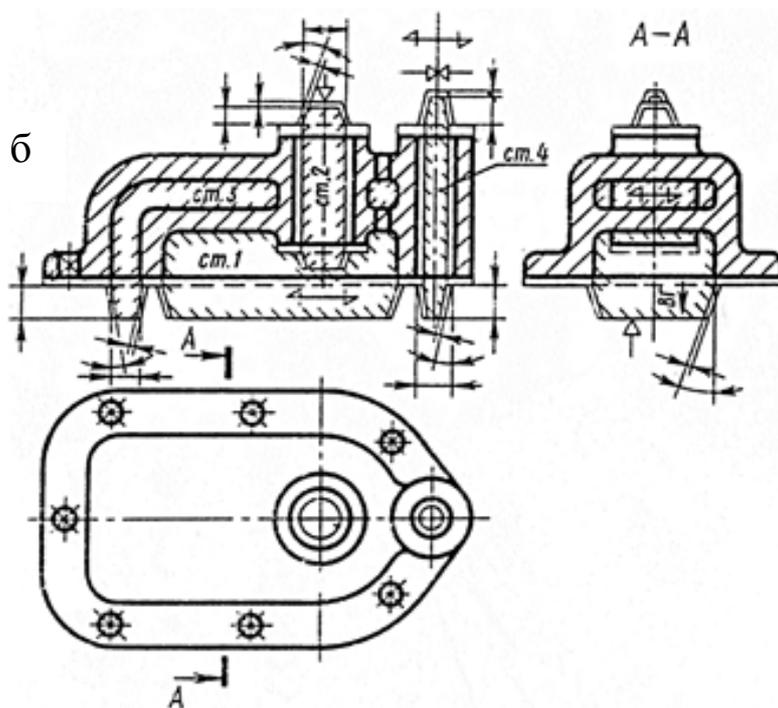
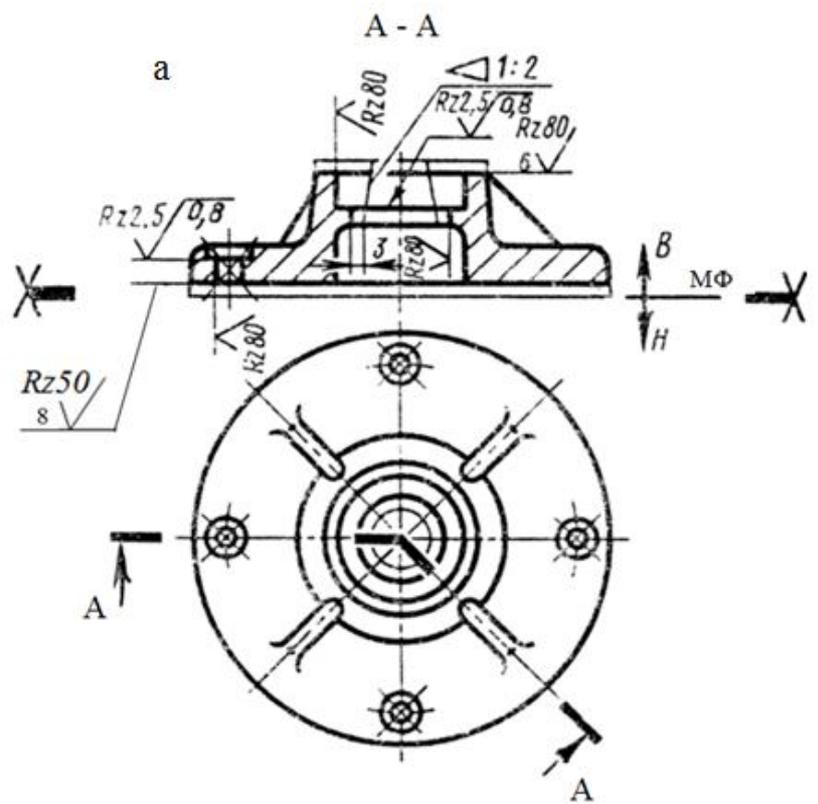


Рис. 1.3,а,б. Обозначение элементов литейной формы и отливок

Схема последовательности действий при определении припуска на механическую обработку приведена на рис. 1.4.

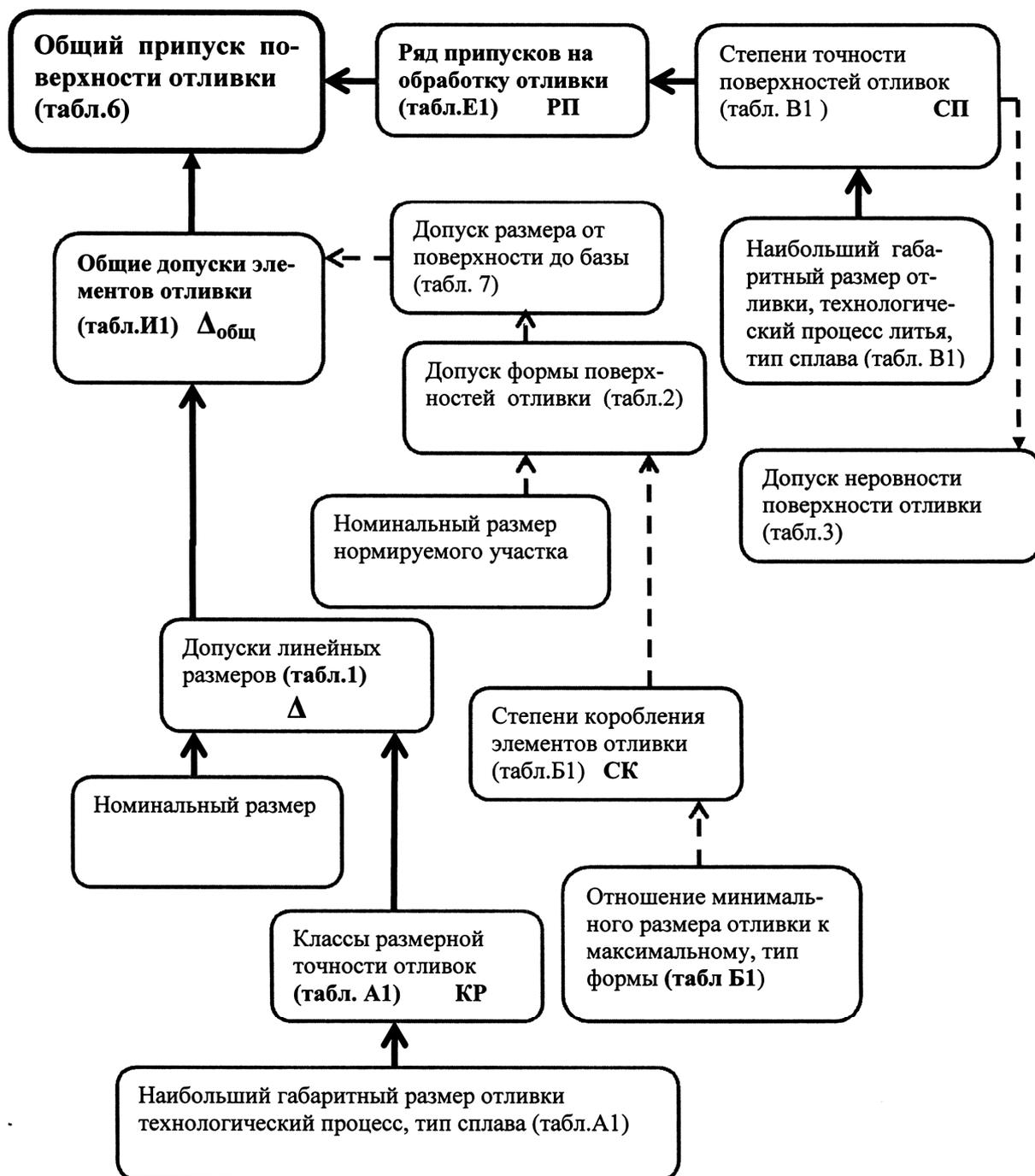


Рис. 1.4. Последовательность операций при определении припуска на механическую обработку (таблицы из ГОСТ Р 53464-2009): вариант 1 (--->); вариант 2 (—>)

Для обрабатываемых поверхностей ряд припуска (РП) определяют в зависимости от степени точности поверхности (СП) по табл. 1.1 (табл. Е.1 ГОСТ Р 53464-2009).

Таблица 1.1

Ряды припусков на обработку отливок

Степени точности поверхности	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15
Ряды припусков	1-2	1-3	1-4	2-5	3-6	4-7	5-8	6-9
Степени точности поверхности	16	17	18	19	20	21	22	
Ряды припусков	7-10	8-11	9-12	10-13	11-17	12-15	13-16	

Примечания: 1. *Меньшие значения рядов припусков из диапазонов их значений следует выбирать для термообрабатываемых отливок из цветных легкоплавких сплавов, большие значения – для отливок из ковкого чугуна, средние – для отливок из серого и высокопрочного чугуна, термообрабатываемых отливок из стали и цветных сплавов.*

2. *Для верхних при заливке поверхностей отливок единичного и мелкосерийного производства, изготавливаемых в разовых формах, допускается принимать увеличенные на 1-3 единицы значения ряда припуска.*

Класс размерной точности отливок (КР) и степень точности поверхности отливок (СП) выбирают в зависимости от технологического процесса литья, наибольшего габаритного размера отливки и типа сплава по табл. 1.2 (табл. А.1 и В.1 ГОСТ Р 53464-2009, соответственно).

Чтобы упростить выполнение учебных заданий в табл. 1.2 приведены данные (КР и СП) для технологического процесса литья в сырые песчано-глинистые формы из смесей с влажностью от 3,5 до 4,5% и прочностью от 60 до 120 кПа (от 0,6 до 1,2 кг/см²) для отливок с наибольшим габаритным размером до 1600 мм и развесом до 1000 кг.

В случае необходимости решения конкретных производственных задач по разработке технологии получения отливок необходимо пользоваться первоисточником.

Как видно из рис. 1.4, общий допуск ($\Delta_{\text{общ}}$) может быть определен:

1. с учетом допуска размера от поверхности до базы, допуска формы поверхности и допуска неровности поверхности, что отмечено пунктирными стрелками (вариант 1);

2. упрощенным методом, который предполагает, что допуск формы поверхности и допуск неровности поверхности не нормируются, что отмечено сплошными стрелками (вариант 2).

Таблица 1. 2

Степень точности поверхности и класс размерной точности отливок, получаемых в песчано-глинистых сырых формах

Наибольший габаритный размер, мм		Тип сплава			
		Цветные легкие нетермообрабатываемые	Черные нетермообрабатываемые, цветные термообрабатываемые, легкоплавкие	Чугуны термообрабатываемые, цветные тугоплавкие	Стали термообрабатываемые
До 100 включ.	КР	7т- 11	7-12	8-13т	9т-13
	СП	9-16	10-17	11-18	12-19
св. 100 до 250	КР	7-12	8-13т	9т-13	9-13
	СП	10-17	10-17	11-16	12-18
св. 250 до 630	КР	8-13т	9т-13	9-13	10-14
	СП	11-18	12-19	13-19	14-18
св. 630 до 1600	КР	9т-13	9-13	10-14	11т-14
	СП	12-19	10-19	14-20	15-20

Примечание: *меньшие значения относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства, большие – к сложным отливкам в условиях единичного и мелкосерийного производства, средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.*

По варианту 1 общий допуск ($\Delta_{\text{общ}}$) определяется по табл. И1 ГОСТ Р 53464-2009 в зависимости от допуска размера от поверхности до базы (табл. 7 ГОСТ Р 53464-2009), допуска неровности поверхности (табл. 3 ГОСТ Р 53464-2009), который определяется в зависимости степени точности поверхности отливки (СП) и допуска формы поверхности отливки (табл. 2 ГОСТ Р 53464-2009). Допуск формы поверхности определяется в зависимости от номинального размера нормируемого участка и степени коробления элементов отливки (СК).

Степень коробления (СК) зависит от вида литья (разовые или многократные формы), от наличия или отсутствия термической обработки отливки и определяется по табл. Б.1 ГОСТ Р 53464-2009, в частности для разовых песчаных форм по табл. 1.3.

Степень коробления отливки в разовых формах (СК)

Отношение наименьшего размера отливки к наибольшему (толщины или высоты к длине элемента отливки)	Степень коробления элемента отливки	
	Нетермообрабатываемые отливки	Термообрабатываемые отливки
Свыше 0,200	3-6	4-7
Свыше 0,100 до 0,200	4-7	5-8
Свыше 0,050 до 0,100	5-8	6-9
Свыше 0,025 до 0,050	6-9	7-10
до 0,025	7-10	8-11

Примечания: 1. Меньшие значения из диапазонов степеней коробления относятся к простым отливкам из легких сплавов; большие значения - к сложным отливкам из черных сплавов.
2. Степень коробления отливки указывается на чертеже, следует принимать по ее элементу с наибольшей степенью коробления.

Под **номинальным размером** для установления припуска на механическую обработку следует понимать наибольшее расстояние между противоположными обрабатываемыми поверхностями или расстояние от базисной поверхности или оси до обрабатываемой поверхности, а при обработке поверхностей вращения – их номинальный диаметр.

Номинальный размер детали – это размер, указанный на чертеже детали.

По варианту 2 допуски линейных размеров отливок (Δ), изменяемых и неизменяемых обработкой, определяют в зависимости от номинального размера и класса размерной точности (КР), установленного для данной поверхности.

Для наклонных, конических и фасонных поверхностей, заданных координатами от одной базы или поверхности, допускается устанавливать допуски на номинальное значение наибольшего из размеров.

Значения КР для технологического процесса литья в сырые песчано-глинистые формы приведены в табл. 1.2.

Допуски линейных размеров отливок (Δ) приведены в табл.1.4 (ГОСТ Р 53464-2009 табл. 1).

Допуски линейных размеров

Номинальный размер, мм	Допуски размеров отливок Δ , мм (не более) для классов размерной точности (КР)							
	6	7	8	9	10	11	12	13
До 4	0,32	0,5	0,64	1,0	1,2	2,0	-	-
св.4 до 6	0,36	0,56	0,7	1,1	1,4	2,2	2,8	-
св. 6 до 10	0,4	0,64	0,8	1,2	1,6	2,4	3,2	5,0
св.10 до 16	0,44	0,7	0,9	1,4	1,8	2,8	3,6	5,6
св. 16 до 25	0,5	0,8	1,0	1,6	2,0	3,2	4,0	6,4
св. 26 до 40	0,56	0,9	1,1	1,8	2,2	3,6	4,4	7,0
св. 41 до 63	0,64	1,0	1,2	2,0	2,4	4,0	5,0	8,0
св. 64 до 100	0,7	1,1	1,4	2,2	2,8	4,4	5,6	9,0
св. 101 до 160	0,8	1,2	1,6	2,4	3,2	5,0	6,4	10,0
св. 161 до 250	0,9	1,4	1,8	2,8	3,6	5,6	7,0	11,0
св. 251 до 400	1,0	1,6	2,0	3,2	4,0	6,4	8,0	12,0
св. 401 до 630	1,1	1,8	2,2	3,6	4,4	7,0	9,0	14,0
св. 630 до 1000	1,2	2,0	2,4	4,0	5,0	8,0	10,0	16,0

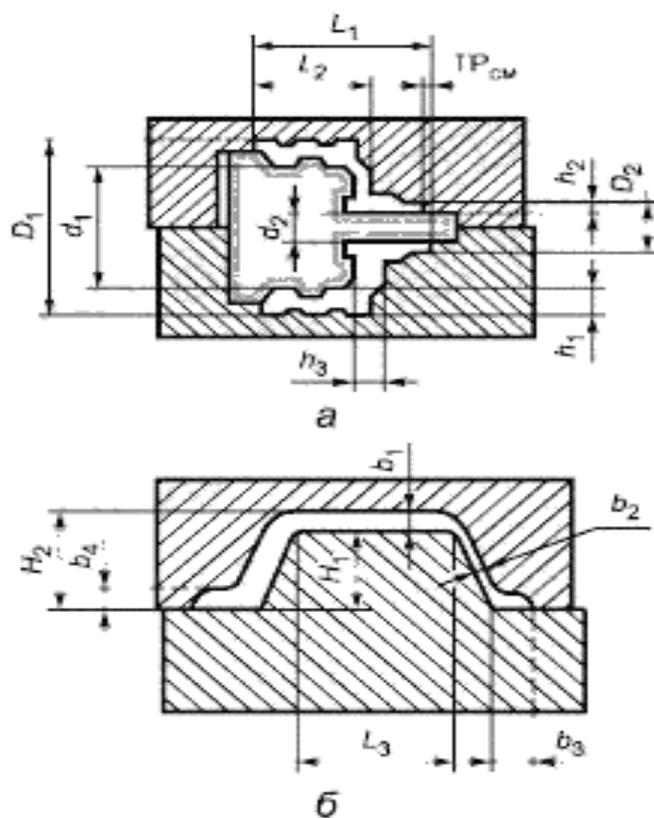
Допуски размеров элементов отливки устанавливают по классу размерной точности отливки при соответствующем виде размера.

