

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Литейное производство»

621.74(07)
Д797

В.К. Дубровин, А.В. Карпинский, Л.Г. Знаменский

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие

Челябинск
Издательство ЮУрГУ
2006

УДК 621.74(075.8)
Д797

Одобрено
учебно-методической комиссией физико-металлургического факультета

Рецензенты:
Р.К. Мысик, А.М. Московенко

Дубровин, В.К.
Д797 Технология литейного производства: учебное пособие / В.К. Дубровин, А.В. Карпинский, Л.Г. Знаменский. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 143 с.

В учебном пособии приведены практические рекомендации по разработке технологического процесса изготовления отливок в разовые песчаные формы, выдержки из применяемых стандартов и необходимый справочный материал.

Учебное пособие является руководством к выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению 550500, практическим занятиям, выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология литейного производства», а также дипломного проекта студентов, обучающихся по специальности 110400 – «Литейное производство черных и цветных металлов». Пособие также может быть полезно для инженерно-технических работников литейного производства.

УДК 621.74(07)

©Издательство ЮУрГУ, 2006

1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ОТЛИВОК

1.1. Классификация отливок

Отливки классифицируют по массе, назначению, сложности конфигурации, серийности изготовления и точности размеров [1]. По массе отливки из чугуна и стали подразделяются на 4 группы (табл. 1.1), а из цветных сплавов – на 9 групп (табл. 1.2).

По назначению чугунные и стальные отливки подразделяются на 3 следующие группы:

1-я группа – отливки неответственного назначения. Это отливки деталей, не рассчитываемых на прочность. Конфигурация и размеры отливок определяются конструктивными и технологическими требованиями к ним;

2-я группа – отливки ответственного назначения. Это отливки деталей, испытываемых на прочность, работающих при статических нагрузках и в условиях трения скольжения;

3-я группа – отливки особо ответственного назначения. Это отливки деталей, испытываемых на прочность и эксплуатируемых в условиях динамических и знакопеременных нагрузок.

Таблица 1.1

Распределение отливок из черных металлов по массе

Группа	Характеристика группы	Масса, кг
I	Мелкие	До 100
II	Средние	101...1000
III	Крупные	1001...5000
IV	Очень крупные	Свыше 5000

Таблица 1.2

Распределение отливок из цветных сплавов по массе

Группа	Масса отливки, кг	
	из бронзы, латуни и цинковых сплавов	из алюминиевых и магниевых сплавов
1	До 0,25	До 0,2
2	0,26...1,0	0,21...0,4
3	1,1...4,0	0,41...0,8
4	4,1...10,0	0,81...1,6
5	10,1...20,0	1,61...3,2
6	20,1...50,0	3,21...6,3
7	50,1...200	6,31...12,5
8	200,1...500	12,6...25
9	Свыше 500	Свыше 25

Отливки из цветных сплавов по условиям применения делят на 3 категории ответственности:

1-я категория – это отливки, работающие в неблагоприятных условиях под значительными нагрузками. Их подвергают индивидуальному контролю вихревыми токами, рентгенопросвечиванию, флуоресцентному контролю, определяют механические свойства, плотность, химический состав. Кроме того, предусмотрено испытание механических свойств на образцах, вырезанных из тела отливки, или прилитых к телу отливки;

2-я категория – это отливки, которые используются в нормальных условиях под средними нагрузками. Для них предусмотрены испытания механических свойств, выборный контроль на плотность и рентгенопросвечивание;

3-я категория – это малонагруженные отливки. Для них механические свойства определяют, как правило, на отдельно отлитых образцах от плавки.

По сложности конфигурации чугунные и стальные отливки подразделяют на 5 групп:

1-я группа – простые, преимущественно плоскостные отливки малоответственного назначения, служащие для производства крышек, рукояток, рычагов, дисков, колодок, стаканов, муфт, втулок, маховиков без спиц, грузов и других подобных деталей;

2-я группа – несложные отливки открытой коробчатой или цилиндрической формы, служащие для производства кронштейнов, плит, колпаков, маховиков со спицами, шкивов диаметром до 1 м, корпусов подшипников, фигурных фланцев, зубчатых колес без литого зуба диаметром до 1 м, железнодорожных колес и букс, корпусов радиаторов массой до 500 кг и других подобных деталей;

3-я группа – отливки средней сложности открытой коробчатой или цилиндрической формы ответственного назначения, служащие для получения шкивов диаметром свыше 1 м, блоков, шпинделей, ребристых цилиндров, зубчатых колес с литым зубом диаметром до 3 м, фигурные кронштейны, тройники с фланцами, отливки для станкостроительного производства: задние бабки, люнеты, планшайбы, суппорты и другие подобные детали;

4-я группа – сложные отливки закрытой и частично открытой коробчатой и цилиндрической формы ответственного назначения, служащие для производства станин, столов, оснований, вертикальных колонн, сопловых головок, корпусов передних бабок, кареток, фартуков металлорежущих станков, станин прессов, молотов, двухвенцовых зубчатых колес, блоков двигателей, корпусов насосов и других подобных деталей;

5-я группа – особо сложные и уникальные отливки коробчатой и цилиндрической формы особо ответственного назначения типа цилиндров и крышек цилиндров для крупных дизелей, деталей газовых и паровых турбин, лопаток и турбин газотурбинных двигателей и установок, коленчатых валов, деталей энергетических атомных установок и других подобных изделий.

Отливки из цветных сплавов (алюминиевых и магниевых) по сложности подразделяются на 6 групп (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Параметры отливок различных групп сложности

Параметры отливки	Группа сложности					
	1	2	3	4	5	6
Масса, кг (не более)	30	15	8	30	15	8
Габаритные размеры, мм	400... ...1600	400... ...1600	250... ...1000	100... ...400	100... ...250	До 100
Толщина стенки, мм	4,5...7	4,5...6	4...6	1,5...5	Не ограничивается	
Число размеров, определяющих отливку	До 200	150... ...250	100... ...150	До 100	До 100	До 100
Класс точности размеров (по ГОСТ 26645-85)	6...13 т	5т...13т	5т...13т	3т...13т	3т...13т	3т...13т
Число стержней	До 15	До 10	До 10	До 8	До 5	Нет
Категория ответственности	I	I	I, II	I, II	II, III	II, III

По серийности изготовления в зависимости от группы массы отливок из стали и чугуна и их годового выпуска выделяют 5 типов производства (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Данные для определения серийности производства стальных и чугунных отливок

Группа по массе	Масса отливок, кг	Годовой выпуск отливок одного наименования при различных типах производства, шт.				
		Единичном, менее	Мелкосерийном	Серийном	Крупносерийном	Массовом, более
I	Менее 20	300	300...3000	3000...35000	35000...200000	200000
	21...100	150	150...2000	2000...15000	15000...100000	100000
II	101...500	75	75...1000	1000...6000	6000...40000	40000
	501...1000	50	50...600	600...3000	3000...20000	20000
III	1001...5000	20	20...100	100...300	300...40000	4000
IV	5001...10000	10	10...50	50...150	150...1000	1000
	Более 10000	5	5...25	25...75	Более 75	—

Тип производства оказывает большое влияние на выбор способов литья и технологию изготовления отливок, на характер применяемого оборудования и литейной оснастки, организацию труда.

1.2. Точностные параметры и выбор способа изготовления отливок

Под точностью изготовления отливок понимается степень отклонения их геометрических размеров и массы от номинальных значений. Точностные параметры отливки по ГОСТ 26645-85 (измененная редакция, изм. №1 от 01.07.88) предусматривают: класс размерной точности (КРТ), степень коробления (СК), степень точности поверхности (СТП), класс точности массы (КТМ), допуск смещения отливки по разьему формы (ДСР).

По точности размеров и масс отливки из всех видов сплавов (черных и цветных) подразделяются на 22 класса (16 основных и 6 дополнительных).

Допуски линейных размеров для классов размерной точности приведены в табл. 1.5 (табл. 1 ГОСТ 26645), а допуски массы для классов точности массы в табл. 1.6 (табл. 4 ГОСТ 26645).

Классы размерной точности и точности масс зависят от способа изготовления отливок, габаритов отливки и типа литейного сплава. В табл. 1.7 (табл. №9 приложения 1 ГОСТ 26645) приведены классы размерной точности, а в табл. 1.8 (табл. 13 приложения 5 ГОСТ 26645) классы точности масс для различных технологических процессов литья.

Степень коробления элементов отливок показывает отклонения от прямолинейности, плоскости, параллельности, перпендикулярности заданного профиля. Она зависит от конфигурации отливки (отношения наименьшего размера отливки к наибольшему), типа формы, наличия термообработки. Всего регламентируется 11 степеней коробления: 1 – самая низкая, для компактных нетермообрабатываемых отливок, получаемых в многократные формы; 11 – самая высокая, для протяженных термообрабатываемых отливок, получаемых в разовые формы. В табл. 1.9 (табл. 10 приложения 2 ГОСТ 26645) приведены степени коробления элементов отливок, а в табл. 1.10 (табл. 2 ГОСТ 26645) допуск формы и расположения элементов отливок для различных СК.

Общие допуски элементов отливок, учитывающие совместное влияние допуска размера от поверхности до базы и допусков формы и расположения поверхности приведены в табл. 1.11 (табл. 16 приложения 8 ГОСТ 26645).

Степень точности поверхности определяет допуск неровностей поверхностей отливки (табл. 1.12 (табл. 3 ГОСТ 26645)), и, как и КРТ и КТМ зависит от способа изготовления отливки и вида сплава (табл. 1.13 (табл. 4 ГОСТ 26645)). СТП связана с шероховатостью. Соответствие между шероховатостью и степенями точности поверхностей отливок представлено в табл. 1.14 (табл. 12 приложения 4 ГОСТ 26645).

Допуск смещения элемента отливки по плоскости разьема (ДСР) – это разность предельных отклонений положений частей элемента отливки, формируемых в разных полуформах.

ДСР в диаметральном выражении устанавливают по табл. 1.5 на уровне класса размерной точности отливки по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, выходящих на разъем или пересекающих его.

Таблица 1.5

Допуски линейных размеров отливок, мм, не более

Номинальный размер отливки, мм	Класс точности размеров отливок										
	1	2	3Г	3	4	5Г	5	6	7Г	7	8
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64
4...6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70
6...10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
10...16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
16...25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
25...40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10
40...63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
63...100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
100...160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
160...250	–	–	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80
250...400	–	–	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
400...630	–	–	–	–	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,40
630...1000	–	–	–	–	–	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,60
1000...1600	–	–	–	–	–	–	–	1,40	1,80	2,20	2,80
1600...2500	–	–	–	–	–	–	–	–	2,00	2,40	3,20
2500...4000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,20	3,60
4000...6300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6300...10000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Св. 10000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Окончание табл. 1.5

Номинальный размер отливки, мм	Класс точности размеров отливок										
	9Г	9	10	11Г	11	12	13Г	13	14	15	16
До 4	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	–	–	–	–	–	–
4...6	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	–	–	–	–	–
6...10	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	–	–	–
10...16	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	–	–
16...25	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0
25...40	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0
40...63	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0
63...100	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0
100...160	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0
160...250	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0
250...400	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
400...630	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0
630...1000	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0
1000...1600	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0	36,0
1600...2500	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0
2500...4000	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0	36,0	44,0
4000...6300	6,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	18,0	24,0	32,0	40,0	50,0
6300...10000	–	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0	64,0
Св. 10000	–	–	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0	64,0	80,0

Классы размерной точности отливок

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		Цветные легкие, нетермообработываемые сплавы	Нетермообработываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообработываемые цветные легкие сплавы	Термообработываемые чугуны и цветные тугоплавкие сплавы	Термообработываемые стальные сплавы
		Класс размерной точности отливки			
1	2	3	4	5	6
Литье под давлением в металлические формы и по выжигаемым моделям с применением малотемпературных огнеупорных материалов (плавящего кварца, корунда и т. п.)	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630	3т – 6 3 – 7т 4 – 7	3 – 7т 4 – 7 5т – 8	4 – 7 5т – 8 5 – 9т	5т – 8 5 – 9т 6 – 9
Литье по выжигаемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630	3 – 7 4 – 8 5т – 9т	4 – 8 5т – 9т 5 – 9	5т – 9т 5 – 9 6 – 10	5 – 9 6 – 10 7т – 11т
Литье по выплавляемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630	4 – 8 5т – 9т 5 – 9	5т – 9т 5 – 9 6 – 10	5 – 9 6 – 10 7т – 11т	6 – 10 7т – 11т 7 – 11
Литье под низким давлением и в кокиль без песчаных стержней	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600 » 4000	5т – 9т 5 – 9 6 – 10 7т – 11т 7 – 11	5 – 9 6 – 10 7т – 11т 7 – 11 8 – 12	6 – 10 7т – 11т 7 – 11 8 – 12 9т – 13т	7т – 11т 7 – 11 8 – 12 9т – 13т 9 – 13
Литье в песчано-глинистые сырые формы из низковлажных (до 2,8 %) высокопрочных (более 160 кПа или 1,6 кг/см ²) смесей, с высоким и однородным уплотнением до твердости не ниже 90 единиц	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600 » 4000 » 4000 » 10 000	5 – 10 6 – 11т 7т – 11 7 – 12 8 – 13т 9т – 13	6 – 11т 7т – 11 7 – 12 8 – 13т 9т – 13 9 – 13	7т – 12 7 – 12 8 – 13т 9т – 13 9 – 13 10 – 14	7 – 12 8 – 13т 9т – 13 9 – 13 10 – 14 11т – 14
Литье по газифицированным моделям в песчаные формы. Литье в формы, отверждаемые в контакте с холодной оснасткой. Литье под низким давлением и в кокиль с песчаными стержнями. Литье в облицованный кокиль	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600 » 4000 » 4000 » 10 000	5 – 10 6 – 11т 7т – 11 7 – 12 8 – 13т 9т – 13	6 – 11т 7т – 11 7 – 12 8 – 13т 9т – 13 9 – 13	7т – 11 7 – 12 8 – 13т 9т – 13 9 – 13 10 – 14	7 – 12 8 – 13т 9т – 13 9 – 13 10 – 14 11т – 14
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 2,8 до 3,5 % и прочностью от 120 до 160 кПа (от 1,2 до 1,6 кг/см ²), со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц. Литье центробежное (внутренние поверхности). Литье в формы, отверждаемые в контакте с горячей оснасткой. Литье в вакуумно-пленочные песчаные формы	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600 » 4000 » 4000 » 10 000	6 – 11т 7т – 11 7 – 12 8 – 13т 9т – 13 9 – 13	7т – 11 7 – 12 8 – 13т 9т – 13 9 – 13 10 – 14	7 – 12 8 – 13т 9т – 13 9 – 13 10 – 14 11т – 14	8 – 13т 9т – 13 9 – 13 10 – 14 11т – 14 11 – 15

1	2	3	4	5	6
Литье в песчано-глинистые сырые 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/см ²) с уровнем, уплотнения до твердости не ниже 70 единиц. Литье в оболочковые формы из терморезистивных смесей. Литье в формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой без тепловой сушки Литье в формы из жидких самотвердеющих смесей. Литье в песчано-глинистые подсушенные и сухие формы	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600 » 4000 » 4000 » 10 000	7Т – 11 7 – 12 8 – 13Т 9Т – 13 9 – 13 10 – 14	7 – 12 8 – 13Т 9Т – 13 9 – 13 10 – 14 11Т – 14	8 – 13Т 9Т – 13 9 – 13 10 – 14 11Т – 14 11 – 15	9Т – 13 9 – 13 10 – 14 11Т – 14 11 – 15 12 – 15
Литье в песчано-глинистые сырые формы из высоковлажных (более 4,5 %) низкопрочных (до 60 кПа или 0,6 кг/см ²) смесей с низким уровнем уплотнения до твердости ниже 70 единиц	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600 » 4000 » 4000 » 10 000 » 10 000	7 – 12 8 – 13Т 9Т – 13 9 – 13 10 – 14 11Т – 14 11 – 15	8 – 13Т 9Т – 13 9 – 13 10 – 14 11Т – 14 11 – 15 12 – 15	9Т – 13 9 – 13 10 – 14 11Т – 14 11 – 15 12 – 15 13Т – 16	9 – 13 10 – 14 11Т – 14 11 – 15 12 – 15 13Т – 16 13 – 16

Примечание. 1. В таблице указаны диапазоны классов размерной точности отливок, обеспечиваемых различными технологическими процессами литья. Меньшие их значения относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства, большие – к сложным отливкам единичного и мелкосерийного производства, средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

2. В табл. 1.7, 1.8, 1.13 к цветным легкоплавким сплавам отнесены сплавы с температурой плавления ниже 700 °С (973 К), к цветным тугоплавким – сплавы с температурой плавления выше 700 °С (973 К).

3. В табл. 1.7, 1.8, 1.13 к легким отнесены сплавы с плотностью до 3,0 г/см³, к тяжелым – сплавы с плотностью свыше 3,0 г/см³.

Таблица 1.8

Классы точности массы отливок

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		Цветные легкие, нетермообработываемые сплавы	Нетермообработываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообработываемые цветные легкие сплавы	Термообработываемые чугуны и цветные тугоплавкие сплавы	Термообработываемые стальные сплавы
1	2	3	4	5	6
Литье под давлением в металлические формы и по выжигаемым моделям с применением малотерморасширяющихся огнеупорных материалов (плавленого кварца, корунда и т. п.)	До 1,0 Св. 1,0 » 10 » 10 » 100	1 – 7 2 – 8 3Т – 9Т	2 – 8 3Т – 9Т 3 – 9	3Т – 9Т 3 – 9 4 – 10	3 – 9 4 – 10 5Т – 11Т

1	2	3	4	5	6
Литье по выжигаемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	До 1,0 Св. 1,0 » 10 » 10 » 100	2 – 9т 3т – 9 3 – 10	3т – 9 3 – 10 4 – 11т	3 – 10 4 – 11т 5т – 11	4 – 11т 5т – 11 5 – 12
Литье по выплавляемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	До 1,0 Св. 1,0 » 10 » 10 » 100	3т – 9 3 – 10 4 – 11т	3 – 10 4 – 11т 5т – 11	4 – 11т 5т – 11 5 – 12	5т – 11 5 – 12 6 – 13т
Литье под низким давлением и в кокиль без песчаных стержней	До 1,0 Св. 1,0 » 10 » 10 » 100 » 100 » 1000 » 1000 » 10 000	3 – 10 4 – 11т 5т – 11 5 – 12 6 – 13т	4 – 11т 5т – 11 5 – 12 6 – 13т 7т – 13	5т – 11 5 – 12 6 – 13т 7т – 13 7 – 14	5 – 12 6 – 13т 7т – 13 7 – 14 8 – 15
Литье в песчано-глинистые сырые формы из низковлажных (до 2,8%), высокопрочных (более 160 кПа или 1,6 кг/см ²) смесей, с высоким и однородным уплотнением до твердости, не ниже 90 единиц. Литье по газифицированным моделям в песчаные формы. Литье в формы, отверждаемые в контакте с холодной оснасткой. Литье под низким давлением и в кокиль с песчаными стержнями. Литье в облицованный кокиль	До 1,0 Св. 1,0 » 10 » 10 » 100 » 100 » 1000 » 1000 » 10 000 » 10 000 » 100 000	4 – 11 5т – 12 5 – 13т 6 – 13 7т – 14 7 – 15	5т – 12 5 – 13т 6 – 13 7т – 14 7 – 15 8 – 15	5 – 13т 6 – 13 7т – 14 7 – 15 8 – 15 9т – 16	6 – 13 7т – 14 7 – 15 8 – 15 9т – 16 9 – 16
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 2,8 до 3,5% и прочностью от 120 до 160 кПа (от 1,2 – 1,6 кг/см ²), со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц. Литье центробежное (внутренние поверхности). Литье в формы, отверждаемые в контакте с горячей оснасткой. Литье в оболочковые формы. Литье в вакуумно-пленочные песчаные формы	До 1,0 Св. 1,0 » 10 » 10 » 100 » 100 » 1000 » 1000 » 10 000 » 10 000 » 100 000	5т – 12 5 – 13т 6 – 13 7т – 14 7 – 15 8 – 15	5 – 13т 6 – 13 7т – 14 7 – 15 8 – 15 9т – 16	6 – 13 7т – 14 7 – 15 8 – 15 9т – 16 9 – 16	7т – 14 7 – 15 8 – 15 9т – 16 9 – 16 10 – 16
Литье в песчано-глинистые сырые 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/см ²) с уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 единиц. Литье в оболочковые формы из терморезистивных смесей. Литье в формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой без тепловой сушки. Литье в песчано-глинистые подсушенные и сухие формы. Литье в формы из жидких самотвердеющих смесей	До 1,0 Св. 1,0 » 10 » 10 » 100 » 100 » 1000 » 1000 » 10 000 » 10 000 » 100 000	5 – 13т 6 – 13 7т – 14 7 – 15 8 – 15 9т – 16	6 – 13 7т – 14 7 – 15 8 – 15 9т – 16 9 – 16	7т – 14 7 – 15 8 – 15 9т – 16 9 – 16 10 – 16	7 – 15 8 – 15 9т – 16 9 – 16 10 – 16 11т – 16
Литье в песчано-глинистые сырые формы из высоковлажных (более 4,5 %) низкопрочных (до 60 кПа или 0,6 кг/см ²) смесей с низким уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 единиц	До 1,0 Св. 1,0 » 10 » 10 » 100 » 100 » 1000 » 1000 » 10 000 » 10 000 » 100 000 » 100 000	6 – 13 7т – 14 7 – 15 8 – 15 9т – 16 9 – 16 10 – 16	7т – 14 7 – 15 8 – 15 9т – 16 9 – 16 10 – 16 11т – 16	7 – 15 8 – 15 9т – 16 9 – 16 10 – 16 11т – 16 11 – 16	8 – 15 9т – 16 9 – 16 10 – 16 11т – 16 11 – 16 12 – 16

Таблица 1.9

Степень коробления отливок

Отношение наименьшего размера элемента отливки к наибольшему (толщины или высоты к длине элемента отливки)	Степень коробления элемента отливки			
	Многokратные формы		Разовые формы	
	Нетермо-обработываемые отливки	Термообработанные отливки после правки	Нетермо-обработываемые отливки	Термообработанные отливки после правки
Св. 0,200	1 – 4	2 – 5	3 – 6	4 – 7
0,100...0,200	2 – 5	3 – 6	4 – 7	5 – 8
0,050...0,100	3 – 6	4 – 7	5 – 8	6 – 9
0,025...0,050	4 – 7	5 – 8	6 – 9	7 – 10
До 0,025	5 – 8	6 – 9	7 – 10	8 – 11

Таблица 1.10

Допуски форм и расположения элементов отливок, мм, не более

Номинальный размер нормируемого участка отливки, мм	Степень коробления элементов отливки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
До 125	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2
125...160	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6
160...200	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
200...250	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4
250...315	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2
315...400	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0
400...500	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0
500...630	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4
630...800	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0
800...1000	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0
1000...1200	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0
1200...1600	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0
1600...2000	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0
2000...2500	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
2500...3150	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0
3150...4000	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0
4000...5000	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0
5000...6300	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0	64,0
6300...8000	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0	64,0	80,0
8000...10 000	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0	64,0	80,0	–
Св. 10 000	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0	64,0	80,0	–	–

Общие допуски элементов отливок, мм

Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элемента отливки, не более
1	2	3
До 0,01	До 0,01 Св. 0,01 » 0,02	0,02 0,03
Св. 0,01 до 0,02	До 0,01 Св. 0,01 » 0,02 » 0,02 » 0,03 » 0,03 » 0,04	0,02 0,03 0,04 0,05
Св. 0,02 до 0,03	До 0,01 Св. 0,01 » 0,02 » 0,02 » 0,03 » 0,03 » 0,04 » 0,04 » 0,05 » 0,05 » 0,06	0,03 0,04 0,05 0,06 0,07 0,08
Св. 0,03 до 0,04	До 0,01 Св. 0,01 » 0,03 » 0,03 » 0,04 » 0,04 » 0,05 » 0,05 » 0,06 » 0,06 » 0,08	0,04 0,05 0,06 0,07 0,08 0,11
Св. 0,04 до 0,05	До 0,01 Св. 0,01 » 0,03 » 0,03 » 0,04 » 0,04 » 0,05 » 0,05 » 0,06 » 0,06 » 0,08 » 0,08 » 0,10	0,05 0,06 0,07 0,08 0,09 0,11 0,14
Св. 0,05 до 0,06	До 0,02 Св. 0,02 » 0,03 » 0,03 » 0,04 » 0,04 » 0,05 » 0,05 » 0,06 » 0,06 » 0,08 » 0,08 » 0,10 » 0,10 » 0,12	0,06 0,07 0,08 0,09 0,10 0,12 0,14 0,16

1	2	3
Св. 0,06 до 0,08	До 0,02	0,08
	Св. 0,02 » 0,04	0,09
	» 0,04 » 0,05	0,10
	» 0,05 » 0,06	0,11
	» 0,06 » 0,08	0,14
	» 0,08 » 0,10	0,16
	» 0,10 » 0,12	0,18
	» 0,12 » 0,16	0,22
Св. 0,08 до 0,10	До 0,02	0,10
	Св. 0,02 » 0,04	0,11
	» 0,04 » 0,06	0,12
	» 0,06 » 0,08	0,14
	» 0,08 » 0,10	0,16
	» 0,10 » 0,12	0,18
	» 0,12 » 0,16	0,22
	» 0,16 » 0,20	0,28
Св. 0,10 до 0,12	До 0,02	0,12
	Св. 0,02 » 0,06	0,14
	» 0,06 » 0,08	0,16
	» 0,08 » 0,10	0,18
	» 0,10 » 0,12	0,20
	» 0,12 » 0,16	0,24
	» 0,16 » 0,20	0,28
	» 0,20 » 0,24	0,32
Св. 0,12 до 0,16	До 0,03	0,16
	Св. 0,03 » 0,06	0,18
	» 0,06 » 0,10	0,20
	» 0,10 » 0,12	0,22
	» 0,12 » 0,16	0,28
	» 0,16 » 0,20	0,32
	» 0,20 » 0,24	0,36
	» 0,24 » 0,32	0,44
Св. 0,16 до 0,20	До 0,03	0,20
	Св. 0,03 » 0,08	0,22
	» 0,08 » 0,12	0,24
	» 0,12 » 0,16	0,28
	» 0,16 » 0,20	0,32
	» 0,20 » 0,24	0,36
	» 0,24 » 0,32	0,44
	» 0,32 » 0,40	0,56

1	2	3
Св. 0,20 до 0,24	До 0,06	0,24
	Св. 0,06 » 0,12	0,28
	» 0,12 » 0,16	0,32
	» 0,16 » 0,20	0,36
	» 0,20 » 0,24	0,40
	» 0,24 » 0,32	0,50
	» 0,32 » 0,40	0,56
	» 0,40 » 0,48	0,64
Св. 0,24 до 0,32	До 0,06	0,32
	Св. 0,06 » 0,12	0,36
	» 0,12 » 0,20	0,40
	» 0,20 » 0,24	0,44
	» 0,24 » 0,32	0,50
	» 0,32 » 0,40	0,56
	» 0,40 » 0,50	0,70
	» 0,50 » 0,64	0,90
Св. 0,32 до 0,40	До 0,08	0,40
	Св. 0,08 » 0,16	0,44
	» 0,16 » 0,24	0,50
	» 0,24 » 0,32	0,56
	» 0,32 » 0,40	0,64
	» 0,40 » 0,50	0,70
	» 0,50 » 0,64	0,90
	» 0,64 » 0,80	1,10
Св. 0,40 до 0,50	До 0,12	0,50
	Св. 0,12 » 0,24	0,56
	» 0,24 » 0,32	0,64
	» 0,32 » 0,40	0,70
	» 0,40 » 0,50	0,80
	» 0,50 » 0,64	0,90
	» 0,64 » 0,80	1,10
	» 0,80 » 1,00	1,40
Св. 0,50 до 0,64	До 0,12	0,64
	Св. 0,12 » 0,24	0,70
	» 0,24 » 0,40	0,80
	» 0,40 » 0,50	0,90
	» 0,50 » 0,64	1,00
	» 0,64 » 0,80	1,20
	» 0,80 » 1,00	1,40
	» 1,00 » 1,20	1,60
» 1,20 » 1,28	1,80	

1	2	3
Св. 0,64 до 0,80	До 0,20	0,80
	Св. 0,20 » 0,40	0,90
	» 0,40 » 0,50	1,00
	» 0,50 » 0,64	1,10
	» 0,64 » 0,80	1,20
	» 0,80 » 1,00	1,40
	» 1,00 » 1,20	1,80
	» 1,20 » 1,60	2,20
Св. 0,80 до 1,00	До 0,24	1,00
	Св. 0,24 » 0,40	1,10
	» 0,40 » 0,64	1,20
	» 0,64 » 0,80	1,40
	» 0,80 » 1,00	1,60
	» 1,00 » 1,20	1,80
	» 1,20 » 1,60	2,20
	» 1,60 » 2,00	2,80
Св. 1,00 до 1,20	До 0,32	1,20
	Св. 0,32 » 0,64	1,40
	» 0,64 » 0,80	1,60
	» 0,80 » 1,00	1,80
	» 1,00 » 1,20	2,00
	» 1,20 » 1,60	2,40
	» 1,60 » 2,00	2,80
	» 2,00 » 2,40	3,20
Св. 1,20 до 1,60	До 0,40	1,60
	Св. 0,40 » 0,80	1,80
	» 0,80 » 1,00	2,00
	» 1,00 » 1,20	2,20
	» 1,20 » 1,60	2,40
	» 1,60 » 2,00	2,80
	» 2,00 » 2,40	3,60
	» 2,40 » 3,20	4,40
Св. 1,60 до 2,00	До 0,40	2,00
	Св. 0,40 » 0,80	2,20
	» 0,80 » 1,20	2,40
	» 1,20 » 1,60	2,80
	» 1,60 » 2,00	3,20
	» 2,00 » 2,40	3,60
	» 2,40 » 3,20	4,40
	» 3,20 » 4,00	5,60

1	2	3
Св. 2,00 до 2,40	До 0,64 Св. 0,64 » 1,20 » 1,20 » 1,60 » 1,60 » 2,00 » 2,00 » 2,40 » 2,40 » 3,20 » 3,20 » 4,00 » 4,00 » 4,80	2,40 2,80 3,20 3,60 4,00 4,40 5,60 6,40
Св. 2,40 до 3,20	До 0,80 Св. 0,80 » 1,60 » 1,60 » 2,00 » 2,00 » 2,40 » 2,40 » 3,20 » 3,20 » 4,00 » 4,00 » 5,00 » 5,00 » 6,40	3,20 3,60 4,00 4,40 5,00 5,60 7,00 9,00
Св. 3,20 до 4,00	До 1,00 Св. 1,00 » 1,60 » 1,60 » 2,40 » 2,40 » 3,20 » 3,20 » 4,00 » 4,00 » 5,00 » 5,00 » 6,40 » 6,40 » 8,00	4,00 4,40 5,00 5,60 6,40 7,00 9,00 11,00
Св. 4,00 до 5,00	До 1,20 Св. 1,20 » 2,40 » 2,40 » 3,20 » 3,20 » 4,00 » 4,00 » 5,00 » 5,00 » 6,40 » 6,40 » 8,00 » 8,00 » 10,00	5,00 5,60 6,40 7,00 8,00 9,00 11,00 14,00
Св. 5,00 до 6,40	До 1,20 Св. 1,20 » 2,40 » 2,40 » 4,00 » 4,00 » 5,00 » 5,00 » 6,40 » 6,40 » 8,00 » 8,00 » 10,00 » 10,00 » 12,00 » 12,00 » 12,80	6,40 7,00 8,00 9,00 10,00 12,00 14,00 16,00 18,00

1	2	3
Св. 6,40 до 8,00	До 2,00	8,00
	Св. 2,00 » 4,00	9,00
	» 4,00 » 5,00	10,00
	» 5,00 » 6,40	11,00
	» 6,40 » 8,00	12,00
	» 8,00 » 10,00	14,00
	» 10,00 » 12,00	18,00
	» 12,00 » 16,00	22,00
Св. 8,00 до 10,00	До 2,40	10,00
	Св. 2,40 » 4,00	11,00
	» 4,00 » 6,40	12,00
	» 6,40 » 8,00	14,00
	» 8,00 » 10,00	16,00
	» 10,00 » 12,00	18,00
	» 12,00 » 16,00	22,00
	» 16,00 » 20,00	28,00
Св. 10,00 до 12,00	До 3,20	12,00
	Св. 3,20 » 6,40	14,00
	» 6,40 » 8,00	16,00
	» 8,00 » 10,00	18,00
	» 10,00 » 12,00	20,00
	» 12,00 » 16,00	24,00
	» 16,00 » 20,00	28,00
	» 20,00 » 24,00	32,00
Св. 12,00 до 16,00	До 4,00	16,00
	Св. 4,00 » 8,00	18,00
	» 8,00 » 10,00	20,00
	» 10,00 » 12,00	22,00
	» 12,00 » 16,00	24,00
	» 16,00 » 20,00	28,00
	» 20,00 » 24,00	36,00
	» 24,00 » 32,00	44,00
Св. 16,00 до 20,00	До 5,00	20,00
	Св. 5,00 » 8,00	22,00
	» 8,00 » 12,00	24,00
	» 12,00 » 16,00	28,00
	» 16,00 » 20,00	32,00
	» 20,00 » 24,00	36,00
	» 24,00 » 32,00	44,00
	» 32,00 » 40,00	56,00