При определении Δ необходимо учитывать, что в зависимости от расположения размеров отливки в форме по отношению к плоскости разъема модели и формы размеры различаются по виду размера (ВР) (рис.1.5).

Допуски размеров элементов отливки, образованные двумя полуформами или полуформой и стержнем (ВР2), следует устанавливать соответствующими классу размерной точности отливки (табл. 1.4).

Допуски размеров, образованных одной частью литейной формы или одним стержнем (ВР1), следует устанавливать на 1- 2 класса точнее.

Допуски размеров, образованных тремя и более частями литейной формы, несколькими стержнями или подвижными элементами формы, а также допуски толщины стенок, являющиеся замыкающим звеном двух размеров (ВР3), следует устанавливать на 1- 2 класса грубее.



Размеры вида ВР1 – d_1, d_2, H_1, L_3 ; ВР2 – $D_1, D_2, L_1, L_2, b_3, b_4$; ВР3 – h_1, h_2, h_3, b_2

Рис. 1.5. Виды размеров в зависимости от расположения размеров отливки в форме по отношению к плоскости разъема модели и формы

Если дополнительные допуски формы и допуски неровностей поверхностей отливки не нормируются, то общий допуск элемента отливки $\Delta_{\text{общ}}$ следует принять на 25 % больше допуска линейного размера отливки:

$$\Delta_{\text{общ}} = 1,25 \Delta.$$

После определения $\Delta_{\text{общ}}$ находят односторонний общий припуск на механическую обработку $\delta_{\text{общ}}$ для черновой, получистовой, чистовой и тонкой обработок по табл. 1.5 (ГОСТ Р 53464-2009, табл. 6).

Общие припуски назначают по полным значениям общего допуска во всех случаях кроме случаев, когда *общие припуски на поверхности вращения и 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.*

Таблица 1.5

Общий припуск поверхности отливки

Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки									
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
св. 0.70 до 0.80	Черновая	0.9	1.1	1.4	1.4	1.6	1.8	2.2	2.6	3.1	3.9
	Получистовая	1.3	1.4	1.5	1.7	2.0	2.1	2.5	2.9	3.6	4.0
	Чистовая	1.4	1.5	1.6	1.8	2.1	2.3	2.8	3.1	3.8	4.3
	Тонкая	1.5	1.6	1.7	1.9	2.2	2.4	2.9	3.4	4.0	4.5
св. 0.80 до 0.90	Черновая	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.2	2.6	3.2	3.7
	Получистовая	1.4	1.5	1.6	1.8	2.1	2.3	2.7	3.1	3.7	4.1
	Чистовая	1.5	1.6	1.7	1.9	2.2	2.4	2.9	3.4	3.9	4.4
	Тонкая	1.6	1.8	1.9	2.0	2.4	2.6	3.1	3.4	4.1	4.6
св. 0.90 до 1.00	Черновая	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.3	2.7	3.1	3.6
	Получистовая	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1	2.4	2.7	3.2	3.8	4.3
	Чистовая	1.6	1.7	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
	Тонкая	1.8	1.9	2.0	2.2	2.5	2.7	3.1	3.6	4.3	4.8
св. 1.00 до 1.10	Черновая	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.4	2.7	3.3	3.8
	Получистовая	1.5	1.6	1.6	1.9	2.2	2.4	2.8	3.1	3.8	4.3
	Чистовая	1.6	1.8	1.9	2.1	2.4	2.6	3.1	3.4	4.1	4.5
	Тонкая	1.9	2.0	2.1	2.3	2.5	2.7	3.3	3.7	4.4	4.9
св. 1.10 до 1.20	Черновая	1.2	1.3	1.4	1.5	1.8	2.0	2.4	2.8	3.4	3.8
	Получистовая	1.6	1.7	1.8	2.0	2.3	2.5	2.9	3.4	3.9	4.4
	Чистовая	1.8	1.9	2.0	2.2	2.5	2.7	3.1	3.6	4.3	4.8
	Тонкая	2.0	2.1	2.1	2.4	2.7	2.8	3.4	3.8	4.4	4.9
св. 1.20 до 1.40	Черновая	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.4	2.5	2.9	3.5	4.0
	Получистовая	1.8	1.9	2.0	2.2	2.5	2.7	3.1	3.4	4.0	5.0
	Чистовая	2.1	2.2	2.3	2.5	2.8	3.0	3.4	3.9	4.5	6.0
	Тонкая	2.2	2.3	2.4	2.6	2.9	3.2	3.7	4.0	4.8	6.1
св. 1.40 до 1.60	Черновая	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1	2.6	2.7	3.1	3.6	4.6
	Получистовая	2.0	2.1	2.2	2.4	2.7	2.9	3.3	3.6	4.3	4.8
	Чистовая	2.3	2.4	2.5	2.6	3.0	3.1	3.6	4.1	4.6	5.1
	Тонкая	2.5	2.6	2.7	2.9	3.1	3.4	3.9	4.3	5.0	5.4
св. 1.60 до 1.80	Черновая	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.7	3.2	3.7	4.1
	Получистовая	2.1	2.2	2.3	2.5	2.8	3.0	3.5	3.8	4.4	4.4
	Чистовая	2.4	2.5	2.6	2.8	3.1	3.3	3.8	4.3	4.8	4.8
	Тонкая	2.6	2.7	2.8	3.0	3.4	3.6	4.0	4.4	5.2	5.2
св. 1.80 до 2.00	Черновая	1.6	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.8	3.3	3.8	4.3
	Получистовая	2.3	2.4	2.5	2.6	3.0	3.1	3.6	4.0	4.6	5.0
	Чистовая	2.5	2.7	2.8	3.0	3.4	3.6	4.0	4.4	5.0	5.4
	Тонкая	2.8	3.0	3.1	3.3	3.6	3.8	4.3	4.8	5.5	5.8
св. 2.00 до 2.20	Черновая	1.8	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	3.0	3.4	3.9	4.4
	Получистовая	2.4	2.5	2.7	2.8	3.2	3.4	3.8	4.1	4.8	5.3
	Чистовая	2.8	2.9	3.0	3.3	3.6	3.8	4.3	4.6	5.1	5.8
	Тонкая	3.1	3.3	3.4	3.6	3.9	4.1	4.6	5.0	5.6	6.1

Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки									
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
св. 2.20 до 2.40	Черновая	1.9	2.0	2.1	2.3	2.5	2.7	3.1	3.4	4.0	4.5
	Получистовая	2.6	2.8	2.9	3.1	3.4	3.6	4.0	4.4	5.0	5.4
	Чистовая	3.1	3.2	3.3	3.5	3.8	3.9	4.4	4.9	5.5	6.0
	Тонкая	3.4	3.4	3.6	3.8	4.1	4.3	4.8	5.1	5.8	6.3
св. 2.40 до 2.80	Черновая	2.1	2.2	2.3	2.5	2.6	2.9	3.3	3.6	4.4	4.6
	Получистовая	2.9	3.0	3.1	3.4	3.6	3.8	4.3	4.6	5.4	5.6
	Чистовая	3.4	3.5	3.5	3.8	4.0	4.3	4.8	5.2	5.8	6.1
	Тонкая	3.8	3.8	3.8	4.1	4.4	4.6	5.2	5.4	6.1	6.7
св. 2.80 до 3.20	Черновая	2.3	2.4	2.5	2.6	2.9	3.1	3.4	3.9	4.4	4.9
	Получистовая	3.3	3.4	3.4	3.6	4.0	4.1	4.6	5.0	5.6	6.0
	Чистовая	3.8	3.9	3.9	4.1	4.5	4.6	5.1	5.6	6.1	6.7
	Тонкая	4.1	4.3	4.3	4.5	4.8	5.0	5.4	5.8	6.5	7.1
св. 3.20 до 3.60	Черновая	2.5	2.6	2.7	2.9	3.1	3.3	3.6	4.1	4.6	5.2
	Получистовая	3.6	3.6	3.8	4.0	4.3	4.5	4.9	5.3	5.8	6.3
	Чистовая	4.3	4.3	4.4	4.6	4.9	5.2	5.6	6.0	6.5	7.1
	Тонкая	4.5	4.6	4.8	4.9	5.3	5.5	6.0	6.3	7.1	7.5
св. 3.60 до 4.00	Черновая	2.7	2.8	2.9	3.2	3.4	3.6	3.9	4.3	4.8	5.3
	Получистовая	4.0	4.4	4.3	4.4	4.8	4.9	5.3	5.6	6.3	6.7
	Чистовая	4.5	4.6	4.8	4.9	5.3	5.5	6.0	6.3	6.9	7.5
	Тонкая	5.2	5.3	5.3	5.4	5.8	6.0	6.5	6.9	7.5	8.0
св. 4.00 до 4.40	Черновая	2.8	2.9	3.0	3.3	3.5	3.7	4.0	4.4	4.9	5.5
	Получистовая	4.1	4.3	4.3	4.5	4.8	5.0	5.5	5.8	6.3	6.9
	Чистовая	4.8	4.9	5.0	5.1	5.4	5.8	6.1	6.7	7.3	7.8
	Тонкая	5.3	5.3	5.5	5.6	6.0	6.2	6.7	7.1	7.8	8.3
св. 4.40 до 5.00	Черновая	3.4	3.3	3.4	3.6	3.8	4.0	4.4	4.8	5.3	5.8
	Получистовая	4.5	4.6	4.8	4.9	5.3	5.5	5.8	6.3	6.9	7.3
	Чистовая	5.3	5.4	5.6	5.8	6.0	6.3	6.7	7.1	7.8	8.3
	Тонкая	6.0	6.0	6.2	6.3	6.7	6.9	7.3	7.8	8.5	9.0

Размер отливки $L_{отл}$ определяют по формуле:

$$L_{отл} = (L_{дет} \pm \delta_1 \pm \delta_2) \pm \frac{\Delta}{2}, \quad (1.1)$$

где $L_{дет}$ – размер детали; δ_1, δ_2 – общий припуск на механическую обработку с одной и другой стороны, Δ – допуск размеров, который может быть и несимметричным; знаки «+» и «-» зависят от расположения припусков.

Размеры на чертеже отливки проставляют с учетом измерительной базы (ИБ) и базы первоначальной обработки (БПО) поверхности. ИБ – это необрабатываемая поверхность или ее ось, относительно которой производят

первоначальную обработку, размеры до необрабатываемых поверхностей проставляют от ИБ. БПО – поверхность, обрабатываемая в первую очередь; все размеры детали, обеспечиваемые механообработкой, проставляются от БПО.

Нормы точности отливки – это требования к уровню значений параметров точности отливки. Нормы точности устанавливают в зависимости от назначения, конструктивно-технологических особенностей, условий эксплуатации и изготовления отливки.

В технических требованиях чертежа отливки или детали с нанесенными размерами отливки указывают нормы точности отливки. Их приводят в следующем порядке: класс размерной точности (КР), степень коробления (СК), степень точности поверхности (СП), класс точности массы (КМ) и допуск смещения элемента отливки по разьему формы (T_{cm}).

Класс точности массы отливок (КМ) выбирают в зависимости от номинальной массы отливки, технологического процесса литья и типа сплава (по табл. Д.1. ГОСТ Р 53464-2009), для литья в сырые песчано-глинистые формы по табл. 1.6.

Таблица 1. 6

Класс точности массы отливок

Номинальная масса, кг	Тип сплава			
	Цветные легкие нетермо- обрабаты- ваемые	Черные нетермообра- батываемые, цветные термообраба- тываемые, легкоплавкие	Чугуны термообра- батываемые, цветные тугоплавкие	Стали термообра- батываемые
	Класс точности массы (КМ)			
До 1,0	5- 13т	6- 13	7т-14	7- 15
Свыше 1,0 до 10,0	6- 13	7т- 14	7- 15	8-15
Свыше10,0 до 100,0	7-15	8-15	9т-16	9-16
Свыше100,0 до 1000,0	8-15	9т-16	9т-16	10-16

Примечание: *меньшие значения относятся к простым компактным отливкам и условиям массового автоматизированного производства, большие – к сложным крупногабаритным отливкам единичного и мелкосерийного производства, средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.*

Смещение по плоскости разъема ($T_{см}$) равно разности между предельными отклонениями положений частей отливки, формируемых в разных полуформах (рис. 1.6).

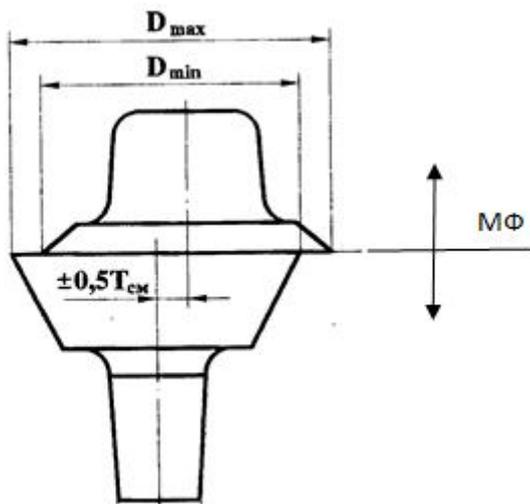


Рис. 1.6. Смещение по плоскости разъема отливки: D_{max} и D_{min} – максимальный и минимальный диаметры отливки из-за смещения; $T_{см}$ - допуск смещения

Допуск смещения отливки по плоскости разъема в диаметральном выражении устанавливают по табл. 1.4 (табл. 1 ГОСТ Р 53464-2009) на уровне класса размерной точности отливки по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, выходящих на разъем или пересекающих его.

Пример условного обозначения точности:

Точность отливки **8 – 5 – 4 – 7 См 0,8 ГОСТ Р 53464–2009.**

Отливка 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм.

Ненормируемые показатели точности отливок заменяют нулями, а обозначение смещения опускают: точность отливки 8–0–0–7 ГОСТ Р 53464–2009.

Нормы точности устанавливают на отливку в целом, ее отдельные поверхности и размеры.

1.4. Технологический напуск (припуск) и отъемные части модели отливки

Технологический напуск (припуск) – местное или неравномерное увеличение тела отливки по сравнению с чертежом литой детали с нормативными припусками на обработку, вызванное особенностями литейной технологии. К технологическим напускам относятся: пополнения,

обеспечивающие направленную кристаллизацию отливки и сглаживающие местные углубления и выступы; пополнения и стяжки, компенсирующие искажение конфигурации отливки под влиянием напряжений, возникающих при охлаждении; непроливаемые отверстия; усадочные ребра; литейные уклоны.

Обозначение: указывают цифрой со знаком (+) или минус (-) и буквой T, проставляют на продолжении размерной линии или на полке линии выноски, если нельзя разместить надпись и цифру на продолжении размерной линии (рис.1.7).

Отверстия, впадины и т.п., не выполняемые при отливке детали, зачеркивают сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять красным цветом (рис. 1.7).

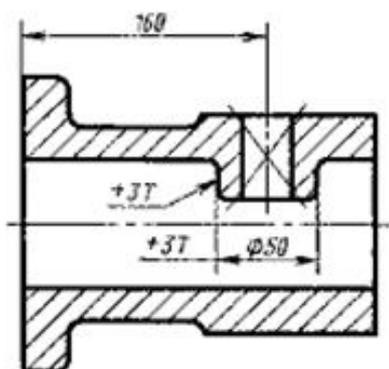


Рис. 1.7. Изображение непроливаемых отверстий

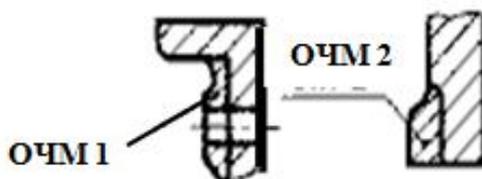


Рис. 1.8. Изображение отъемных частей моделей отливок

Отъемные части модели (рис. 1.8) служат для обеспечения выема модели из формы при наличии у нее выступающих частей.

Обозначение: линию соприкосновения отъемной части с моделью показывают сплошной основной линией, отъемную часть обозначают буквами ОЧМ и порядковым номером (если ОЧМ больше одной).

1.5. Литейная (действительная) усадка

Литейная (действительная) усадка характеризует изменение размеров отливки по сравнению с размерами модели, зависит от типа сплава (табл. 1.7), размеров отливки и степени затрудненности свободной линейной усадки сплава в отливке после ее затвердевания. Модельщики обеспечивают увеличение

размеров модели по сравнению с размерами отливки, учитывая величину литейной усадки за счет использования специальных усадочных метров.

Указание на поле чертежа детали: «Литейная усадка ...%».

Таблица 1.7

Средние значения литейной усадки для различных литейных сплавов

Сплавы	Литейная усадка, %
Чугуны:	
Серый с пластинчатым графитом (СЧ)	0,8 – 1,2
Высокопрочный с шаровидным графитом (ВЧШГ)	0,7 – 1,2
Белый (ковкий)	1,5 – 1,8
Углеродистые и низколегированные стали	1,6 – 2,0
Медные сплавы:	
Бронзы	0,9 – 1,1
Латуни	1,5 – 1,9
Алюминиевые и магниевые сплавы	0,8 – 1,0

1.6. Формовочные уклоны

Формовочные уклоны (рис. 1.9, табл. 1.8) выполняют на вертикальных формообразующих поверхностях моделей с целью предотвращения разрушения формы и облегчения выема модели при ее извлечении из формы.

Показываются сплошной тонкой линией (допускается выполнение красным цветом).

Величины уклонов регламентирует ГОСТ 3212 – 92 «КОМПЛЕКТЫ МОДЕЛЬНЫЕ. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров».

В зависимости от требований, предъявляемых к поверхности отливки, формовочные уклоны назначают: на обрабатываемых поверхностях сверх припуска на механическую обработку (рис. 1.9,а); на необрабатываемых поверхностях, не сопрягаемых по контуру с другими деталями, за счет увеличения и уменьшения размеров (рис. 1.9,б); на необрабатываемых поверхностях, сопрягаемых по контуру с другими деталями, за счет уменьшения (рис. 1.9,в) или увеличения (рис. 1.9,г) размеров отливки в зависимости от поверхности сопряжения. При наличии уклонов на наружных и внутренних поверхностях следует стремиться к равенности отливки.

Значения формовочных уклонов, формообразующих поверхностей модельного комплекта для песчано-глинистых смесей указаны в табл. 1.8 (ГОСТ 3212 – 92, табл.1).

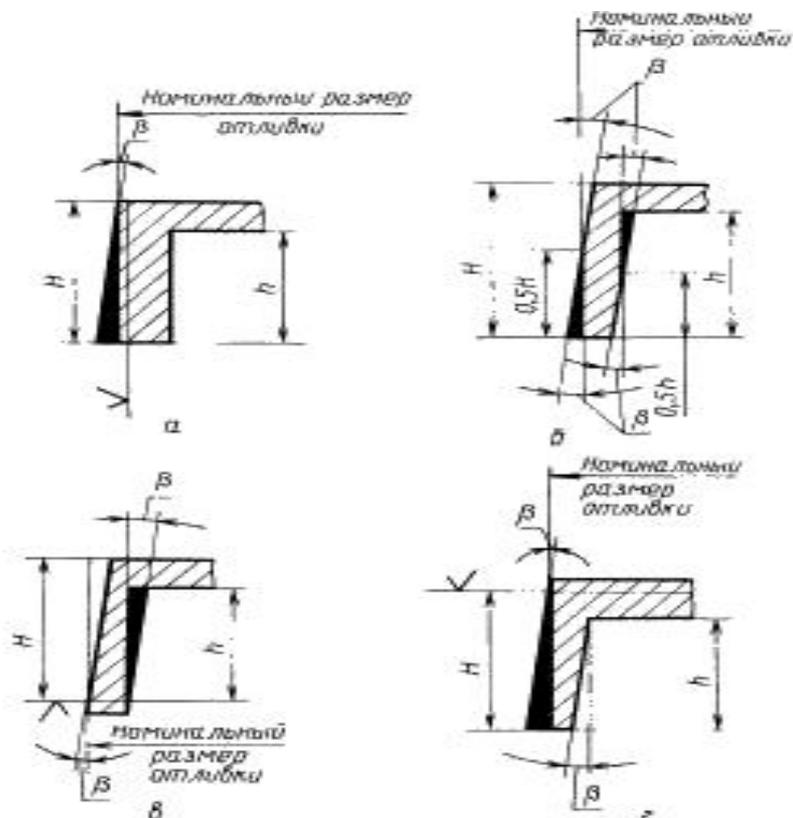


Рис. 1.9. Формовочные уклоны на рабочих поверхностях

Таблица 1.8

Значения формовочных уклонов

Высота h, мм	Формовочный уклон β комплекта			
	металлического, пластмассового		деревянного	
		мм		мм
До 10	2°20'	0,40	2°55'	0,50
Св.10 до 16	1°35'	0,45	1°55'	0,55
Св.16 до 25	1°10'	0,50	1°30'	0,65
Св.25 до 40	50'	0,60	1°05'	0,75
Св. 40 до 63	35'	0,65	45'	0,85
Св. 63 до 100	25'	0,75	35'	1,00
Св. 100 до 160	20'	0,95	25'	1,20
Св.160 до 250		1,45	25'	1,85
Св. 250 до 400		2,30	20'	2,30
Св. 400 до 630		3,65		3,65
Св.630 до 1000		5,80		5,80

Примеры выполнения формовочных уклонов приведены на рис. 1.10.

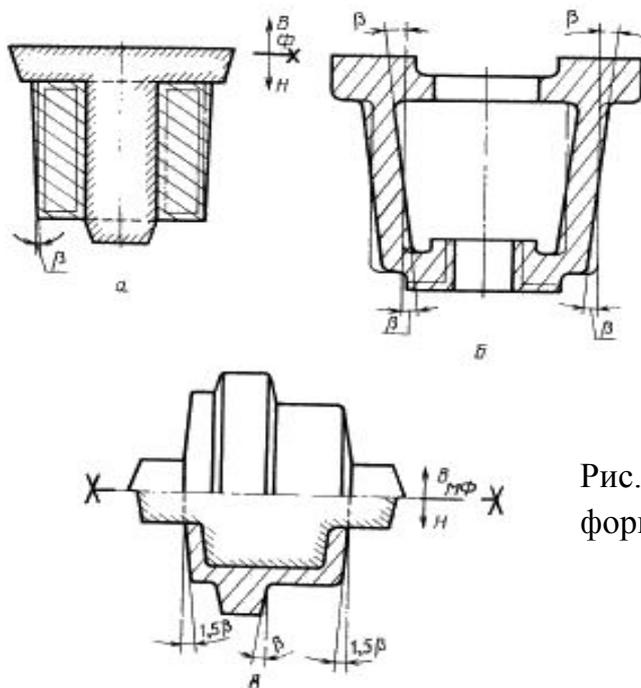


Рис. 1.10. Примеры выполнения формовочных уклонов

1.7. Минимальные диаметры отверстий

Минимальные диаметры отверстий, получаемых литьем (D_{\min}), зависят от толщины стенки отливки ($\delta_{\text{отл}}$):

$\delta_{\text{отл}}$, мм	6 – 10	11 – 20	21 – 30	31 – 40	41 – 50
D_{\min} , мм	30	40	50	70	80

1.8. Стержни

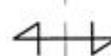
Конструкция стержня должна обеспечить образование надлежащей полости отливки с заданной точностью, достаточную прочность и устойчивость при заполнении формы металлом, вывод из стержня образующихся при заливке газов, а также способствовать, в зависимости от типа производства, применению машинных и механизированных методов изготовления. Для многих внутренних полостей используется не один, а несколько стержней, которые получают в простых стержневых ящиках, а затем склеивают или собирают их после сушки. При сборке стержней предпочтительно иметь фиксаторы, например коническое углубление в одном и выступ в другом. При сборке сложных стержней в массовом производстве используют специальные кондукторы.

Стержни изображают сплошной тонкой линией (допускается выполнять синим цветом); стержни в разрезе штрихуют только у контурных

линий, при небольшом количестве и простой конфигурации допускается стержни не штриховать; стержни обозначают буквами «Ст.» и порядковыми номерами; указывают размеры и уклоны знаков, зазоры между знаками формы и стержнями; места соединения стержней обозначают двойной тонкой линией или одной основной.

Направление и месторасположение газоотводных каналов в стержне указывают стрелкой и буквами **ВГ** (вывод газов) (рис. 1.3,б; 1.11).

Направление набивки стержней в ящике обозначают тонкой линией с равносторонним треугольником на конце  (рис. 1.3,б; 1.11).

Плоскости разъемов стержневых ящиков указывают специальным знаком  (рис. 1.3,б; 1.11).

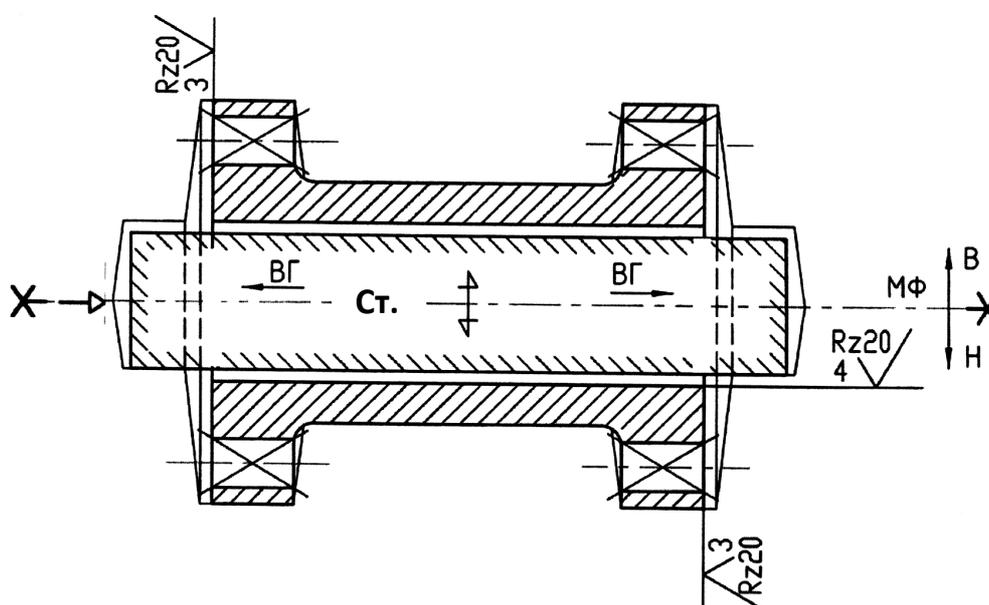


Рис. 1.11. Обозначения стержней

Стержни должны иметь достаточную прочность, чтобы не разрушаться при транспортировке. В процессе набивки стержневой смеси в стержневые ящики могут закладывать металлические каркасы (проволочные для тонкостенных стержней, литые для толстостенных и проволочно-литые для разностенных), повышающие прочность стержня.

В стержнях должны быть сделаны газоотводные каналы для свободного выхода газов через знаки (обычно верхние или боковые). Газоотводные каналы выполняют с помощью удаляемых металлических стержней, металлических труб с просверленными отверстиями (которые служат одновременно и

каркасами), фитилей, шнуров для сложных отливок. Хорошая вентиляция стержней снижает опасность брака отливок по газовым раковинам.

Точность изготовления отливок во многом определяется точностью установки стержней в форму, их фиксацией при сборке. Точность установки стержня обеспечивается конфигурацией и размерами знаков и соответствующими размерами знаковых частей модели и стержневого ящика (ГОСТ 3212–92).

Для удобства изготовления форм и стержней, а также сборки форм знаковые части моделей и стержневых ящиков имеют уклоны, между знаками формы и стержнем предусматривают зазоры. При очень малых размерах зазоров или при их отсутствии невозможно собрать форму без повреждений или нарушения точности. Слишком большие зазоры изменяют размеры отливок, на них появляются заливки металла в местах сопряжений стержня и формы, облегчаются условия проникновения металла в газоотводные каналы стержня, что приводит к образованию газовых раковин в отливках.

Длина горизонтальных знаков (рис. 1.12) должна соответствовать значениям, указанным для форм «по-сырому» в табл. 1.9 (ГОСТ 3212–92, табл.4).

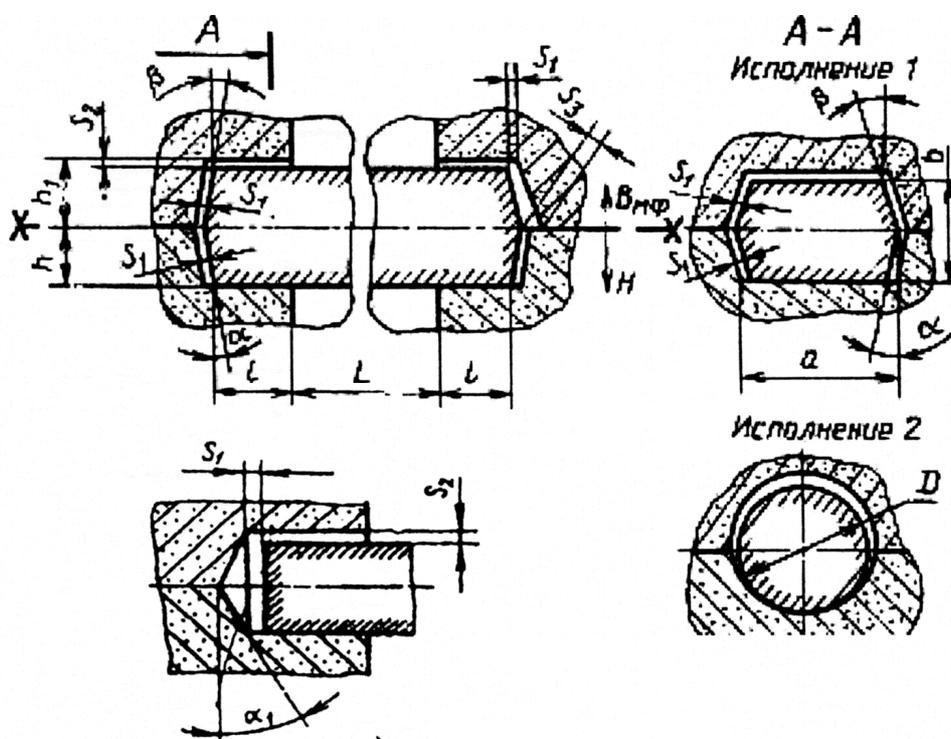


Рис. 1.12. Исполнение уклонов на знаковых частях моделей и зазоров между знаком формы и стержнем для горизонтальных знаков

Таблица 1.9

Длина горизонтальных знаков

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

Высоту нижних вертикальных знаков (рис. 1.13) для всех видов смесей следует назначать в соответствии с табл. 1.10 (ГОСТ 3212–92, табл.7).