1	2	3
Св. 20,00 до 24,00	До 6,40	24,00
	Св. 6,40 » 12,00	28,00
	» 12,00 » 16,00	32,00
	» 16,00 » 20,00	36,00
	» 20,00 » 24,00	40,00
	» 24,00 » 32,00	44,00
	» 32,00 » 40,00	56,00
	» 40,00 » 48,00	64,00
Св. 24,00 до 32,00	До 8,00	32,00
	Св. 8,00 » 16,00	36,00
	» 16,00 » 20,00	40,00
	» 20,00 » 24,00	44,00
	» 24,00 » 32,00	50,00
	» 32,00 » 40,00	56,00
	» 40,00 » 50,00	70,00
	» 50,00 » 64,00	90,00
Св. 32,00 до 40,00	До 10,00	40,00
	Св. 10,00 » 16,00	44,00
	» 16,00 » 24,00	50,00
	» 24,00 » 32,00	56,00
	» 32,00 » 40,00	64,00
	» 40,00 » 50,00	70,00
	» 50,00 » 64,00	90,00
	» 64,00 » 80,00	110,00
Св. 40,00 до 50,00	До 12,00	50,00
	Св. 12,00 » 24,00	56,00
	» 24,00 » 32,00	64,00
	» 32,00 » 40,00	70,00
	» 40,00 » 50,00	80,00
	» 50,00 » 64,00	90,00
	» 64,00 » 80,00	110,00
	» 80,00 » 100,00	140,00
Св. 50,00 до 64,00	До 12,00	64,00
	Св. 12,00 » 24,00	70,00
	» 24,00 » 40,00	80,00
	» 40,00 » 50,00	90,00
	» 50,00 » 64,00	100,00
	» 64,00 » 80,00	120,00
	» 80,00 » 100,00	140,00
	» 100,00 » 120,00	160,00
» 120,00 » 128,00	180,00	

1	2	3
Св. 64,00 до 80,00	До 20,00	80,00
	Св. 20,00 » 40,00	90,00
	» 40,00 » 50,00	100,00
	» 50,00 » 64,00	110,00
	» 64,00 » 80,00	120,00
	» 80,00 » 100,00	140,00
	» 100,00 » 120,00	180,00
	» 120,00 » 160,00	220,00

Таблица 1.12

Допуск неровностей поверхностей отливки, мм, не более, для степеней точности поверхностей отливки

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50

Окончание табл. 1.12

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,4

Таблица 1.13

Степени точности поверхностей отливок

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		Цветные легкие, нетермообработываемые сплавы	Нетермообработываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообработываемые цветные легкие сплавы	Термообработываемые чугуны и цветные тугоплавкие сплавы	Термообработываемые стальные сплавы
1	2	3	4	5	6
Литье под давлением в металлические формы	До 100	2 – 6	3 – 7	4 – 8	5 – 9
	Св. 100 » 250	3 – 7	4 – 8	5 – 9	6 – 10
	» 250 » 630	4 – 8	5 – 9	6 – 10	7 – 11
Литье в керамические формы, литье по выжигаемым и выплавляемым моделям	До 100	3 – 8	4 – 9	5 – 10	6 – 11
	Св. 100 » 250	4 – 9	5 – 10	6 – 11	7 – 12
	» 250 » 630	5 – 10	6 – 11	7 – 12	8 – 13

1	2	3	4	5	6
Литье под низким давлением и в кокиль без песчаных стержней, центробежное литье в металлические формы	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630	4 – 9 5 – 10 6 – 11	5 – 10 6 – 11 7 – 12	7 – 11 7 – 12 8 – 13	7 – 12 8 – 13 9 – 14
Литье в оболочковые формы из термо-реактивных смесей. Литье в облицованный кокиль, литье в вакуумно-пленочные песчаные формы	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630	6 – 12 7 – 13 8 – 14	7 – 13 8 – 14 9 – 15	8 – 14 9 – 15 10 – 16	9 – 15 10 – 16 11 – 17
Литье по газифицируемым моделям в песчаные формы. Литье в песчано-глинистые сырые формы из низковлажных (до 2,8 %) высокопрочных (более 160 кПа или 1,6 кг/см ²) смесей с высоким и однородным уплотнением до твердости не ниже 90 единиц. Литье в песчаные отвержденные, сухие или подсушенные формы; окрашенные покрытиями на водной основе, нанесенными пульверизацией или окунанием. Литье в кокиль с песчаными стержнями	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600 » 4000	7 – 14 8 – 15 9 – 16 10 – 17 11 – 18	8 – 15 9 – 16 10 – 17 11 – 18 12 – 19	9 – 16 10 – 17 11 – 18 12 – 19 13 – 19	10 – 17 11 – 18 12 – 19 13 – 19 14 – 20
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 2,8 до 3,5 % и прочностью от 120 до 160 кПа (от 1,2 до 1,6 кг/см ²) со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц. Литье в песчаные отвержденные, сухие или подсушенные формы, окрашенные покрытиями на водной основе, нанесенными кистью или самовысыхающими покрытиями, нанесенными пульверизацией или окунанием	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600 » 4000 » 4000 » 10000	8 – 15 9 – 16 10 – 17 11 – 18 12 – 19 13 – 19	9 – 16 10 – 17 11 – 18 12 – 19 13 – 19 14 – 20	10 – 17 11 – 18 12 – 19 13 – 19 14 – 20 15 – 20	11 – 18 12 – 19 13 – 19 14 – 20 15 – 20 16 – 21
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 3,5 до 4,5 % и прочностью от 60 до 120 кПа (от 0,6 до 1,2 кгс/см ²) с уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 единиц. Литье в песчаные отвержденные, сухие или подсушенные формы, окрашенные самовысыхающими или самотвердеющими покрытиями, нанесенными кистью	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600 » 4000 » 4000 » 10000	9 – 16 10 – 17 11 – 18 12 – 19 13 – 19 14 – 20	10 – 17 10 – 17 12 – 19 13 – 19 14 – 20 15 – 20	11 – 18 11 – 18 13 – 19 14 – 20 15 – 20 16 – 21	12 – 19 12 – 19 14 – 20 15 – 20 16 – 21 17 – 21
Литье в песчано-глинистые сырые формы из высоковлажных (выше 4,5%) и низкопрочных (до 60 кПа или 0,6 кгс/см ²) смесей с низким уровнем уплотнения до твердости ниже 70 единиц. Литье в песчаные отверждаемые, сухие или подсушенные, неокрашенные формы. Литье в формы из жидких самотвердеющих смесей	До 100 Св. 100 » 250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600 » 4000 » 4000 » 10000 » 10000	10 – 17 11 – 18 12 – 19 13 – 19 15 – 20 14 – 20 16 – 21	11 – 18 12 – 19 13 – 19 14 – 20 15 – 20 16 – 21 17 – 21	12 – 19 13 – 19 14 – 20 15 – 20 16 – 21 17 – 21 18 – 22	13 – 19 14 – 20 15 – 20 16 – 21 17 – 21 18 – 22 19 – 22

Примечание. В таблице указаны диапазоны степеней точности поверхности отливок, обеспечиваемых различными технологическими процессами литья. Меньшие из значений отно-

сятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства, большие – к сложным отливкам единичного и мелкосерийного производства, средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

Таблица 1.14

Соответствие между шероховатостью и степенями точности поверхностей отливок

Шероховатость поверхности	Значение шероховатости для степеней точности поверхности отливки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Среднее арифметическое отклонение профиля Ra, мкм, не более	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0
Высота неровностей профиля Rz, мкм, не более	–	–	–	–	20	25	32	40	50	64	80

Окончание табл. 1.14

Шероховатость поверхности	Значение шероховатости для степеней точности поверхности отливки										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Среднее арифметическое отклонение профиля Ra, мкм, не более	25,0	32,0	40,0	50,0	60,0	80,0	100,0	–	–	–	–
Высота неровностей профиля Rz, мкм, не более	100	132	160	200	240	320	400	500	600	800	1000

В технических требованиях чертежа отливки или детали с нанесенными размерами отливки должны быть указаны нормы точности отливки. Их приводят в следующем порядке: класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы и допуск смещения отливки.

Пример условного обозначения точности отливки 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:

Точность отливки 8–5–4–7 См 0,8 ГОСТ 26645-85.

Ненормируемые показатели точности отливок заменяют нулями, а обозначение смещения опускают. Например:

Точность отливки 8–0–0–7 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежей литой детали допускается указывать сокращенную номенклатуру норм точности отливки, при этом указание классов размерной точности массы отливки является обязательным. Например:

Точность отливки 8–0–0–7 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежа отливки или детали с нанесенными размерами отливки должны быть указаны в нижеприведенном порядке значения номинальных масс детали, припусков на обработку, технологических напусков и массы отливки.

Пример обозначения номинальных масс равных для детали – 20,35 кг, для припусков на обработку – 3,15 кг, для технологических напусков – 1,35 кг, для отливки – 24,85 кг:

Масса 20,35–3,15–1,35–24,85 ГОСТ 26645-85.

Для необрабатываемых отливок или при отсутствии технологических напусков соответствующие величины обозначают «0». Например:

Масса 20,35–0–1,35–21,70 ГОСТ 26645-85

или

Масса 20,35–0–0–20,35 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежа литой детали указывают только массу детали.

Классификация отливок позволяет правильно выбрать способ их изготовления, осуществить разработку оптимального технологического процесса, произвести выбор необходимого оборудования, провести соответствующую организацию труда.

В настоящее время в различных отраслях производства находят применение около 60 различных способов литья, из них 24 относятся к специальным способам [1]. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, которые ограничивают область их применения. Более 70 % отливок получают литьем в песчаные формы.

При выборе способа изготовления отливки в первую очередь принимают во внимание результаты анализа заказа и технологичности детали. На первом месте, как правило, стоит фактор серийности производства, на втором – вид сплава и технические требования, предъявляемые к изделиям. В единичном, мелкосерийном и серийном производстве отливки обычно изготавливают литьем в песчаные сырые и подсушиваемые формы. Сухие формы в настоящее время используют довольно редко из-за высокой трудоемкости, длительности и энергоемкости их изготовления. Все более широкое распространение получают химически твердеющие формы: на неорганических связующих (жидкое стекло, металлофосфаты), а также на синтетических смолах (α -set – процесс). При крупносерийном и массовом производстве чаще применяют литье в сырые песчано-глинистые формы, изготавливаемые на формовочных машинах и автоматических линиях, а также специальные способы литья. Трудности выбора способа литья связаны также с тем, что большую часть отливок можно изготавливать несколькими способами, которые в равной степени обеспечивают требуемые свойства литой детали. В данном случае решающим фактором, определяющим выбор способа, является его экономичность.

Например, применение специальных способов изготовления отливок: литье в кокиль (ЛК), литье под низким давлением (ЛНД), вакуумным всасыванием (ЛВВ), литье под давлением (ЛД), центробежное литье (ЦЛ), литье по выплавляемым

моделям (ЛВМ), литье в оболочковые (корковые) формы (ЛОФ) и др., оправдано лишь при производстве крупных партий отливок, когда увеличение расходов на литейную оснастку и оборудование перекрывается повышением производительности труда, экономией сплава и затрат на механическую обработку отливок.

Каждый способ литья, как показывает практика, имеет свои оптимальные области применения (табл. 1.15).

Наиболее экономичен способ изготовления отливок в сырых формах.

Таблица 1.15

Применение основных способов литья

Способ литья	Получаемые отливки
В песчаные формы	Любых конфигураций, размеров и массы
В металлические формы (ЛК, ЛНД, ЛВВ)	Простые и средней сложности, мелкие и средние по массе и размерам с повышенной точностью и чистотой поверхности в серийном и массовом производстве
Центробежное	Мелкие и средние в серийном и массовом производстве, чаще всего имеющие форму тел вращения, но могут быть и фасонные отливки, например, из титановых сплавов
В оболочковые (корковые) формы	Мелкие и средние, средней сложности с повышенной точностью и чистотой поверхности в серийном и массовом производстве
По выплавляемым моделям	Мелкие любой сложности, с большой точностью и высокой чистотой поверхности в основном из стали и труднообрабатываемых сплавов при серийном и массовом производстве
Под давлением	Мелкие любой конфигурации, с большой точностью размеров и высокой чистотой поверхности из сплавов цветных металлов при серийном и массовом производстве
Непрерывное	Длинные круглого и прямоугольного сечения в массовом производстве

Следует отметить, что каждый из способов литья имеет свои ограниченные технические возможности (табл. 1.16).

Учитывая большой объем производства отливок, получаемых в песчаных формах, важное значение имеет правильный выбор состава формовочных и стержневых смесей, способа их изготовления.

Таблица 1.6

Допуск массы отливок, %, не более

Номинальная масса отливки, кг	Класс точности массы отливок																					
	1	2	3Г	3	4	5Г	5	6	7Г	7	8	9Г	9	10	11Г	11	12	13Г	13	14	15	16
До 0,1	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	–	–	–	–	–	–	–	–
0,1...0,4	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	–	–	–	–	–	–	–
0,4...1	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	–	–	–	–	–	–
1...4	–	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	–	–	–	–	–
4...10	–	–	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	–	–	–	–
10...40	–	–	–	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	–	–	–
40...100	–	–	–	–	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	–	–
100...400	–	–	–	–	–	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	–
400...1000	–	–	–	–	–	–	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32
1000...4000	–	–	–	–	–	–	–	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24
4000...10 000	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20
10 000...40 000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16
40 000...100 000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12
Св. 100 000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10

Примечание. Допуски массы отливок приведены в процентах от номинальной массы отливок.

Таблица 1.16

Технические возможности способов литья

Способ литья	Максимальная масса, кг	Максимальный размер, мм	Минимальная толщина стенки, мм	Минимальный диаметр отверстия, выполненного стержнем, мм	Литейный уклон, град	Минимальный радиус галтелей, мм	Класс точности размеров	Параметр шероховатости Ra, мкм	Припуск на обработку, мм
В песчаные формы	250000	20000	3	8	0,5...3	5	6...14	10...80	2...14
В кокиль	2000	2000	3	8	0,5...1,2	3	4...12	5...40	1,5...8
Под низким давлением	100	800	2	8	1...2	2	4...12	2,5...20	1,4...4
По выплавляемым моделям	30	1000	1	5	1...2	5	3...8	1,25...10	0,2...0,7
Под давлением*	30	700	0,5	1,5	0,5... 1	0,5	3т...6	0,32...5	0,3...1,5
В оболочковые формы	200	1500	3	6	1...2	5	4..1	2,5...20	2...8
В гипсовые формы*	20	400	0,5	5	1...2	1	4...9	2,5...20	2...5

* Для отливок из цветных сплавов

2. ЭЛЕМЕНТЫ РАЗОВОЙ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

2.1. Устройство песчаной формы

Большинство отливок получают в разовых песчаных формах, изготавливаемых из формовочной смеси, состоящей из наполнителя, связующего материала и специальных добавок. В качестве наполнителя в основном используется кварцевый песок (SiO_2), а в качестве связующего для форм увлажнённая каолиновая или бентонитовая глина. Наполнитель является зерновой основой смеси, связующее обволакивает зерна наполнителя и в местах, где эти зерна касаются друг друга, склеивает (связывает) эти зерна между собой, придавая формовочной смеси определенную прочность. В качестве связующих могут применяться и другие материалы – жидкое стекло, фосфатные соединения, синтетические смолы. Специальные добавки вводятся в формовочные смеси для улучшения их технологических и служебных свойств, например, для улучшения чистоты поверхности чугунных отливок и предотвращения их обезуглероживания добавляются углеродсодержащие материалы (угольная пыль). Песчано-глинистые формы изготавливают, уплотняя формовочную смесь вокруг модели [2].

В качестве примера рассмотрим изготовление разовой формы для отливки тройника (рис. 2.1, а). Чтобы получить ту или иную отливку в разовой форме, прежде всего требуется сделать для нее модельный комплект, который состоит из модели и стержневых ящиков.

Модель имеет конфигурацию, аналогичную отливке, но размеры ее больше на величину усадки металла. В данном случае модельный комплект выполнен из дерева и состоит из модели и одного стержневого ящика. Разъемная модель (рис. 2.1, б) состоит из двух частей 2, которые соединяются друг с другом по плоскости разъема с помощью шипов.

В плоскости разъема на верхней половине модели имеются шипы, а на нижней – соответствующие им гнезда. Контур модели точно воспроизводит наружный контур отливки. Внутренний контур (полость отливки) выполняется стержнем 1, который изготавливают из стержневой смеси, уплотняемой в специальном стержневом ящике (рис. 2.1, в).

Стержневая смесь, как и формовочная, состоит из наполнителя, связующего, добавок. Однако к стержневой смеси предъявляют более высокие требования по прочности, газопроницаемости, негзотворности, так как во время заливки и затвердевания металла стержень со всех сторон, кроме знаков, окружен расплавом, испытывая его механическое и тепловое влияние. Поэтому для стержневых смесей обычно используются более прочные и качественные связующие. В последнее время все большее применение находят химически твердеющие смеси. После уплотнения стержневой смеси и ее отверждения ящик разбирают, извлекают стержень, проверяют его на отсутствие дефектов и затем устанавливают в форму. В стержне можно выделить две различные по назначению части: тело стержня и его знаки. Тело стержня оформляет внутрен-

ние полости в отливке, знаки служат для точной и надежной фиксации стержня в форме. Части модели, с помощью которых в форме получают отпечатки стержневых знаков, называют знаковыми.

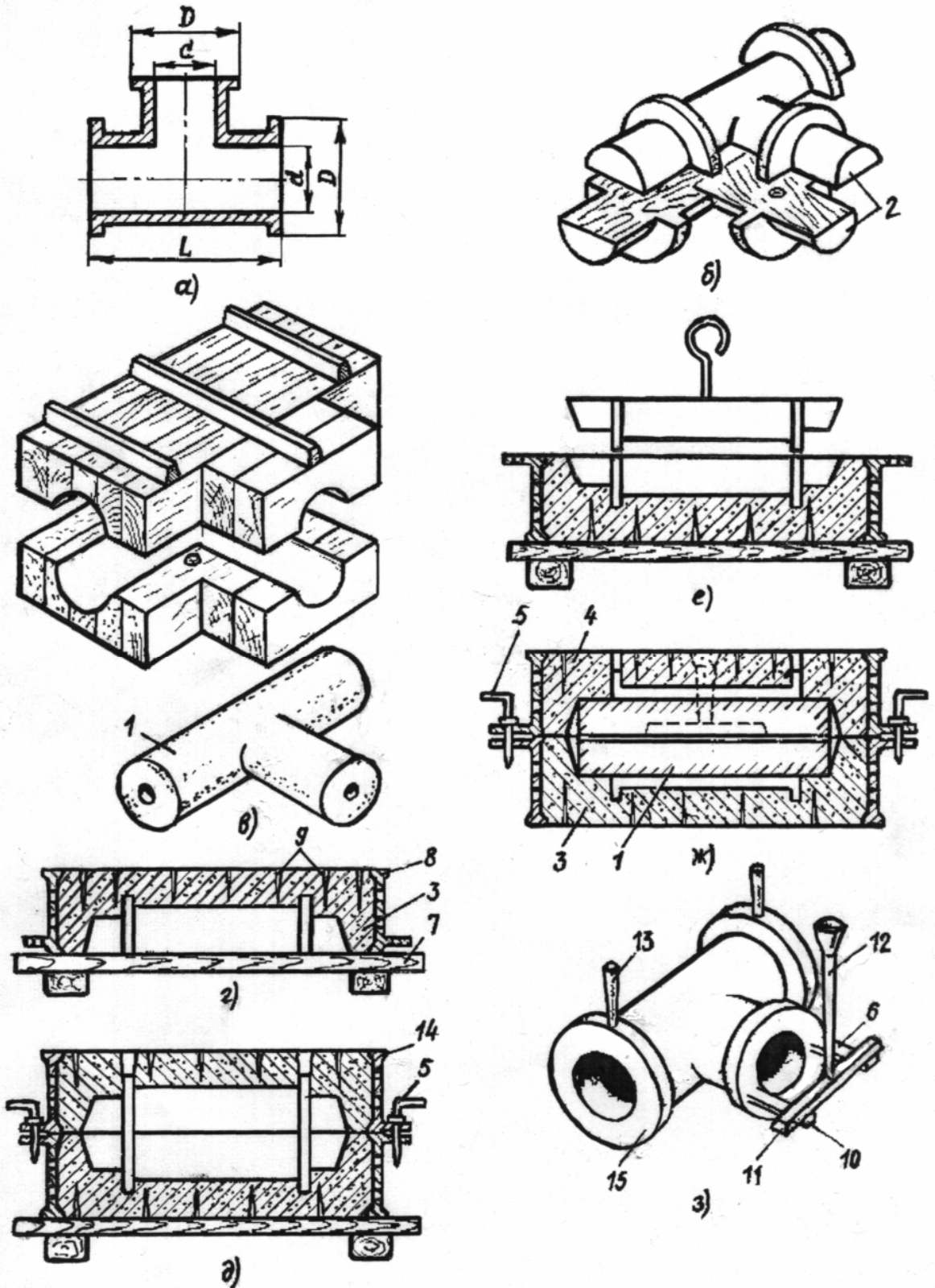


Рис. 2.1. Изготовление разовой формы для отливки «тройник»

Для изготовления формы нижнюю половину модели и модели питателей 10 (рис. 2.1, з), предназначенных для подачи металла в полость формы, устанавливают на модельную плиту 7, затем ставят опоку 8 (рис. 2.1, г). Чтобы формовочная смесь не прилипала к поверхностям модели и плиты, их посыпают сухим разделительным составом, например, графитом или смазывают жидким разделительным составом (смесью графита с керосином). В опоку сначала насыпают облицовочную формовочную смесь слоем 20...25 мм, затем – наполнительную формовочную смесь. Облицовочная смесь готовится из свежих качественных формовочных материалов, наполнительная – из бывшей в употреблении смеси. В условиях массового производства, когда трудно автоматизировать раздельную подачу двух смесей, применяют единую формовочную смесь, которую готовят из подготовленной (регенерированной) оборотной смеси с добавками свежих материалов. В опоке формовочную смесь уплотняют, после чего иглой делают каналы (наколы) 9 для выхода газов из формы во время заливки расплава. Затем нижнюю полуформу 3 переворачивают на 180° и на нее устанавливают верхнюю половину модели и модели литниковой системы (рис. 2.1, д): шлакоуловителя 11, стояка 12, выпоров 13 (см. рис. 2.1, з). Поверхность разъема и модели присыпают разделительным составом, ставят верхнюю опоку 14 по центрирующим штырям 5 (рис. 2.1, д). В опоку засыпают формовочную смесь, уплотняют, излишек смеси счищают и извлекают модели стояка и выпоров. Затем разнимают опоки и вынимают модели из полуформ (рис. 2.1, е). Рабочие полости полуформ продувают, чтобы удалить случайно попавшие частицы смеси. В нижнюю полуформу устанавливают стержень 1 (рис. 2.1, ж) так, чтобы его знаковые части вошли в соответствующие отпечатки знаковых частей модели в форме. Правильность установки стержня контролируют шаблонами. Затем верхнюю полу форму 4 ставят на нижнюю и скрепляют их скобами или на верхнюю полуформу накладывают груз. Это необходимо для того, чтобы расплав не приподнимал верхнюю полуформу и не вытекал по разъему формы.

Форму заливают расплавом через каналы литниковой системы. После заливки формы расплав охлаждается и затвердевает – получается отливка 15 (см. рис. 2.1, з), которую извлекают из формы, очищают от пригоревшей формовочной смеси, отделяют литниковую систему и выбивают стержни. Затем отливку обрубают и подвергают контролю: проверяют геометрические размеры, качество поверхности, плотность, герметичность (если требуется по техническим условиям), выявляют внутренние дефекты и т. п. После этого отливки поступают на механическую обработку.

2.2. Графическое выполнение элементов литейных форм и отливок

Графическое изображение элементов литейных форм выполняется в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и ГОСТ 3.1125-88.

Условные обозначения элементов литейных форм и отливок наносятся на чертеж детали и приведены на рис. 2.2 и в табл. 2.1.

Условные обозначения элементов литейных форм и отливок

№ п/п	Наименование элемента	Обозначение и номера позиции на рисунке
1	2	3
1	Положение отливки в форме	Сплошная основная линия, ограниченная стрелками и перпендикулярная к линии разъема; у стрелок ставят буквы В (верх) и Н (низ) (поз. 1)
2	Разъем модели и формы	Ломаная штрихпунктирная линия, заканчивающаяся знаком $\times \rightarrow \times$, над которой указывают буквенное обозначение разъема – МФ (при применение неразъемной модели обозначается только разъем формы – Ф) (поз. 2)
3	Припуски на механическую обработку	Сплошная тонкая линия (допускается выполнять красным цветом); величину припуска определяют согласно ГОСТу 26645-85 и указывают цифрой перед знаком шероховатости поверхности детали (поз. 3) или величиной уклона и линейными размерами (поз. 4); допускается при несложных отливках припуски не изображать, а указывать только величину припуска цифрой
4	Технологический припуск	Указывают цифрой со знаком (+) или (–) и буквой Т, проставляют на продолжении размерной линии или на полке
5.	Припуски на усадку	Указание на поле чертежа детали «Литейная усадка ...%», величина усадки зависит от типа сплава (поз. 5)
6	Формовочные уклоны	Показываются сплошной тонкой линией (допускается выполнение красным цветом)
7	Отверстия, впадины и т.п., не выполняемые в отливке	Зачеркивают сплошной тонкой линией (допускается выполнять красным цветом) (поз. 6)
8	Стержни	Изображают сплошной тонкой линией (допускается выполнять синим цветом) (поз. 7); 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 (если имеется несколько стержней); указывают размеры и уклоны знаков, зазоры между знаками формы и стержнями; места соединения стержней обозначают двойной тонкой линией или одной основной

№ п/п	Наименование элемента	Обозначение и номера позиции на рисунке
1	2	3
9	Направление и месторасположение газоотводных каналов в стержне	Указывают стрелкой и буквами ВГ (вывод газов): 
10	Направление набивки стержней в ящике	Обозначают тонкой линией с равносторонним треугольником на конце: 
11	Плоскости разъемов стержневых ящиков	Указывают специальным знаком: 
12	Отъемная часть модели	Линию соприкосновения отъемной части с моделью показывают сплошной основной линией, отъемную часть обозначают буквами ОЧМ и порядковым номером (если ОЧМ больше одной)
13	Холодильники	Изображают сплошными тонкими линиями (допускается выполнять зеленым цветом) (поз. 8); обозначают словом «Хол.» указывают порядковый номер и количество проставляют на полке линии выноски
14	Прибыли	Изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией (допускается выполнять красным цветом) (поз. 9); обозначают порядковым номером на полке линии-выноски, перед которым ставят слово «Прибыль»: одинаковым прибылям присваивают одинаковые номера и указывают их количество
15	Литниковая система	Изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией (допускается выполнять красным цветом) (поз. 10)
16	Сечения элементов литниковой системы	Изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией (допускается выполнять красным цветом) (стояк – поз. 11, шлакоуловитель – поз. 12, питатель – поз. 13); указывают размеры, количество и площадь сечений
17	Усадочные ребра, стяжки, пробы и технологические приливы	Изображают в масштабе изображения детали сплошной тонкой линией (допускается выполнять красным цветом)
18	Жеребейки	Изображают сплошной линией

№ п/п	Наименование элемента	Обозначение и номера позиции на рисунке
1	2	3
19	Чертеж отливки	Чертеж отливки 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
20	Чертеж (эскиз) собранной литейной формы	См. рис. 2.1

Примечание. На чертеже элементов литейных форм и отливок необходимо проставить размеры прибылей и элементов литниковой системы, полностью определяющие их конструкцию, а также привязку к отливке.

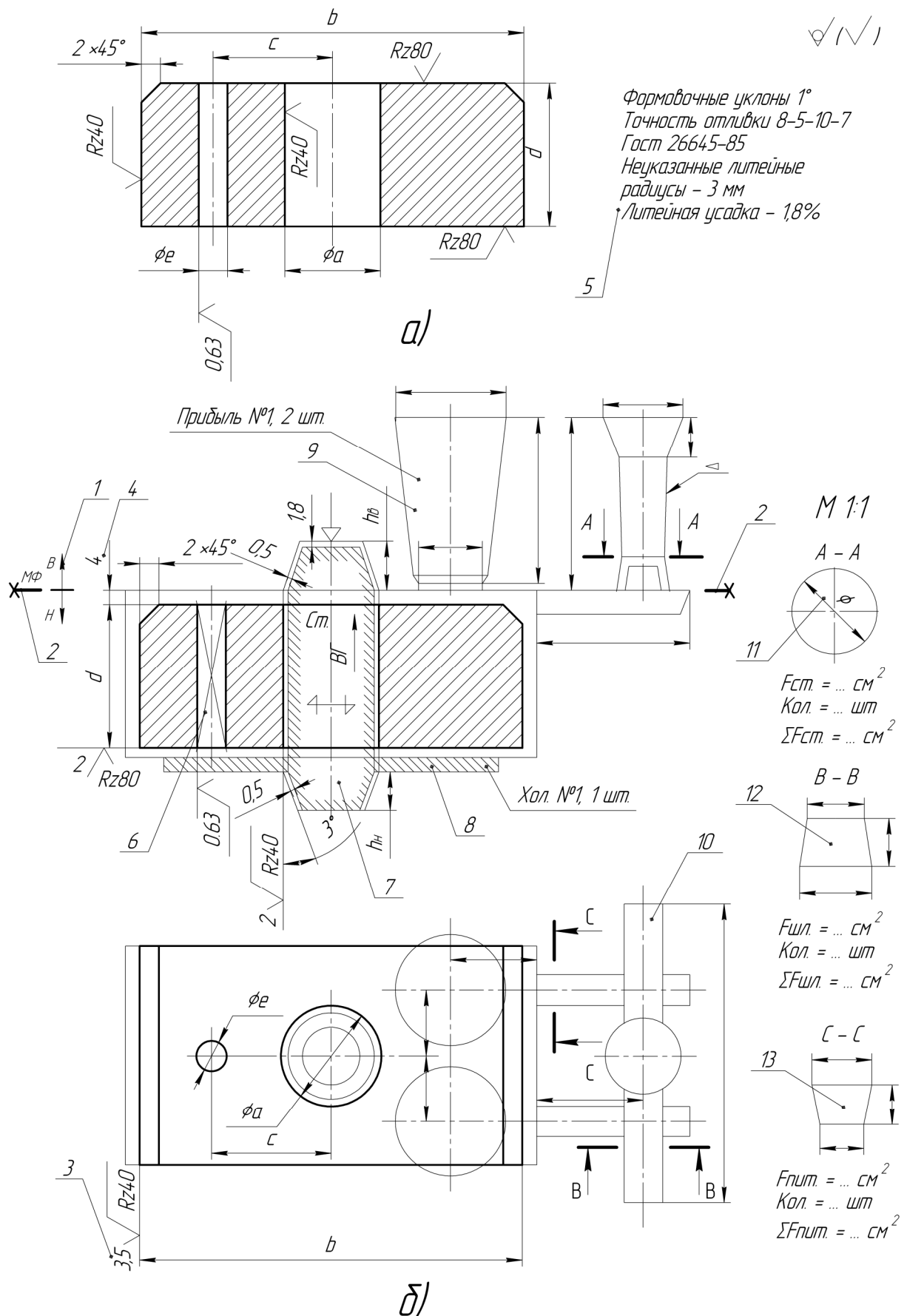


Рис. 2.2. Графическое выполнение элементов литейных форм и отливок:
а) чертеж детали; б) чертеж элементов литейной формы

3. ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

Конструкция литой детали должна обеспечить высокий уровень ее служебных характеристик (прочность, герметичность, коррозионную стойкость и т. д.) при заданной массе и точности конфигурации, а также учитывать процесс получения, т. е. быть технологичной, удобной для изготовления и обработки.

3.1. Разработка рациональной конструкции литых деталей

Главная особенность литейной технологии состоит в том, что для получения детали расплавленный металл заливается в форму и при охлаждении затвердевает, т.е. в нем происходят фазовые превращения, сопровождающиеся уменьшением объема и образованием усадочных дефектов - раковин, пористости, трещин, напряжений, которых не должно быть в отливке. Расплав, залитый в литейную форму, взаимодействует с ней, в результате чего в отливке образуются газовые раковины, пригар и другие дефекты. Для получения отливки необходима литейная форма, имеющая, определенные свойства, при этом трудоемкость изготовления ее должна быть минимальной. Следовательно, при конструировании литых деталей необходимо соблюдать принципы, основные из которых приведены ниже.