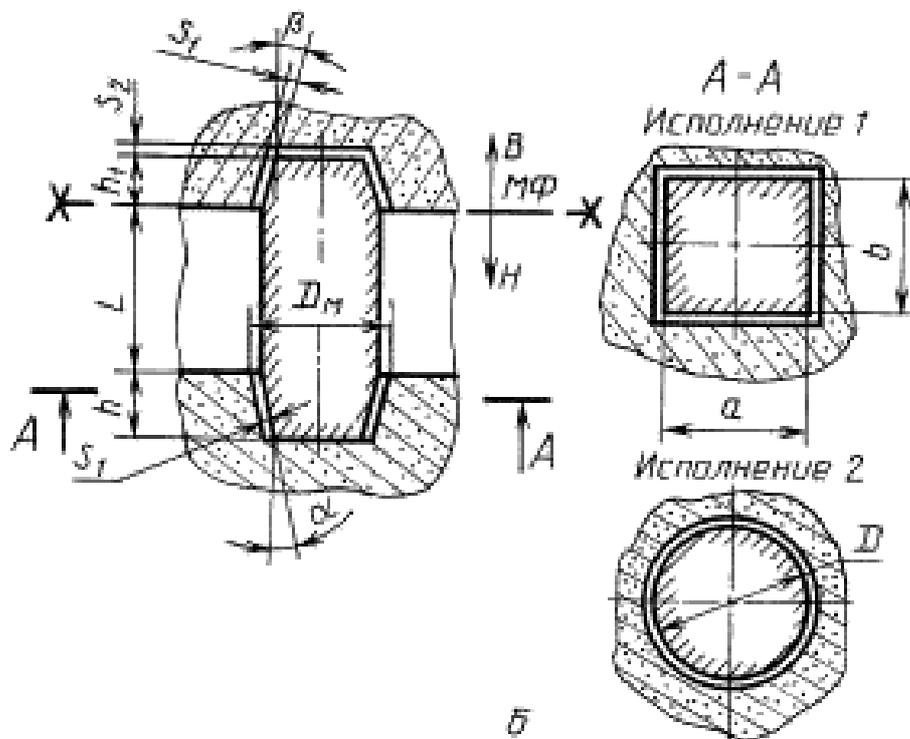


Рис. 1.13. Исполнение уклонов на знаковых частях моделей и зазоров между знаком формы и стержнем для вертикальных знаков

Таблица 1.10

Высота нижних вертикальных знаков

$\frac{a+b}{2}$ или D	Высота знака h, не более при длине стержня H							
	До 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св.100 до 160	Св.160 до 250	Св.250 до 400	Св.400 до 630	Св.630 до 1000
До 25	20	30	30	30	-	-	-	-
Св. 25 до 40					50	60		
Св. 40 до 63	25	35	35	35	40	50	80	130
Св. 63 до 100							70	
Св. 100 до 160	30	35	35	35	40	50	70	120
Св. 160 до 250							60	
Св. 250 до 400	40	40	40	40	40	40	60	120
Св. 400 до 630							50	
Св. 630 до 1000	50	50	50	50	50	50	50	110

Высоту верхнего вертикального знака следует принимать не менее 0,5 от высоты нижнего знака.

При соотношении L/D или $2L/a+h \geq 5$ нижний знак рекомендуется исполнять в соответствии с рис. 1.14.

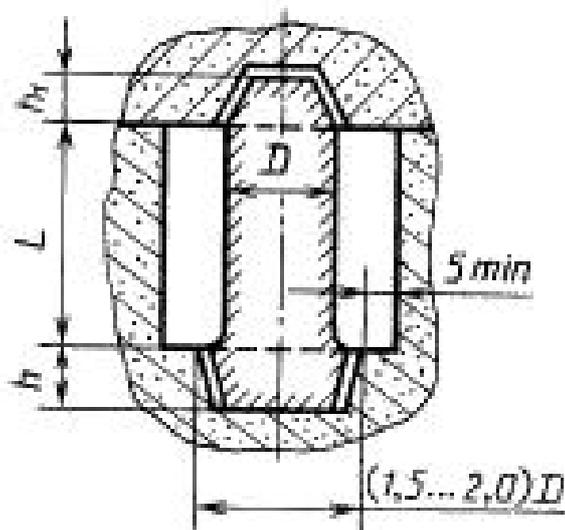


Рис. 1.14. Вариант исполнения нижнего знака вертикального стержня

Уклоны на знаковых поверхностях (рис. 1.12, 1.13) должны соответствовать указанным в табл. 1.11 (ГОСТ 3212–92, табл.8).

При определении технологических зазоров S_1 , S_2 , S_3 между знаками формы и стержня следует учитывать класс точности модельного комплекта, материал, из которого он изготовлен, габарит стержня и вид формовки.

Таблица 1.11

Уклоны на знаковых поверхностях

Высота знака h или h ₁ , мм	Уклон знаков					
	Модельного комплекта				Модели	
	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 до 63	7° 00'	5,5	10° 00'	9,0	3° 00'	2,5
Св. 63 до 100	6° 00'	8,5	8° 00'	11,7	2° 00'	2,7
Св. 100 до 160	5° 00'	11,5	6° 00'	16,0	1° 00'	3,2
Св. 160 до 250	5° 00'	14,0	6° 00'	19,0	45'	3,6
Св. 250 до 400	5° 00'	17,0	6° 00'	23,0	-	-
Св. 400 до 630	4° 00'	21,0	5° 00'	27,5	-	-
Св. 630 до 1000	3° 00'	25,0	4° 00'	32,2	-	-

Для модельного комплекта 4 – 6 классов точности, изготовленного из дерева, зазоры выбираются согласно табл. 1.12 (ГОСТ 3212–92, табл.11).

Таблица 1.12

Зазоры в модельном комплекте

Высота знака h или h ₁ , мм	Зазор S ₁ (S ₂) при длине стержня, мм							
	До 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000
До 25	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,3	1,7
Св. 25 до 40	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9
Св. 40 до 63	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2			1,5
Св. 63 до 100						2,1		
Св. 100 до 160	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,6	1,8	2,3
Св. 160 до 250	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4			
Св. 250 до 400	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5			
Св. 400 до 630	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,4
Св. 630 до 1000	1,4		1,6	1,7	1,8	1,9	2,2	2,6

Значение зазора S₃ следует принимать равным 1,5 S₁.

Примеры конструктивных исполнений знаков, предупреждающих смещение стержней, приведены на рис. 1.15.

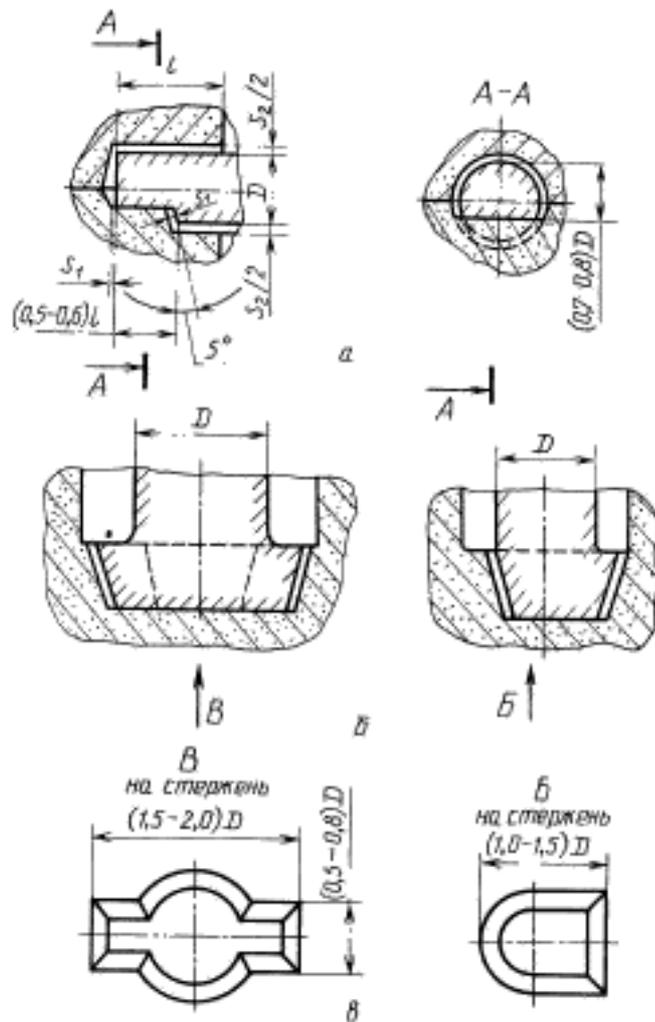


Рис. 1.15. Примеры исполнения стержневых знаков

1.9. Прибыли

Прибыли классифицируют по расположению их относительно отливки на верхние и боковые, или отводные; по конструкции – открытые и закрытые; по форме – конические, цилиндрические, полусферические, шаровидные, в виде бобышек и др.; по условиям работы – с атмосферным давлением, со сверхатмосферным газовым давлением, утепленные, обогреваемые экзотермическими вставками; по методу отделения от отливок – отрезные и легкоотделяемые отбивные или скалываемые.

Разновидности применяемых прибылей приведены на рис. 1.16.

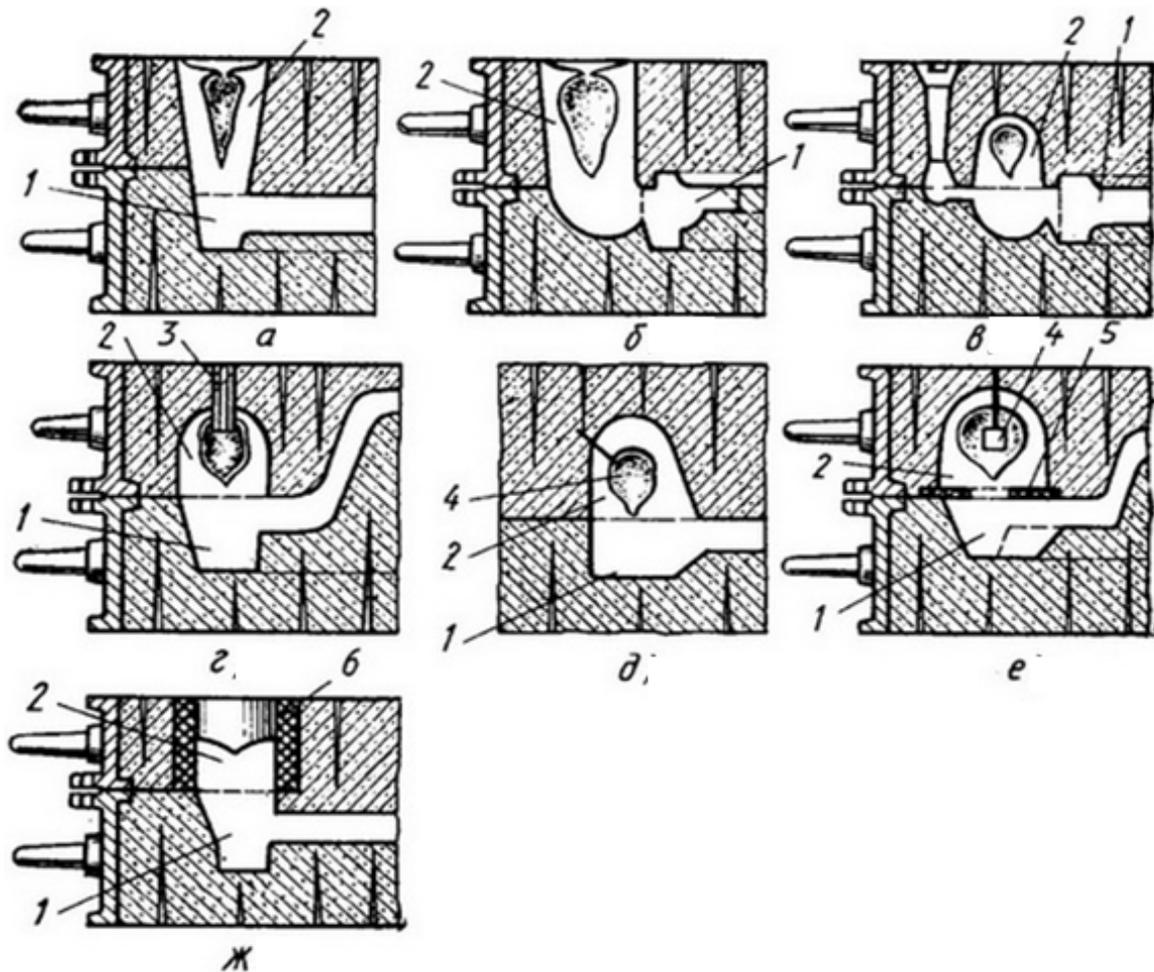


Рис. 1.16. Разновидности прибылей: а – открытая верхняя, б – открытая боковая (отводная), в – закрытая боковая (питающая бобышка), г – закрытая полусферическая прибыль с атмосферным давлением, д – закрытая прибыль с газовым давлением, е – закрытая легкоотделяемая прибыль с газовым давлением, ж – обогреваемая верхняя открытая прибыль; 1 – массивная (питаемая) часть отливки, 2 – прибыль, 3 – песчаный стержень с каналом для подвода атмосферного давления в среднюю часть прибыли, 4 – керамический патрон с зарядом газотворного вещества (например, мела), 5 – керамическая или стержневая разделительная пластина между прибылью и массивной частью отливки, 6 – песчаная втулка с термореактивной смесью (экзотермической), оформляющая прибыль и обеспечивающая подогрев в ней металла

Прибыли (рис. 1.17) изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией (допускается выполнять красным цветом); обозначают порядковым номером на полке линии-выноски, перед которым ставят слово «Прибыль»; одинаковым прибылям присваивают одинаковые номера и указывают их количество.

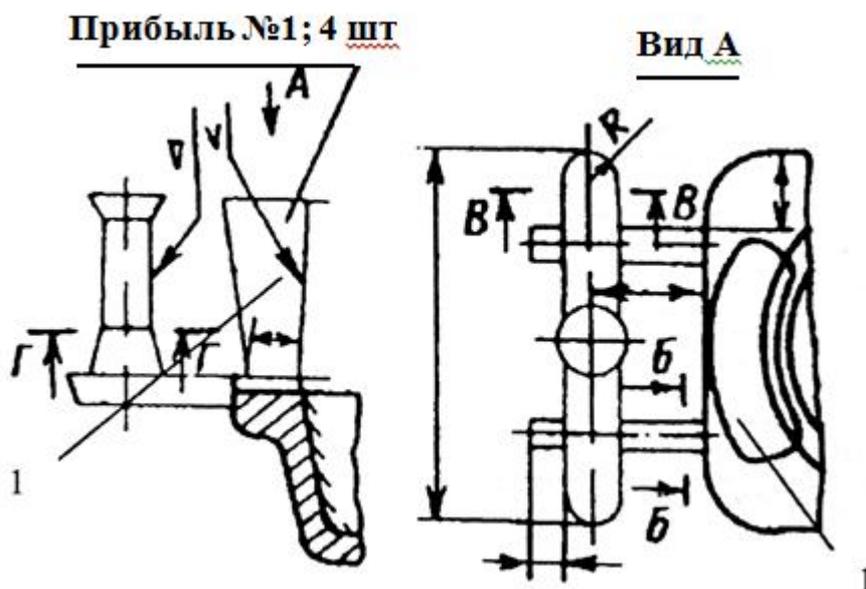


Рис. 1.17. Обозначение прибылей (1)

При выборе конструкции, места установки и расчете прибылей необходимо учитывать следующее:

- прибыль (прибыли) должна примыкать к тепловому узлу (тепловым узлам) отливки и затвердевать после отливки или питаемого узла;
- прибыль должна содержать минимальное, но достаточное для питания термического узла или отливки, количество расплава; иметь минимально возможную поверхность охлаждения;
- следует стремиться использовать одну прибыль для питания максимального количества отливок в форме; конструкция прибыли должна обеспечивать удобство формовки;
- необходимо обеспечивать, чтобы затвердевание расплава в прибыли заканчивалось после затвердевания питаемого узла, а усадочные дефекты (раковины, пористость) полностью находились в прибыли, не переходя в отливку;

– для эффективного действия прибыли необходимо реализовать принцип направленного затвердевания, обеспечивая в прибыли самый горячий металл, и увеличение интенсивности охлаждения металла по мере удаления от прибыли.

Для облегчения направленности затвердевания можно, в комбинации с прибылями, использовать наружные и внутренние холодильники. Эффективность обеспечения размещения усадочной раковины в прибыли проверяют по чертежу отливки методом вписанных окружностей.