1. При конструировании отливки необходимо, чтобы изготовление модельного комплекта для нее требовало минимальных затрат труда и материалов. Для этого отливка должна быть компактной, не иметь выступающих частей, представлять собой сочетание простых геометрических тел с преобладанием плоских поверхностей и прямых линий. Это упрощает и удешевляет изготовление модельного комплекта.

Бобышки, приливы, фланцы необходимо выполнять так, чтобы не затруднять извлечения модели из формы. Например, бобышки, показанные на рис. 3.1, а, будут препятствовать извлечению модели из формы. Их придется выполнять отъемными частями или с помощью стержней, более технологична конструкция бобышек, приведенных на рис. 3.1, б.

2. Конструкция отливки должна обеспечивать простоту изготовления и сборки формы: число стержней должно быть минимальным, а их конфигурация простой. Крупногабаритные сложные детали целесообразно разделять на простые части, которые проще отлить и затем соединить сваркой (литосварные конструкции) или болтами.

Например, при формовке отливок, приведенных на рис. 3.2, а, придется выполнять сложный разъем подрезкой, применением фальшивой опоки либо фасонной модельной плиты. Разъем формы упростится, если конструкцию отливок изменить так, как показано на рис. 3.2, б.

3. Полости в отливках должны иметь простую конфигурацию, а также окна размерами, достаточными для вывода знаковой части стержня. Смежные полости

отливки необходимо соединять окнами для обеспечения устойчивого положения стержня в форме, а, следовательно, и точности размеров литой детали (рис. 3.3).

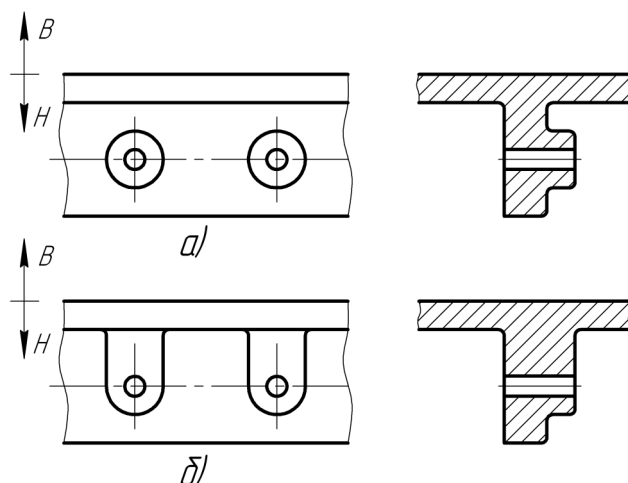


Рис 3.1. Варианты выполнения бобышек на отливках

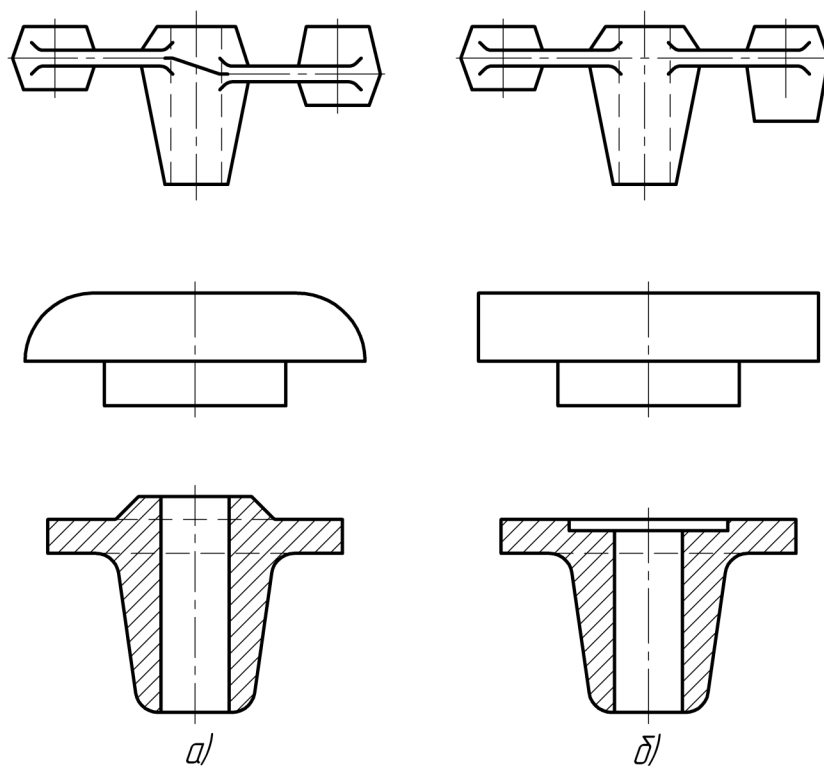


Рис. 3.2. Примеры конструкций отливок (сборные конструкции)

Установка стержней на жеребейки нежелательна, так как они не всегда хорошо свариваются с металлом отливки, и могут быть причиной несплошностей, газовых раковин и других дефектов литой детали.

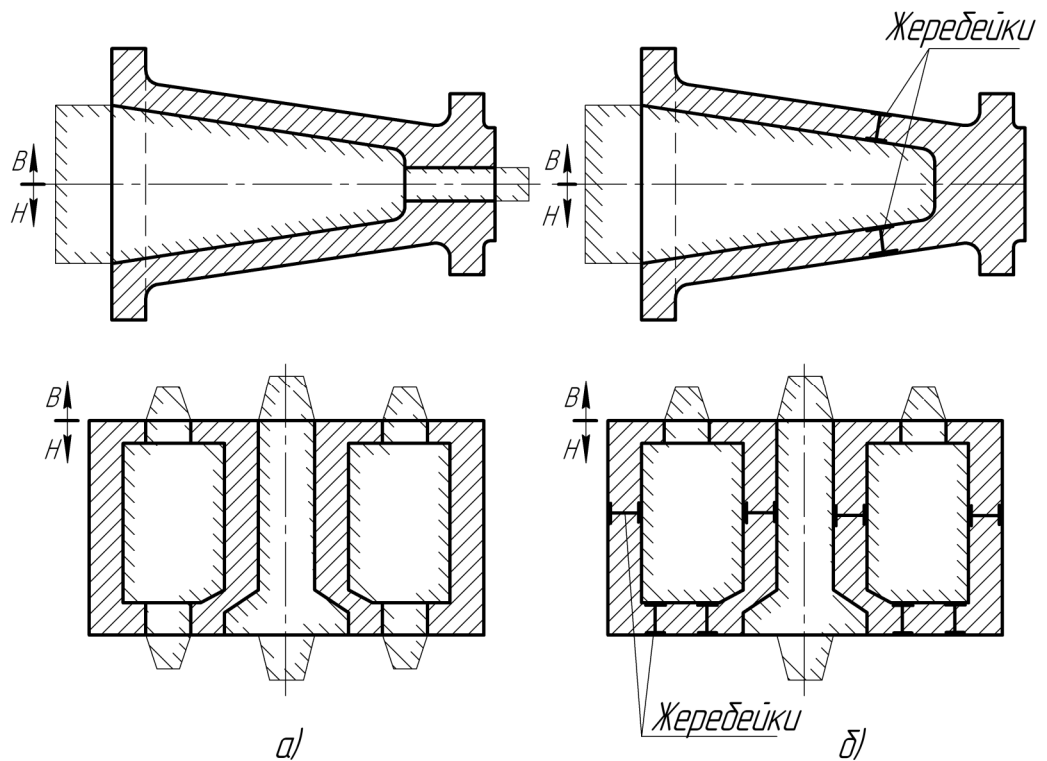


Рис. 3.3. Положение стержней в отливках

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

Отливка не должна иметь острых углов и резких переходов от толстых стенок к тонким. Сопряжения стенок различной толщины должны выполняться плавными переходами, так называемыми галтелями (рис. 3.4).

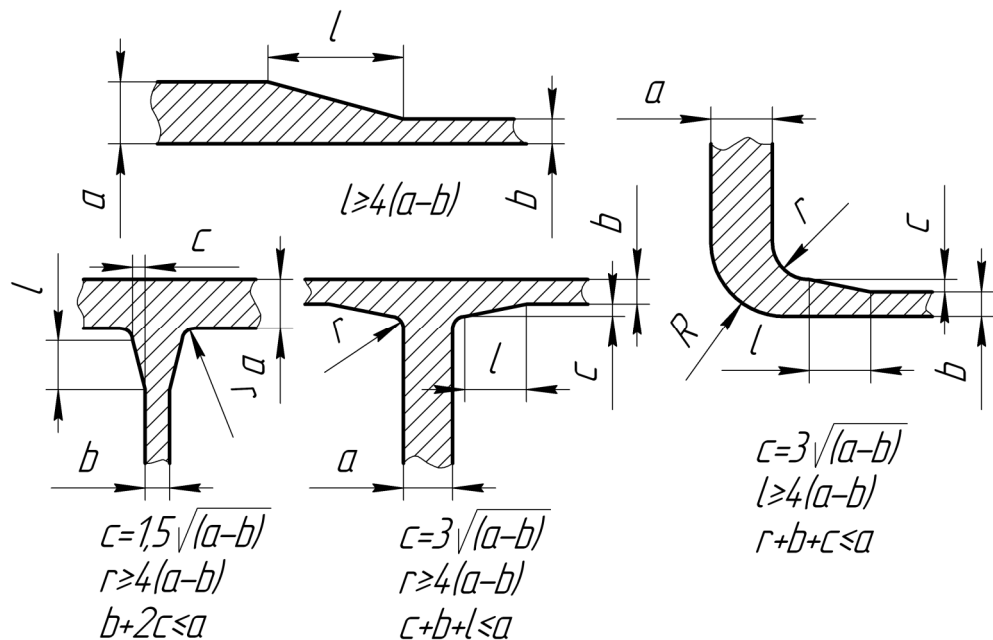


Рис. 3.4. Примеры сопряжения стенок разной толщины

При пересечении большого числа ребер толщиной δ создается возможность скопления d металла. Для устранения этого рекомендуется располагать ребра на отливках, как изображено на рис. 3.5, соответственно уменьшается вероятность образования усадочных дефектов в этих узлах, так как $d_3 < d_2 < d_1$. Масса отливки должна быть минимальной, чтобы обеспечить наибольшую экономию металла. Это следует соблюдать всегда, кроме особых случаев, когда масса должна быть строго определенной.

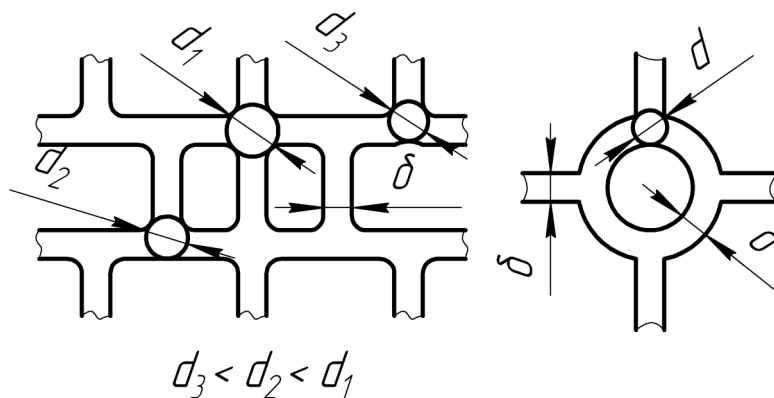


Рис. 3.5. Расположение ребер на отливках

5. При конструировании литых деталей необходимо учитывать литейные свойства сплава.

Серые чугуны имеют хорошие литейные свойства. Структура серого чугуна более чем других сплавов зависит от скорости охлаждения. В зависимости от структуры чугуна изменяются его механические свойства, износостойкость, коррозионная стойкость и другие служебные характеристики, а также обрабатываемость. Однако в тонких стенках отливок при быстром охлаждении практически весь углерод может находиться в связанном состоянии, образуя Fe_3C – цементит – структурную составляющую с высокой твердостью, которая не поддается обработке резанием. Это явление называют отбелом. В той же отливке, в стенках большой толщины затвердевание происходит медленно, образуется структура с низкой твердостью. Следовательно, соблюдение в отливке равномерной толщины стенки для чугунных отливок особенно важно. Высокопрочные чугуны имеют достаточную жидкотекучесть, однако повышенную склонность к образованию усадочных дефектов, что необходимо учитывать при конструировании отливок.

Сталь обладает невысокой жидкотекучестью, что затрудняет получение тонкостенных отливок большой протяженности. Сталь имеет повышенную усадку, поэтому в утолщениях отливок, в местах сопряжения стенок, бобышках могут образовываться раковины, пористость, рыхлота. Для предупреждения образования таких дефектов на отливках из стали устанавливают прибыли. В местах сопряжения стенок различной толщины часто делают специальные ложные ребра. Эти ребра способствуют ускорению отвода теплоты от массивной стенки; затвердевание ее происходит быстрее, прочность твердой корки возрастает, что

способствует предотвращению образования трещин в отливках, при обрубке отливки ложные ребра удаляют.

Алюминиевые сплавы обладают хорошей жидкотекучестью, однако они склонны к образованию газовой и усадочной пористости, особенно в массивных узлах. По этой причине отливки из алюминиевых сплавов целесообразно выполнять тонкостенными, со стенками одинаковой толщины.

Магниевые сплавы имеют более низкие литейные свойства, чем алюминиевые; они склонны к образованию пористости, поэтому в толстых сечениях механические свойства металла ниже, чем в тонких.

Оловянные бронзы имеют хорошую жидкотекучесть, однако из-за большого интервала затвердевания склонны к образованию рассеянной усадочной пористости, снижающей пластичность и герметичность отливок. С уменьшением толщины стенки увеличивается скорость затвердевания отливок из оловянных бронз, что благоприятно влияет на их свойства.

Безоловянные бронзы имеют повышенную усадку, поэтому отливки конструируют с учетом установки прибылей.

6. Конструкция отливки должна обеспечить удобство ее очистки и обрубки после выбивки: внешние контуры ее не должны иметь глухих глубоких карманов, поднутрений; внутренние полости должны иметь окна достаточных размеров, облегчающие очистку.

7. Расположение базовых поверхностей отливки должно обеспечивать точность и удобство обработки в металлорежущих станках. Базой называется конструктивный элемент детали или заготовки, относительно которого ведется отсчет размеров. Это могут быть поверхности, их оси или плоскости симметрии. Базы бывают конструкторские и технологические. Конструкторская база – база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы изделия. Технологическая база – база, используемая для определения положения заготовки (отливки) или изделия при изготовлении или работе. Литейные базы относят к технологическим. Литейными базами служат необрабатываемые поверхности или их оси (черновые базы). От этих плоскостей проставляют размеры до всех базовых обрабатываемых (чистовых баз) поверхностей.

В деталях простой конфигурации базами могут быть различные опорные поверхности и плоскости разъема (исключая плоскости разъема форм) в более сложных, корпусных деталях, литейными базами могут служить оси цилиндрических поверхностей.

Правильный выбор литейной базы во многом упрощает технологический процесс изготовления модели и отливки, а также последующие операции механической обработки отливки.

При выборе литейных баз исходят из следующих рекомендаций:

– размеры литейной базовой поверхности должны быть возможно меньшими, тогда коробление ее будет минимальным, следовательно, допуск на базовый размер будет меньше;

– точность сборки литейной формы не должна влиять на точность положения литейной базы;

- литейные базовые поверхности должны образовываться одной половиной литейной формы, чтобы исключить влияние перекоса половин;
- для каждой из трех осей координат назначают только одну литейную базовую поверхность;


Вводить две литейные базы и более не рекомендуется (кроме особых случаев).

Для выполнения всех операций изготовления детали (до сборки изделия) стремятся пользоваться одной и той же базой; этим достигают наибольшую точность изготовления изделия.

При невозможности назначения общей базы для литья и механической обработки, для последней назначают свою базу. При этом литую базу связывают по каждой оси координат с базой механической обработки; расстояние между этими базами должно быть минимальным.

При назначении литейных баз и баз механической обработки стремятся к тому, чтобы эти базы находились в одной плоскости и были сторонами одной стенки. Если в конфигурации детали отсутствуют плоскости, удовлетворяющие этим условиям выбора баз, следует делать специальные технологические приливы, поверхности которых принимают за базы. Если такая база не может обеспечить операции механической обработки, то выбирают новую базу.

Новая база по своим размерам должна быть такой, чтобы можно было получить надежное, прочное крепление детали на станке. Базирующие поверхности должны быть прочными и не должны деформироваться от воспринимаемых ими усилий, возникающих при резании металла.

На чертеже базы механической обработки обозначаются знаком  с проставленным на нем обозначением базы.

3.2. Анализ технологичности литой детали

После разработки чертежа литой детали конструктором производится выбор способа литья и анализ технологичности. Под технологичностью литой детали следует понимать возможность ее изготовления в соответствии с техническими требованиями (классом размерной, массовой точности, качеством поверхности, герметичностью и др.) при минимальных затратах материальных и трудовых ресурсов. Принципиально технологичность литой детали закладывается на стадии конструирования, технолог-литейщик лишь проверяет правильность конструктивных решений и при необходимости вносит определенные корректировки по согласованию с конструктором. Производится анализ габаритов отливки, толщин и сочленений стенок на предмет проливаемости и возможности образования напряжений, трещин, усадочных дефектов, изучаются конфигурации внутренних полостей и отверстий, базы механической обработки, обрабатываемые поверхности, проверяется технологичность формовки по наличию или отсутствию выступающих частей отливки и поднутрений, препятствующих свободному извлечению модели из формы и т.д.

В технических условиях изучаются особенности эксплуатации детали, марка сплава, классы точности и шероховатости, особые требования, предъявляемые к детали (плотность, герметичность, износостойкость и т.п.), а также перечень дефектов, допускаемых на деталях по условиям их работы.

4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

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

4.1. Выбор оптимального положения отливки в форме и определение поверхности разъема

Положение отливки в форме при заливке и затвердевании определяет весь технологический процесс отливки. При этом необходимо обеспечить соблюдение ряда условий, позволяющих получать качественную отливку при минимальных расходах на ее изготовление [3]. Так как одновременное соблюдение всех условий может оказаться невозможным, то ниже они приведены в порядке убывания приоритета:

1) выбранное положение отливки в форме должно обеспечивать направленное затвердевание и питание всех нижележащих элементов отливки через вышележащие из прибылей. Для этого необходимо разместить наиболее массивные узлы отливки в верхних или боковых частях формы. При этом на указанных узлах должны быть в наличии площадки или поверхности для размещения верхних или боковых прибылей. На рис. 4.1, а – 4.3, а изображены схемы рационального положения отливок в форме. На рис. 4.1, б – 4.3, б показаны схемы неправильного расположения отливок в форме. Принцип направленного затвердевания при этом не соблюдается. Прибыли, установленные сверху, не обеспечат питания изолированных узлов в нижних фланцах (см. рис. 4.1, б и 4.2, б). Боковые прибыли, установленные по разъему формы, не смогут пропитать нижнюю толстую стенку отливки (см. рис. 4.3, б);

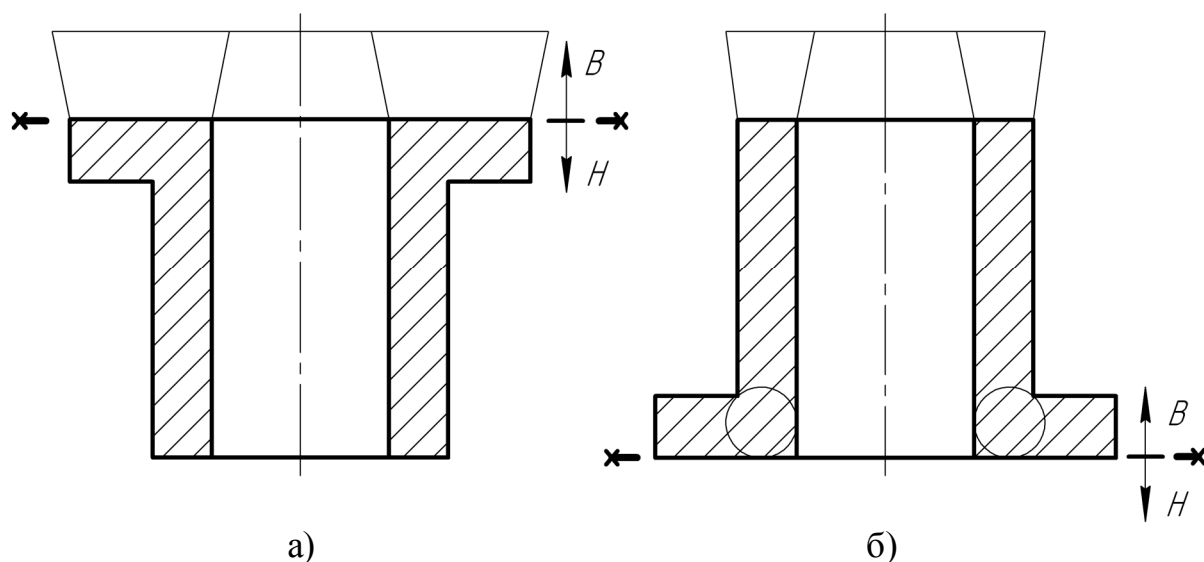


Рис. 4.1. Выбор положения в форме отливки «Корпус люка»: а – правильный; б – неправильный

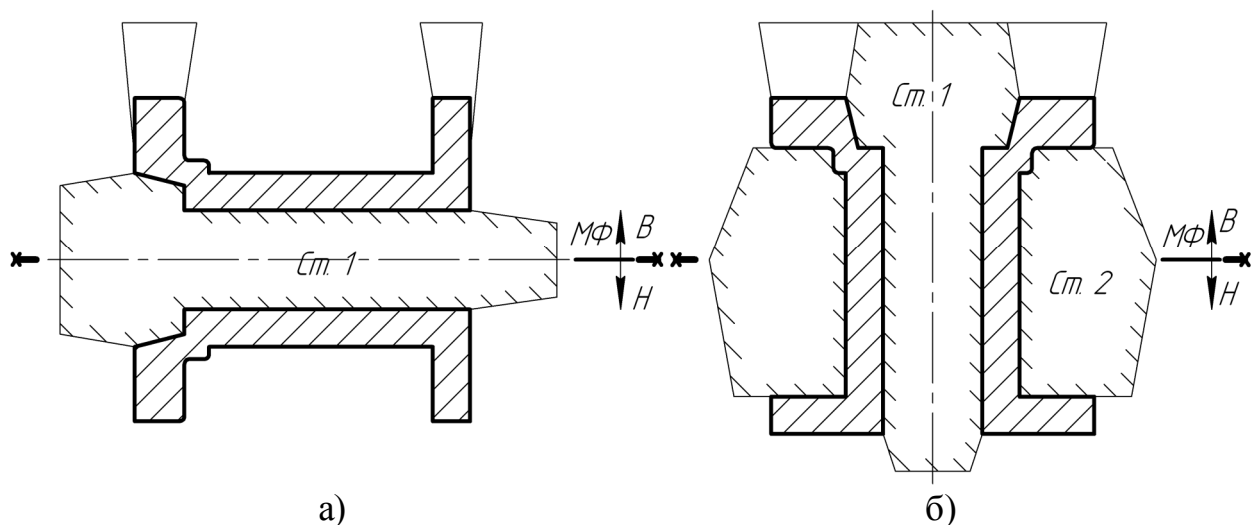


Рис. 4.2. Выбор положения в форме отливки «Колонка» во время заливки:
а – правильный; б – неправильный

2) выбранное положение отливки в форме должно обеспечить наиболее простое оформление литниковой системы. Система должна подводить сплав к полости формы по кратчайшему пути, при этом нежелательно применение стержней, а также необходимо, чтобы сплав поступал в форму спокойно, не фонтанировал и не размывал стержни и выступающие части полости формы.

С точки зрения конструирования литниковых систем и выбора мест их подвода к отливке длинные (высокие) отливки лучше располагать в форме горизонтально. Это уменьшит скорость движения сплава в литниковой системе и обеспечит плавное заполнение формы. С точки зрения простоты оформления литниковых систем при формовке выбранное положение отливки в форме должно обеспечивать размещение литникового хода (шлакоуловителя) и питателей в плоскости разреза формы;

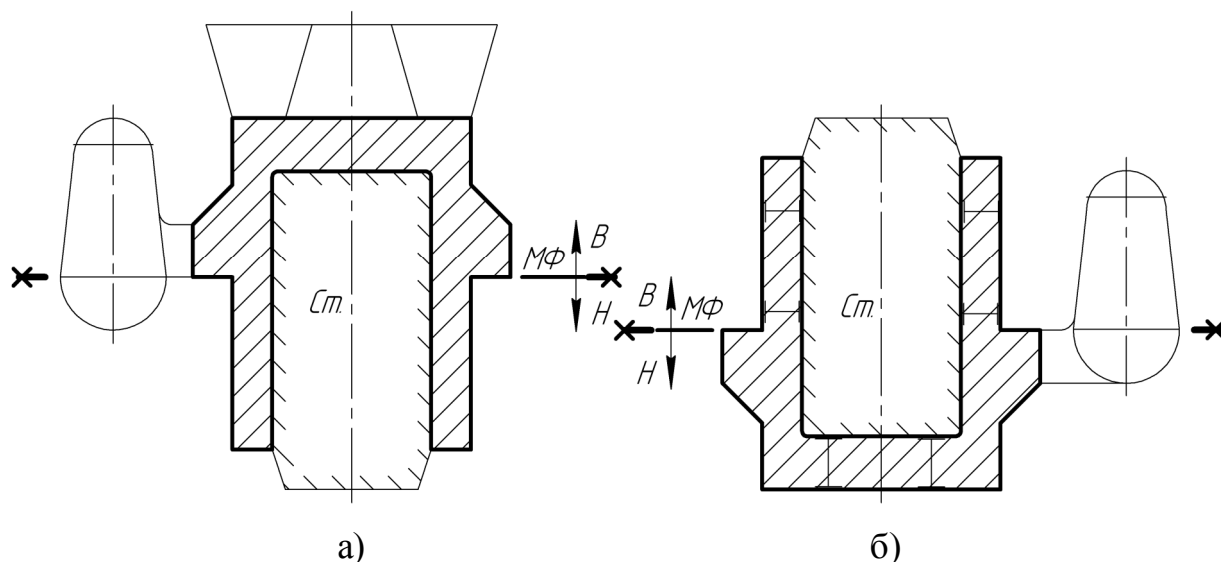


Рис. 4.3. Выбор положения в форме отливки «Колпак» во время заливки:
а – правильный; б – неправильный

3) для устранения образования газовых раковин положение отливки в форме должно обеспечить преимущественный верхний отвод газов из стержней (через верхние знаковые части). С этой точки зрения показанное на рис. 4.3, а положение отливки в форме нерационально, так как в верхней части отливки нет выхода газам из стержня (знаковая часть стержня отсутствует). Для устранения этого недостатка следует либо изменить конструкцию отливки, предусмотрев в ее верхней части отверстие для выхода знаковой части стержня, либо наметить специальные меры по вентиляции стержня. Вариант, показанный на рис. 4.3, б, лишен этого недостатка, но он неприемлем, так как не обеспечивает питания отливки;

4) выбранное положение отливки в форме должно обеспечить получение формы с минимальным количеством стержней. Сравнение вариантов, показанных на рис. 4.2, а и б, свидетельствует, что вариант на рис. 4.2, а рациональнее не только с точки зрения обеспечения направленности затвердевания отливки, но и с точки зрения меньшей трудоемкости изготовления формы. Изготовление формы по варианту, данному на рис. 4.2, б, связано либо с применением двух плоскостей разъема и применения трех опок, либо двух стержней вместо одного по варианту, показанному на рис. 4.2, а;

5) ответственные и подвергаемые обработке поверхности, особенно поверхности трения, располагают внизу или, в крайнем случае, вертикально, или наклонно. Это уменьшает число пороков по неметаллическим включениям и газовым раковинам (рис. 4.4);

6) для предотвращения недоливов и спаев при подводе металла по разъему формы тонкие стенки отливки лучше располагать внизу, вертикально или наклонно (рис. 4.5);

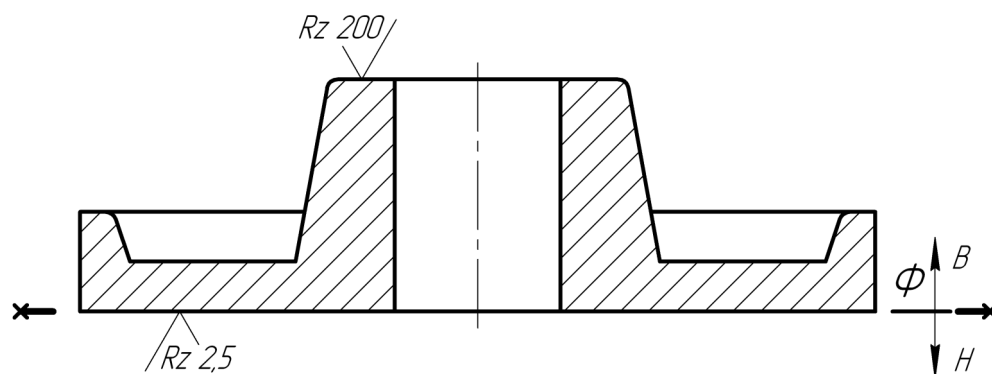


Рис. 4.4. Положение ответственных обрабатываемых поверхностей отливки в форме

7) формы для отливок, имеющих конфигурацию тел вращения с обрабатываемыми наружными и внутренними поверхностями, лучше заливать в вертикальном положении;

8) большие плоские поверхности не следует располагать сверху, а если это неизбежно, рекомендуется делить их ребрами на меньшие участки. Это уменьшает возможность образования ужимин и разрушения верхней поверхности формы лучистой теплотой сплава, заполняющего форму;

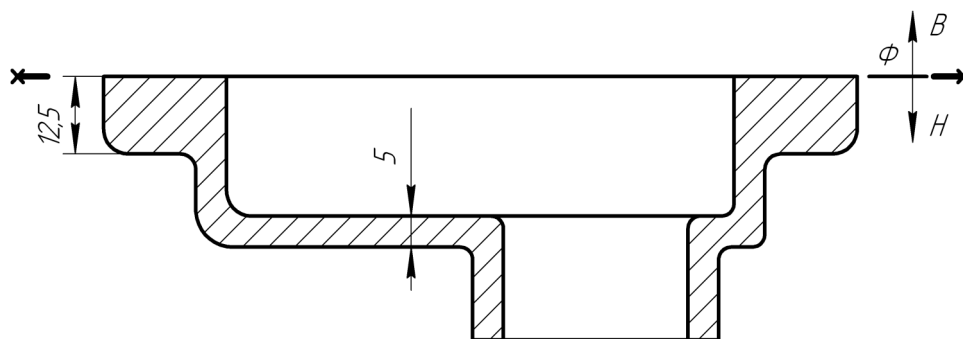


Рис. 4.5. Расположение тонких стенок отливки в форме

9) для отливок, имеющих полости, оформляемые стержнями, необходимо обеспечение надежной установки и фиксация стержней на знаках в нижней полуформе. Крепление стержней в верхней полуформе трудоемко и менее надежно. Целесообразно исключить применение жеребеек. Положение в форме отливки «Колпак», показанное на рис. 4.3, б, нерационально, исходя из данных соображений;

Вариант выбора положения отливки в форме должен быть согласован с условиями выбора поверхности разъема формы. При разработке технологического процесса изготовления отливки технолог сталкивается с необходимостью рассмотреть несколько альтернативных вариантов положения отливки в форме при заливке. Оптимальным является то положение, которое обеспечивает получение качественной, отвечающей техническим требованиям отливки и удовлетворяет наибольшему числу рассмотренных выше условий.

Иногда для улучшения условий заполнения формы и создания лучшей направленности затвердевания стенок отливки после заливки изменяют положение формы в пространстве (метод частичного и полного поворота). Иногда положение отливки при заливке и полости формы после сборки формы не совпадают. В этом случае протяженные отливки (например, столы металлорежущих станков) формуют горизонтально, а собранные формы под заливку ставят вертикально.

Разъем формы необходим для извлечения модели, сборки формы (установки стержней, холодильников и т.п.) и удаления полученной отливки.

От выбранного разъема зависит трудоемкость изготовления модельной оснастки и литейной формы, трудоемкость обрубных операций, точность размеров и себестоимость отливки. Количество и конфигурация поверхностей разъема формы определяется конструкцией отливки, требованиями, предъявляемыми к ней, и производственными возможностями.

При выборе поверхностей разъема формы необходимо руководствоваться следующими общими положениями, выработанными многолетней практикой и теорией литейного производства:

- число разъемов формы должно быть минимальным. По возможности целесообразно иметь одну плоскость разъема и изготавливать отливку в двух полуформах. Для обеспечения этого иногда необходимо совместно с конструктором откорректировать конфигурацию отливки;

- при выбранной поверхности разреза модели и формы модель должна свободно извлекаться из формы после формовки. Для определения участков отливки, препятствующих свободному извлечению из формы оформляющей их модели, мысленно проверяют, образуются ли теневые участки при освещении отливки параллельными лучами, перпендикулярными выбранной плоскости разреза модели (рис. 4.6). Затененные участки указывают на элементы в конструкции модели, которые не могут быть извлечены из формы после формовки без ее разрушения. Эти элементы (например, бобышка 1) должны быть оформлены или стержнями (рис. 4.7, а), или с применением отъемных частей 2 модели (рис. 4.7, б), которые при съеме модели остаются в форме и затем извлекаются из нее (рис. 4.7, в);

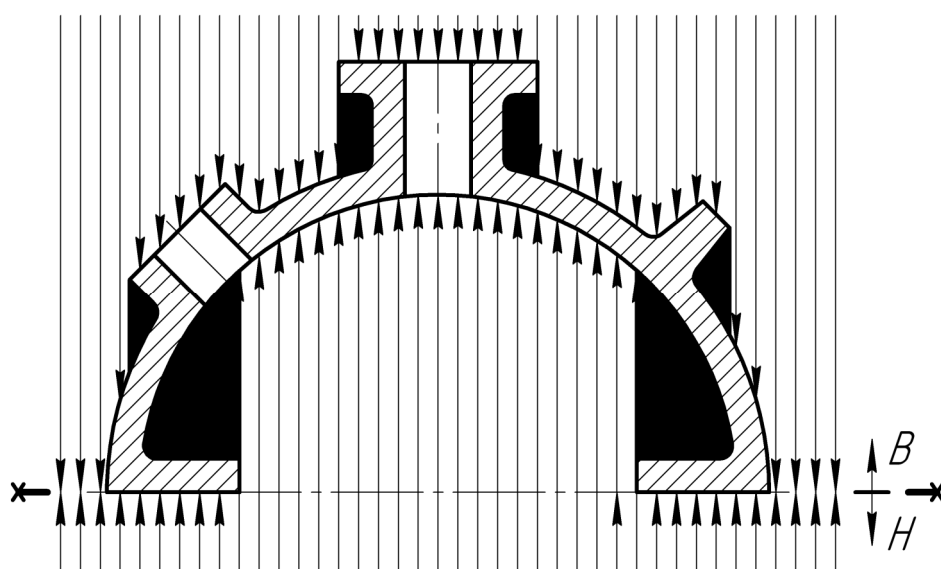


Рис. 4.6. Схема проверки возможности свободного извлечения модели из формы и стержня из стержневого ящика

- в целях повышения точности отливки следует располагать ее в одной (лучше нижней) полуформе. Базовые поверхности должны располагаться в одной полуформе с обрабатываемыми и ответственными соосными поверхностями, а также фланцами и приливами, связанными с базовыми жесткими размерами (рис. 4.8, а). Если такое расположение невозможно, то ответственные поверхности должны занимать в форме строго определенное положение по отношению к базовым поверхностям, что достигается с помощью специальной оснастки и средств контроля. На рис. 4.8, б показано неправильное положение плоскости разреза, так как из-за смещения полуформ затруднено фиксирование наружной поверхности фланца относительно базы; базовые поверхности не должны пересекаться линией разреза формы и стержнями. Литейные швы и заусенцы на базовых поверхностях недопустимы;

- необходимо использовать все возможности сокращения количества стержней путем замены их болванами и такого расположения отливки в форме, при котором возможно объединение нескольких стержней в один, если это не повышает трудоемкости изготовления стержня;

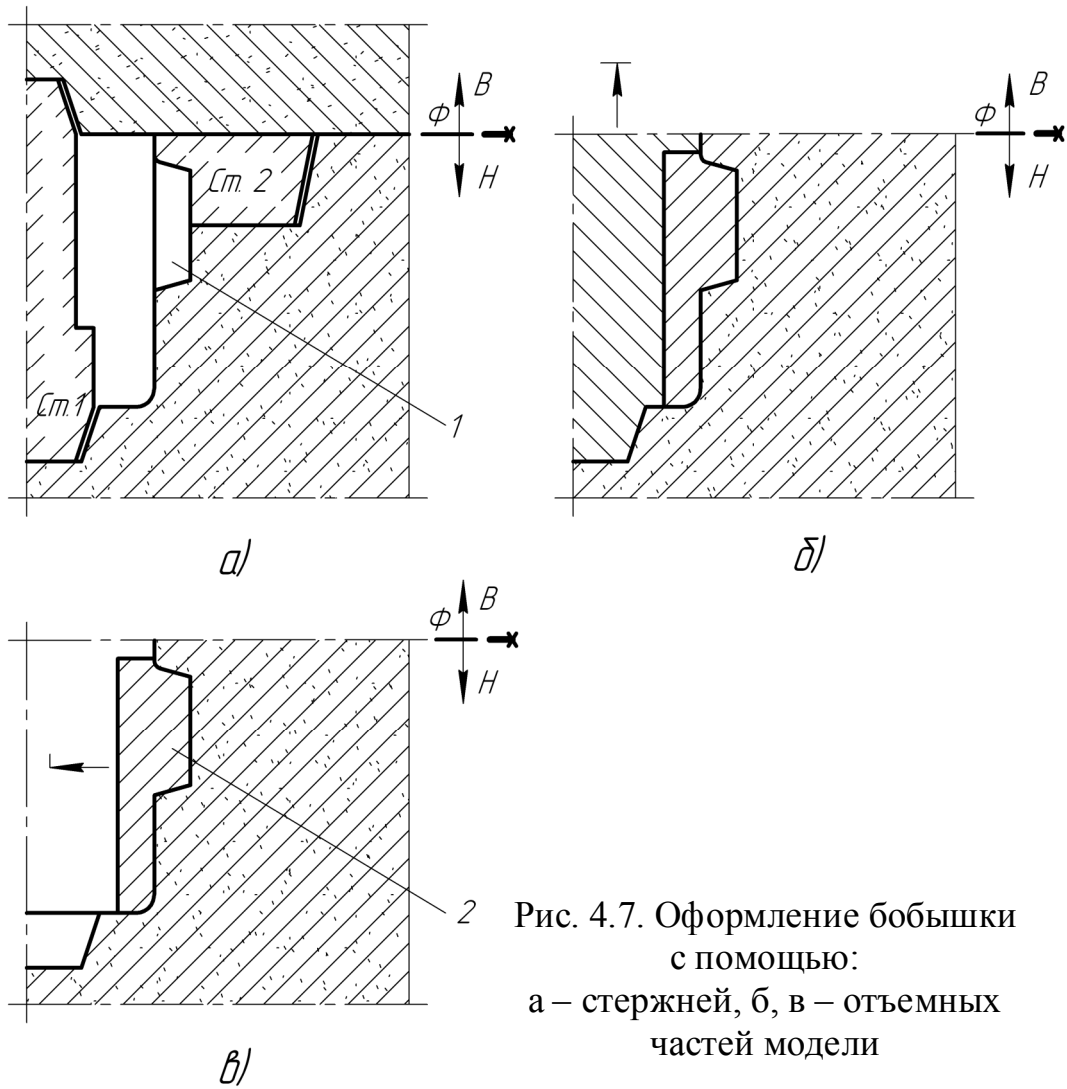


Рис. 4.7. Оформление бобышки с помощью:
а – стержней, б, в – отъемных частей модели

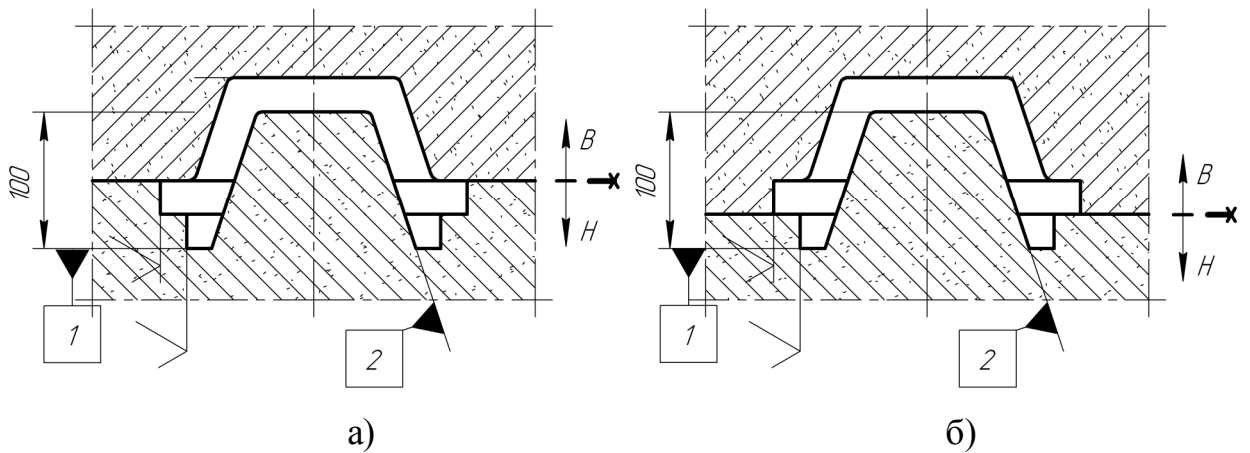


Рис. 4.8. Положение плоскости разреза формы
а – правильное; б – неправильное

- болваны желательно располагать в нижней полужорме, так как при этом уменьшатся усилия, стремящиеся их разрушить при извлечении модели из форм (рис. 4.9);

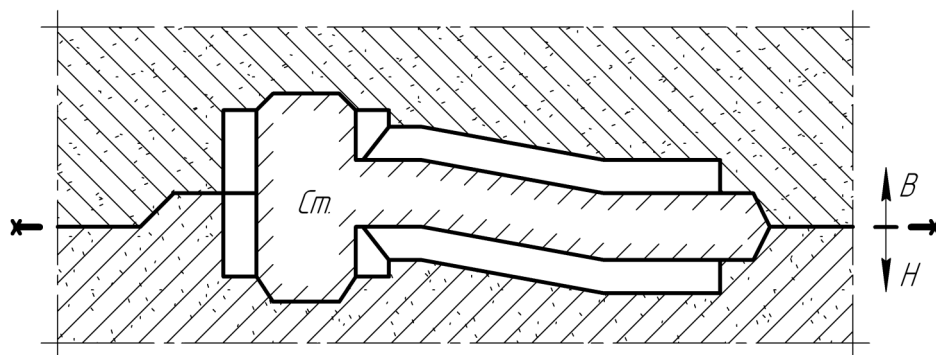


Рис. 4.9. Схема выполнения болвана в нижней полуформе

- поверхность разъема должна быть по возможности плоской. При фасонной поверхности разъема профилю желательно придать простую геометрическую форму. Это упрощает форму модельных плит и их изготовление (рис. 4.10);

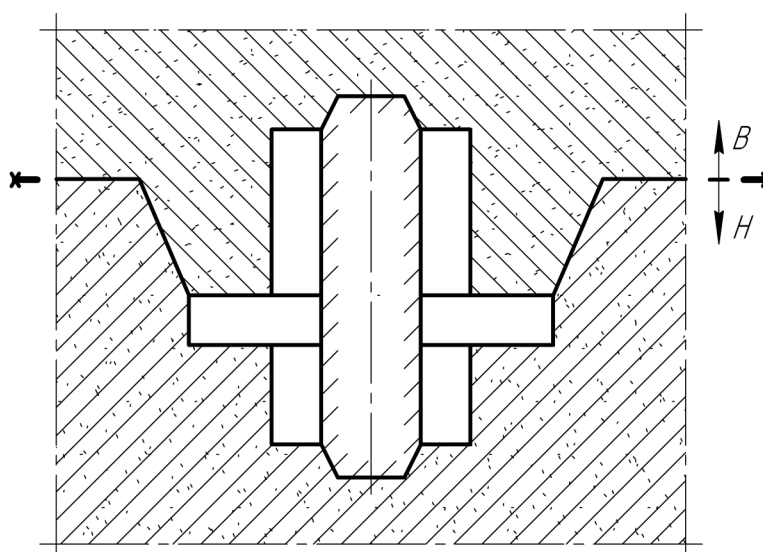


Рис. 4.10. Вид фасонной поверхности разъема формы

- положение отливки в форме и поверхность разъема должны способствовать тому, чтобы общая высота формы была наименьшая, а обе полуформы были примерно одинаковы по высоте;
- фиксирование стержней целесообразно осуществлять в нижней полуформе;
- у тонкостенных отливок и отливок с малыми отверстиями поверхность разъема должна проходить так, чтобы эти элементы находились в одной части формы;
- плоскость разъема должна обеспечивать наименьшее количество заливов и брака по перекосам. Поэтому надо стремиться к минимальной протяженности литейных швов на поверхности отливок.

Выбор поверхности разъема непосредственно связан с принятым положением отливки в форме. Поэтому технолог решает вопросы выбора положения отливки в форме и поверхности ее разъема совместно. При этом осуществляется и ана-

лиз технологичности литой детали, В случае необходимости по согласованию с конструктором вносятся коррективы в конструкцию отливки.

4.2. Назначение припусков на механическую обработку и литейную усадку

Припуски на механическую обработку. Припуск на механическую обработку – это слой металла, который удаляют с поверхности отливки отливки в процессе ее обработки для получения размеров и шероховатости, соответствующих чертежу детали.

Припуски на механическую обработку назначаются по ГОСТу 26645-85, изм. №1 от 01.07.88 дифференцированно на каждую обрабатываемую поверхность отливки.

Величина припуска зависит от размера отливки, способа литья, типа сплава, положения обрабатываемых поверхностей отливки в форме. ГОСТ 26645 предусматривает 18 рядов припусков (РП) на механическую обработку. Для обрабатываемых поверхностей определяют ряд припуска в зависимости от степени точности поверхности по табл. 4.1 (табл. 14 приложения 6 ГОСТ 26645).

Таблица 4.1

Ряды припусков на обработку отливок

Степени точности поверхности отливки	1 – 2	3 – 4	5 – 6	7 – 8	9 – 10	11 – 12	13 – 14	15	16
Ряды припусков	1 – 2	1 – 3	1 – 4	2 – 5	3 – 6	4 – 7	5 – 8	6 – 9	7 – 10

Окончание табл. 4.1

Степени точности поверхности отливки	17	18	19	20	21	22
Ряды припусков	8 – 11	9 – 12	10 – 13	11 – 17	12 – 15	13 – 16

Примечание. 1. Меньшие значения рядов припусков из диапазонов их значений следует принимать 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 стальных и цветных тугоплавких 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.

Минимальный литейный припуск на обработку поверхности отливки (МЛП) назначают в соответствии с табл. 4.2 (табл. 5 ГОСТ 26645) для устранения неровностей и дефектов литой поверхности и уменьшения шероховатости при отсутствии необходимости в повышении точности размеров, формы и расположения обрабатываемой поверхности.

Общий припуск назначают в соответствии с величиной общего допуска, который включает основной (допуск размера), определяемый в зависимости от интервала номинальных размеров и класса размерной точности, и дополнительный до-

пуск формы и расположения в зависимости от степени коробления, а также допуск неровностей в зависимости от степени точности поверхности (см. гл. 1).

Таблица 4.2

Минимальные литейные припуски на обработку поверхности отливки

Ряд припуска отливки	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Минимальный литейный припуск на сторону, мм, не более	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2

Окончание табл. 4.2

Ряд припуска отливки	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Минимальный литейный припуск на сторону, мм, не более	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0

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.

Значения общего припуска для каждого интервала общих допусков, соответствующие черновой, получистовой, чистовой и тонкой обработке в зависимости от ряда припуска представлены в табл. 4.3 (табл. 6 ГОСТ 26645).

Вид обработки можно определить по шероховатости обработанной поверхности, представленной в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Связь вида мехобработки и шероховатости поверхности

Вид обработки	Черновая	Получистовая	Чистовая	Тонкая
Шероховатость поверхности, Ra, мкм	10,00 и грубее	6,30...8,00	1,25...5,00	0,63 и чище

Если допуски формы и расположения поверхности, допуски неровностей поверхностей отливки, погрешности смещения, вызванные перекосом стержня, не нормируются, то общий допуск элемента отливки $\Delta_{\text{общ}} = 1,25\Delta$, где Δ – допуск размера, определяемый по табл. 1.5. 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 (BP). BP2 – размеры, пересекающие плоскость разъема модели и формы и выходящие на плоскость разъема (определяется по табл. 1.5); BP1 – размеры, образованные одной полуформой или стержнем, их точность на 1 – 2 класса выше размеров BP2;

ВРЗ – размеры, образованные тремя и более частями формы, несколькими стержнями или подвижными частями формы, их точность на 1 – 2 класса грубее размеров ВР2.

Для учебных целей при литье в разовые песчаные формы можно пользоваться номограммой Е.И. Серякова и Г.И. Филиппова (рис. 4.11), составленной для чистовой обработки [4]. Припуски для недостающих рядов припусков определяются экстраполяцией.

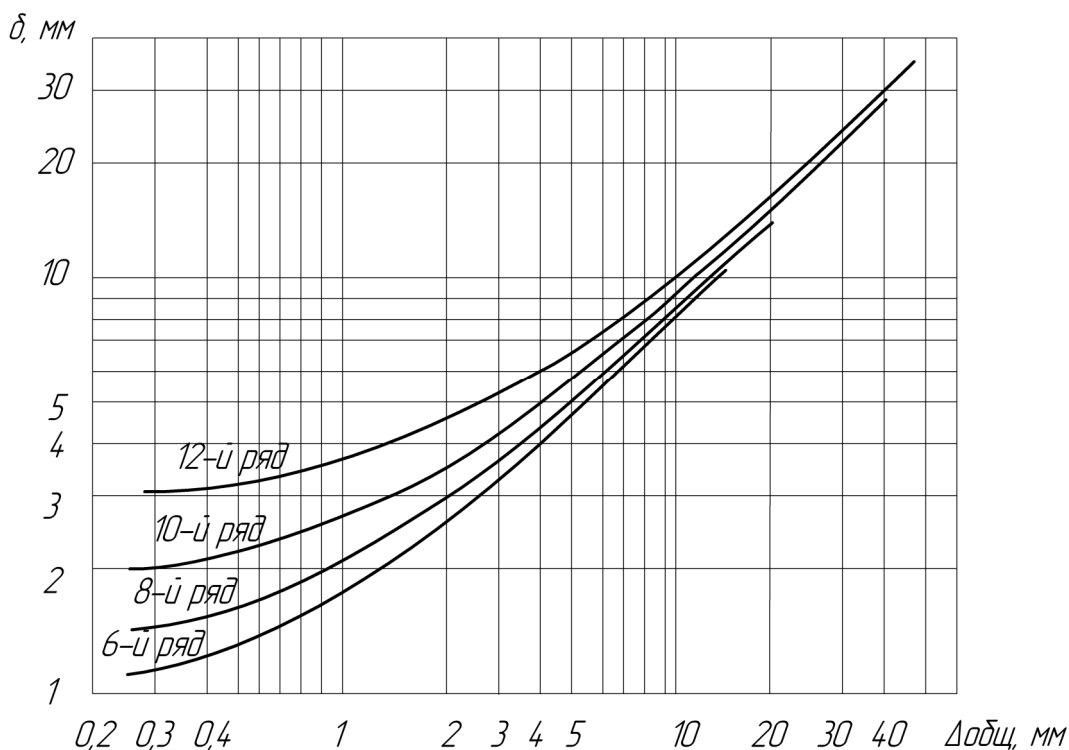


Рис. 4.11. Зависимость одностороннего припуска на механическую обработку δ от общего допуска элемента отливки $\Delta_{общ}$

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.

Припуски на усадку. Литейная (действительная) усадка характеризует изменение размеров отливки по сравнению с размерами модели, зависит от типа сплава, 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. В табл. 4.5 приведены средние значения литейной усадки для различных сплавов.

В представленных интервалах большие значения литейной усадки следует принимать для массивных, толстостенных отливок простой конфигурации, меньшие – соответственно для сложнопрофильных тонкостенных отливок.

Таблица 4.5

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
Высоколегированные стали	1,8...2,4
Медные :	
Бронзы	0,9...1,1
Латуни	1,5...1,9
Алюминиевые и магниевые	0,8...1,0

4.3. Назначение формовочных уклонов

Формовочные уклоны выполняются на вертикальных формообразующих поверхностях моделей с целью предотвращения разрушения формы и облегчения выема модели при ее извлечении из формы. Величины уклонов регламентируются ГОСТом 3212-92 (табл. 4.6, 4.7) В зависимости от требований, предъявляемых к поверхности отливки, формовочные уклоны назначают: на обрабатываемых поверхностях сверх припуска на механическую обработку (рис. 4.12, а); на необрабатываемых поверхностях, сопрягаемых по контуру с другими деталями, за счет уменьшения (рис. 4.12, б) или увеличения (рис. 4.12, г) размеров отливки в зависимости от поверхности сопряжения; на необрабатываемых поверхностях, не сопрягаемых по контуру с другими деталями, за счет увеличения или уменьшения размеров (рис. 4.12, в). При наличии уклонов на наружных и внутренних поверхностях следует стремиться к равенности.

4.4. Определение количества и конструкции стержней

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 применению машинных методов изготовления. Для многих внутренних полостей используется не один, а несколько стержней, которые получают в простых стержневых ящиках, а затем склеивают или соби-

рают их после отверждения. При сборке стержней предпочтительно иметь фиксаторы, например, коническое углубление в одном и выступ в другом.

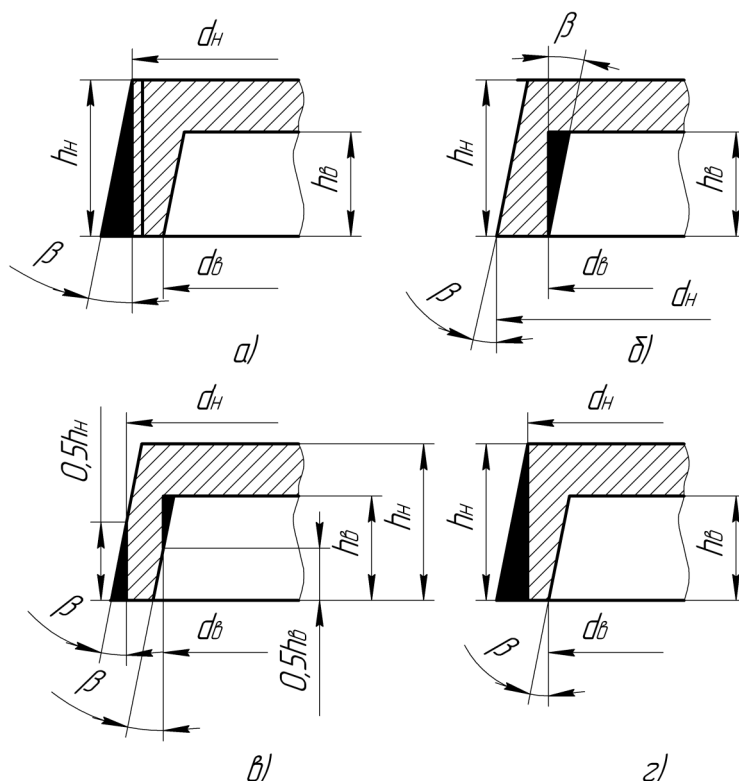


Рис. 4.12. Формовочные уклоны поверхностей

Таблица 4.6

Формовочные уклоны модельных комплектов для песчанно-глинистых смесей

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	20'	1,45	25'	1,85
Св. 250 до 400	20'	2,30	20'	2,30
Св. 400 до 630	20'	3,65	20'	3,65
Св. 630 до 1000	20'	5,80	20'	5,80
Св. 1000 до 1600	20'	9,30	20'	9,30
Св. 1600 до 2500	20'	14,50	20'	14,50

**Формовочные уклоны модельных комплектов для смесей,
твердеющих в контакте с оснасткой**

Высота h , мм	Формовочный уклон β комплекта					
	деревянного		металлического. пластмассового		для оболочковой формы	
		мм		мм		мм
До 10	4°00'	0,70	3°30'	0,60	1°45'	0,30
Св. 10 до 16	2°50'	0,80	2°35'	0,70	1°15'	0,35
Св. 16 до 25	2°20'	1,00	1°55'	0,85	60'	0,45
Св. 25 до 40	1°30'	1,05	1°20'	0,95	40'	0,50
Св. 40 до 63	1°05'	1,20	55'	1,00	30'	0,55
Св. 63 до 100	45'	1,30	40'	1,20	25'	0,75
Св. 100 до 160	35'	1,65	30'	1,40	20'	0,95
Св. 160 до 250	35'	2,55	30'	2,20	15'	1,10
Св. 250 до 400	35'	4,10	30'	3,50	—	—
Св. 400 до 630	35'	6,45	25'	4,60	—	—
Св. 630 до 1000	30'	8,70	25'	7,30	—	—
Св. 1000 до 1600	30'	13,95	25'	—	—	—
Св. 1600 до 2500	30'	21,75	25'	—	—	—

Стержни должны иметь прочность, чтобы противостоять воздействию металла, а также допускать их транспортировку. В процессе ручной набивки стержневой смеси в стержневые ящики закладывают металлические каркасы (проволочные для тонкостенных стержней, литые для толстостенных и проволочно-литые для разностенных), повышающие прочность стержня.

В стержнях должны быть сделаны газоотводные каналы с учетом 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 брак отливок по газовым раковинам.

Точность изготовления отливок во многом определяется точностью установки стержней в форму, их фиксацией при сборке. Для удобства изготовления форм и стержней, а также сборки форм знаковые части моделей и стержневых ящиков имеют уклоны, между знаками формы и стержнем предусматриваются зазоры. Точность установки стержня обеспечивается конфигурацией и размерами знаков и соответствующими размерами знаковых частей модели и стержневого ящика (ГОСТ 3212-92). Некоторые данные для выбора размеров стержневых знаков (рис. 4.13) приведены в табл. 4.8. Высоту верхнего вертикального знака (h_1) допускается уменьшить в два раза по сравнению с нижним (h).

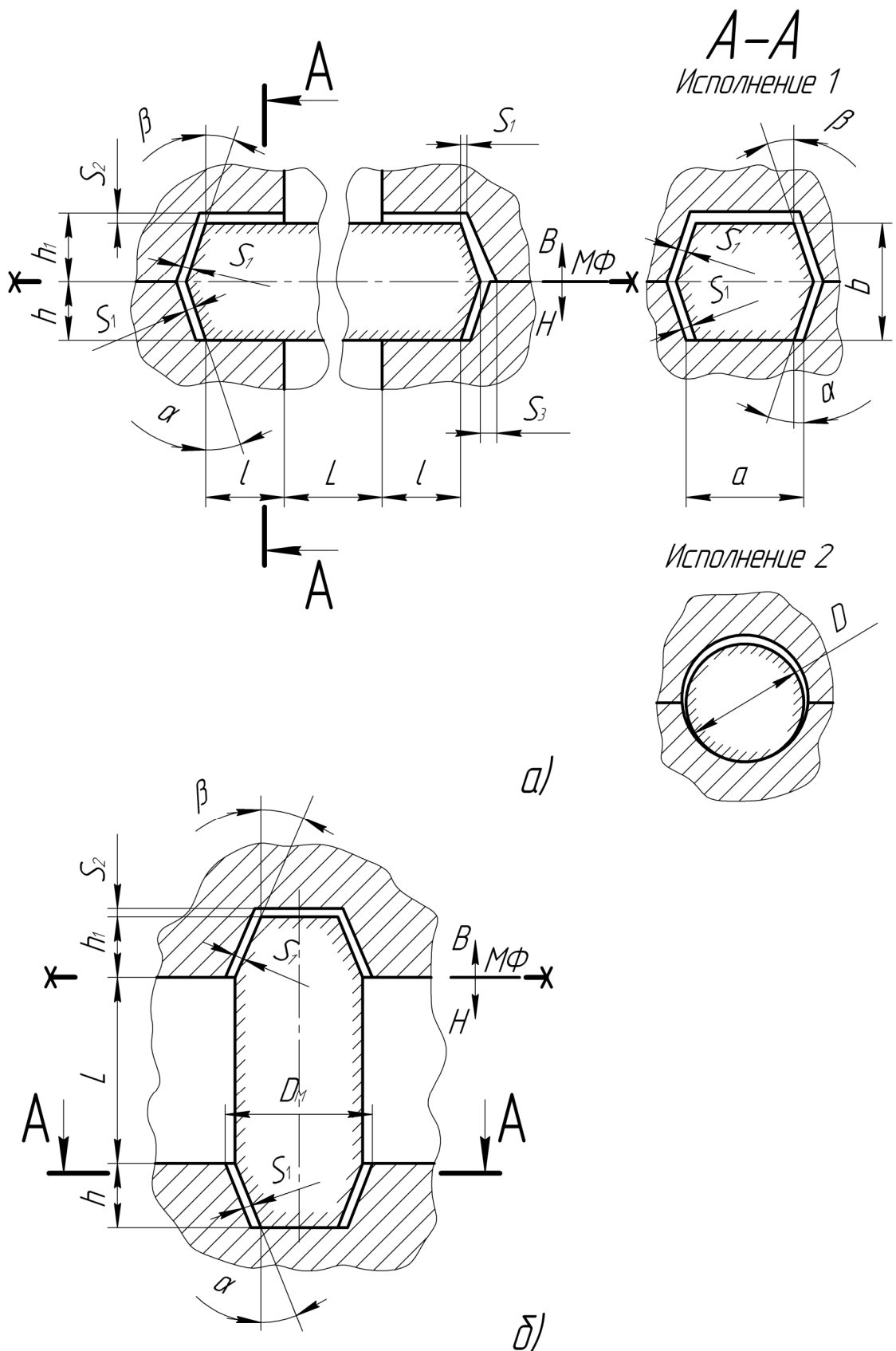


Рис. 4.13. Исполнение уклонов на знаковых частях моделей и зазоров между знаком формы и стержнем
 а) для вертикальных; б) для горизонтальных знаков

Величины уклонов знаков моделей и стержневых ящиков приведены в табл. 4.9. Зазоры между знаковыми поверхностями формы и стержня (в зависимости от типа модельного комплекта и размера отливки) назначают для правильной установки стержня в форму (табл. 4.10, 4.11). 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, кроме того, облегчаются условия проникновения металла в газоотводные каналы стержня, что приводит к образованию газовых раковин в отливках.

Таблица 4.8

Размеры знаков стержней для сырых песчаных форм

Диаметр или половина периметра сечения стержня, мм	Длина горизонтального знака l / высота нижнего знака при длине стержня L , мм								
	До 50	51... ...80	81... ...120	121... ...180	181... ...250	251... ...315	316... ...400	401... ...500	501... ...630
До 30	20/20	25/30	30/30	35/30	—	—	—	—	—
31...50	20/20	25/30	30/35	35/35	45/50	50/60	—/60	—/70	—
51...80	20/25	25/30	30/35	40/35	50/40	55/50	60/60	70/70	80/90
81...120	20/25	25/35	35/35	45/35	55/40	60/50	70/60	80/70	90/90
121...180	25/30	30/35	35/35	50/35	60/35	70/40	80/50	90/60	100/80
181...250	25/30	30/35	40/35	50/35	65/35	75/40	85/50	95/60	105/80
251...315	25/35	30/35	40/35	55/35	70/35	80/40	90/50	105/60	115/70
316...400	30/40	35/40	45/40	60/40	75/40	85/40	95/40	115/50	120/60
401...500	30/40	35/40	45/40	65/40	80/40	90/40	100/40	120/50	130/50
501...630	—/40	—/40	—/40	65/40	85/40	100/40	110/40	130/50	140/50

Таблица 4.9

Формовочные уклоны знаковых частей моделей и стержневых ящиков

Высота знака (h , h_1 , $b/2$ или $D/2$), мм	Формовочные уклоны модельного комплекта		
	модели и ящика		для низа и верха модели, α_1
	для низа, α	для верха, β	
До 30	10°00'	15°00'	4°00'
31...50	7°00'	10°00'	3°00'
51...80	6°00'	8°00'	2°00'
81...120	6°00'	8°00'	2°00'
121...180	5°00'	6°00'	1°00'
181...250	5°00'	6°00'	0°45'
251...315	5°00'	6°00'	—
316...400	4°30'	5°30'	—
401...500	4°00'	5°00'	—
501...630	3°30'	4°30'	—

**Зазоры между знаками формы и стержня (на сторону)
для деревянного модельного комплекта**

Высота знака ($h, h_1, b/2$ или $D/2$), мм	Зазор S_1 при длине стержня L , мм								
	До 50	51... ...80	81... ...120	121... ...180	181... ...250	251... ...315	316... ...400	401... ...500	501... ...630
До 30	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8
31...50	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0
51...80	0,5	0,6		0,7	0,8		0,9		
81...120			0,6			0,7		0,8	0,9
121...180	0,7	0,8		0,9	1,0		1,1		
181...250			0,8			0,9		1,0	1,1
251...315	0,9	1,0		1,1	1,2		1,3		
316...400			1,0			1,1		1,2	1,3
401...500	1,1	1,2		1,3	1,4		1,5		
501...630			0,7			0,8		0,9	1,0
Зазор S_2 , мм	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4

Примечание. Значение зазора S_3 следует принимать равным $1,5 S_1$.