Руководствуясь принципом направленного затвердевания и методом вписанных окружностей, определяют размер нижнего основания прибыли D и размеры напусков (рис. 1.18).

Метод вписанных окружностей заключается в том, что в питаемый узел вписывают окружность диаметра d . Добавляют к телу отливки по направлению к прибыли технологический напуск 2 , чтобы указанная вписанная окружность свободно выкатывалась в прибыль. Обычно напуска с уклоном в 3° достаточно для обеспечения беспрепятственного питания теплового узла отливки. Между отливкой и прибылью дается припуск 1 на отрезку прибыли. Величина припуска берется в пределах 10 - 40 мм в зависимости от толщины стенки отливки δ . Чем толще стенка, тем больше припуск на отрезку.

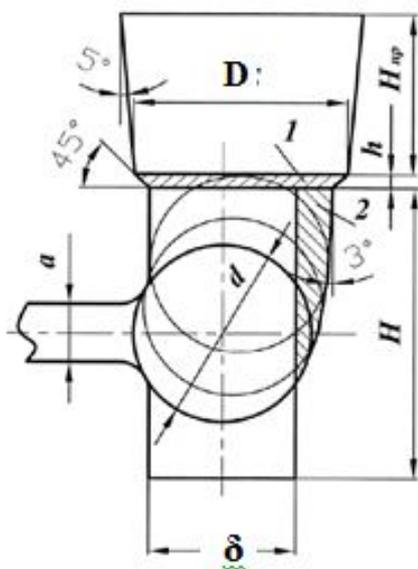


Рис. 1.18. Схема определения нижнего основания прибыли методом вписанных окружностей: a , δ – толщина стенок отливки, D – диаметр основания цилиндрической прибыли, d – диаметр питаемого узла и вписанной окружности, h – припуск на отрезку, H – высота отливки, $H_{пр}$ – высота прибыли

Припуск на отрезку прибылей устанавливают для всех типов прибылей.

В случае необходимости корректируют конфигурацию стенок отливок и формируют профиль прибыли.

Для обеспечения выхода газов на закрытые прибыли устанавливают выпоры. Для разогрева открытых прибылей в них можно доливать жидкий металл или засыпать на зеркало металла экзотермические смеси.

Отводные прибыли используют для питания термических узлов, расположенных сбоку или снизу отливки, при этом шейка должна затвердевать позже отливки, иметь минимальную длину и сечение. Для обеспечения отделения прибыли шейку выполняют с пережимом или вставляют разделительную пластину.

Использование теплоизолирующих и экзотермических смесей для облицовки прибылей, подвод сжатого воздуха в прибыль, установка газовых патронов повышают эффективность работы прибылей, позволяют повышать выход годного (отношение массы отливок к массе залитого в форму металла).

Диаметр цилиндрической прибыли D (рис. 1.18) определяют по формуле:

$$D = K \sqrt[3]{\frac{X \cdot \varepsilon_{vж}}{1 - X \cdot \varepsilon_{vж}} V_0}, \quad (1.2)$$

где $K = f(H_{пр}/D)$; $H_{пр}$ – высота прибыли; X – отношение объема прибыли к объему усадочной раковины; $\varepsilon_{vж}$ – коэффициент усадки металла в жидком и жидко-твердом состояниях; V_0 – объем питаемой отливки или термического узла.

Значения K и X приведены в табл. 1.13. Значения $\varepsilon_{vж}$ берутся по справочникам, в частности для чугунов различных типов и составов принимают ($C_3 = C + 1/3Si, \%$ – углеродный эквивалент; ВЧШГ – высокопрочный чугун с шаровидным графитом, СЧПГ – серый чугун с пластинчатым графитом):

	ВЧШГ			СЧПГ		
C_3	3,70	4,10	4,80	3,50	3,90	4,10
$\varepsilon_{vж}$	0,06	0,045	0,02	0,03	0,024	0,015

Таблица 1.13

Коэффициенты K и X для прибылей различного типа

Тип прибыли	$H_{пр}/D$	K	X
1. Закрытая, работающая под давлением:			
- ниже атмосферного (без стержня или выступа)	1	1,15	12
- атмосферным (со стержнем или выступом)	1,2	1,07	7,5 – 9
- сверхатмосферным	1,3	1,04	5,5 – 7,5
2. Открытая	1,1	1,11	9 – 12
3. Теплоизолированная	1,4	1,01	4 – 5,5
4. Экзотермическая	1,5	0,985	3 – 4

При разработке технологии получения простых отливок можно воспользоваться упрощенным методом расчета прибылей. Для отливок с отношением преобладающих толщин стенок $(\delta_{\max}/\delta_{\min}) = 1,5 - 2,5$:

$$D_{np} = (0,4-0,45)\sqrt{V_y} + \delta, \quad (1.3)$$

где V_y – объем питаемого узла, м^3 ; δ – толщина стенки отливки, м .

Для отливок с массивным питаемым узлом:

$$D_{np} = d_{ок} + (0,1-0,2) \cdot \sqrt[3]{G_y}, \quad (1.4)$$

где $d_{ок}$ – диаметр окружности, вписанной в питаемый узел, мм ;

G_y – масса питаемого узла, г .

Эллипсоидальные открытые и закрытые, а также прямоугольные открытые прибыли применяют при получении средних и крупных отливок. Их размеры определяют по табл. 1.14 ($b_{пр}$ – ширина основания прибыли, $h_{пр}$ – высота прибыли).

Таблица 1.14

Размеры эллипсоидальных и прямоугольных прибылей

$d_{ок}$	$b_{пр} / d_{ок}$	$h_{пр} / b_{пр}$	$d_{ок}$	$b_{пр} / d_{ок}$	$h_{пр} / b_{пр}$
До 50	1,8 – 2,5	1,8 - 1,2	251–300	1,25– 1,5	1,25– 1,0
50 – 100	1,6 – 2,5	1,6 – 1,2	301–500	1,2 – 1,5	1,1– 0,95
101 – 150	1,5 – 2,0	1,5 – 1,2	501–750	1,2 – 1,3	0,9 – 0,8
151 – 200	1,3 – 1,6	1,5 – 1,1	751-1000	1,1– 1,25	0,85– 0,7
201 – 250	1,3 – 1,5	1,4 – 1,1			

Размеры закрытых боковых прибылей:

$$d_{ш} = (1,3 - 1,7)d_{ок}; \quad D_{пр} = (1,8 - 2,5)d_{ок}, \quad (1.5)$$

где $d_{ш}$ – диаметр соединительной шейки.

В зависимости от длины питаемого узла число прибылей n определяют по формуле:

$$n = \frac{L}{(0,8-1,2)d_{ок} + D_{пр}}, \quad (1.6)$$

где L – длина питаемого узла.

1.10. Литниковая система

Литниковая система предназначена для подвода в определенном режиме расплава в полость литейной формы, заполнения полости расплавом, отделения шлака и других неметаллических включений, вывода воздуха и газов из полости формы, а также питания отливки при затвердевании. Состоит из литниковой чаши (воронки) 1, стояка 2, шлакоуловителя 3, питателей 4, выпора 5, прибыли 6, дросселя 7 (рис. 1.19).

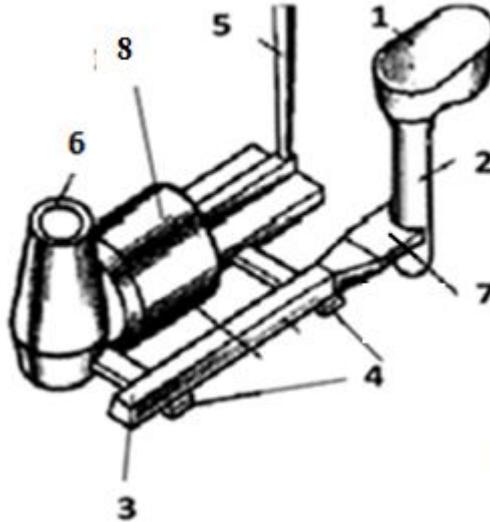


Рис. 1.19. Элементы литниковой системы: 1 – литниковая воронка (чаша); 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатели (литники); 5 – выпор; 6 – прибыль; 7 – дроссель; 8 – отливка

Конструкция и размеры литниковой системы должны обеспечивать спокойное заполнение формы металлом за определенное время, минимальное количество неметаллических и газовых включений в отливке, рациональный режим затвердевания и охлаждения отливки в форме; иметь минимальную массу и занимать минимальный объем формы, обеспечивать удобство формовки.

Литниковую систему (рис. 1.20.) изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией (допускается выполнять красным цветом).

У каждого сечения элемента литниковой системы указывают площадь сечения, количество сечений и суммарную площадь их.

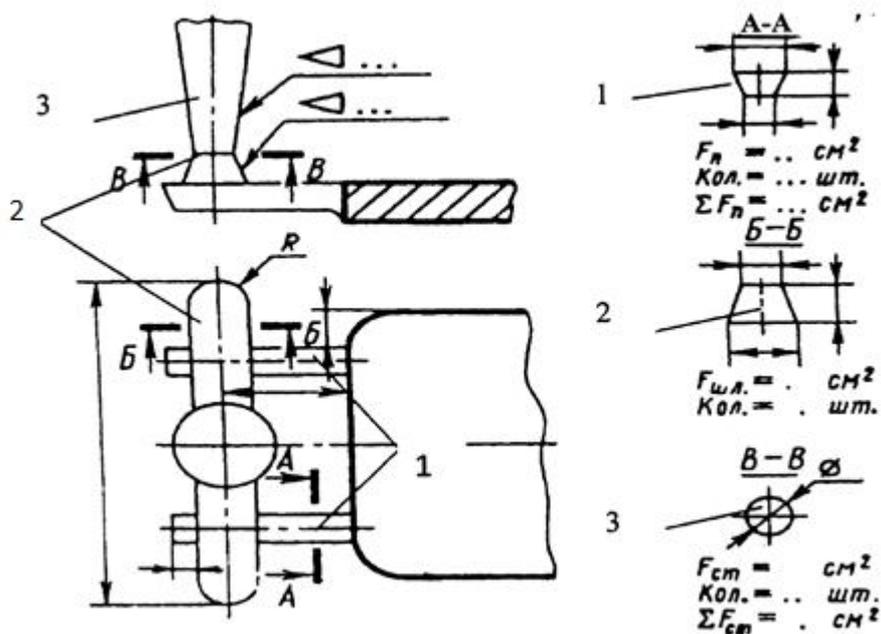


Рис. 1.20. Обозначение элементов литниковой системы:
1 – питатели, 2 – шлакоуловитель, 3 - стояк

В зависимости от расположения и направления течения расплава в полость формы различают следующие типы литниковых систем:

- горизонтальную – с питателями, расположенными в горизонтальной плоскости разъема литейной формы;

- вертикальную – с питателями, расположенными в вертикальной плоскости разъема литейной формы по положению при заливке; к вертикальным относятся вертикально-щелевые (широко применяют при литье пленообразующих сплавов, хотя они повышают расход металла и увеличивают трудоемкость обрубных работ) и ярусные (широко применяют для изготовления крупных и тонкостенных отливок из черных и цветных сплавов) литниковые системы;

- верхнюю (рис. 1.21,а) – систему подачи жидкого металла в полость формы сверху (применяют для низких отливок небольшой массы, простой конфигурации, с малыми и средними толщинами стенок); разновидностью верхней системы является дождевая – система подачи металла в форму через большое число тонких питателей;

- боковую (рис. 1.21,б, рис. 1.22) – систему подачи металла сбоку по высоте отливки (является одной из наиболее распространенных, часто используют при машинной формовке);

– нижнюю (сифонную) (рис. 1.21,в) – систему подачи металла снизу через один или несколько питателей (обеспечивает спокойное заполнение форм, однако при этом способствует неблагоприятному распределению температур по высоте отливки, применяют при литье сплавов, склонных к пленообразованию);

– комбинированный подвод (рис. 1.21,г).

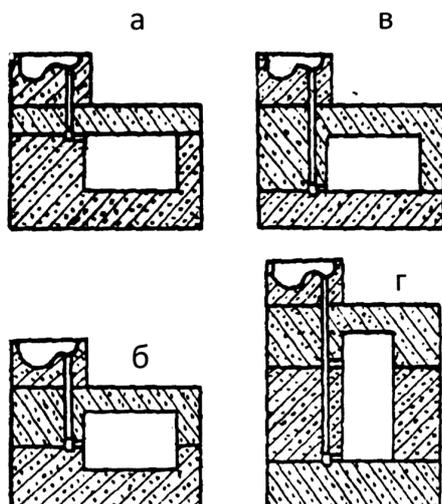


Рис. 1.21. Способы подвода металла в форму

Для повышения эффективности работы литниковой системы по задержанию неметаллических включений могут использоваться фильтрующие элементы (фильтры). С этой же целью используются плоские сетчатые (металлические или из стеклоткани) фильтры, устанавливаемые в литниковой воронке (чаше) или под стояком в плоскости разъема форм, а также объемные, в частности керамические и стержневые (рис. 1.22,в,г), фильтры.

Для регулирования скорости заливки формы металлом используют дроссели (рис. 1.22,д,е) – местное сужение потока металла.

Питающие бобышки (рис. 1.22,ж) служат для подпитки массивных частей отливки и удержания неметаллических включений; применяются при получении ответственных массивных отливок из чугуна и стали.

По гидродинамическому признаку различают сужающиеся и расширяющиеся литниковые системы (ГОСТ 18169-86). Для сужающихся литниковых систем характерно последовательное уменьшение площадей поперечных сечений стояка, шлакоуловителя и питателей; наиболее широко эти системы используют при производстве чугунолития.

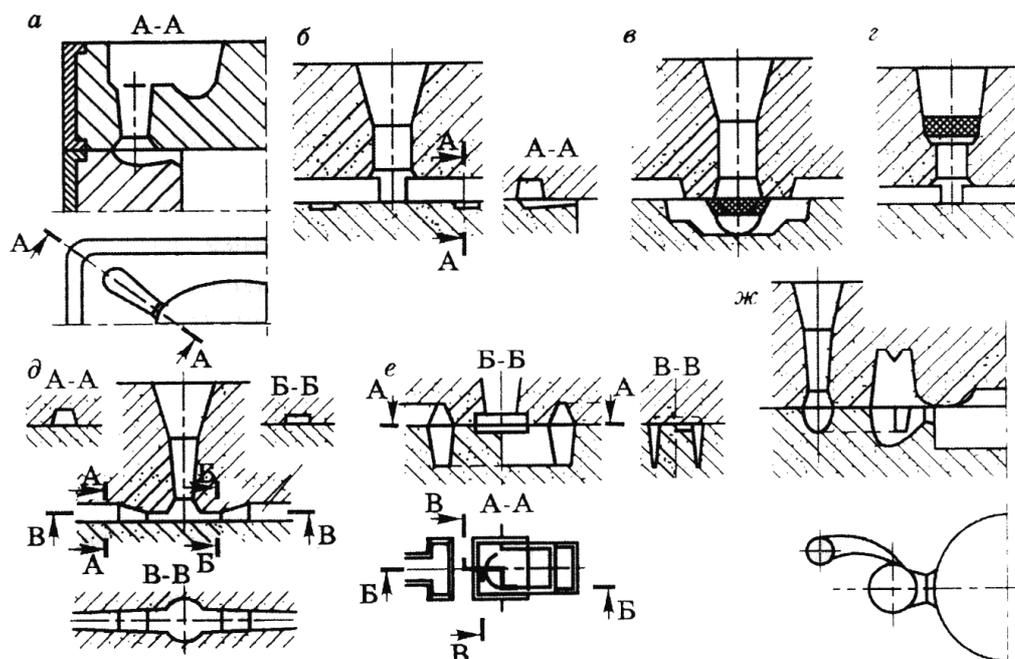


Рис. 1.22. Литниковые системы: а, б – боковые простой конструкции; в – с фильтром на разьеме; г – с фильтром в воронке; д – с горизонтальным дросселем; е – с вертикальным дросселем; ж – с центробежной бобышкой

При расширяющихся литниковых системах узкое место чаще всего находится в нижнем сечении стояка. Эти системы применяются при производстве отливок из алюминиевых, магниевых и других легкоокисляющихся сплавов, а также в некоторых случаях получения стальных отливок.

Места установки питателей зависят от типа сплава, конфигурации и размеров отливки. При неравномерной толщине отливки более массивные ее части затвердевают медленнее, что может привести к образованию усадочных раковин.

При выборе мест подвода металла следует руководствоваться соображениями:

- при изготовлении отливок из сплавов с малой усадкой (серые чугуны с пластинчатым графитом) металл, как правило, подводят к самым тонким частям, что обеспечивает более равномерное остывание тонких и толстых стенок, уменьшение внутренних напряжений, коробления;

- к отливкам из сплавов с более высокой усадкой (стали, высокопрочные чугуны, алюминиевые бронзы), а также к отливкам, имеющим массивные узлы, расплав подводят в подприбыльные части или непосредственно в прибыли,

чтобы находящийся в прибыли металл длительное время оставался в жидком состоянии и питал отливку;

– для крупногабаритных отливок с тонкими стенками применяют рассредоточенные системы питателей, которые расположены по периферии отливки (для сплавов с низкой жидкотекучестью и высокой теплопроводностью);

– если в отливках имеются обрабатываемые и необрабатываемые поверхности, то питание следует подводить к необрабатываемым поверхностям;

– во всех случаях необходимо избегать опасности размыва стенки формы металлом на выходе из питателя.

При определении количества питателей следует исходить из необходимости обеспечения равномерности заполнения полости формы расплавом.

После выбора типа литниковой системы и места подвода металла к отливке производят **расчет сечений элементов литниковой системы** (рассчитывают площади поперечных сечений и определяют размеры элементов литниковой системы).

Для этого предварительно определяют оптимальную продолжительность заливки τ в секундах по следующей эмпирической формуле:

$$\tau = s \cdot \sqrt[3]{\delta G}, \quad (9.7)$$

где S – коэффициент, учитывающий жидкотекучесть сплава и тип литниковой системы (табл. 1.15; меньшие значения принимают для мелких, большие – для крупных отливок); δ – преобладающая или средняя толщина стенки отливки, мм; G – общая масса отливки, литников и прибылей, кг.

Значения коэффициента S для песчаной формы

Сплавы	Литниковая система	
	Горизонтальная	Вертикальная
Чугуны	2,0	–
Стали:		
Углеродистые	0,9 – 1,75	–
Легированные	0,4 – 0,8	–
Алюминиевые	1,9 – 2,5	2,7 – 3,0
Магниевые	2,4 – 2,8	3,0 – 4,3
Медные	1,9 – 2,1	–

Площадь сечений питателей F_{Π} определяют в зависимости от способа заливки металла в форму.

При заливке из поворотных ковшей ΣF_{Π} определяют по формуле Озанна:

$$\Sigma F_{\Pi} = \frac{1000 G}{\mu \tau \rho \sqrt{2gH_p}} \quad , \quad (1.8)$$

где ΣF_{Π} – суммарная площадь сечения питателей, см²;

G – масса металла в форме (с учетом массы литниковой системы и прибылей), кг;

μ – коэффициент расхода металла в форме (табл. 1.16; малое сопротивление формы – без поворота струи; среднее – при одном повороте струи на 90°; высокое – при двух поворотах струи на 90°);

τ – оптимальная продолжительность заливки форм металлом, с;

ρ – плотность сплава, г/см³;

g – ускорение силы тяжести (свободного падения), g = 981 см/с²;

H_p – расчетный (средний) металлостатический напор, см.

Расчетный металлостатический напор:

$$H_p = H_0 - \frac{P^2}{2C} \quad , \quad (1.9)$$

где H_0 – высота стояка от уровня чаши или воронки до питателя, см;

P – высота части отливки от питателя до её самой высокой точки, см;

C – общая высота отливки, см. (рис. 1.23).

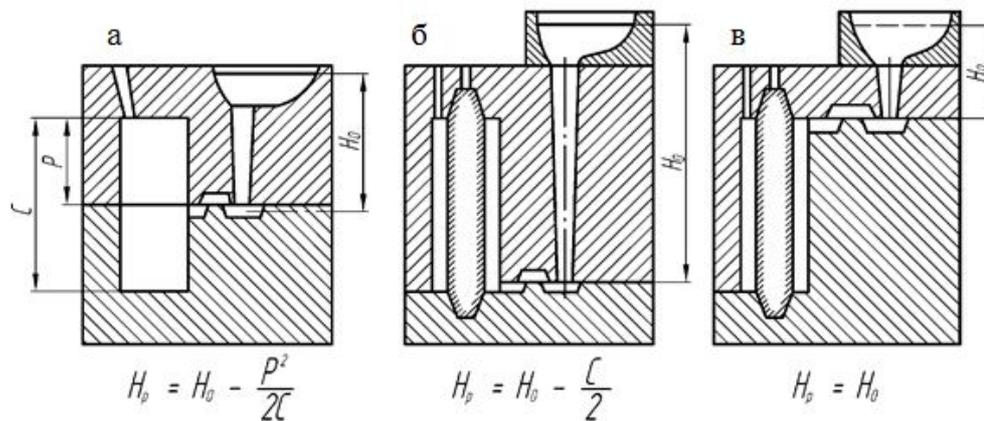


Рис. 1.23. К расчету гидростатического напора для различных типов литниковых систем: а – боковая; б – сифонная; в – верхняя

Таблица 1. 16

Значения коэффициента μ для сырой песчаной формы

Сплав	Сопротивление формы		
	малое	среднее	высокое
Чугун	0,50	0,42	0,35
Сталь	0,42	0,32	0,25

Площади поперечных сечений шлакоуловителя и стояка $F_{ст}$ определяют из соотношения $\Sigma F_{п} : \Sigma F_{ш} : \Sigma F_{ст}$ (табл. 1.17).

Таблица 1.17

Соотношения площадей питателей ($F_{п}$), шлакоуловителя ($F_{ш}$) и стояка ($F_{ст}$)

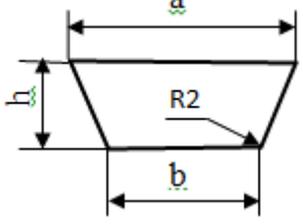
Рекомендуемые отношения $\Sigma F_{п} : \Sigma F_{ш} : \Sigma F_{ст}$	Область применения
1,0:1,1:1,2	Для мелких и средних отливок из чугуна и медных сплавов
1,0:1,2:1,4	Для крупных отливок из серого чугуна и медных сплавов
1,0:1,1:1,2	Для мелких стальных отливок
(1,0 - 1,5):1,0:1,0	Для средних и крупных стальных отливок
3,0:2,0:1,0	Для отливок из алюминиевых сплавов
4,0:2,0:1,0	Для отливок из магниевых сплавов

Сечения питателей и шлакоуловителей обычно используют трапециевидальные.

Размеры питателей определяют по табл. 1.18: $b_{\text{п}} = 0,8 a_{\text{п}}$; $h_{\text{п}} = (0,3 - 0,8)a_{\text{п}}$. Длину питателей берут в пределах 10 – 50 мм. Число питателей выбирают таким образом, чтобы их высота не превышала толщину стенки отливки.

Таблица 1.18

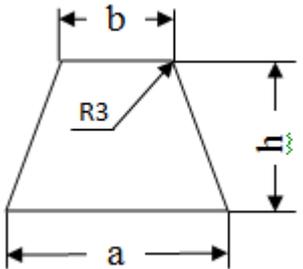
Размеры питателей

	$F_{\text{п}}, \text{см}^2$	a, мм, при h, мм					b, мм, при h, мм				
		3	5	8	12	16	3	5	8	12	16
0,3	11	7	-	-	-	9	5	-	-	-	
0,5	18	11	8	-	-	16	9	5	-	-	
0,7	25	16	10	-	-	22	12	8	-	-	
0,9	31	19	12	-	-	29	17	10	-	-	
1,0	35	21	13	-	-	32	19	10	-	-	
1,2	41	25	15	-	-	39	22	12	-	-	
1,4	48	29	18	12	-	45	26	15	9	-	
1,8	61	37	22	15	12	59	34	19	12	9	
2,2	75	45	31	19	15	72	42	25	16	12	
2,5	85	51	34	21	16	82	49	28	18	13	
3,0	95	57	39	25	19	92	54	36	22	16	

Размеры поперечных сечений шлакоуловителей могут быть найдены по табл. 1.19 из соотношений: $b_{\text{ш}} = 0,8a_{\text{ш}}$; $h_{\text{ш}} = (1 - 1,4)a_{\text{ш}}$.

Таблица 1.19

Размеры шлакоуловителей

	$F_{\text{ш}}, \text{см}^2$	a	b	h
		мм		
1,0	11/-	8/-	11/-	
1,3	12/11	10/8	12/14	
1,6	14/12	10/9	14/15	
2,0	15/15	12/10	15/17	
2,5	16/15	13/11	16/19	
3,2	18/16	14/12	18/21	
4,0	22/18	18/13	22/25	
5,0	24/22	19/16	24/27	
6,3	26/24	20/18	26/30	
8,0	30/26	27/19	30/35	
10,0	34/30	28/22	33/38	
12,5	38/34	30/26	38/43	
16,0	42/38	34/29	42/48	
20,0	48/42	38/32	48/52	
В числителе приведены значения при $h=a$, в знаменателе при $h=1,25a$				

Сечение стояка обычно принимают круглым.

Для заливки металла используют воронки (рис. 1.24,а) или литниковые чаши (рис. 1.24,б), размеры которых выбирают в зависимости от диаметра стояка и с учетом обеспечения нормальной заливки формы.

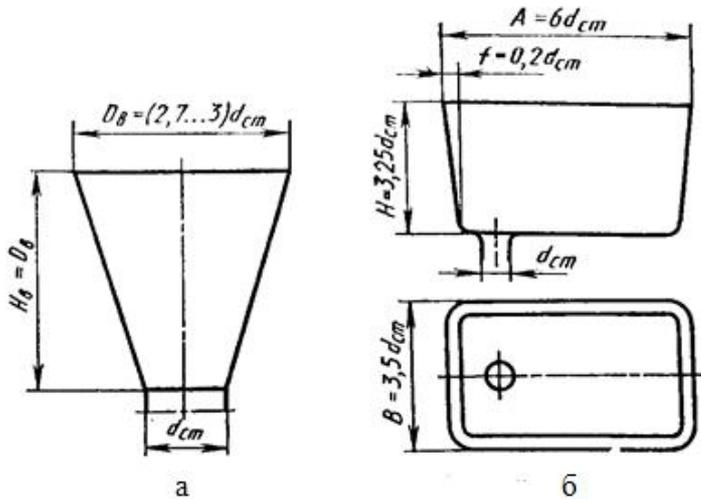


Рис. 1.24. Литниковые воронка (а) и чаша (б)

Выпоры служат для удаления газов из полости формы во время заливки, контроля заполнения формы металлом и, в отдельных случаях, могут играть роль прибыли, бывают прямые (рис. 1.25,а) и отводные (рис. 1.25,б). Для облегчения отделения выпоров от тела отливки предусматривают пережимы или сужения 1.

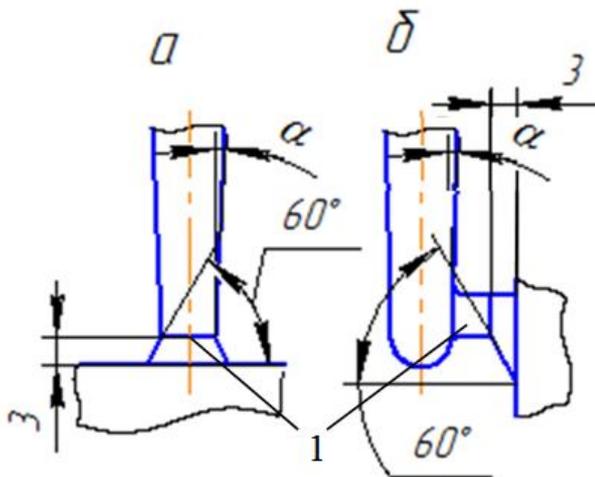


Рис. 1.25. Выпоры: а – прямой ($\alpha = 10...30^\circ$), б – отводной ($\alpha = 1^\circ$); 1 – пережим или сужение

Прямые выпоры, как правило, устанавливают на верхней части отливки для обеспечения удаления газов из полости формы во время заливки, контроля заполнения формы металлом. В отдельных случаях (при получении отливок из сплавов с небольшой усадкой) прямой выпор может играть роль прибыли для питания отливки при ее затвердевании.

Отводные выпоры устанавливают в случаях, когда есть опасность образования усадочных дефектов под прямым выпором. При размещении всей отливки в нижней полуформе отводной выпор, предназначенный для облегчения выхода газов из формы, обеспечивает легкость его отделения от отливки.

Сечение выпоров у основания принимают $1/2 - 3/4$ от стенки отливки.

1.11. Опоки

Основные размеры опок (рис. 1.26) регламентирует ГОСТ 17819 - 84, который устанавливает также расстояния между осями центрирующих отверстий и средние размеры опок из различных материалов (чугунные, стальные сварные и литые, из алюминиевых сплавов). Внутренние размеры опок стандартизированы.

Длина, ширина, диаметр (для круглых) опок должны выбираться из ряда размеров опок: 300, 360, 400, 450, 500, 560, 600, 750, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200 и т.д. Высота опок составляет 100, 120, 150, 175, 200, 250, 300, 360, 400, 450, 500, 560, 600 мм.

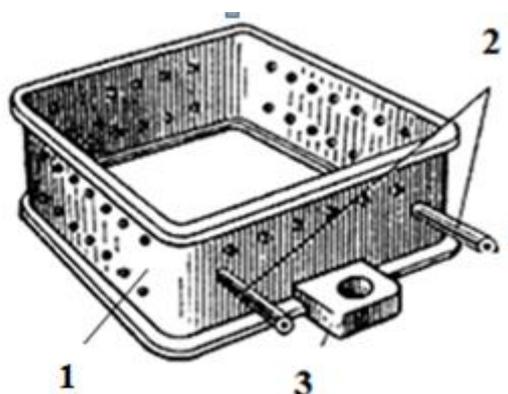


Рис. 1.26. Ручная опока: 1 – стенка опоки, 2 – ручки, 3 - проушина с направляющей втулкой

Размеры опок выбирают из условия наименьших затрат формовочной смеси, но при обеспечении требуемой прочности формы и исключении прорыва металла при заливке. При расчете размеров опок учитывают рекомендуемую толщину слоев формовочной смеси на различных участках формы (табл. 1.20; большие значения принимаются для более массивных отливок), а затем расчетные значения увеличивают до ближайшего регламентированного размера. При этом нужно принимать минимально допустимые размеры опок.

Минимально допустимые толщины слоев формовочной смеси на различных участках формы

Масса отливки, кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм				
	от верха модели до верха опоки	от низа модели до низа опоки	от модели до стенки опоки	между моделями	между моделью и шлакоуловителем
До 50	40 – 70	50 – 90	20 – 50	30 – 60	30 – 40
51 – 500	90 – 120	100 – 150	60 – 80	70 – 150	50 – 70
501-2000	150 – 200	200 - 250	90 - 100	-	120 - 150

1.12. Чертеж отливки

Чертеж отливки (рис. 1.27) допускается изображать на копии чертежа детали (линиями красного цвета или на отдельном листе); при вычерчивании отливки следует учитывать все припуски с указанием их величины; внутренний контур обрабатываемых поверхностей, а также отверстий, впадин и выточек, невыполняемых в литье, изображают сплошной тонкой линией.