4.5. Разработка конструкции и расчет прибылей и холодильников

4.5.1. Питание отливок при усадке и расчет прибылей

Основным технологическим средством устранения усадочной раковины из литой заготовки является прибыль. Прибыль представляет собой технологический элемент, в котором должна быть сосредоточена область усадочной раковины и который отделяется от отливки в процессе обработки. При формировании отливки прибыль составляет с нею единое целое. Кроме сосредоточения усадочной раковины, прибыль является средством ослабления развития зональной пористости и сборником загрязнений, всплывающих из жидкого металла в процессе затвердевания.

Сложная отливка, состоящая из элементов различной толщины, при затвердевании обычно разделяется на несколько обособленных узлов питания. Образование усадочных раковин в каждом узле питания можно компенсировать за счет одного источника питания (рис. 4.14, а).

Процесс питания отливки должен быть организован таким образом, чтобы в каждом ее узле действовал принцип направленного затвердевания от тонких элементов к толстым и, наконец, к прибыли. Проверка выполнения этого принципа осуществляется методом выкатывания шарика. В самый тонкий элемент узла мысленно помещается шарик (рис. 4.14, б), который при переходе в каждый новый верхний элемент расширяется (сжиматься он не может). Если он беспрепят-

ственно выкатывается в прибыль, значит принцип направленного затвердевания выполнен.

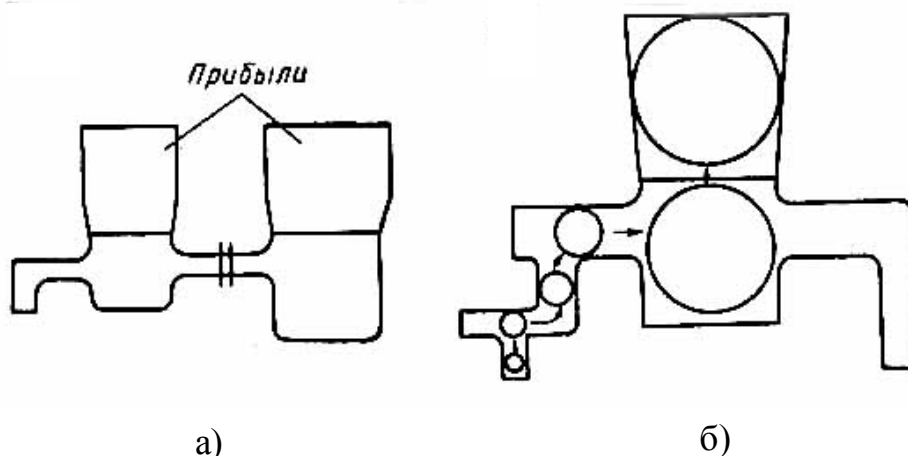


Рис. 4.14. Разделение отливки на узлы питания (а) и метод выкатывания шарика (б)

Прибыли классифицируются по расположению относительно узла питания отливки, по способу формовки (рис. 4.15, а) и по конфигурации (рис. 4.15, б).

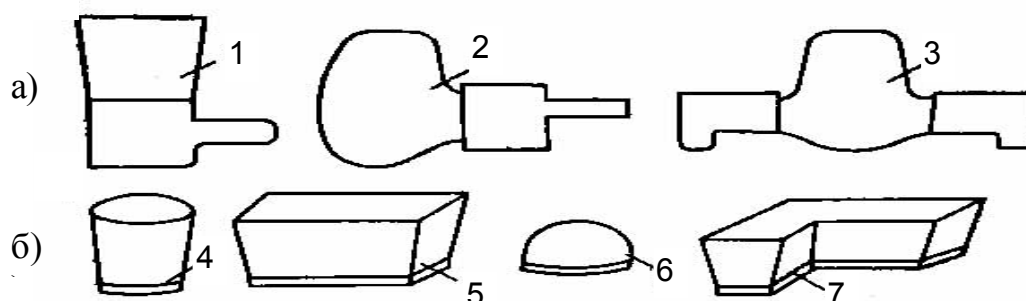


Рис. 4.15. Классификация прибылей

По расположению относительно узла питания прибыли делятся на прямые или верхние 1; отводные или боковые 2; в том числе групповые 3, питающие несколько отливок. По способу формовки прибыли делятся на открытые 1 и закрытые 2. По конфигурации – на цилиндрические 4, плоские 5, сферические 6 и фигурные 7.

Регулирование работы прибыли производится тепловыми и механическими методами. Для стали расход металла на прибыли составляет от 15 (для слитков) до 100 % (для фасонных отливок) от массы литой заготовки. В то же время объем усадочной раковины, для ликвидации которой прибыли предназначены, не превосходит 4 %. Остальной металл требуется для поддержания источника питания в виде бассейна жидкого металла до конца затвердевания отливки. Любое сокращение скорости охлаждения металла в прибыли должно позволить соответственно уменьшить ее объем.

Теплоизоляция прибыли осуществляется, прежде всего, путем засыпки зеркала жидкого металла теплоизолирующими порошками. В простейшем случае это сухой песок; в других случаях – малотеплопроводные смеси (отходы производства слюды, вермикулит и др).

Большой эффект дает одновременное оформление боковой поверхности прибыли теплоизолирующим огнеупорным материалом. При литье в песчаные формы это достигается путем заключения прибылей в стаканы из пеношамота, перлита или другого материала. При литье в металлические формы прибыли всегда оформляют стержнями.

Еще более эффективным средством, чем теплоизоляция, является обогрев прибылей. Наиболее доступным и экономически целесообразным для отливок оказался метод засыпки их разогревающими или экзотермическими смесями.

На стальных отливках применяют два типичных состава экзотермических смесей (табл. 4.12).

Таблица 4.12

Составы экзотермических смесей, масс. %

Материал	Диаметр прибыли, мм	
	100	150...300
Алюминий в порошке	18	17
Окалина или железная руда	57	46
Соль (KNO ₃)	–	10
Шлак или зола	–	12
Глина	–	5
Цемент	25	10

Под действием теплоты заливаемого металла алюминиевый порошок взаимодействует с окисью железа с выделением большого количества теплоты по реакции $2Al + Fe_2O_3 = Al_2O_3 + 2Fe + Q$.

Образующийся при сгорании смеси шлак покрывает прибыль хорошо теплоизолирующей коркой.

Перетекание металла из прибыли в отливку происходит под действием двух сил: гидростатического напора и атмосферного давления. Атмосферное давление оказывает большое влияние на процессы питания.

В случаях, когда отливка имеет развитые плоские поверхности и закрытую прибыль, в начальной стадии затвердевания поверхностная корка может полностью изолировать внутреннюю часть отливки (рис. 4.16). За счет выделения газов из формовочной смеси под действием этого давления в форме возникает давление, равное или несколько большее атмосферного; корка на плоских поверхностях прогибается как мембрана. В результате уровень металла в прибыли не опускается, а внутри отливки создается вакуум. При утолщении и охлаждении поверхностной корки она становится жесткой и перестает прогибаться.

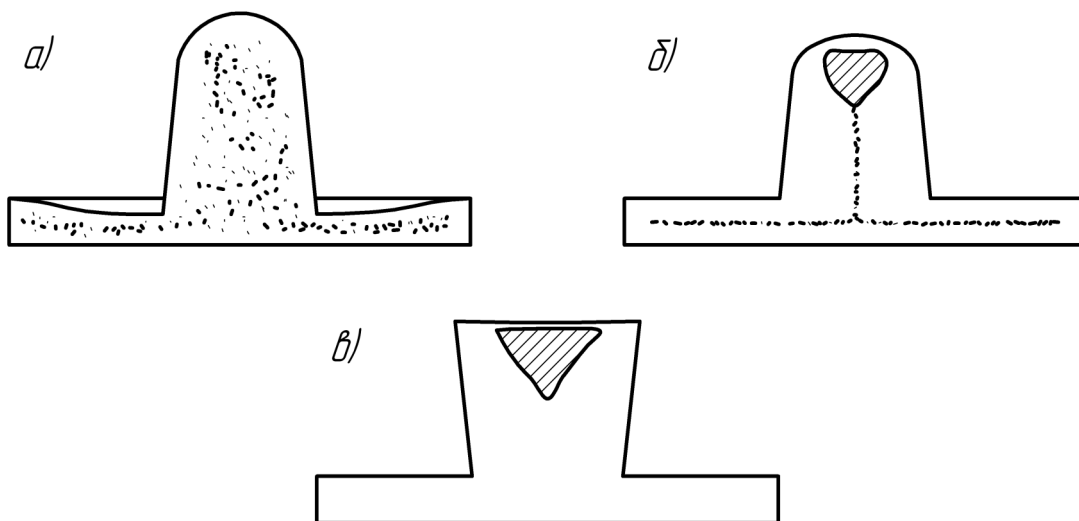


Рис. 4.16. Влияние атмосферного давления на работу прибыли:
 а – закрытая прибыль (атмосферное давление не проникло);
 б – закрытая прибыль (атмосферное давление проникло);
 в – открытая прибыль

Усадочная раковина получается в этом случае недоразвитой, а пористость проникает в тело отливки даже при больших размерах прибыли. Это определяется недостаточностью гидростатического давления металла для нормального развития процесса питания при отсутствии воздействия атмосферного давления.

Для предотвращения указанных явлений необходимо принять меры для обеспечения проникновения атмосферного давления в полость усадочной раковины. В открытых прибылях это происходит само собой. Для закрытых прибылей обычно достаточно предусматривать на верхней поверхности плоскую площадку, которая легко прорывается под действием внешнего давления. Если верхняя часть прибыли имеет сферическую форму, она обладает устойчивостью и может изолировать усадочную раковину.

На работу прибыли и формирование усадочной раковины оказывает влияние вибрация. Под ее воздействием область усадочной раковины приобретает форму блюдечка, ее глубина уменьшается и размер прибыли, в принципе, может быть уменьшен.

При выборе места установки прибыли целесообразно отдавать предпочтение верхним поверхностям. Прибыль должна устанавливаться на наиболее массивном элементе каждого крупного узла питания. Присоединять отводные прибыли к боковым поверхностям отливки целесообразно только в тех случаях, когда они используются как групповые или когда установка верхней прибыли усложнит механическую обработку литой заготовки.

Поскольку прибыли ослабляют осевую пористость на отливках большой протяженности, даже постоянной толщины стенок, их устанавливают по несколько штук. Район воздействия прибыли на осевую пористость ограничен; она устраняется полностью лишь на расстоянии 1,5...2 толщин стенки отливки. Некоторое ослабление пористости наблюдается на расстоянии до 5...7 толщин. На большее

расстояние в стенке постоянной толщины прибыль влияния не оказывает. Можно рекомендовать следующие максимальные расстояния между прибылями при установке их на стальных отливках с постоянной толщиной стенок:

Толщина стенок отливки, мм	20	40	60
Максимальное расстояние между прибылями, мм	200...300	300...400	400...600

При выборе типа необходимо отдавать предпочтение прямым цилиндрическим закрытым прибылям.

Помимо экономичности и обеспечения лучших условий питания они обладают следующими преимуществами: для цилиндрических прибылей проще и дешевле изготовление моделей; закрытые прибыли упрощают формовку, препятствуют окислению металла при заливке, способствуют сокращению их необходимого объема за счет теплоизоляции сверху, обеспечивают постоянство объема прибыли.

Открытые прибыли целесообразно применять при изготовлении крупных отливок, когда можно осуществить доливку в них свежих порций металла для улучшения питания или применить теплоизолирующие засыпки.

Рассчитать прибыли – значит определить их количество и основные геометрические размеры для получения годной отливки.

На первом этапе определяется количество и объем горячих узлов питания. Узлами питания называются отдельные массивные части литого изделия, в которых следует ожидать образование усадочных дефектов.

В объеме узла питания заключается как массивная часть, на которую непосредственно устанавливается прибыль, так и часть более тонких прилегающих элементов, которая питается от прибыли через массивную часть. В отдельных случаях вся отливка целиком может представлять собой единый узел питания. Объем узлов питания рассчитывается по размерам чертежа.

На втором этапе определяется количество прибылей. Их должно быть установлено столько, сколько горячих узлов питания в отливке. При большой протяженности узла питания в горизонтальном направлении лучшее питание обеспечивается сплошной одной прибылью длиной, равной длине питаемого участка. Однако, в целях экономии металла и облегчения обрезки прибыли от отливки устанавливают несколько разобщенных прибылей. При этом количество прибылей должно быть таким, чтобы металл между прибылями или между прибылью и краем отливки не имел пористости. Это достигается в том случае, если температурный градиент по длине зоны между прибылями или между прибылью и краем отливки $\frac{dT}{dx} \neq 0$. Если $\frac{dT}{dx} = 0$, то в отливке образуется непитаемая зона (рис. 4.17).

Если $\frac{dT}{dx} \neq 0$. Если $\frac{dT}{dx} = 0$, то в отливке образуется непитаемая зона (рис. 4.17).

На общую протяженность зоны плотного строения отливки L_{π} , представляющую собой сумму двух радиусов действия прибыли (расстояние между двумя прибылями) или сумму радиуса действия прибыли и края отливки ($L_{\pi} = 2r_{\pi}$ или $L_{\pi} = r_{\pi} + r_{\kappa}$), влияют многочисленные факторы: схема подвода металла (непосредственно под прибыль или с противоположной стороны), температура заливки, со-

став сплава, условия затвердевания отливки (регулирование затвердевания за счет холодильников), положения отливки при заливке (см. табл. 4.13 и 4.14).

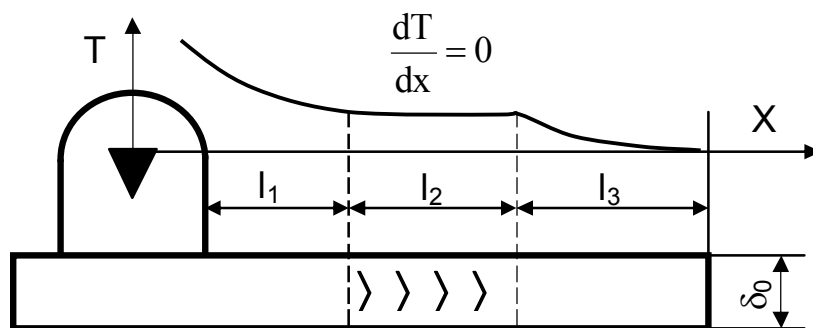


Рис. 4.17. Расположение зон плотного строения и непитаемой зоны отливки: l_1 – зона плотного строения, протяженность которой зависит от радиуса действия прибыли, $l_1 = r_{\text{п}}\delta_0$; l_2 – зона расположения осевой усадочной пористости (непитаемая зона); l_3 – зона плотного строения, протяженность которой зависит от радиуса действия края отливки, $l_3 = r_{\text{к}}\delta_0$

Часто отливки типа плит заливаются в вертикальном положении. Поэтому протяженность зон сплошности металла между прибылями и между прибылью и краем отливки будет изменяться.

Распространение получили два основных метода расчета прибылей:

- метод П.Ф. Василевского [5];
- метод И. Пржибыла.

4.5.2. Расчет прибылей по методу Василевского

Метод П.Ф. Василевского пригоден для определения размеров прибыли отливок из углеродистых и малолегированных сталей.

Отливка условно делится на самостоятельные узлы. Каждый из указанных узлов или отливка в целом приводятся к одной из двух типовых схем питания (рис. 4.18 и 4.19).

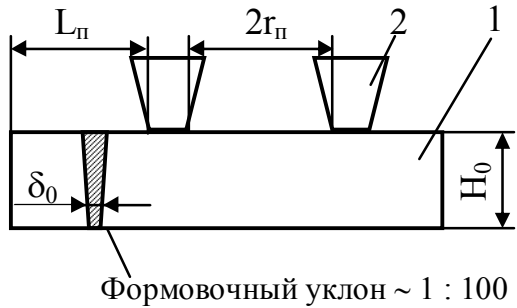
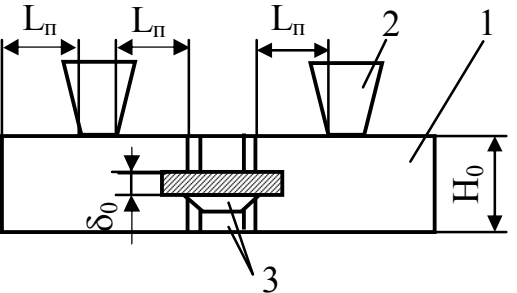
Затем определяется поперечный размер питаемой стенки δ_0 или диаметр окружности, вписанный в питаемый узел, а при второй типовой схеме подсчитывается отношение высоты отливки к поперечному размеру питаемой стенки H_0 / δ_0 . По табл. 4.15 и 4.16 для близких значений δ_0 и H_0 / δ_0 выбираются соответствующие отношения $D_{\text{п}} / \delta_0$ и $H_{\text{п}} / D_{\text{п}}$.

**Результатирующие данные по L_{π} и $2r_{\pi}$ стенок деталей
из углеродистых сталей, отливаемых в горизонтальном положении**

Схема расположения прибылей*	Подвод металла	
	под прибыль	с противоположной стороны
Отливка типа плиты		
	$L_{\pi} = (4,5 \dots 6,5)\delta_0$ $2r_{\pi} = (4 \dots 6)\delta_0$	$L_{\pi} = (4,0 \dots 4,5)\delta_0$ $2r_{\pi} = (3,5 \dots 4,5)\delta_0$
	$L_{\pi} = (4 \dots 5)\delta_0$	$L_{\pi} = (3 \dots 4)\delta_0$
	$L_{\pi} = (4,5 \dots 6,5)\delta_0$	$L_{\pi} = (4,0 \dots 4,5)\delta_0$
Отливка типа бруса		
	$L_{\pi} = 44\sqrt{\delta_0}$ $2r_{\pi} \leq 2,8\delta_0$	$L_{\pi} = 28\sqrt{\delta_0}$ $2r_{\pi} \leq 2\delta_0$
	$L_{\pi} = 30\sqrt{\delta_0}$	

* Позиции на эскизах: 1 – отливка; 2 – прибыль; 3 – наружный холодильник; 4 – внутренний холодильник

Результатирующие данные по протяженности зоны сплошности стенок деталей типа плит, отливаемых из углеродистой стали в вертикальном положении

Схема расположения прибылей*	Отношение $\frac{H_0}{\delta_0}$	Протяженность зоны плотного металла при подводе питателей	
		под прибыль	с противоположной стороны прибыли
	2...7	$2r_{\text{п}} \leq 3\delta_0$	$2r_{\text{п}} \leq 2,5\delta_0$
	1...2	$2r_{\text{п}} \leq 2,5\delta_0$	$2r_{\text{п}} \leq 2,0\delta_0$
	2...7	$L_{\text{п}} \leq 5\delta_0$	$L_{\text{п}} \leq 4,5\delta_0$
	1...2	$L_{\text{п}} \leq 4,5\delta_0$	$L_{\text{п}} \leq 4,0\delta_0$

* Позиции на эскизах: 1 – отливка; 2 – прибыль; 3 – наружный холодильник

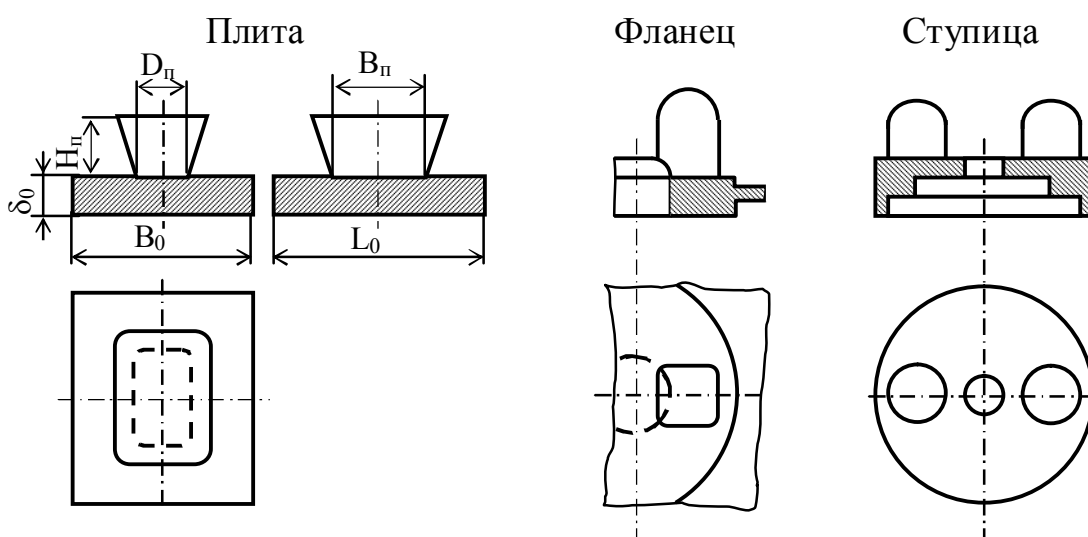


Рис. 4.18. Первая типовая схема питания отливок и примеры расположения прибылей

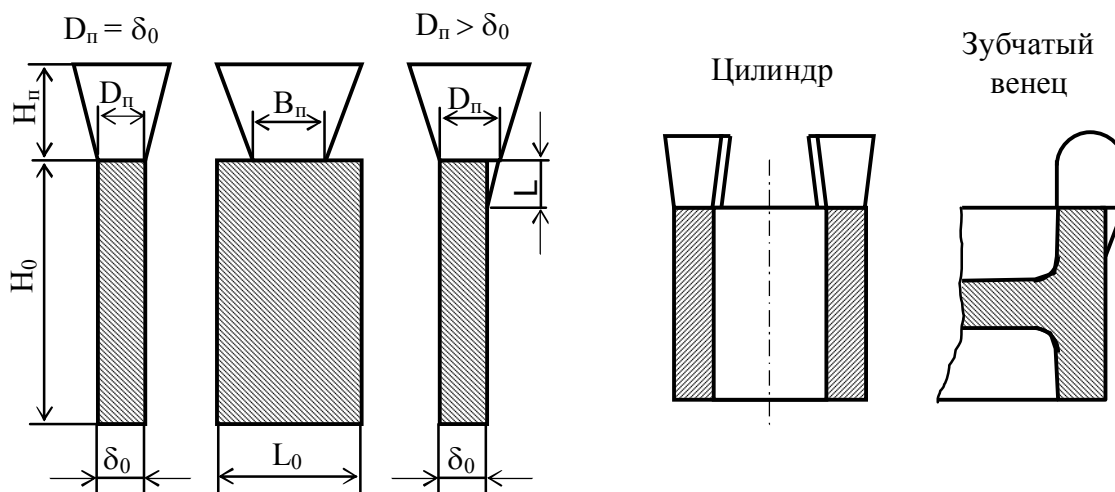


Рис. 4.19. Вторая типовая схема питания отливок и примеры расположения прибылей

Таблица 4.15

Ориентировочные соотношения основных параметров отливки и прибыли (см. рис. 4.18)

δ_0 , мм	$H_{\text{п}} / D_{\text{п}}$			Тип прибыли	Доливка прибыли через каналы дополнительной литниковой системы
	1	1,2...1,25	1,5		
	$D_{\text{п}} / \delta_0$				
50...120	2,4...2,6	2,3...2,5	2,2...2,3	Закрытая	—
120...200	2,2...2,5	2,1...2,4	2,0...2,3	Закрытая	Необходима
				Открытая	Необходима
200...500	2,1...2,3	2,0...2,3	1,9...2,2	Открытая	Необходима

Примечания. 1. Приведенные соотношения можно применять только для отливок, изготовленных из углеродистой и низколегированной сталей. 2. При устройстве прибылей шаровой формы принимают $H_{\text{п}} : D_{\text{п}} = 1$

4.5.3. Расчет прибылей по методу Пржибыла

Расчет прибылей по методу И. Пржибыла применим для многих литейных сплавов. Более надежные результаты он дает в случае образования концентрированных усадочных раковин, например, при изготовлении отливок из стали, высокопрочного чугуна и т.д. Объем прибыли $V_{\text{п}}$ определяется по уравнению

$$V_{\text{п}} = \frac{\beta \epsilon_v}{1 - \beta \epsilon_v} V_y, \text{ м}^3, \quad (4.1)$$

где β – отношение объема прибыли к объему усадочной раковины ($V_{\text{п}}/V_{\text{р}}$); ϵ_v – часть объемной усадки сплава, принимающая участие в формировании усадочной раковины; V_y – объем питаемого узла отливки, м^3 .

Для определения V_{Π} по данному уравнению необходимо выделить в отливке узлы питания и рассчитать объем $V_{У}$ каждого из них.

Величина ε_V зависит от типа сплава: для алюминиевых $\varepsilon_V = 0,043 \dots 0,055$; для магниевых $\varepsilon_V = 0,040 \dots 0,045$; для цинковых $\varepsilon_V = 0,045 \dots 0,050$; для латуней $\varepsilon_V = 0,061 \dots 0,065$; для безоловянных бронз $\varepsilon_V = 0,08$, для оловянных бронз $\varepsilon_V = 0,045 \dots 0,050$, для сталей и высокопрочного чугуна $\varepsilon_V = 0,045$.

Коэффициент β выбирается из условия работы прибыли:

- для прибылей, где рабочее давление ниже атмосферного $\beta = 11 \dots 12$;
- для прибылей с атмосферным давлением в усадочной раковине $\beta = 9 \dots 10$;
- для теплоизолированных прибылей $\beta = 8 \dots 9$;
- для обогреваемых прибылей $\beta = 6 \dots 7$.

Из найденного объема V_{Π} рассчитываются размеры прибыли. При этом отношение высоты прибыли к ее диаметру $H_{\Pi} : D_{\Pi}$ на отливках ориентировочно должно быть равно 1,25...1,50 для закрытых и 1,50...1,90 для открытых прибылей. Расчетные формулы для определения конструктивных параметров прибылей различных конфигураций приведены в табл. 4.17.

После определения конструктивных размеров прибыли прогнозируется эффективность работы прибылей и определяется технологический выход годного. Для этого рассчитывается R_{Π} и сравнивается с $R_{У}$ (R – приведенная толщина прибыли или теплового узла, равная отношению объема к поверхности охлаждения: $R = V/F$). Для сплавов, заливаемых без перегрева, $R_{\Pi} / R_{У}$ должно быть не менее 1,03.

Приближенный технологический выход годного (ТВГ) определяется по формуле

$$\text{ТВГ} = \frac{V_{O}}{V_{O} + V_{\Pi} - V_{P}} \cdot 100 = \frac{V_{O}}{(1 - \varepsilon_V)(V_{O} + V_{\Pi})} \cdot 100, \% \quad (4.2)$$

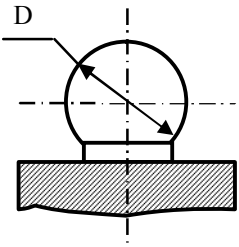
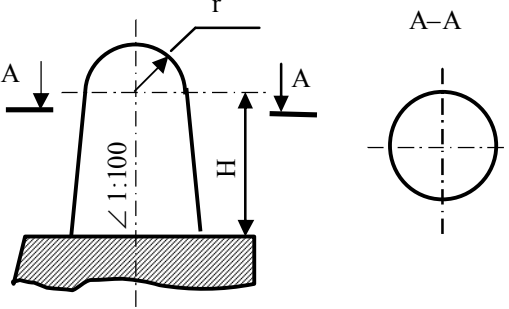
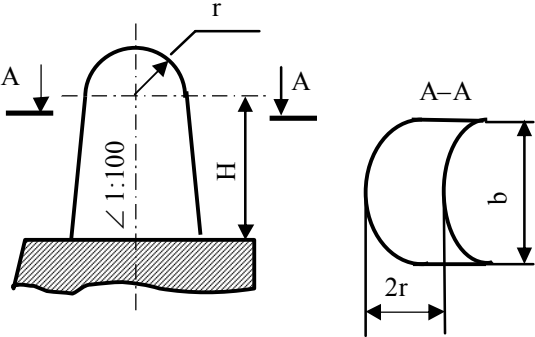
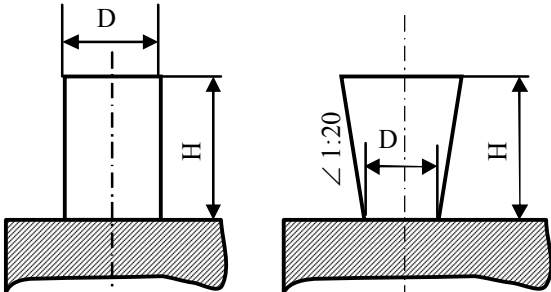
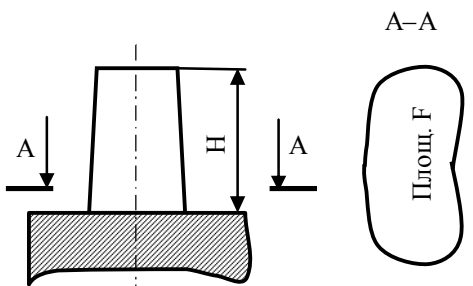
где V_{O} – объем отливки, м^3 ; V_{P} – объем усадочной раковины, м^3 .

Полученный ТВГ сравнивается с нормируемым для подобных отливок. В большинстве случаев при литье цветных сплавов в песчано-глинистые формы эта величина составляет 45...70 %, данные для стальных отливок приведены в табл. 4.18. При заниженных значениях ТВГ принимается решение об использовании какого-либо способа повышения эффективности работы прибылей.

4.5.4. Выбор и расчет холодильников

Холодильники применяются для обеспечения равномерного затвердевания и плотной структуры металла в отливках, имеющих местные утолщения, т.е. в местах, не получающих должного питания от прибыли. В отдельных случаях за счет применения наружных и внутренних холодильников можно создать условия для направленного затвердевания, за счет чего уменьшить количество (массу) устанавливаемых прибылей [6].

Определение высоты типовых конструкций прибылей

Вид прибыли	Характеристика	Расчётная формула
	Шаровая прибыль	$D = 1,24\sqrt[3]{V_{\Pi}}$
	Закрытая куполообразная цилиндрическая прибыль	$H = \frac{V_{\Pi}}{\pi r^2} - \frac{2}{3}r$ <p>$H + r$ не менее высоты питаемого узла</p>
	Закрытая куполообразная прибыль с компактной формой горизонтального сечения	$H = \frac{V_{\Pi} - 0,45\pi r^2 b}{F}$ <p>$H + r$ не менее высоты питаемого узла</p>
	Открытая цилиндрическая или коническая прибыль	$H = \frac{4V_{\Pi}}{\pi D^2}$
	Открытая прибыль с компактной формой горизонтального сечения	$H = \frac{V_{\Pi}}{0,95F}$

**Ориентировочный технологический выход годного для отливок,
изготавливаемых из углеродистых и низколегированных сталей**

Группа	Наименование	Масса отливки, кг	Преобладающая толщина стенок отливки δ_0 , мм	Технологический выход годного, %	
				Прибыли открытые	Прибыли закрытые полушаровые
I	Мелкие отливки – ответственного назначения	До 100	До 20 20...50 Св. 50	54...62 53...60 52...58	59...67 58...65 57...63
	– особо ответственного назначения	До 100	До 20 20...50 Св. 50	52...58 51...57 50...56	57...63 56...62 55...61
II	Средние отливки – ответственного назначения	100...500	До 30 30...60 Св. 60	56...64 54...62 52...60	61...69 59...67 57...65
	– особо ответственного назначения	100...500	До 30 30...60 Св. 60	54...62 53...60 50...58	59...67 58...65 55...63
III	Крупные отливки – ответственного назначения	500...5000	До 50 50...100 Св. 100	57...65 55...63 53...61	62...70 60...68 58...66
	– особо ответственного назначения	500...5000	До 50 50...100 Св. 100	55...63 53...61 51...69	60...68 58...66 56...64

Расчет наружных холодильников. При изготовлении отливок из алюминиевых сплавов, а также из чугуна и стали часто используются наружные холодильники. Материал для их изготовления выбирается с таким расчетом, чтобы холодильники не расплавились при соприкосновении с жидким металлом.

Наружные холодильники простой конфигурации изготавливают из стального проката, сложной – литыми из чугуна. Примеры использования наружных холодильников приведены на рис. 4.20.

Выбор наружного холодильника можно произвести путем определения его объема по формуле

$$V_x = \frac{V_m \rho_m [C_m (t_z - t_l) + l]}{\rho_x \left[C_x \left(\frac{t_z}{2} - t_0 \right) \right]}, \quad (4.3)$$

где V_x – объем холодильника, м^3 ; V_m – объем части отливки, из которой отводится тепло, м^3 ; ρ_m – плотность сплава, $\text{кг}/\text{м}^3$; ρ_x – плотность холодильника, $\text{кг}/\text{м}^3$; C_x – удельная теплоемкость холодильника, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{град})$; C_m – удельная теплоемкость расплава, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{град})$; t_3 – температура заливки сплава, $^\circ\text{C}$; t_l – температура ликвидуса, $^\circ\text{C}$; t_0 – начальная температура холодильника, $^\circ\text{C}$; l – удельная скрытая теплота плавления сплава, $\text{кДж}/\text{кг}$.