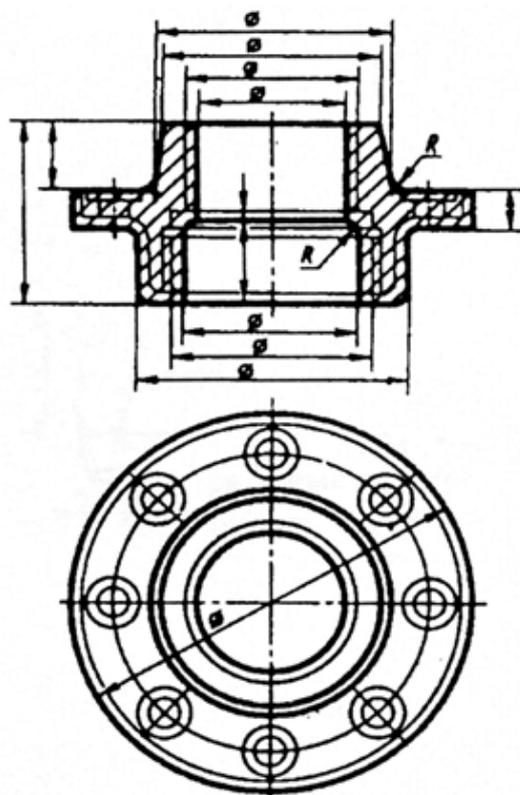


Рис. 1.27. Чертеж отливки

1.13. Эскиз собранной литейной формы

Эскиз собранной литейной формы включает вертикальный разрез собранной формы (рис. 1.28,а) и вид сверху нижней полуформы при снятой верхней полуформе (рис. 1.28,б).

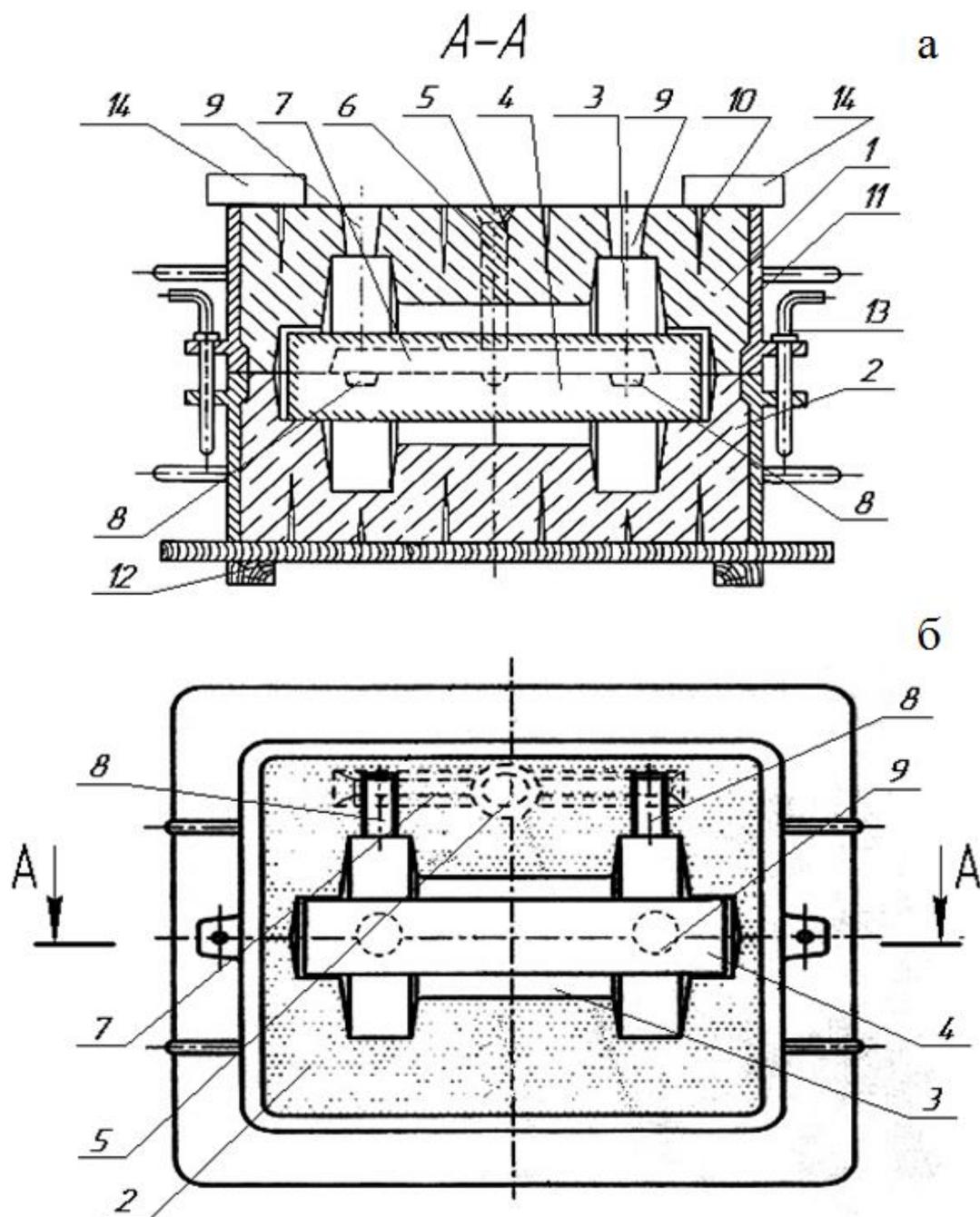


Рис. 1.28. Собранная литейная форма: а – форма в разрезе (А-А), б – вид сверху нижней полуформы при снятой верхней полуформе; 1 – верхняя полуформа, 2 – нижняя полуформа, 3 – полость формы, 4 – стержень, 5 – литниковая воронка (чаша), 6 – стояк, 7 – шлакоуловитель, 8 – питатели (литники), 9 – выпор (прибыль), 10 – наколы, 11 – опока, 12 – подопочная плита, 13 – штырь центрирующий, 14 – груз

Контрольные вопросы

1. Чем отличается чертеж модели отливки от чертежа детали?
2. Чем отличается чертеж модели отливки от чертежа отливки?
3. Чем отличается отливка от детали?
4. Как удаляются газы из литейной формы?
5. В какой последовательности разрабатывают технологию получения отливки?
6. Как выбирают разъем модели и формы?
7. Как назначают припуски на механическую обработку?
8. Для чего служат формовочные уклоны и как их определяют?
9. Как выбирают знак стержня и каково его назначение?
10. Чем отличается знак модели от знака стержня?
11. Зачем нужны прибыли и где они располагаются?

2. РАСЧЕТНО – ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА «РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВКИ В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТОЙ ФОРМЕ»

Цель работы – приобретение студентами опыта разработки технологии получения отливок в разовых песчаных формах.

Студент должен уметь по чертежу детали разрабатывать эскиз отливки с нанесенными графическими элементами отливки и литейной формы, эскиз собранной литейной формы.

Исходные данные (выдаются преподавателем):

1. Чертеж (эскиз) детали (вариант №...) с указанием материала отливки (чугун, сталь, бронза, силумин), обрабатываемых поверхностей.

При назначении вида окончательной механической обработки условно принимаем: $\sqrt{Rz100}$ – $\sqrt{Rz40}$ – черновая;

$\sqrt{Rz32}$ – $\sqrt{Rz10}$ – получистовая;

$\sqrt{Ra12,5}$ – $\sqrt{Ra3,2}$ – получистовая;

$\sqrt{Ra2,5}$ – $\sqrt{Ra0,4}$ – чистовая.

2. Усредненные значения плотности литейных сплавов (г/см³):

чугун – 7,2, сталь – 7,8, бронза – 8,8, силумин – 2,8.

3. Тип производства (индивидуальное, массовое).

При выполнении расчетно-графической работы студент руководствуется сведениями, изложенными в разд. 1.1 – 1.13 данного пособия.

2.1. Расчетная часть

1. Рассчитать массу литой детали.

2. Выбрать, назначить, указать и обосновать положение отливки в форме, разъем модели и формы, припуски на механическую обработку, нормы точности, усадку, формовочные уклоны (разд. 1.1 – 1.7).

3. Определить границы и геометрию стержней, указать размеры и уклоны знаков, зазоры между знаками формы и стержнями, направление выхода газов из стержней, направление набивки стержней в ящике, плоскости разрезов стержневых ящиков (разд.1.8).

4. Выбрать тип, место расположения и количество прибылей, рассчитать их основные размеры (разд. 1.9).

5. Выбрать тип литниковой системы, рассчитать ее элементы, указать размеры, количество и площадь сечений (разд.1.10).

6. Рассчитать и указать размеры опок с учетом минимально необходимого слоя смеси и максимального использования площади формы (разд. 1.11).

Выбранные и рассчитанные графические элементы отливки и формы (п.п. 2 – 6) нанести на эскиз литой детали.

2.2. Графическая часть

Могут использоваться бумага формата А4 или миллиметровка.

Лист 1. Эскиз детали с размерами (в масштабе).

Лист 2. Графическое изображение элементов литейной формы и отливки (разд. 1.1 – 1.11).

Лист 3. Эскиз собранной литейной формы в разрезе и вид сверху нижней полуформы при снятой верхней полуформе (разд. 1.13, рис. 1.28).

Допускается изображение эскизов собранной литейной формы на отдельных листах.

2.3. ПРИМЕР

разработки технологии получения отливки в песчано-глинистой форме

Характеристики детали (рис. 2.1): материал – серый чугун марки СЧ 20 ГОСТ 1412-85, масса – 20 кг, термообработка – нет, способ литья – в сырые песчано-глинистые формы из смеси с влажностью от 3,5 до 4,5 %, тип производства – единичное, уровень механизации – ручная формовка.

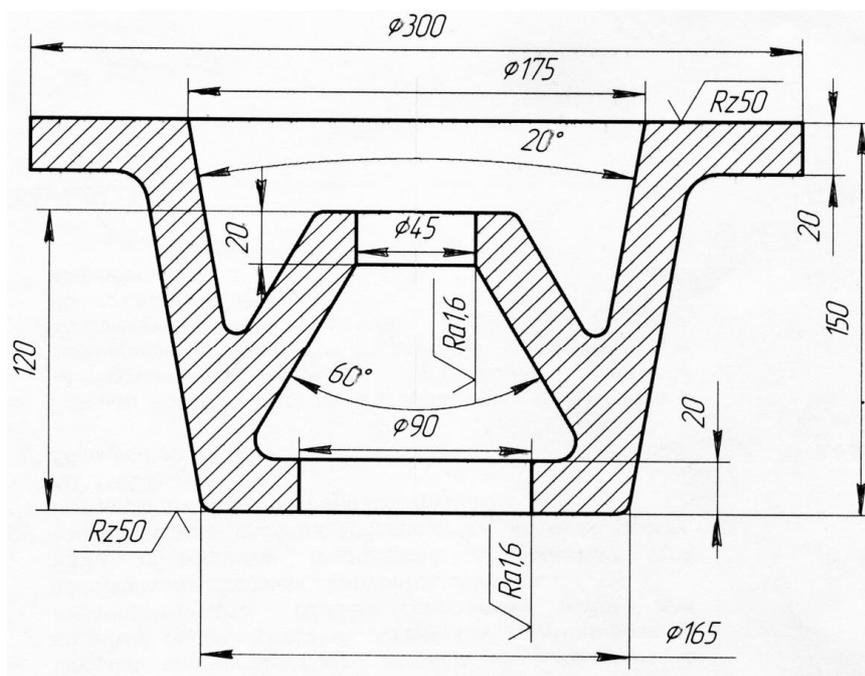


Рис. 2.1. Чертеж детали

Разрабатываем технологический процесс изготовления отливки в литейной форме и наносим их графические элементы на чертеж детали (рис.2.2).

1. Выбираем положение отливки в форме, разъем формы и наносим их на чертеже.

Преимущества данного выбора – модель неразъемная, размещается в нижней полуформе, нет опасности смещения частей формы относительно друг друга, необходимо изготовить 1 стержневой ящик и 1 стержень, вторую полость выполняем с помощью «болвана».

2. Назначаем припуски на мех. обработку по ГОСТ Р 53464 - 2009. Припуски на обработку (на сторону) назначают на каждую

обрабатываемую поверхность с учетом общего допуска ($\Delta_{\text{общ}}$) и ряда припуска (РП). Для этого необходимо выполнить ряд последовательных операций.

Определяем класс размерной точности отливки (КР) и степень точности поверхности (СП) (табл. 1.2). Отливку изготавливают из серого чугуна СЧ20 в сырых песчано-глинистых формах, единичное производство, наибольший габаритный размер 300 мм, термообработка не требуется. Так как отливка средней сложности, единичное производство, то принимаем средние значения соответствующих величин: КР=11, СП=15.

Необходимо назначить припуски на механическую обработку на номинальные размеры: 150 мм на верхнюю и нижнюю при заливке поверхности (черновая обработка) и внутренние диаметры 90 и 45 мм (чистовая обработка).

По СП назначаем ряды припусков (РП) (табл. 1.1). Верхние части отливок в наибольшей степени загрязняются неметаллическими включениями, поражаются газовыми раковинами, требуют, как правило, увеличенных припусков на механическую обработку, поэтому принимаем увеличенное на 3 единицы значение ряда припусков.

Определяем допуски размеров отливки Δ по табл. 1.4. Их устанавливают по номинальным размерам и классу размерной точности отливки (КР). Вид размеров (ВР) в данном случае для упрощения расчетов не учитываем.

Так как допуск формы поверхности, степень коробления элементов отливки и допуск неровности поверхности отливки не нормируются, то общий допуск элемента отливки $\Delta_{\text{общ}} = 1,25 \Delta$.

Выбранные значения величин приведены в таблице 2.1:

Таблица 2.1

Значения выбранных величин

Номинальный размер	СП	РП	КР	Δ	$\Delta_{\text{общ}}$	$\frac{\Delta_{\text{общ}}}{2}$	$\delta_{\text{общ}}$	$L_{\text{отл}}$
150 верх	15	11	11	5,0	6,25	3,12	3,9	156,8 +/- 2,5
150 низ	15	8	11	5,0	6,25	3,12	2,9	
90	15	8	11	4,4	5,5	2,75	4,0	82 +/- 2,2
45	15	8	11	4,0	5,0	2,5	4,0	37 +/- 2,0

Так как общие припуски на поверхности вращения и 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, то для этих поверхностей находим значение $\Delta_{\text{общ}}/2$.

Далее находим односторонний общий припуск на механическую обработку ($\delta_{\text{общ}}$) по ряду припуска (РП) и $\Delta_{\text{общ}}/2$ (табл. 1.5) для черновой (Rz50) и чистовой (Ra1,6) обработки.

Наносим на чертеж детали припуски на механическую обработку.

Определяем размер отливки по формуле (1.1):

$$L_{\text{отл}} = (L_{\text{дет}} \pm \delta_1 \pm \delta_2) \pm \frac{\Delta}{2},$$

где $L_{\text{дет}}$ – размер детали; δ_1, δ_2 – общий припуск на механическую обработку с одной и другой стороны, Δ – допуск размеров, который может быть и несимметричным; знаки «+» и «-» зависят от расположения припусков.

3. Определяем нормы точности отливки.

Определяем класс точности массы (КМ) по табл. 1.6. КМ=11.

Масса детали 20 кг.

Точность отливки 11–0–15–11 ГОСТ Р 53464–2009 (отливка 11-го класса размерной точности, (степень коробления ненормировалась), 15-й степени точности поверхности, 11-го класса точности массы).

4. Литейная усадка 1,0 % (табл. 1.7).

5. Определяем формовочные уклоны на вертикальные поверхности (толщина фланца) – $1^{\circ}30'$ (рис. 1.9, табл. 1.8) и наносим на чертеж (поверхность необрабатываемая).

6. Выбираем конструкцию стержня (рис. 1.13) и изображаем на чертеже. Указываем: размеры знаков ($h=35$, $h_1=20$ по табл. 1.10), уклоны знаков ($\alpha=10^{\circ}$, $\beta=15^{\circ}$ по табл. 1.11), зазоры между знаками формы и стержнями ($s_1=1,0$, $s_2=1,0$ по табл. 1.12), направление и месторасположение газоотводных каналов в стержне, направление набивки стержней в ящике, плоскости разъемов стержневых ящиков.

7. Учитывая, что усадка чугуна СЧ20 небольшая, устанавливаем четыре прямых выпора, которые, помимо обеспечения выхода газов и контроля заливки формы, обеспечивают подпитку тепловых узлов отливки. Диаметр

основания выпоров (наиболее узкой части) принимаем равным $2/3$ преобладающей толщины стенки отливки: $20 \times 0,7 = 14$ мм.

8. Выбираем горизонтальную верхнюю литниковую систему.

Определяем оптимальную продолжительность заливки τ в секундах по следующей эмпирической формуле (1.7):

$$\tau = s \cdot \sqrt[3]{\delta G},$$

где S – коэффициент, учитывающий жидкотекучесть сплава и тип литниковой системы $s=2$. (табл. 1.15);

δ – преобладающая (средняя) толщина стенки отливки, 20 мм;

G – общая масса отливки, литников и прибылей, кг.

Масса отливки определяется по формуле:

$$G_{\text{отл}} = G_{\text{дет}} + G_{\text{пр.м.о}},$$

где: $G_{\text{дет}} = 20$ кг – масса детали;

$G_{\text{пр.м.о}}$ – масса металла на припуски и механическую обработку, кг.

Припуски на механическую обработку составляют 7 – 10 % от массы детали, принимаем 8 %.

$$G_{\text{пр.м.о}} = 0,08 \cdot G_{\text{дет}} = 0,08 \cdot 20 = 1,6 \text{ кг},$$

$$G_{\text{отл}} = 21,6 \text{ кг}$$

Масса жидкого металла, заливаемого в литейную форму, зависит от технологического выхода годного,

$$G = \frac{G_{\text{отл}}}{\text{ТВГ}},$$

где ТВГ – технологический выход годного, для данной отливки принимаем $\text{ТВГ} = 0,75$.

$$G = 21,6 / 0,75 = 28,8 \text{ кг}.$$

$$\tau = 2 \cdot \sqrt[3]{20 \cdot 28,8} = 16,6 \text{ с}$$

Определяем площадь сечений питателей $F_{\text{п}}$ по формуле Озанна (1.8):

$$\sum F_{\text{п}} = \frac{1000 G}{\mu \tau \rho \sqrt{2gH_p}},$$

где $\sum F_{\text{п}}$ – суммарная площадь сечения питателей, см^2 ;

$G = 28,8$ кг – масса металла в форме (с учетом массы литниковой системы и прибылей);

$\mu = 0,35$ – коэффициент расхода металла в форме 0,35 (табл. 1.16);

$\tau = 16,6$ с – оптимальная продолжительность заливки форм металлом;

$\rho = 7,2$ г/см³ – плотность чугуна;

$g = 981$ см/с² – ускорение силы тяжести (свободного падения);

H_p – расчетный (средний) металлостатический напор, см.

Расчетный металлостатический напор (1.9):

$$H_p = H_0 - \frac{P^2}{2C},$$

где $H_0 = 15$ см – высота стояка от уровня воронки до питателя (в нашем случае высота верхней опоки);

$P = 0$ см – высота части отливки от питателя до её самой высокой точки;

$C = 150$ см – общая высота отливки (рис. 1.22,в).

$$H_p = H_0 = 15 \text{ см}$$

$$\Sigma F_{\Pi} = \frac{1000 \cdot 28,8}{0,35 \cdot 16,6 \cdot 7,2 \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 15}} = 4,0 \text{ см}^2.$$

Площади поперечных сечений шлакоуловителя и стояка для мелкого и среднего литья определяют из соотношения:

$$\Sigma F_{\Pi} : \Sigma F_{\text{ш}} : \Sigma F_{\text{ст}} = 1,0 : 1,1 : 1,2 \text{ (табл.1.17).}$$

$$\Sigma F_{\text{ш}} = 4,4 \text{ см}^2, \quad \Sigma F_{\text{ст}} = 4,8 \text{ см}^2$$

Сечения питателей и шлакоуловителей использует трапецеидальные.

Число питателей выбираем 2.

$$F_{\Pi} = \Sigma F_{\Pi} / 2 = 4,0 / 2 = 2,0 \text{ см}^2$$

Размеры поперечных сечений питателей выбираем по табл.1.18:

$$a = 18 \text{ мм}, \quad b = 14 \text{ мм}, \quad h = 12 \text{ мм}.$$

Количество шлакоуловителей выбираем 2.

$$F_{\text{ш}} = \Sigma F_{\text{ш}} / 2 = 4,4 / 2 = 2,2 \text{ см}^2.$$

Размеры поперечных сечений шлакоуловителей выбираем по табл. 1.19:

$$a = 16 \text{ мм}, \quad b = 12 \text{ мм}, \quad h = 16 \text{ мм}.$$

Площадь $\Sigma F_{\text{ст}} = 4,8 \text{ см}^2$, кол. – 1 шт., диаметр стояка $d_{\text{ст}} = 25$ мм

Для заливки металла используем литниковую воронку.

Диаметр воронки $D_B = 2,7 \cdot d_{ст} = 2,7 \cdot 25 = 67,5 \text{ мм}$

Высота воронки $H_B = D_B = 67,5 \text{ мм}$

Эскизы элементов литниковой системы с указанием сечений и размеров наносим на чертеж детали с графическими элементами литейной формы и отливки (рис. 2.2).

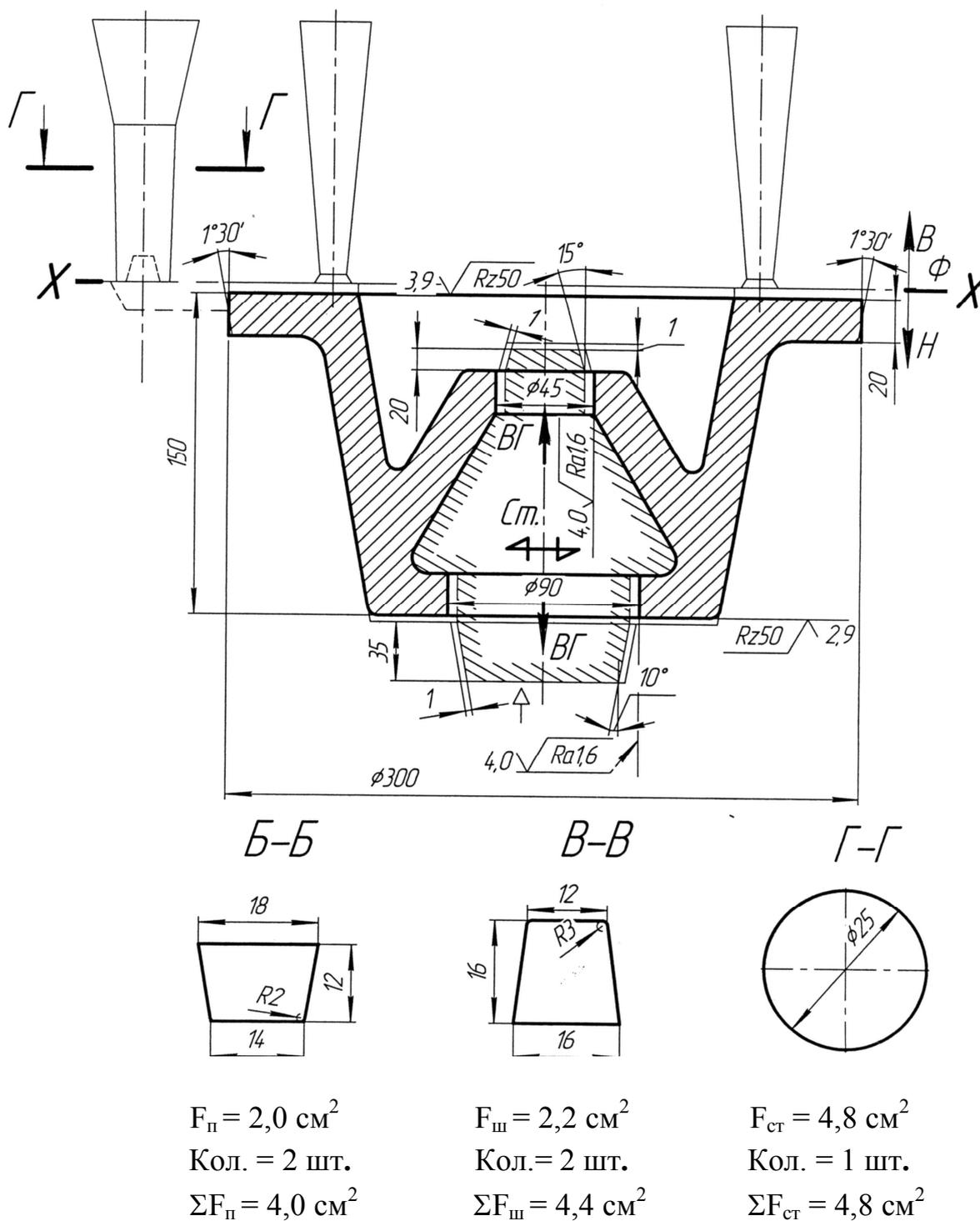


Рис.2.2. Чертеж детали с элементами литейной формы и отливки

8. Выбираем размеры опок из стандартного ряда размеров (ГОСТ 17818-84) с учетом минимального необходимого слоя смеси (табл. 1.20) и максимального использования площади формы: длина опок 450 мм, ширина 360 мм, высота верхней опоки 150 мм, высота нижней опоки 250 мм.

Изображаем собранную литейную форму (рис. 2.3).

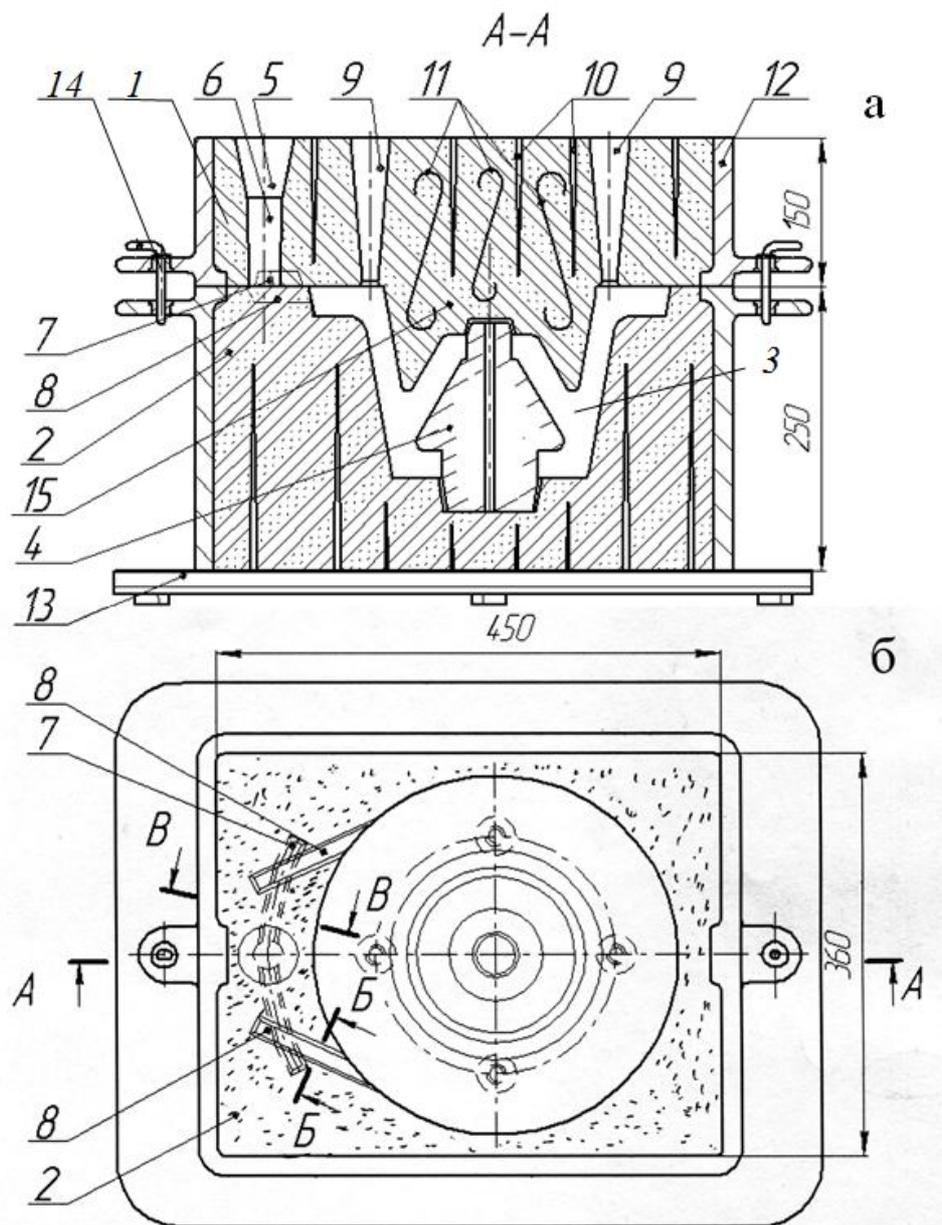


Рис.2.3. Собранная литейная форма: а – форма в разрезе (А-А), б – вид сверху нижней полуформы при снятой верхней полуформе; 1 – верхняя полуформа, 2 – нижняя полуформа, 3 – полость формы, 4 – стержень, 5 – литниковая воронка, 6 – стояк, 7 – шлакоуловитель, 8 – питатели, 9 – выпор, 10 – наколы, 11 – крючки; 12 – опока, 13 – подопочная плита, 14 – штырь центрирующий, 15 – «болван»

Библиографический список

1. Морозова Л.М., Косников Г. А. Литейное производство. Изготовление разовых литейных форм. Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 46 с.
2. Косников Г.А. Основы литейного производства. Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. 204 с.
3. Косников Г.А., Морозова Л.М. ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. Проектирование технологии получения отливок в разовых формах: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. - 51 с.
4. Технология литейного производства: Учеб./ Б.С. Чуркин, Э.Б. Гофман, Г.С. Майзель, А.В. Афонаскин, В.М. Миляев, А.Б. Чуркин, А.А. Филищенко; Под ред. Б.С.Чуркина. Екатеринбург, Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2000. 662 с.
5. Петров С.М. Технология изготовления отливок. Методическое руководство по назначению припусков на механическую обработку [Электронный ресурс] : СПбГПУ, <<http://www.unilib.neva.ru/dl/local/272.pdf>>. 2012 . – 133 с.
6. ГОСТ 3.1125–88. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок.
7. ГОСТ Р 53464–2009. ОТЛИВКИ ИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
8. ГОСТ 3212–92. КОМПЛЕКТЫ МОДЕЛЬНЫЕ. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров.
10. ГОСТ 18169–86. ПРОЦЕССЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА. Термины и определения.
11. ГОСТ 17819 – 84. ОСНАСТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА. Термины и определения.
12. ГОСТ 13354–91. КОМПЛЕКТЫ МОДЕЛЬНЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ. Технические условия.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Разработка технологического процесса изготовления отливки в разовой песчаной форме.....	4
1.1. Выбор положения отливки в форме при заливке.....	5
1.2. Выбор разъемов модели и формы.....	6
1.3. Припуски на механическую обработку и нормы точности отливки.....	7
1.4. Технологический напуск (припуск) и отъемные части модели отливки.....	18
1.5. Литейная (действительная) усадка.....	19
1.6. Формовочные уклоны.....	20
1.7. Минимальные диаметры отверстий.....	22
1.8. Стержни.....	22
1.9. Прибыли.....	28
1.10. Литниковая система.....	34
1.11. опоки.....	43
1.12. Чертеж отливки.....	44
1.13. Эскиз собранной литейной формы.....	45
Контрольные вопросы.....	46
2. <i>Расчетно – графическая работа.</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВКИ В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТОЙ ФОРМЕ.....	46
2.1. Расчетная часть.....	47
2.2. Графическая часть.....	47
2.3. <i>Пример разработки технологии получения отливки в разовой песчано-глинистой форме.....</i>	48
Библиографический список.....	55
Оглавление.....	56

МОРОЗОВА Любовь Михайловна
КОСНИКОВ Геннадий Александрович

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК В РАЗОВЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМАХ

Учебное пособие

Лицензия ЛР № 020593 от 07.08.97
Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т.2; 953005 – учебная литература

Подписано в печать 04.03.2016. Формат 60x84/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 3,5. Тираж 60. Заказ 14073b/

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного авторами
в типографии Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29
Тел. (812) 552-77-17; 550-40-14