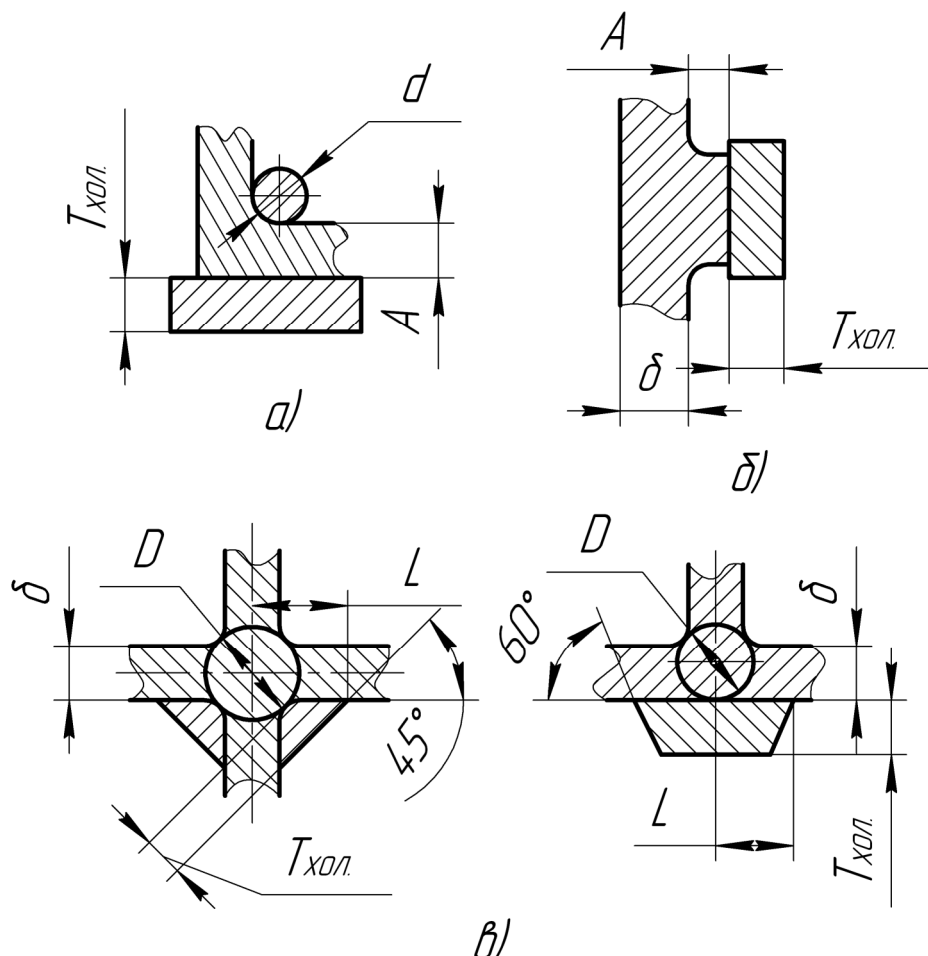


Рис. 4.20. Примеры использования наружных холодильников: а) фланец; б) прилив; в) пересечение стенок

Определение размеров внутренних холодильников. Внутренние холодильники целесообразно использовать для захлаживания термических узлов отливок из углеродистых сталей в тех случаях, когда применять наружные холодильники затруднительно. Материал внутренних холодильников – стальной прокат приблизительно такого же химического состава, как и состав стали для отливки. Величина и форма внутренних холодильников зависят от конфигурации термического узла отливки. Применяются цилиндрические, спиральные и другие формы холодильников. Цилиндрические холодильники устанавливаются по оси захлаживаемого узла.

Внутренние холодильники подразделяются на удаляемые и неудаляемые. Удаляемые холодильники располагают по осям высверливаемых отверстий. По-

этому размеры таких холодильников принимают, исходя из того, чтобы в готовой детали внешний контур высверливаемого отверстия был расположен на некотором расстоянии от поверхности холодильников.

Размеры удаляемых внутренних цилиндрических холодильников выбираются из табл. 4.19.

Таблица 4.19

Соотношение диаметров обрабатываемого отверстия и холодильника

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	12	16	20	30	40	50	60	90
Диаметр удаляемого холодильника, мм	3...4	5...8	8...12	12...15	15...20	20...25	25...30	35...40

Диаметр неудаляемых цилиндрических внутренних холодильников d_x зависит от типа сочленения, толщины стенок δ_0 и радиуса закругления в сочленении r (рис. 4.21).

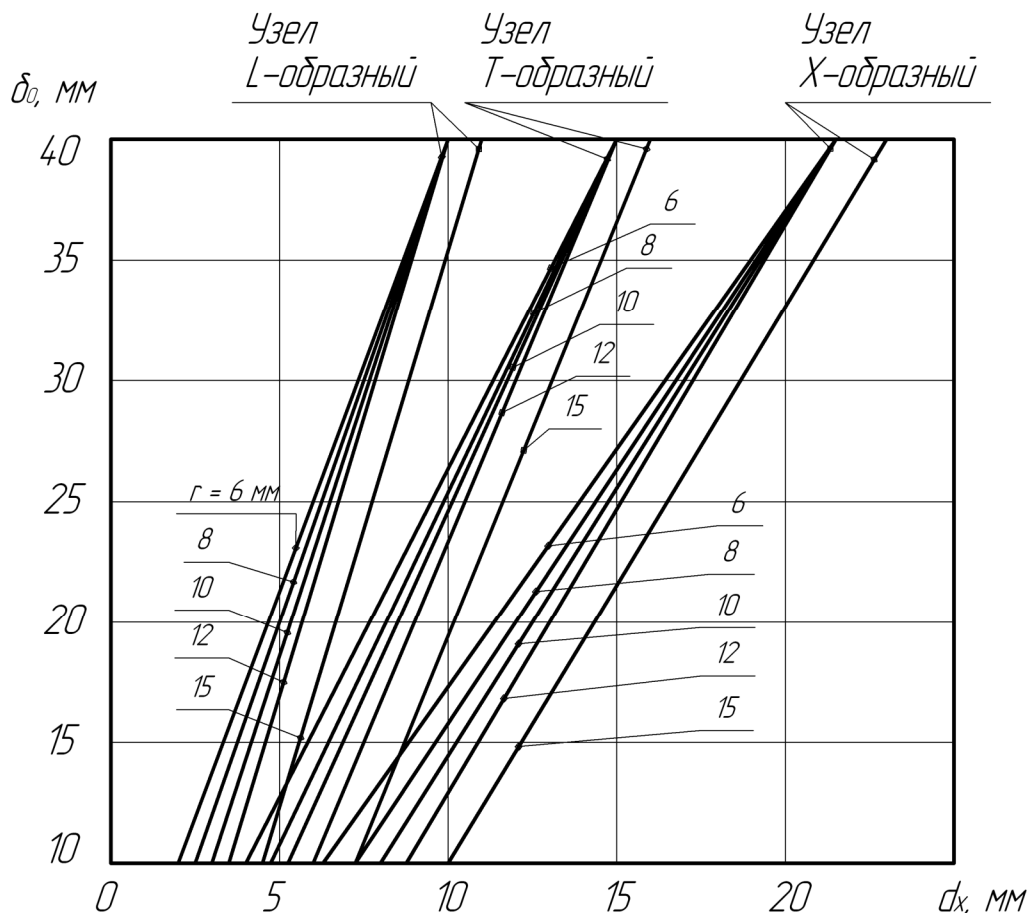


Рис. 4.21. Зависимость диаметра внутреннего холодильника от толщины стенок L, T и X-образных сопряжений и радиуса закругления сочленения смежных стенок

Определение объема внутреннего холодильника можно также произвести по уравнению

$$V_x = \frac{V_m q}{\rho_x C_x (t_c - t_0)}, \quad (4.4)$$

где q – удельная теплота перегрева, кДж/м³, $q = \rho_m [C_m (t_s - t_l) + l]$; t_c – температура солидуса, °С.

При изготовлении отливок иногда применяют внутренние спиральные холодильники.

Спиральные холодильники устанавливаются чаще всего в стальные отливки, имеющие протяженные термические узлы. Расчет спиральных холодильников производится в следующей последовательности:

- определяется диаметр окружности D_y , вписанной в термический узел;
- рассчитывается масса части отливки m_y , тепло которой расходуется на нагрев холодильника:

$$m_y = K \frac{\pi D_y^2}{4} L_0 \rho, \quad (4.5)$$

где K – коэффициент, зависящий от формы узла: для Х-образного сочленения стенок $K = 1,15$, для Т-образного – $1,10$, для Л-образного – $1,05$; ρ – плотность металла; L_0 – длина цилиндрической отливки, условно равная 1 м.

- определяется масса спирального холодильника m_x длиной 1 м:

$$m_x = (0,02 \dots 0,03) m_y. \quad (4.6)$$

- по известной массе холодильника подбираются его размеры, используя данные табл. 4.20.

Наружный диаметр спирали D принимается с таким расчетом, чтобы расстояние от поверхности формы до стенок холодильника, расположенного в тепловом узле, было не менее $3d_c$.

4.6. Разработка конструкции и расчет литниковых систем

4.6.1. Основные элементы и классификация литниковых систем

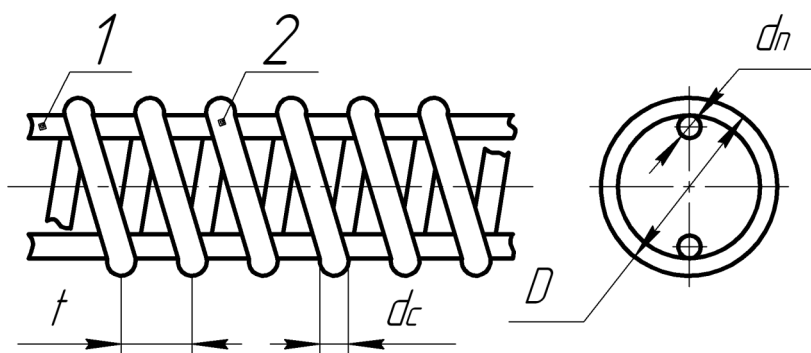
Литниковая система – совокупность каналов в форме, через которые расплав из ковша поступает в ее рабочую полость.

Простейшая литниковая система представлена на рис. 4.22.

Состав простейшей литниковой системы:

- воронка или литейная чаша – приемный резервуар расплава;
- стояк – вертикальный канал, по которому расплав опускается от уровня чаши до шлакоуловителя;
- шлакоуловитель – канал, соединяющий стояк и питатели и служащий для улавливания частиц шлака, формовочной смеси и других неметаллических включений, попавших в расплав;
- питатели – каналы, непосредственно подводящие расплав к полости формы.

Размеры и масса внутренних спиральных холодильников



1 – прутки-сердечники; 2 – спираль;

Основные размеры, мм				Число прутков-сердечников	Масса 1 м, кг		
спирали			прутков-сердечников, d_n		одного прутка сердечника	спирали без прутка-сердечника	спирали с прутками-сердечниками
d_c	D	t					
1,0...1,5	8	4...6	3	1	0,056	0,039	0,095
	12	4...6	4	1	0,100	0,063	0,163
2,0...2,5	15	6...10	4	1	0,100	0,154	0,254
	25	6...10	4	1	0,100	0,278	0,378
	35	6...10	4	1	0,222	0,400	0,622
3,0...4,0	30	10...15	6	1	0,222	0,564	0,786
	45	10...15	6	1	0,222	0,842	1,286
	60	10...15	8	2	0,395	1,030	1,820
5,0...6,0	50	20...25	8	3	0,395	1,230	2,415
	60	20...25	10	3	0,614	1,490	3,341
	70	20...25	12	3	0,890	1,750	4,414

Назначение литниковой системы:

- заполнение форм за оптимальное время;
- надежное улавливание шлама и неметаллических включений;
- плавное поступление расплава в полость формы без разбрызгивания и размыва ее стенок и стержней;
- направленное затвердевание металла;
- минимальные напряжения в отливках;
- минимально возможный расход металла на литниковую систему из экономических соображений (3...10 % от массы расплава, идущего на отливку).

Литниковые системы классифицируют по способу подвода металла в полость формы на верхние, нижние (сифонные), боковые, ярусные, комбинированные, дроссельные (вертикально-щелевые и горизонтально-дроссельные).

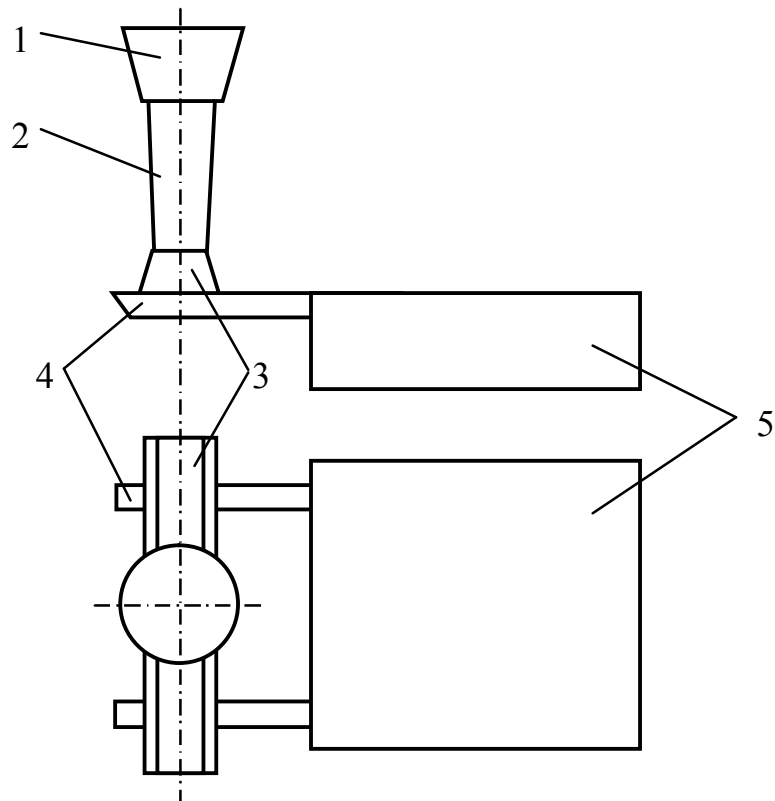


Рис. 4.22. Простейшая литниковая система:
1 – воронка; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатели; 5 – отливка

По характеру изменения сечений элементов различают следующие виды: замкнутые (сужающиеся, заполненные) и незамкнутые (расширяющиеся, незаполненные) литниковые системы. Для замкнутых литниковых систем соблюдается условие

$$F_C > \sum F_{\text{шл}} > \sum F_{\text{п}}, \quad (4.7)$$

где F_C – площадь поперечного сечения стояка, м^2 ; $\sum F_{\text{шл}}$ – суммарная площадь поперечного сечения всех шлакоуловителей на одну отливку, м^2 ; $\sum F_{\text{п}}$ – суммарная площадь поперечного сечения всех питателей на одну отливку, м^2 .

Незамкнутые литниковые системы удовлетворяют неравенству

$$F_C < \sum F_{\text{шл}} < \sum F_{\text{п}}. \quad (4.8)$$

По роду материала, из которого получены каналы, различают литниковые системы в стержнях, из керамических трубок, из формовочной смеси.

4.6.2. Выбор уровня и места подвода металла к отливке и типа литниковой системы

При выборе уровня подвода сплава необходимо учитывать достоинства и недостатки как подвода сверху, так и подвода снизу. При подводе сверху обеспечивается положительный температурный градиент в направлении к прибыли, что

улучшает условия ее работы и увеличивает заполняемость формы. Однако при большой высоте отливки происходят окисление падающей струи, захват газов и разрушение нижних поверхностей формы. Максимальная допустимая высота падения струи зависит от свойств сплава и формовочных материалов.

При подводе снизу металл в прибыль приходит холодным, что затрудняет получение плотных отливок. Кроме того при подводе снизу уменьшается заполняемость форм, что требует увеличения скорости заливки.

Вследствие большого действующего напора увеличивается вероятность размыва стенок литниковых каналов, поэтому при изготовлении высоких отливок литниковые каналы следует выполнять, используя огнеупоры.

Подвод сверху желателен при изготовлении массивных толстостенных чугунных и стальных отливок, имеющих небольшую высоту. Подвод снизу целесообразно применять для тонкостенных отливок сложной конфигурации, а также для сплавов, склонных к окислению. Однако ввиду ухудшения при этом наполняемости форм подвод снизу пригоден только для отливок небольшой высоты. На практике чаще всего (с точки зрения удобства формовки) подвод сплава осуществляется на некотором среднем уровне, отвечающем плоскости разъема формы. При этом нижняя часть отливки заполняется сверху, а верхняя – снизу.

Если условия получения качественной отливки не выполняются, то следует применять подвод на нескольких уровнях или через вертикально-щелевую систему.

Выбор места подвода сплава к отливке должен определяться с учетом следующих рекомендаций.

1. Следует обеспечивать подвод металла в такие места отливки, разогрев которых будет способствовать усилению направленного затвердевания. Целесообразно подводить металл под прибыль в толстостенные части отливки. Это особенно важно при изготовлении отливок из сплавов с большой объемной усадкой (сталь, высокопрочный чугун).

2. Если в отливке могут образовываться внутренние напряжения (арматурные и колесные отливки из чугуна и стали, отливки из ковкого чугуна и др.), то следует подводить металл таким образом, чтобы уменьшались температурные перепады в ее частях. Во многих случаях целесообразно осуществлять подвод в тонкие части. В этом случае требование снижения литейных напряжений может быть несовместимо с обеспечением направленного затвердевания. Улучшения условий питания отливки в этом случае нужно добиваться другими, не связанными с заливкой мероприятиями (установкой прибылей, применением холодильников и теплоизолирующих вставок и т. д.).

3. Следует избегать размещения литниковых каналов вблизи границ знаков стержней, поверхности форм и стенок опоки. Наименьшие расстояния должны быть в пределах 30...60 мм.

4. Следует стремиться к созданию одностороннего движения металла в форме, т.е. питатели размещать так, чтобы направление движения металла было в одну сторону и было исключено встречное движение струй.

5. При изготовлении отливок колесного типа целесообразно подводить металл в ступицу и в обод или только в обод. При наличии массивной ступицы целесообразно подводить металл только в обод. Это обеспечит меньшие литейные напряжения.

6. Подвод металла к относительно тонкостенной отливке следует осуществлять в тонкостенные части через большое число питателей, рассредоточенных по ее длине.

7. Следует стремиться к осуществлению подвода металла в форму при заполнении ее наиболее коротким путем.

4.6.3. Расчет литниковых систем при заливке из поворотного ковша

Методики расчета литниковых систем основаны на определении оптимальной продолжительности заливки форм расплавом и площади самого узкого сечения литниковой системы, обеспечивающей это требуемое время заполнения форм металлом.

Для оптимальной продолжительности заливки форм должно соблюдаться неравенство

$$\tau_{\min} < \tau_{\text{опт}} < \tau_{\max}, \quad (4.9)$$

где $\tau_{\text{опт}}$ – оптимальная продолжительность заливки форм, с; τ_{\min} – минимально допустимая продолжительность заливки форм, с; τ_{\max} – максимально допустимая продолжительность заливки форм, с.

Минимально допустимая продолжительность заливки форм (τ_{\min}) определяется:

- временем, необходимым для удаления воздуха и газов из полости формы при ее заполнении расплавом;
- возможностью размыва поверхности формы расплавом;
- нежелательностью увеличения сечений каналов литниковой системы по экономическим соображениям.

Максимально допустимая продолжительность заливки форм расплавом (τ_{\max}) определяется:

- отводом тепла от расплава в форму и снижением температуры металла, предупреждением брака отливок по недоливам;
- требуемой жидкотекучестью расплава;
- необходимостью обеспечить скорость подъема расплава в форме, исключающую образование ужимин и спаев в отливке.

Аналитически выведенные уравнения для расчета τ_{\max} и τ_{\min} недостаточно хорошо согласуются с экспериментальными результатами.

Поэтому на практике применяют эмпирическую формулу для расчета оптимальной продолжительности заливки форм [7] (уравнение Дубицкого Г.М.):

$$\tau_{\text{опт}} = S_1 \sqrt[3]{\delta G}, \quad (4.10)$$

где $\tau_{\text{опт}}$ – оптимальная продолжительность заливки формы, с; δ – преобладающая толщина стенки отливки, мм; G – масса расплава, приходящегося на одну отливку в форме с учетом прибылей и литников, кг; S_1 – коэффициент продолжительности заливки, зависящий от рода сплава, температуры заливки, места подвода металла.

Значения коэффициента продолжительности заливки форм для чугунного литья принимаются $S_1 = 2$, а при производстве отливок из алюминиевых и медных сплавов $S_1 = 2,4$. Значения S_1 для стальных отливок приведены в табл. 4.21.

Таблица 4.21

Значения коэффициента S_1 для стальных отливок

Температура сплава	Подвод металла		
	снизу	по половине высоты	сверху
Нормальная	1,3	1,4	1,5...1,6
Повышенная	1,4...1,5	1,5...1,6	1,6...1,8

Для отливок, заливаемых горизонтально, значения S_1 принимаются меньше на 0,1...0,2, так как вследствие растекания металла по холодной стенке формы увеличиваются тепловые потери.

Для отливок, склонных к образованию внутренних напряжений, холодных трещин и усадочных раковин (при подводе сверху) значение следует увеличить на 0,1...0,2.

Отливки, изготавливаемые в металлические формы, нужно заливать быстрее и S_1 следует уменьшить на 0,1...0,2.

Преобладающая толщина стенки отливки δ – такая толщина стенки отливки, которая имеет наибольшую длину или максимально удалена от питателей. Масса расплава, приходящегося на одну отливку:

$$G = \frac{\sum G}{n}, \quad (4.11)$$

где G – масса расплава, приходящегося на одну отливку в форме, кг; n – число отливок в форме, шт.; $\sum G$ – общая масса заливаемого в форму расплава, кг.

Параметр G может быть определен по формуле

$$\sum G = G_{\text{ЧЕРН}} + G_{\text{ПРИБ}} + G_{\text{Л.С}}, \quad (4.12)$$

где $G_{\text{ЧЕРН}}$ – черновая масса отливки, равная сумме масс детали и припусков на механическую обработку, кг; $G_{\text{ПРИБ}}$ – масса прибылей на одну отливку, кг; $G_{\text{Л.С}}$ – масса литниковой системы, кг.

Принимается $G_{\text{Л.С}}$, равной 3...10 % от $(G_{\text{ЧЕРН}} + G_{\text{ПРИБ}})$. При этом большая величина выбирается для мелких отливок.

Вывод уравнения для расчета площади самого узкого сечения литниковой системы, обеспечивающей $\tau_{\text{опт}}$, осуществляется, исходя из формулы классической

гидравлики для определения массового расхода жидкости через каналы гидравлической системы [7] при условии

$$Q_M = \frac{G}{\tau_{\text{опт}}}, \quad (4.13)$$

где G – масса расплава, приходящегося на одну отливку в форме, кг; $\tau_{\text{опт}}$ – оптимальная продолжительность заливки формы расплавом, с.

С учетом (4.13) и массового расхода жидкости в сжатом сечении [8]

$$\frac{G}{\tau_{\text{опт}}} = \rho F_{\text{уз}} \mu_{\text{ф}} \sqrt{2gH_p}, \quad (4.14)$$

где $F_{\text{уз}}$ – площадь самого узкого сечения литниковой системы, обеспечивающая $\tau_{\text{опт}}$, м²; G – масса расплава, приходящегося на одну отливку в форме, кг; $\tau_{\text{опт}}$ – оптимальная продолжительность заливки форм расплавом, с; ρ – плотность расплава, кг/м³; $\mu_{\text{ф}}$ – коэффициент расхода расплава в форме; g – ускорение силы тяжести, м/с²; H_p – расчетный (средний) металлостатический напор расплава в форме, м.

Тогда

$$F_{\text{уз}} = \frac{G}{\tau_{\text{опт}} \rho \mu_{\text{ф}} \sqrt{2gH_p}}. \quad (4.15)$$

Значения коэффициента расхода $\mu_{\text{ф}}$ для чугунных и стальных отливок приведены соответственно в табл. 4.22 и 4.23.

Таблица 4.22

Значения коэффициента $\mu_{\text{ф}}$ для чугунных отливок

Заливка	Сопротивление формы		
	большое	среднее	малое
В сырую форму	0,35	0,42	0,50
В сухую форму	0,41	0,48	0,70

Таблица 4.23

Значения коэффициента $\mu_{\text{ф}}$ для стальных отливок

Заливка	Сопротивление формы		
	большое	среднее	малое
В сырую форму	0,25	0,32	0,42
В сухую форму	0,20	0,38	0,50

Расчетный (средний) металлостатический напор расплава в форме (H_p , м) определяется по формуле

$$H_p = H - \frac{P^2}{2C}, \quad (4.16)$$

где H – напор расплава от воронки до питателей, м; P – высота отливки над питателями, м; C – высота отливки по положению в форме, м.

Схема к расчету среднего металлостатического напора расплава в форме (H_p) представлена на рис. 4.23.

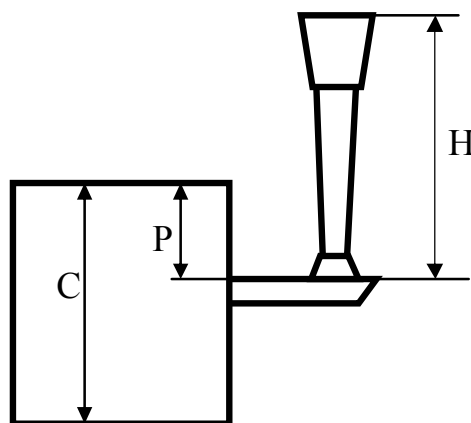


Рис. 4.23. Схема к расчету среднего металлостатического напора расплава в форме

Методики расчета литниковых систем отличаются в зависимости от типа применяемых для заливки форм ковшей. Различают поворотные и стопорные типы ковшей.

Расчет литниковой системы при заливке из поворотного ковша производится в следующей последовательности:

- определение оптимальной продолжительности заливки форм по формуле (4.10);
- проверка средней скорости подъема уровня расплава в форме;
- расчет площади самого узкого сечения литниковой системы, обеспечивающей $\tau_{\text{опт}}$, по уравнению (4.15);
- определение площади сечений и размеров остальных элементов литниковой системы, исходя из принятых соотношений.

Проверка средней скорости подъема уровня расплава в форме осуществляется из условия, при котором отсутствуют недоливы и спаи в отливке:

$$V_{\text{CP}} = \frac{C}{\tau_{\text{опт}}} \geq V_{\text{доп}}, \quad (4.17)$$

где V_{CP} – средняя скорость уровня подъема расплава в форме, мм/с; C – высота отливки по положению в форме, мм; $\tau_{\text{опт}}$ – оптимальная продолжительность заливки форм, с; $V_{\text{доп}}$ – допустимая скорость подъема расплава в форме, мм/с.

Значения допустимой скорости подъема расплава в форме ($V_{\text{доп}}$) при ее заливке чугуном и сталью приведены соответственно в табл. 4.24 и 4.25.

При расчете литниковых систем для плоских отливок значения V_{CP} чаще всего меньше $V_{\text{доп}}$. В этом случае при решении задач задаются $V_{\text{доп}}$ и вычисляют $\tau_{\text{опт}}$

при известной высоте отливки по положению в форме (С), используя выражение (4.17).

Таблица 4.24

Значение $V_{\text{доп}}$ для заливки форм чугуном

Толщина стенки δ , мм	$V_{\text{доп}}$, мм/с
40	10...8
10...40	20...10
4...10	30...20
1,5...4,0	100...30

Таблица 4.25

Значение $V_{\text{доп}}$ для заливки форм сталью

Толщина стенки δ , мм	$V_{\text{доп}}$, мм/с
7...10	20
10...40	20...10
Более 40	7...10

При разработке технологии изготовления отливки также может быть изменено ее положение в форме и осуществлена повторная проверка средней скорости подъема уровня расплава в форме. Соотношения между сечениями элементов литниковой системы приведены в табл. 4.26.

Таблица 4.26

Соотношения между сечениями литниковой системы

Характеристика отливки	Рекомендуемые соотношения размеров	Характеристика литниковой системы
Мелкие и средние отливки из чугуна	1:1,1:1,2	Сужающаяся
Крупные отливки из серого чугуна	1:1,2:1,4	Сужающаяся
Мелкие стальные отливки	1:1,1:1,2	Сужающаяся
Средние и крупные стальные отливки	(1,0...1,5):1:1	Расширяющаяся
Отливки из алюминиевых сплавов	3:2:1	Расширяющаяся
Отливки из медных сплавов	1:(1,5...1,7):(0,75...1,0)	Комбинированная

Элементы литниковой системы конструируются, исходя из следующих рекомендаций.

Стояки, в большинстве случаев конической формы, располагают вертикально. Стояки выполняются сужающимися книзу, когда не закрепляются на модельных плитах, или расширяющимися – закрепляющимися на модельных плитах. Конусность стояков при использовании металлических моделей составляет примерно $1,0...1,5^\circ$ при высоте до 300 мм и около $0^\circ40'$ – при больших высотах.

Шлакоуловители и питатели в сечении бывают чаще всего трапециевидной формы. Основные размеры питателей трапециевидной формы приведены в табл. 4.27.

Таблица 4.27

Основные размеры питателей

Тип питателя	Величина большего основания трапеции	Величина меньшего основания трапеции	Высота
Плоский	a	$(0,7...0,9) \cdot a$	$(0,1...0,5) \cdot a$
Нормальный	a	$(0,7...0,8) \cdot a$	a
Высокий	a	$(0,65...0,75) \cdot a$	$(1,5...2,0) \cdot a$

Если протяженность большего основания сечения шлакоуловителя равна a , то меньшее основание составляет $(0,7...0,8) \cdot a$ при высоте $(0,8...1,3) \cdot a$.

4.6.4. Расчет литниковых систем при заливке из стопорного ковша

Различают два способа заливки форм из стопорного ковша:

- без торможения струи;
- с торможением струи расплава стопором.

В зависимости от этого используют соответствующие две методики. Расчет литниковой системы при заливке из стопорного ковша без торможения струи производится в следующей последовательности:

- определение по формуле (4.10) оптимальной продолжительности заливки форм ($\tau_{\text{опт}}$);
- расчет средней скорости подъема уровня расплава в форме и проверка не превышения ею значения допустимой скорости в соответствии с неравенством (4.17);
- выбор вида литниковой системы, полагая, что, как правило, при заливке из стопорного ковша отливок массой более 1000 кг применяют расширяющиеся системы с самым узким сечением – стояком;
- расчет параметров стопорного ковша, обеспечивающих оптимальную продолжительность заливки форм ($\tau_{\text{опт}}$);
- расчет площади самого узкого сечения литниковой системы;
- определение площадей сечений и размеров остальных элементов литниковой системы.

Схема к расчету литниковой системы при заливке формы из стопорного ковша представлена на рис. 4.24.

Расчет параметров стопорного ковша, обеспечивающих $\tau_{\text{опт}}$, представляет типично гидравлическую задачу по определению диаметра отверстий, высоты уровня расплава в ковше в начале и конце заливки, необходимых для достижения требуемого времени истечения заданной массы жидкости. Пренебрегая конусностью ковша и его высотой над формой, решение этой задачи описывается системой уравнений [8].

$$Q_M^K = \frac{G}{\tau_{\text{опт}}} = \rho \mu_K \beta_P F_{\text{отв}}^K \sqrt{2gH_{\text{CP}}^K}, \quad (4.18)$$

$$\sqrt{H_{\text{CP}}^K} = \frac{\sqrt{H_1'} + \sqrt{H_1''}}{2}, \quad (4.19)$$

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{\pi D_K^2}{4} (H_1' - H_1''), \quad (4.20)$$

где $F_{\text{отв}}^K$ – суммарная площадь отверстий в стопорном ковше, м^2 ; H_1' – начальный уровень расплава в ковше, м ; H_1'' – конечный уровень расплава в ковше, м ; H_{CP}^K – средний металлостатический напор в ковше, м ; D_K – диаметр ковша, м ; Q_M^K – массовый расход расплава при истечении из ковша, кг/с ; G – масса расплава, для заливки одной формы, кг ; $\tau_{\text{опт}}$ – оптимальная продолжительность заливки формы для одной отливки, с ; ρ – плотность расплава, кг/м^3 ; g – ускорение силы тяжести, м/с^2 ; V – объем расплава, для заливки одной формы, м^3 ; μ_K – коэффициент расхода при истечении расплава из ковша, $\mu_K = 0,8 \dots 0,9$; β_P – коэффициент размыва стаканчика, $\beta_P = 1 \dots 1,25$.

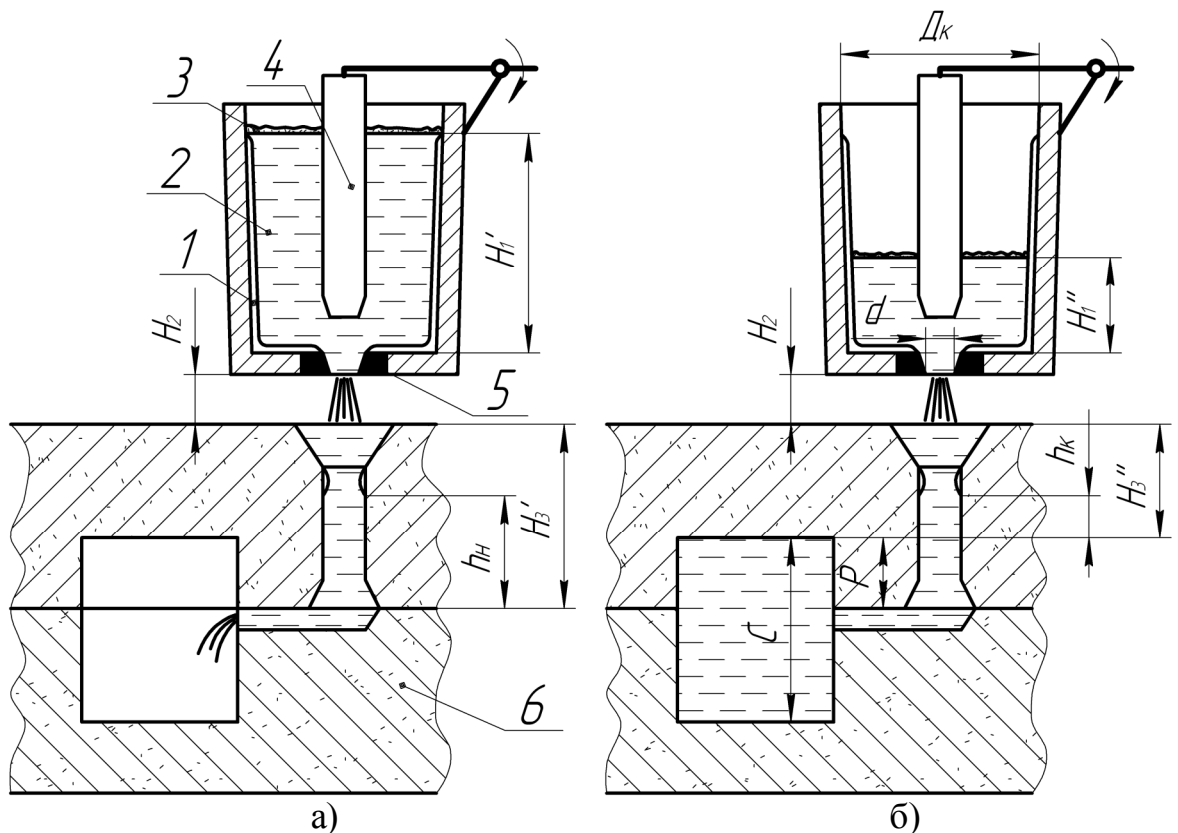


Рис. 4.24. Схема к расчету литниковой системы при заливке формы из стопорного ковша:

- 1 – стопорный ковш; 2 – расплав; 3 – шлак; 4 – стопорное устройство;
5 – стаканчик; 6 – форма; а – начало заливки; б – конец заливки

В представленной системе из трех уравнений четыре неизвестных: $F_{\text{ОТВ}}^{\text{К}}$, H_1' , H_1'' , $H_{\text{СР}}^{\text{К}}$. Чтобы система уравнений имела решение, необходимо задаться одним из неизвестных параметров. На практике используют два варианта. Согласно первому, задаваясь начальным уровнем расплава в ковше (H_1'), рассчитывается конечный уровень расплава в ковше (H_1'') из уравнения (4.20). Затем по уравнению (4.19) определяется средний металлостатический напор в ковше ($H_{\text{СР}}^{\text{К}}$) и из формулы (4.18) рассчитывается суммарная площадь отверстий в стопорном ковше ($F_{\text{ОТВ}}^{\text{К}}$), обеспечивающая оптимальную продолжительность заливки формы.

Зная $F_{\text{ОТВ}}^{\text{К}}$, определяются с количеством стаканчиков в стопорном ковше и диаметром их отверстий, используя формулы

$$F_{\text{ОТВ}_1}^{\text{К}} = \frac{F_{\text{ОТВ}}^{\text{К}}}{n}, \quad (4.21)$$

$$F_{\text{ОТВ}_1}^{\text{К}} = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (4.22)$$

где $F_{\text{ОТВ}_1}^{\text{К}}$ – площадь сечения одного отверстия стаканчика в ковше, м^2 ; n – число стаканчиков в ковше, шт.; d – диаметр отверстия одного стаканчика в ковше, м.

Таким образом, в соответствии с первым вариантом, задавшись уровнем расплава в ковше в начале заливки (H_1'), определяется диаметр отверстий стаканчиков, обеспечивающий оптимальную продолжительность заливки формы.

При втором варианте задаются диаметром отверстия стаканчика, выбирая стандартные значения 25...90 мм с шагом 5 мм. Затем рассчитываются $F_{\text{ОТВ}}^{\text{К}}$ и $H_{\text{СР}}^{\text{К}}$ из уравнения (4.18). Наконец, решая совместно уравнения (4.19) и (4.20) системы относительно H_1' , определяется начальный уровень расплава в ковше, обеспечивающий оптимальную продолжительность заливки формы.

Расчет площади самого узкого сечения литниковой системы ведется из положения, что стояк должен пропустить в единицу времени столько расплава, сколько его проходит через отверстия стаканчиков в стопорном ковше.

Тогда справедливы равенства

$$Q_{\text{К}} = Q_{\text{Ф}}, \quad (4.23)$$

$$Q_{\text{К}} = \rho \mu_{\text{К}} \beta_{\text{Р}} F_{\text{ОТВ}}^{\text{К}} \sqrt{2gH_{\text{СР}}^{\text{К}}}, \quad (4.24)$$

$$Q_{\text{Ф}} = \rho \mu_{\text{Ф}} F_{\text{УЗ}}^{\text{Ф}} \sqrt{2gh_{\text{Р}}^{\text{Ф}}}. \quad (4.25)$$

Из уравнений (4.23) – (4.25) площадь самого узкого сечения литниковой системы выражается формулой

$$F_{\text{УЗ}}^{\text{Ф}} = F_{\text{ОТВ}}^{\text{К}} \frac{\mu_{\text{К}}}{\mu_{\text{Ф}}} \beta_{\text{Р}} \sqrt{\frac{H_{\text{СР}}^{\text{К}}}{h_{\text{Р}}^{\text{Ф}}}}, \quad (4.26)$$

где $F_{\text{ОТВ}}^{\text{К}}$ – суммарная площадь сечения отверстий стаканчиков в стопорном ковше, м^2 ; $\mu_{\text{К}}$ – коэффициент расхода расплава при истечении из ковша, $\mu_{\text{К}} = 0,8 \dots 0,9$; $\mu_{\text{Ф}}$ – коэффициент расхода расплава в форме (см. табл. 4.22 и 4.23); $\beta_{\text{Р}}$ – коэффициент размыва стаканчика; $H_{\text{СР}}^{\text{К}}$ – средний металлостатический напор расплава в ковше, м; $h_{\text{Р}}^{\Phi}$ – расчетный металлостатический напор расплава в форме, м.

На практике рассчитывается площадь самого узкого сечения литниковой системы для условий начала и конца заливки расплава в форму. Для начала заливки должны соблюдаться равенства

$$F_{\text{УЗ}}^{\Phi'} = F_{\text{ОТВ}}^{\text{К}} \frac{\mu_{\text{К}}}{\mu_{\text{Ф}}} \beta_{\text{Р}}' \sqrt{\frac{H_1'}{h_{\text{Н}}}}, \quad (4.27)$$

$$h_{\text{Н}} = H_3' - (0,05 \dots 0,1), \quad (4.28)$$

$$\beta_{\text{Р}}' = 1, \quad (4.29)$$

где $\beta_{\text{Р}}'$ – коэффициент размыва стаканчика в начале заливки; H_1' – начальный уровень расплава в ковше, м; $h_{\text{Н}}$ – металлостатический напор расплава в форме в начале заливки, м; H_3' – высота формы над уровнем питателей, м.

Для конца заливки справедливы выражения

$$F_{\text{УЗ}}^{\Phi''} = F_{\text{ОТВ}}^{\text{К}} \frac{\mu_{\text{К}}}{\mu_{\text{Ф}}} \beta_{\text{Р}}'' \sqrt{\frac{H_1''}{h_{\text{К}}}}, \quad (4.30)$$

$$h_{\text{К}} = H_3'' - (0,05 \dots 0,1), \quad (4.31)$$

$$\beta_{\text{Р}}'' > 1, \quad (4.32)$$

где $\beta_{\text{Р}}''$ – коэффициент размыва стаканчика в конце заливки; H_1'' – уровень расплава в ковше в конце заливки, м; $h_{\text{К}}$ – металлостатический напор расплава в форме в конце заливки, м; H_3'' – высота формы над верхним уровнем отливки, м.

Из двух значений $F_{\text{УЗ}}^{\Phi'}$ и $F_{\text{УЗ}}^{\Phi''}$ выбирается наибольшее и определяются площади сечений остальных элементов литниковой системы из соответствующих соотношений, представленных в табл. 4.26.

Расчет литниковых систем при заливке форм из стопорного ковша с торможением струи аналогичен приведенному, но дополнительно вводится коэффициент торможения струи [8]

$$\beta_{\text{Т}} = \frac{V_{\text{СВОБ}}}{V_{\text{Т}}}, \quad (4.33)$$

где $V_{\text{СВОБ}}$ – скорость течения расплава из ковша без торможения со стороны стопора, м/с; $V_{\text{Т}}$ – скорость течения расплава из ковша, уменьшенная в результате торможения струи из-за стопора, м/с; $\beta_{\text{Т}}$ – коэффициент торможения струи, $\beta = 1,0 \dots 1,5$.

В этом случае для начала заливки справедливы выражения

$$F_{уз}^{\Phi'} = F_{отв}^K \frac{\mu_K}{\mu_{\Phi}} \cdot \frac{\beta_P'}{\beta_T'} \sqrt{\frac{H_1'}{h_H}}, \quad (4.34)$$

$$\beta_T' > 1, \quad (4.35)$$

где β_T' – коэффициент торможения струи в начале заливки.

Для конца заливки соблюдаются условия

$$F_{уз}^{\Phi''} = F_{отв}^K \frac{\mu_K}{\mu_{\Phi}} \cdot \frac{\beta_P''}{\beta_T''} \sqrt{\frac{H_1''}{h_K}}, \quad (4.36)$$

$$\beta_T'' = 1, \quad (4.37)$$

где β_T'' – коэффициент торможения струи в конце заливки.

Из значений $F_{уз}^{\Phi'}$ и $F_{уз}^{\Phi''}$ выбирается наибольшее и рассчитываются площади сечений остальных элементов литниковой системы, исходя из соотношений, представленных в табл. 4.26.

4.6.5. Расчет литниковых систем при подводе металла на нескольких уровнях

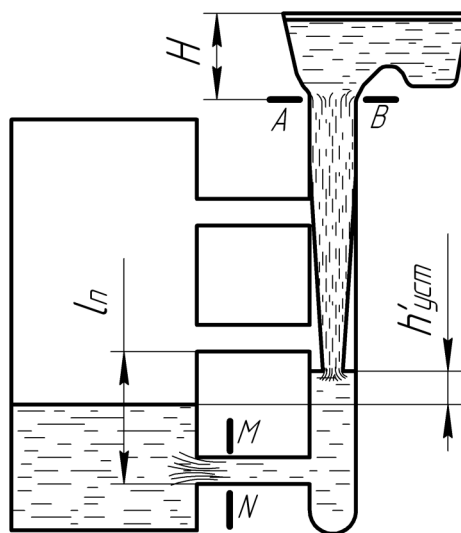


Рис. 4.25. Схема подвода металла в полость отливки на нескольких уровнях

При заполнении высоких отливок возникает необходимость в подводе расплава на нескольких уровнях. При этом горячий металл последовательно поступает через питатели на поверхность поднимающегося в полости формы расплава, что обеспечивает качественное заполнение формы и направленное затвердевание отливки. Однако практическая реализация данного режима заполнения формы предъявляет специфические требования к конструированию и расчету литниковой системы [3].

Данные литниковые системы должны быть незамкнуты в стояке. Они рассчитываются так, что вначале действуют только питатели на нижнем уровне. Если система будет замкнута в стояке, то все питатели по высоте начинают работать одновременно. Одновременное истечение расплава из питателей со всех уровней приводит к окислению и разбрызгиванию металла, размыванию стенок формы, т. е. не обеспечивает качественного заполнения формы. Поэтому замкнутые в стояке ярусные системы на практике не применяются [8].

Площадь сечения нижнего питателя определяется таким образом, чтобы установившаяся высота уровня сплава в стояке $h'_{уст}$ не превышала расстояния между двумя соседними питателями. По мере подъема уровня сплава в форме выше нижнего питателя уровень сплава в стояке поднимается. При этом разность уровней сплава в стояке и полости формы будет равна $h'_{уст}$. После подхода сплава в стояке к последующему питателю, через него начинается истечение расплава в форму. При этом начальная высота падения струи на поверхность расплава в форме равна $h'_{уст}$.

Известно, что для разных сплавов существует максимально допустимая с точки зрения качества заполнения формы высота падения струи $h'_д$. Чем больше склонен сплав к окислению, тем меньше величина $h'_д$. При заливке углеродистых сталей допустимая высота падения струи сплава $h'_д$ из питателя в полость формы составляет 300...400 мм, при заливке чугуна 600...800 мм. Расстояния между питателями по вертикали не должны быть меньше $h'_{уст}$, чтобы исключить одновременное действие нескольких питателей.

После подъема сплава в полости формы до уровня очередного питателя ее заполнение на высоту $h_п$ осуществляется снизу через нижние питатели. Далее уровень сплава в стояке достигает очередного питателя, и заполнение формы осуществляется сверху при высоте падения струи, равной $h'_{уст}$;

$$h_п = l_п - h'_{уст}, \quad (4.38)$$

где $l_п$ – расстояние между соседними по высоте питателями.

Для исключения образования спаев и недоливов при заполнении формы снизу величина $h_п$ должна быть меньше некоторого допустимого значения $N_{доп}$, зависящего от типа сплава и толщины стенки отливки.

Ориентировочные данные по $N_{доп}$ приведены в табл. 4.28.

Таким образом, расстояния между питателями должны удовлетворять неравенству $h'_{уст} < l_п < N_{доп} + h'_{уст}$. Расчет литниковой системы осуществляется в следующей последовательности:

1. Расчет оптимальной продолжительности заливки выполняется по уравнению Дубицкого (4.10).

2. Определение числа уровней подвода сплава и расстояний между ними. Нижний питатель располагают на высоте от низа отливки, не превышающей значение $h'_д$. Остальные питатели располагают по высоте отливки на расстояниях $h'_{уст} < l_п < N_{доп} + h'_{уст}$. Общее число питателей определяется при их компоновке с учетом рекомендации, данной в п. 4.6.2.

Значения допустимой высоты подъема сплава в полости формы $H_{\text{доп}}$

Сплав	Толщина стенки отливки, мм	$H_{\text{доп}}$
Чугун	4...2	$(30...100)\tau_{\text{опт}}$
	10...4	$(20...30)\tau_{\text{опт}}$
	40...10	$(10...20)\tau_{\text{опт}}$
Сталь углеродистая	7...10	$20\tau_{\text{опт}}$
	10...40	$(20...10)\tau_{\text{опт}}$
	> 40	$(8...10)\tau_{\text{опт}}$

3. Расчет площади узкого места проводится по формуле 4.12. Расчетный металлостатический напор при применении литниковых воронок равен:

- $H_p = H_b$ (H_b – высота воронки), если площадь струи, падающей из ковша, меньше 0,2 от площади зеркала сплава в воронке;

- $H_p = 1,3H_b$, если указанное условие не выполняется (учитывается 30%-ное увеличение напора за счет кинетической энергии струи);

- $H_p = H_c$ (H_b – высота чаши) при заливке с использованием литниковой чаши.

Коэффициент расхода в сечении АВ (см. рис. 4.25), которое в данном случае является узким местом системы, ориентировочно можно принять равным $\mu_{AB} = 0,8$.

4. Расчет площади нижнего питателя ω_{MN} , производится таким образом, чтобы установившееся значение высоты столба сплава в стояке относительно уровня питателя $h'_{\text{уст}}$ было равно допустимому значению высоты падения сплава h'_d .

При высоте сплава в стояке относительно нижнего питателя, равной $h'_{\text{уст}} = h'_d$, расход сплава из чаши или воронки равен расходу через питатель, то есть

$$\mu_{AB} \cdot \omega_{AB} \cdot \sqrt{2g \cdot H_p} = \mu_{MN} \cdot \omega_{MN} \cdot \sqrt{2g \cdot h'_d} \quad (4.39)$$

Отсюда находим

$$\omega_{MN} = \omega_{AB} \cdot \frac{\mu_{AB}}{\mu_{MN}} \cdot \frac{\sqrt{H_p}}{\sqrt{h'_d}}, \quad (4.40)$$

где μ_{MN} – коэффициент расхода в сечении нижнего питателя.

При ориентировочных расчетах в курсовом и дипломном проектировании допускается принимать $\mu_{MN} = 0,5$.

5. Расчет площадей остальных питателей производится следующим образом. После подъема сплава в полости формы выше уровня более высокого питателя расплав подается в форму не только через этот питатель, но и через все нижележащие. Для обеспечения направленного затвердевания отливки и обеспечения заполняемости формы целесообразно основную часть сплава подавать в форму через верхний питатель. Поэтому площади каждого последующего питателя уве-

личиваются в 1,3 раза по сравнению с площадью нижележащего [3], т.е. $\omega_2 = 1,3\omega_{MN}$; $\omega_3 = 1,3\omega_2$ и т.д.

4.6.6. Конструкция и расчет дроссельных литниковых систем

Литниковые системы с последовательным уменьшением площадей поперечного сечения элементов от стояка к питателям иногда приводят к браку отливок по шлаковым раковинам и засорам вследствие размыва формы струей, вытекающей из питателей с большой скоростью.

Для регулирования скорости поступления расплава в форму и лучшего задержания шлака применяют дроссельные литниковые системы. Дроссели – это узкие щелевидные каналы, которые располагают между стояком и питателями. Дроссель определяет массовый расход расплава, протекающего через литниковую систему, а питатель – линейную скорость расплава, поступающего в форму, которую выбирают минимальной, но достаточной, чтобы шлакоуловитель был заполненным.

Сечение шлакоуловителя должно быть таким, чтобы расплав протекал в нем со скоростью меньше критической, при которой происходит замешивание шлака в расплав.

При движении расплава через дроссели турбулентное перемешивание в потоке уменьшается, а вследствие потери скорости за дросселем в шлакоуловителе всплывает шлак – происходит шлакоотделение и задержание шлака. Увеличение сечения питателя уменьшает скорость поступления расплава в форму и количество засоров в отливках.

Дроссельные литниковые системы рассчитывают по методу Б. В. Рабиновича. Ниже приведена последовательность расчета размеров литниковой системы [5].

1. В соответствии с положением отливки при заливке определить место подвода расплава, составить схему литниковой системы и определить расчетный металлостатический напор по формуле 4.16 ($H_p = H - P^2/2C$).

2. По графику (рис. 4.26) найти массовую скорость заливки G_c , зная массу отливки G , а также выбрав режим заливки (быстро, нормально, медленно). Медленная заливка рекомендуется для толстостенных отливок из серого чугуна, отливок, имеющих вертикальные массивные стенки, и для отливок с большими стержнями и малыми знаками. Быстрая заливка рекомендуется для отливок тонкостенных и сложной конфигурации, при сифонном подводе расплава, а также для отливок с развитыми горизонтальными поверхностями. В остальных случаях рекомендуется нормальная заливка.

3. По средней или максимальной массовой скорости заливки G_c и расчетному напору H_p по графику (рис. 4.27) определяют номер дросселя. В соответствии с номером дросселя и его конструкцией по табл. 4.29 находят размеры дросселя.

По известной массовой скорости заливки G_c определяют площадь $F_{шл}$ сечения и размеры шлакоуловителя, а также суммарную площадь F_n питателей. Для этого на оси ординат номограммы (рис. 4.28) находят расход расплава, протекающего через рассчитываемую ветвь шлакоуловителя (если от стояка шлакоуловитель от-

ходит в две стороны, то берут половинный расход, обеспечиваемый выбранным дросселем), и проводят горизонталь до пересечения с кривой I. От точки пересечения опускают вертикаль через ось абсцисс до пересечения с кривой II. От новой точки пересечения проводят горизонталь влево от оси ординат, на которой отложены размеры основания шлакоуловителя P , мм. Остальные его размеры обозначены на графике ($h = P$, $h = 0,75P$). Площадь сечения шлакоуловителя $F_{шл}$ находят на оси абсцисс. Аналогично по графику (рис. 4.28) находят суммарную площадь питателей.

Для этого по оси ординат находят расход расплава, протекающего через ветвь шлакоуловителя, и проводят горизонталь до пересечения с кривыми 1, 2, 3 в зависимости от конструкции места соединения питателя, шлакоуловителя и отливки. Из найденной точки опускают вертикаль до пересечения с осью абсцисс, где отложены значения площади поперечного сечения питателей. Число питателей и их расположение назначают в зависимости от конструкции отливки.

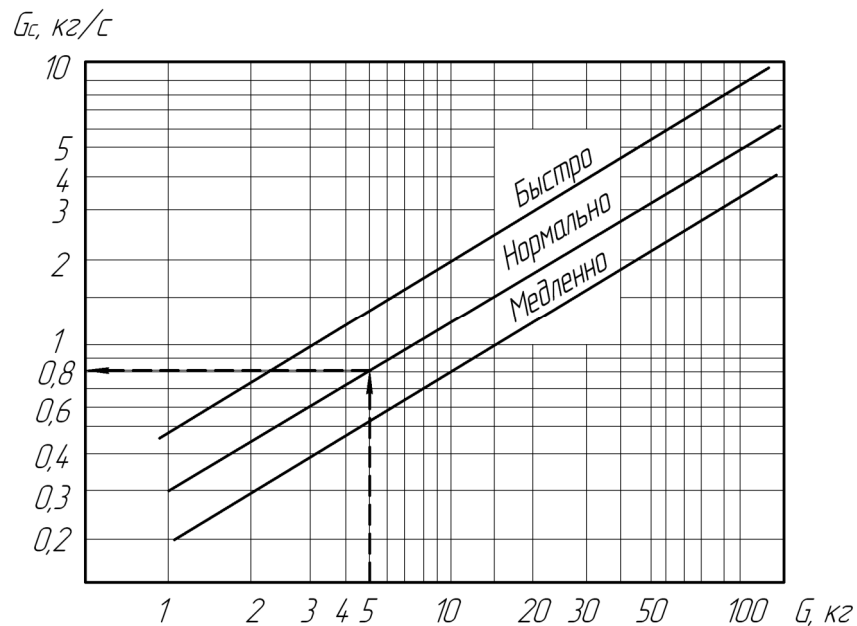


Рис. 4.26. Определение массовой скорости заливки G_c

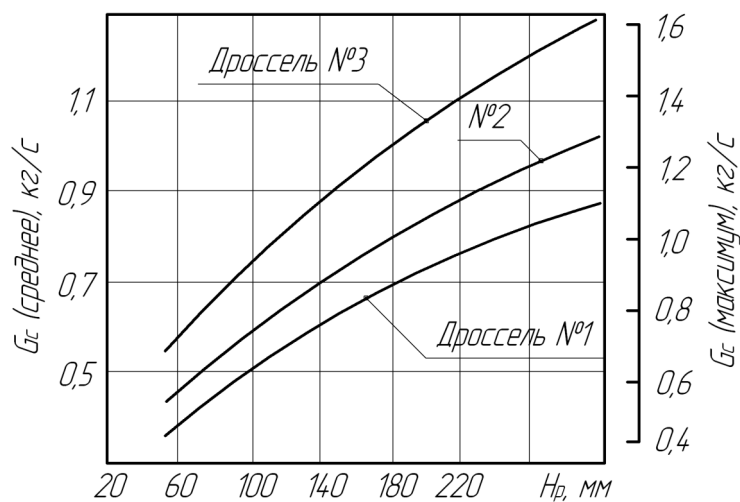
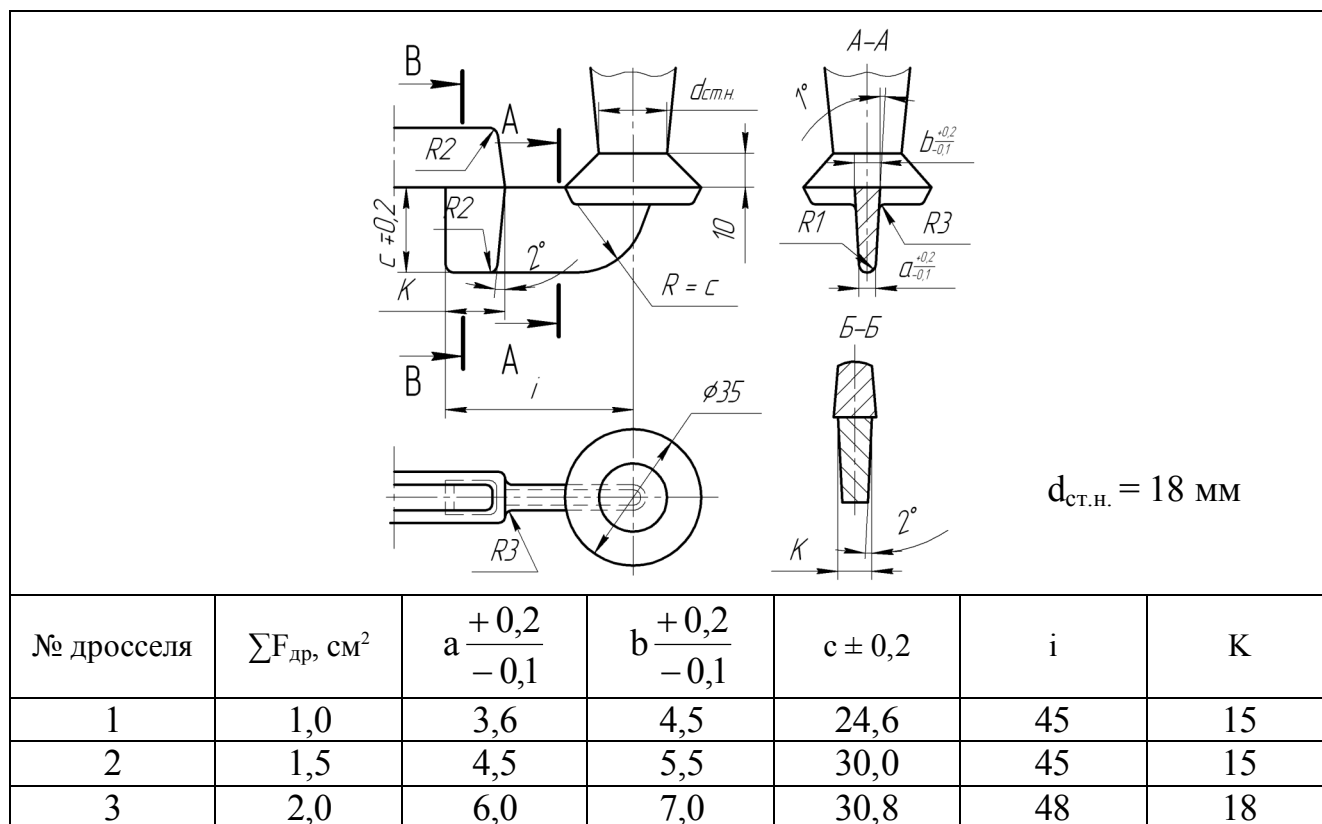


Рис. 4.27. График для определения номера дросселя

Размеры односторонних одноходовых дросселей, мм



4. Зная расход, по табл. 4.30 находят диаметр чаши и ее высоту.

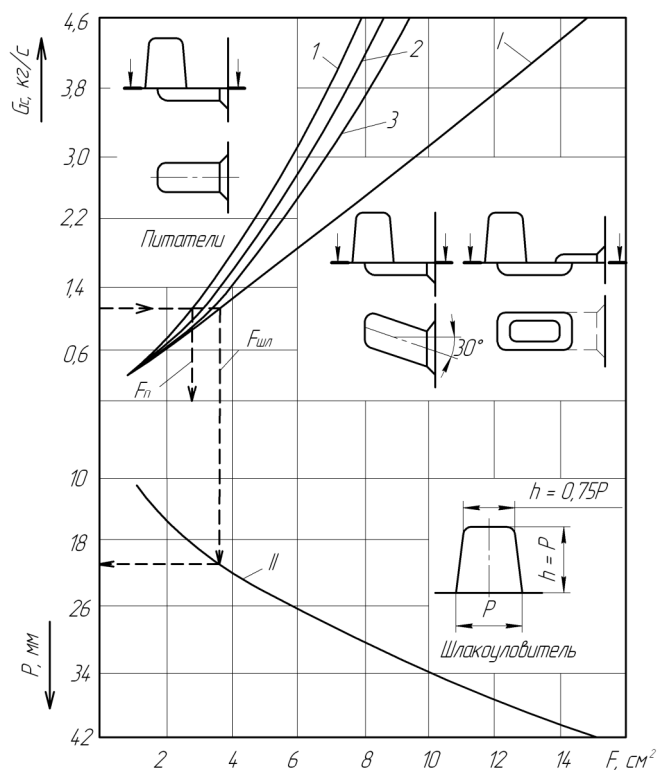
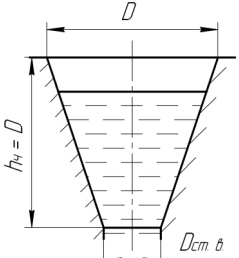


Рис. 4.28. Номограмма для определения площади сечения шлакоуловителей и питателей по известному расходу

Размеры чаши-воронки

	№ воронки	Gс, кг/с	Дст. в., мм	D = h _ч , мм
	1	До 1,5	18	50
	2	1,5...2,5	23	60
	3	2,5...3,5	27	75
	4	3,5...5,0	30	90

4.7. Определение габаритов опок и расчет крепления формы

4.7.1. Определение габаритов опок

При выборе размеров опок руководствуются тем, что должен максимально использоваться объем литейной формы и обеспечиваться прочность формы при изготовлении, транспортировке и заливке металлом. При размещении отливок в форме необходимо учитывать, что подвод металла к каждой отливке следует осуществлять в одни и те же места, чтобы обеспечить одинаковые условия формирования отливок, а значит и их качество. Выбор размеров опок производится одновременно с выбором машин для изготовления форм с целью более полной их загрузки. Наименьшие допустимые расстояния между моделями и элементами формы можно определить по табл. 4.31.

Таблица 4.31

Наименьшие расстояния между моделями и элементами формы

Масса отливки, кг	Между верхней поверхностью модели и верхней поверхностью формы, мм	Между нижней поверхностью модели и нижней поверхностью формы, мм	Между моделью и стенкой опоки, мм	Между стояком и стенкой опоки, мм	Между моделями, мм	Между моделью и шлакоуловителем, мм
До 5	40	40	30	30	30	30
5...10	50	50	40	40	40	30
10...20	60	60	40	50	50	30
20...50	70	70	50	50	60	40
50...100	90	90	50	60	70	50
100...250	100	100	60	70	100	60
250...500	120	120	70	80	—	70
500...1000	150	150	90	90	—	120
1000...2000	200	200	100	100	—	150
2000...3000	250	250	125	125	—	200
3000...4000	275	275	150	150	—	225
4000...5000	300	200	175	175	—	250
5000...10000	350	350	200	200	—	250
Св. 10000	400	400	250	250	—	250

Выбранные с помощью табл. 4.31 основные размеры опок приводят в соответствии с ГОСТ 2133-75 (табл. 4.32 и 4.33).

Таблица 4.32

Высота опок (ГОСТ 2133-75)

Длина или диаметр опоки в свету, мм	Высота опок Н, мм																			
	50	75	100	120	150	175	200	250	300	360	400	450	500	560	600	710	800	900	1000	
300	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
360	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
400	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
450	-	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
500	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
560	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
600	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
630	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
710	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
750	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
800	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
900	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	
1000	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	
1100	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	
1200	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	
1400	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	
1500	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	
1600	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	
1800	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	
2000	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	
2200	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	
2500	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	
2600	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	
2800	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	
3000	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3200	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3600	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3800	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
4000	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
4200	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
4500	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
4800	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Для изготовления форм могут использоваться цельнолитые опоки из стали, чугуна и легких цветных сплавов, сварные из проката и литых стальных элементов и сборные из стальных и чугунных элементов. Расстояние между осями центрирующих отверстий опок по ГОСТ 2133-75 и диаметры центрирующих отверстий по ГОСТ 8909-75 приведены соответственно в табл. 4.34 и 4.35.

Остальные конструктивные параметры опок выбираются из ГОСТов в зависимости от принятого типа и габаритов.

Таблица 4.34

Расстояние между осями центрирующих отверстий под штыри

Длина L или диаметр D опок в свету, мм	Номинальный размер, мм	Предельное отклонение, мм
От 300 до 750	$L(D) + 100$	$\pm 0,2$
От 800 до 1200	$L(D) + 120$	$\pm 0,5$
От 1400 до 1600	$L(D) + 160$	$\pm 0,5$
От 1800 до 2400	$L(D) + 200$	$\pm 1,0$
От 2500 до 4000	$L(D) + 240$	$\pm 1,5$
От 4200 до 5600	$L(D) + 280$	$\pm 1,5$
От 6000 до 7100	$L(D) + 320$	$\pm 1,5$

Таблица 4.35

Диаметры центрирующих отверстий опок

Средний габаритный размер опок, мм	Диаметр центрирующего отверстия, мм, не менее
До 500	20
Св. 500 до 750	25
Св. 750 до 2500	30
Св. 2500 до 5000	40

4.7.2. Расчет груза для крепления полуформ

После изготовления полуформ осуществляют сборку формы и ее крепление. Крепление может производиться за счет наложения груза на верхнюю полуформу или применения специальных скоб. Для определения массы груза или расчета прочности скоб необходимо знать усилия, действующие на верхнюю полуформу.

При заливке форм без стержней, например, типа плиты (рис. 4.29), возникающее от действия усилие на верхнюю полуформу (P_{Φ}) можно определить из уравнения:

$$P_{\Phi} = HF \rho_{ME} q, \quad (4.41)$$

где H – высота столба металла от уровня в чаше до поверхности приложения силы, м; F – горизонтальная проекция поверхности приложения силы, m^2 ; ρ_{ME} – плотность металла, kg/m^3 ; q – ускорение свободного падения, m/s^2 .

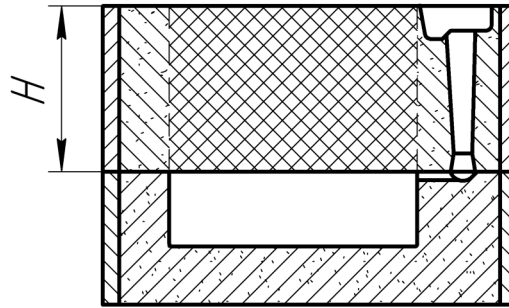


Рис. 4.29

Для определения усилия $P_{РАСЧ}$, которое должно выдержать крепление опок за счет скоб или груза, из P_{Φ} необходимо вычесть усилие, создаваемое верхней полуформой, т.е.

$$P_{РАСЧ} = q(H \cdot F \cdot \rho_{МЕ} - Q), \quad (4.42)$$

где Q – масса верхней полуформы, кг.

Масса груза M , необходимого для крепления полуформ, определится как

$$M = H \cdot F \cdot \rho_{МЕ} - Q. \quad (4.43)$$

Чтобы учесть гидравлический удар металла при заполнении формы нужно полученный результат увеличить на 30 %.

Тогда

$$M = 1,3(H \cdot F \cdot \rho_{МЕ} - Q). \quad (4.44)$$

Из рис. 4.29 видно, что P_{Φ} , действующее на горизонтальную площадь формы, равно весу столба металла над отливкой высотой до уровня металла в литниковой чаше или воронке. Поэтому при изготовлении более сложных форм P_{Φ} проще определить по уравнению

$$P_{\Phi} = q \cdot \rho_{МЕ} (V_{ОБЩ} - V_{ОТЛ}), \quad (4.45)$$

где $V_{ОБЩ}$ – общий объем столба металла в верхней полуформе, включая объем отливки, $м^3$; $V_{ОТЛ}$ – объем отливки в верхней полуформе, $м^3$.

Остальные пункты определения M груза выполняются в такой же, как рассмотрено выше, последовательности.

При заливке форм со стержнями, например, типа втулки (рис. 4.30), на верхнюю полуформу дополнительно оказывает влияние усилие от всплытия стержня P_C , т.е.

$$P_C = q \cdot V_{СТ} (\rho_{МЕ} - \rho_{СТ}), \quad (4.46)$$

где $V_{СТ}$ – объем тела стержня, $м^3$; $\rho_{СТ}$ – плотность стержня, $м^3$.

Тогда

$$P_{ОБЩ} = P_{\Phi} + P_C. \quad (4.47)$$

Или

$$P_{\text{ОБЩ}} = q[\rho_{\text{VT}}(V_{\text{ОБЩ}} - V_{\text{ОТЛ}}) + V_{\text{СТ}}(\rho_{\text{МЕ}} - \rho_{\text{СТ}})]. \quad (4.48)$$

С учетом веса верхней полуформы

$$P_{\text{РАСЧ}} = q[\rho_{\text{МЕ}}(V_{\text{ОБЩ}} - V_{\text{ОТЛ}}) + V_{\text{СТ}}(\rho_{\text{МЕ}} - \rho_{\text{СТ}}) - Q] \quad (4.49)$$

Масса груза в этом случае определится:

$$M = \frac{P}{q} = \rho_{\text{МЕ}}(V_{\text{ОБЩ}} - V_{\text{ОТЛ}}) + V_{\text{СТ}}(\rho_{\text{МЕ}} - \rho_{\text{СТ}}) - Q. \quad (4.50)$$

С учетом гидравлического удара

$$M = 1,3 \cdot [\rho_{\text{МЕ}}(V_{\text{ОБЩ}} - V_{\text{ОТЛ}}) + V_{\text{СТ}}(\rho_{\text{МЕ}} - \rho_{\text{СТ}}) - Q] \quad (4.51)$$

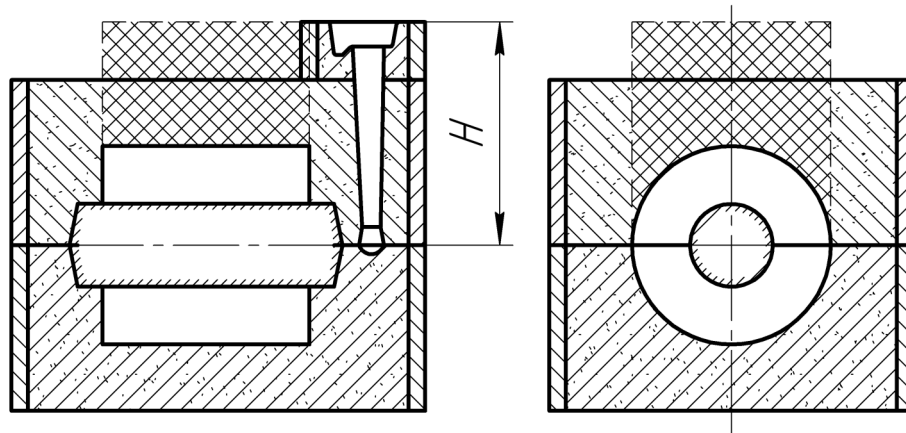


Рис. 4.30

4.8. Выбор формовочных, стержневых смесей, противопригарных покрытий

Формовочные и стержневые смеси разнообразны по составу и физико-механическим свойствам.

Формовочные смеси подразделяют по роду заливаемого металла на смеси для получения отливок из сталей, чугуна и цветных сплавов; по состоянию формы перед заливкой – на смеси для форм, заливаемых во влажном и сухом состояниях.

Облицовочную смесь готовят из наиболее доброкачественных исходных формовочных материалов. Наполнительную смесь готовят в основном из оборотной смеси с небольшими добавками свежих исходных материалов.

Наполнительная смесь значительно дешевле и проще в приготовлении, чем облицовочная. К ней предъявляются требования только по газопроницаемости и прочности, которые должны быть не ниже, чем у облицовочной смеси. Наполнительную смесь обычно не освежают, она представляет собой оборотную смесь. Облицовочные и наполнительные смеси целесообразно использовать в условиях мелкосерийного и единичного производства, особенно при изготовлении средних и крупных отливок. В серийном и массовом производстве используют единую формовочную смесь. Ее изготавливают из наиболее стабильных по составу и

свойствам формовочных песков, прочносвязующих глин и специальных добавок. В состав единой смеси вводят до 15...20 % свежих формовочных материалов.

Формовочные смеси, используемые при производстве стальных отливок, должны обладать высокой прочностью и термохимической устойчивостью, поскольку температура заливки стали выше температур заливки других сплавов.

При изготовлении форм для крупных отливок из высоколегированных сталей применяют смеси на основе цирконового концентрата, хромомagneзита или хромита.

Формовочные смеси для чугунных отливок приготавливают обычно из глинистых песков. Для мелких отливок при машинной формовке применяют единые смеси, которые по составу и свойствам близки к облицовочным. В качестве противопригарной добавки в сырые смеси добавляют каменноугольный порошок.

При формовке «по сырому» крупных форм используют облицовочную и наполнительную смеси. В облицовочные смеси для формовки «по сухому», особенно форм для тонкостенных сложных отливок, в целях повышения податливости, добавляют опилки или торфяную крошку.

Формовочные смеси, используемые при изготовлении отливок из цветных сплавов, должны обеспечивать, в первую очередь, чистоту поверхности отливок. Особенно это важно для сплавов, имеющих большую жидкотекучесть, например, для оловянных бронз. При изготовлении отливок из медных, алюминиевых, магниевых сплавов огнеупорность смесей имеет второстепенное значение, так как сплавы заливают при сравнительно низких температурах. Поэтому целесообразно применять мелкозернистые пески. При производстве отливок из магниевых сплавов смесь должна быть инертной к магнию, не содержать угля, сланцев, вызывающих газовые поры и рыхлоту в отливках, а также иметь минимальную влажность. Возгорание магния при заливке форм предотвращают введением в смесь присадок, содержащих серу, бор. Состав и свойства формовочных смесей приведены в табл. 4.36 и 4.37.

Для изготовления крупных форм могут применяться жидкоподвижные самоотвердеющие смеси. Их можно наливать в оснастку и получать формы или стержни без какого-либо уплотнения. Текучесть смеси обеспечивается за счет введения в нее специальных добавок – поверхностно-активных веществ (ПАВ), а также за счет интенсивного перемешивания. Связующим в таких смесях является, как правило, жидкое стекло, а отвердителем – шлак феррохромового производства. Для увеличения живучести смеси может добавляться раствор едкого натра. Состав и свойства ЖСС приведены в табл. 4.38.

Пластичные самоотвердеющие смеси (ПСС) применяют в качестве облицовочных при производстве средних и крупных отливок из чугуна. Состав и свойства данных смесей приведены в табл. 4.39.

К стержневым смесям предъявляют требования более жесткие, чем к формовочным. Прочность стержня и его поверхностная твердость должны быть выше этих параметров формы. Стержневые смеси должны иметь большую огнеупорность, податливость и небольшую гигроскопичность, высокую газопроницаемость и малую газотворную способность, хорошую выбиваемость. Компоненты

стержневой смеси должны обладать высокой химической стойкостью по отношению к расплаву и достаточной плотностью, чтобы пригар на отливке был минимальным.

Таблица 4.38

Составы ЖСС

Компоненты смеси	Номер смеси, массовая доля компонентов, %			
	1	2	3	4
Кварцевый песок	95...97	95...97	97	97
Феррохромовый шлак ($S_{уд} = 2000...2500 \text{ см}^2/\text{г}$)	3...5	3...5	–	–
Нефелиновый шлам ($S_{уд} = 7000...2500 \text{ см}^2/\text{г}$)	–	–	3	3
Жидкое стекло ($M = 2,6...2,8, \rho = 1,48...1,50 \text{ г/см}^3$)	6...7	6...7	3,5...4,5	3,5...4,5
Вода	1,5...2,0	1,5...2,0	1,5...2,0	1,5...2,0
Пенообразователь: контакт Петрова мылонафт ДС-РАС	0,5	–	0,5	–
	0...0,15	–	0...0,15	–
	–	0,1...0,15	–	0,1...0,15

Песчано-глинистые и песчано-масляные стержневые смеси обладают удовлетворительными технологическими свойствами. Однако для упрочнения требуется тепловая сушка, что значительно увеличивает продолжительность изготовления стержней, приводит к необходимости использования сушильных агрегатов. В процессе сушки нередко имеет место искажение геометрических размеров стержня.

В настоящее время в России применяются песчано-смоляные стержневые смеси, отверждающиеся непосредственно в стержневом ящике, обогреваемом газом и электричеством до 220...280 °С в течение короткого промежутка времени (от 40 с до 3 мин в зависимости от размеров стержня). Это горячетвердеющие смеси (ГТС). Связующими в этих смесях являются синтетические смолы.

Песчано-смоляные горячетвердеющие смеси подразделяют на механические и плакированные. Механическую смесь песка, порошкообразного связующего и добавок используют ограниченно. Более технологичны плакированные смеси. Они представляют собой сухой зернистый материал, зерна которого покрыты пленкой, в состав которой входят связующее и добавки. В состав пленки входят связующее и добавки. Для нанесения пленки на зерна песка применяют холодный и горячий способы плакирования. Для ускорения отверждения в состав данных смесей вводят катализаторы, а для регулирования технологических свойств различные добавки – оксид железа, серебристый графит, стеарат кальция и др. Прочность на растяжение после отверждения таких смесей составляет более 2 МПа. Составы ГТС приведены в табл. 4.40.

Состав и свойства пластичных песчано-жидкостекольных самотвердеющих смесей

Массовая доля составляющих, %							
Кварцевый песок	Формовочная глина	Каменно-угольная пыль	Жидкое стекло	Раствор едкого натра*	Феррохромовый шлак		
87,5...80,5	2...4	–	6...8	0,5...1,5	4...6		
85,5...80,0	4...5	3...4	5...7	0,5...1,0	2...3		
89,5...80,0	–	0...4	4...6	0,5...1,0	4...6		
Характеристика смеси							
Влажность, %	Газопроницаемость, ед., не менее	Прочность, кПа					Назначение
		На сжатие		На растяжение после выдержки, ч			
		До введения шлака	После введения шлака	1	2	3	
3,5...4,0	120	12	20	80	150	230	Облицовочная для форм при изготовлении стальных отливок
3,5...4,0	100	12	20	70	130	200	Облицовочная для форм при изготовлении чугунных отливок
3,4...3,8	120	7	13	100	150	250	Стержневая при изготовлении стальных и чугунных отливок

Примечание. *Плотность 1300 кг/м³. При изготовлении формовочных смесей допускается замена части песка регенератом.

Все большее применение в последнее время находят смеси, для упрочнения которых не требуется теплового воздействия, так называемые холодно- или химически твердеющие смеси (ХТС), их называют также быстротвердеющими. В качестве катализаторов твердения могут применяться газы, твердые вещества и жидкости. Примером стержневых смесей, отверждаемых продувкой газовым реагентом, являются песчано-жидкостекольные смеси по СО₂-процессу (ЖС-смеси), представленные в табл. 4.41.

Недостатком жидкостекольных смесей является их затрудненная выбиваемость из отливок. Поэтому в качестве связующих ХТС применяют синтетические смолы – карбамидные, карбамидофурановые и др. и катализаторы – органические и неорганические кислоты, кислые соли. ХТС на синтетических смолах обладают высокой прочностью, газопроницаемостью, податливостью, хорошей выбиваемостью. ХТС коренным образом видоизменили технологию, экономику и организацию производства стержней и создали возможности получения весьма сложных и точных литых заготовок для массовых отраслей машиностроения. Состав и свойства кислотоотверждаемых ХТС приведены в табл. 4.42.

В современной мировой практике применяются несколько разновидностей весьма эффективных холодных процессов [9].

Cold-box-amin-процесс

Процесс разработан в США в 1968 году фирмой "ASHLAND" Стержневая смесь содержит (мас. частей):

- кварцевый песок – 100;
- фенольная смола (первая часть связующего) – 0,8;
- полиизоцианат (вторая часть связующего) – 0,8.

После уплотнения смеси в стержневом ящике пескоструйным или пескострельным способом стержень продувается смесью паров высоколетучей жидкости – третичного амина (триэтиламин, диметилэтиламин) с воздухом и смесь приобретает высокую прочность – 1,2...1,5 кг/см², что составляет примерно 60% конечного значения прочности. Время продувки составляет 2...5 с, далее в течение 10...20 с стержень продувают воздухом для очистки от паров амина. В результате взаимодействия компонентов связующего в присутствии катализатора – амина образуется твердый полимер – полиуретан, который и обеспечивает высокую прочность стержня. Для подготовки, дозирования и подачи амина применяются специальные газогенераторы, которые испаряют амин, смешивают его с воздухом и подают в стержневой ящик. Живучесть смеси составляет в зависимости от ряда факторов от 2 до 4 часов.

Смесь амина с воздухом после прохода через стержневой ящик направляется в нейтрализатор (мокрый скруббер), где полностью нейтрализуется разбавленной серной кислотой с образованием водорастворимой соли сульфата аммония. Степень очистки воздуха в этой системе близка к 100%. Таким образом, весь тракт подачи амина полностью герметизирован, что обеспечивает безопасность процесса.

После изготовления готовые стержни могут окрашиваться противопожарной краской.

Параллельно с разработкой и внедрением процесса был создан ряд специальных материалов, необходимых для производства стержней: клей – расплав для склейки отдельных частей стержня, разделительные покрытия, противопожарные покрытия, средства для очистки стержневых ящиков.

В России разработаны и производятся все необходимые материалы для «Cold-Vox-Amin»-процесса: двухкомпонентное связующее "Полифам-1" (ТУ 2257-005-29108557-96) катализатор ТЭА (триэтиламин марки К-1), клей-расплав "Поли-терм", разделительное покрытие "Полиэр" (ТУ 2251-903-29108557-96), отмывающий состав "Полиос" и другие. Все отечественные материалы по качеству не уступают продукции ведущих европейских и американских производителей, таких как "Huttenes Albertus" (ФРГ), "Ashland" (США), "Furtenbach" (Австрия) и др. Отечественные материалы на 20...30 % дешевле импортных.

По сравнению с процессами производства стержней в нагреваемой оснастке «Cold-Vox-Amin»-процесс имеет следующие преимущества:

– повышение точности стержней и отливок вследствие отсутствия термических напряжений, деформаций и коробления стержней при их извлечении из оснастки и хранении.

– возможность применения для стержней сложной конфигурации с тонкими ажурными сечениями, в том числе для изготовления моноблоков стержней. Так, например, сложные наборы комплектов стержней для отливки блоков цилиндров двигателя легкового автомобиля имеют отклонения от чертежных размеров не более 0,3 мм. Некоторые виды отливок для современных двигателей невозможно изготовить без применения холодного процесса.

– высокое качество литых поверхностей деталей.

– коренное облегчение условий труда в стержневых отделениях литейных цехов, улучшение экологической ситуации в литейных цехах и вокруг них.

– возможность полной автоматизации процесса изготовления стержней и про-
становки их в форму.

– уменьшение затрат в литейном производстве за счет:

а) снижения расхода энергоносителей;

б) снижения брака стержней;

в) повышения производительности стержневых машин;

г) снижение затрат на изготовление и ремонт оснастки, возможности изготовления оснастки из пластмасс, дерева, алюминия взамен стали и чугуна;

д) экономии металла за счет снижения припусков;

е) снижения затрат на ремонт оборудования.

В табл. 4.43 приведены ориентировочные сравнительные показатели холодно-го и горячего процессов по основным позициям экономии.

«Эпокси-SO₂»-процесс

Процесс разработан и внедрен в 1983 году в США и ФРГ. Стержневая смесь по данному процессу содержит (масс. %): кварцевый песок – 100, связующее, компонент А – 0,8, связующее компонент Б – 0,8. Компонент А представляет собой модифицированную эпоксидную смолу, смешанную с органическим пероксидом; компонент Б – эпоксидная смола, смешанная с акрилатом. После уплотнения стержни продувают газообразным сернистым ангидридом (SO₂), смешанным с воздухом или азотом, который после продувки направляется в нейтрализатор, как и в аминовом процессе. Продолжительность продувки и последующей очистки воздухом, прочностные показатели смеси аналогичны аминовому процессу. Однако живучесть смеси практически неограничена, по этому показателю смесь с эпокси-акрилатным связующим выгодно отличается от смесей других типов. В нейтрализаторе сернистый ангидрид нейтрализуется щелочью с образованием водорастворимых солей – сульфата натрия и бисульфата натрия, которые разбавляются водой до разрешенной концентрации и сливаются в промканализацию.

По техническим параметрам и достигаемым преимуществам «Эпокси-SO₂»-процесс близок к процессу с продувкой амином. Существенным недостатком процесса является необходимость работы со сжиженным токсичным газом – сернистым ангидридом. Существует ряд проблем, связанных с его транспортиров-

кой, хранением, подачей к газогенераторным установкам. Система, работающая с SO₂, должна быть герметичной и высококоррозионстойкой.

Таблица 4.43

Сравнение процессов изготовления литейных стержней по горячей и холодной оснастке

№	Наименование показателя	Горячие ящики	Холодные ящики
1	Коробление стержней при изготовлении	1,0...1,5 мм	Нет
2	Возможность изготовления моноблоков стержней (точность сборки стержней в моноблок 0,2...0,3 мм)	Нет	Да
3	Брак стержней при изготовлении и сборке	10...15 %	2...3 %
4	Затраты на изготовление нового комплекта стержневой оснастки	100 %	До 70 %
5	Затраты на эксплуатацию и ремонт стержневой оснастки	100 %	20...30 %
6	Производительность, съёмов в час (блочные стержни)	100 %	120 %
7	Размер припусков на механическую обработку	100 %	60...70 %
8	Потери от брака отливок	100 %	50 %
9	Затраты на связующие и вспомогательные материалы	100 %	100 %
10	Наличие токсичных газовыделений на операциях смесеприготовления и изготовления стержней	Формальдегид, фенол	Отсутствуют
11	Объем токсичных газовыделений на операциях заливки и выбивки отливок	100 %	50...60 %
12	Затраты на захоронение отходов стержней (4 класс опасности)	100 %	12 %
13	Транспортно-складские расходы, связанные с изготовлением стержней	100 %	60 %

Примечание. Таблица составлена на основании опыта работы заводов, которые используют процесс изготовления полного комплекта стержней блока цилиндров в холодной оснастке, а также обобщения данных литейных предприятий Германии и США.

Процесс изготовления стержней с отверждением метилформиатом («Бетасет»-процесс)

Процесс разработан в Великобритании в 1984 г. и назван авторами «Betaset»-процесс. В США этот процесс называют фенольно-эфирным (Phenolic Ester Cold box), а в Европе «MF-процесс».

В состав стержневой смеси входит (масс. %): кварцевый песок – 100, водорастворимая щелочная фенольная смола – 1,5...2. После уплотнения смесь продувается смесью воздуха и парами жидкого сложного эфира – метилформиата. Метилформиат испаряют в специальном газогенераторе. Поскольку метилформиат не является катализатором, а представляет собой компонент протекающей в смеси реакции образования полимера, его расход составляет от 20 до 40 % от веса смолы. Соответственно цикл отверждения увеличивается, а производительность стержневой машины снижается. Прочность стержневой смеси после продувки в 1,5...2 раза ниже, чем при процессах "Cold-box-amin" и Эпокси-802, поэтому "MF-процесс" используется при изготовлении стержней относительно простой конфигурации. Преимуществом процесса является незначительная токсичность метилформиата – применение нейтрализатора не требуется.

«a-set»-процесс (Alphaset)

Связующая система Alphaset состоит из двух компонентов – водорастворимого щелочного фенолформальдегидного олигомера и отвердителя – композиции на основе сложного эфира. Применяют отвердители нескольких типов, каждый из которых дает различное соотношение параметров «живучесть/время до извлечения (ВИ)». На западе ВИ называют Strip time (ST). Выбор отвердителя зависит от характеристик песка и типа основного связующего. Западные фирмы, в частности фирма Borden (Великобритания) – разработчик этого процесса – выпускают набор отвердителей для различных условий производства.

Данные приведены для температуры 25 °С. Обычно живучесть составляет 20...30% от ВИ. Смесь содержит 1,3...1,8 % связующей композиции (СК) и 20...30% (от содержания СК) отвердителя. Ниже приведены прочностные показатели (МПа) смеси (после выдержки) состава, %: 1,3 смолы и 20 (от смолы) отвердителя при 18 °С и относительной влажности смеси 56%. Состав наполнителя (песок/регенерат), %: А, Б, и В – 10/90; 100/0 и 20/80, соответственно.

	А	Б	В
30 мин	1,0	1,2	1,0
60 мин	1,4	1,6	1,5
2 ч	2,2	2,4	2,2
4 ч	2,4	2,8	2,4
24 ч	3,6	3,8	3,7

Примечание. Соотношение живучести, мин, и ВИ, мин, – 5/10.

При использовании смесителя периодического действия очередность ввода жидких компонентов не имеет большого значения. В быстроходных смесителях непрерывного действия прочность на разрыв получается выше, чем в периодических смесителях. Отвердитель вводят в камеру сразу после ввода песка, смолу через 20...30 см по ходу шнека. Рекомендуемая влажность песка – до 3%. Можно увеличить расход отвердителя, чтобы ускорить затвердевание; для замедления затвердевания и, соответственно, увеличения живучести, не рекомендуется исполь-

зовать < 15 % отвердителя, лучше использовать соответствующий медленный отвердитель.

Температура песка влияет на скорость реакции и ВИ меньше, чем многие органические связующие системы. Например, для Alphasure 905 ВИ составляет 12; 6 и 2 мин, соответственно, при 4; 24 и 50 °С. При очень больших колебаниях температуры применяют 2 – 3 типа отвердителей, приемлемых для определенных условий производства.

Основные преимущества смеси, изготовленной Alphaset-процессом:

- слабый запах при смесеприготовлении;
- малая токсичность на всех стадиях техпроцесса;
- достаточная прочность стержней и форм;
- возможность применения песков различной химической природы;
- весьма низкая прилипаемость к оснастке;
- возможность очистки оснастки и смесителя водой.

Способ изготовления форм и стержней из смесей на основе смолы и жидкого эфира сочетает положительные качества, присущие процессам изготовления стержней из ХТС и ЖС-смесей. В "a-set" процессе используют смесь, содержащую связующую композицию, состоящую из щелочной фенольной смолы, отверждаемой жидким эфиром.

Стержни и формы, изготовленные «a-set»-процессом, можно использовать при производстве отливок из всех видов сплавов.

Применяемая в отечественной практике в «a-set»-процессе смола ТРА-48 содержит до 0,9% свободного фенола, до 0,1% свободного формальдегида, до 0,5% азота, 52% твердого вещества (сера отсутствует). Плотность смолы – 1220 кг/м³, рН – 12,5; срок хранения (при 20 °С) – до 6 мес. Используемые отвердители серии ACE (отечественное производство) – это смеси эфиров, лактонов и карбонатов. Скорость отверждения смеси регулируется составом отвердителей, а не их количеством. Отвердители имеют температуру воспламенения > 100 °С, плотность (зависит от номера ACE) 1100...1190 кг/м³, температуру замерзания 40 °С; срок хранения 1 год.

Время удаления модели из формы 6...75 мин (в зависимости от номера ACE). При работе с формовочными смесями, используемыми в «a-set»-процессе, меры предосторожности аналогичны мерам при работе с ЖС-смесями.

Состав смеси, %:

- 100 песка,
- 20...25 отвердителя ACE (от количества смолы);
- 0,9... 1,5 (сверх 100%) смолы (при изготовлении форм);
- 1,1... 1,6 (сверх 100%) смолы (при изготовлении стержней).

Смесь с отвердителем ACE-1075 имеет живучесть 20...25 мин, прочность на сжатие через 2 часа – 1,0 МПа; через 24 ч – 3,2 МПа, осыпаемость < 0,13%.

Формовочный песок должен содержать менее 1% пыли и глины, в противном случае потребуется больше количества смолы и отвердителя. Зернистость песка 0,2...0,315 мм. Можно использовать другие наполнители (хромит, циркон, дистен-силлиманит). Температура песка (оптимальная 30 °С) слабо влияет на свойства

смеси, при соответствующем выборе отвердителя можно работать и при 0 °С. Регенерированный песок должен иметь менее 1 % глинистой составляющей. Потери при прокаливании до 2 %. В этом случае доля регенерата в смеси может достигать при изготовлении стержней до 60 %, форм – до 100 %. Смесь желательно готовить в смесителе непрерывного действия.

Текучесть свежеприготовленной смеси очень хорошая, поэтому уплотнение формы (стержня) осуществляется вручную. Для изготовления крупных форм и стержней и при безопочной формовке требуется небольшая вибрация. Извлечение моделей из полуформ и стержней из ящиков легкое. Стержни и формы можно окрашивать водными и спиртовыми, поджигаемыми противопопригарными красками. При изготовлении отливок из чугуна, легких и цветных сплавов стержни можно не окрашивать, но песок должен быть зернистостью 0,16...0,25 мм, а формы можно уплотнять на вибростоле. Время хранения форм и стержней не ограничено.

При изготовлении самой смеси, форм и стержней газовыделения и запах практически отсутствуют. Во время заливки газы выделяются позднее, чем при ХТС-процессе, поэтому вероятность образования газовых дефектов в отливках минимальная. Так как смола содержит мало свободного формальдегида и фенола, то в процессе формовки они практически не выделяются. Из-за низкого содержания в смеси смолы и отвердителя количество выделяемого в процессе заливки формальдегида и фенола ниже ПДК, также отсутствуют и сернистые выделения. Благодаря медленному терморазложению связующего концентрация образующегося угарного газа также ниже ПДК. Отвержденная смола не растворяется в воде, и поэтому свободный фенол из отходов песка не вымывается водой.

Alphaset-процессом можно изготовить отливки из стали массой до 200 т, из чугуна до 50 т. При безопочной формовке наибольшая масса форм – 20 т.

Вспомогательные составы

Для улучшения качества поверхности форм и отливок в литейном производстве применяются вспомогательные составы. К ним относятся противопопригарные краски, припылы, пасты, клеи, замазки, разделительные покрытия. Противопопригарные краски, припылы и пасты наносят на поверхность литейных форм и стержней для защиты от пригара и снижения шероховатости поверхности отливок.

Противопригарные краски представляют собой суспензию, состоящую из мелкодисперсного огнеупорного наполнителя, связующего материала, стабилизатора, растворителя и специальных добавок.

Выбор огнеупорного наполнителя осуществляется в зависимости от заливаемого сплава и образования на поверхности отливок возможных дефектов. Огнеупорный наполнитель в красках не должен реагировать как с материалом формы, так и с заливаемым металлом. Так, например, для борьбы с пригаром на стальных отливках используют противопопригарные краски на основе высокоогнеупорных тонкодисперсных наполнителей, к которым относятся циркон, магнезит, хромит, электрокорунд и другие. Противопопригарные краски для крупного и среднего чугуна изготавливают обычно на основе углеродистых материалов - графита

и кокса, а для мелкого и цветного – на основе талька, формовочной глины, кокса, маршалита и смесей из них.

Функция связующего материала в составе противопопригарных красок заключается в связывании частиц огнеупорного наполнителя с поверхностью формы или стержня. Связующее должно хорошо растворяться в растворителе или смешиваться с ним. В качестве связующего используют:

- при изготовлении стержней для цветного и чугунного литья – патока, декстрин, лигносульфонаты, синтетические смолы, фосфаты и т.д.;
- при изготовлении стержней для стального литья – синтетические смолы, жидкое стекло и др.

Выбор растворителя осуществляется в зависимости от типа связующего. Все растворители подразделяются на неорганические и органические. Наибольшее значение из неорганических имеет вода, которая является самым распространенным растворителем, входящим в состав красок. К органическим относятся спирты, простые и сложные эфиры, углеводороды и другие. При выборе растворителей принимают во внимание растворяющую способность, огнеопасность, токсичность.

Стабилизаторы вводятся для обеспечения равномерности распределения частиц огнеупорного наполнителя в жидкой фазе краски, что достигается их набуханием в растворителях. Это добавки глины, декстрина, целлюлозы и другие.

К специальным добавкам относятся добавки, предотвращающие краску от брожения и поверхностно-активные вещества, повышающие текучесть и облегчающие их перемешивание.

Составы водных противопопригарных покрытий приведены в табл. 4.44. Покрытия ГП-1 и ГП-2 применяют для форм и стержней мелких, средних и крупных чугунных отливок, СТ – при изготовлении стальных отливок, ЦБ – при изготовлении массивных стальных и чугунных отливок. При покраске форм и стержней из самотвердеющих смесей применяют самовысыхающие краски (табл. 4.45).

Для получения качественного покрытия приготовленные краски должны обладать следующими технологическими свойствами:

- иметь высокие противопопригарные свойства;
- обладать высокой седиментационной устойчивостью, т.е. не расслаиваться вплоть до применения;
- иметь определенную плотность и хорошую кроющую способность;
- не отслаиваться и не осыпаться при заливке.

Нанесение красок на поверхность стержней зависит от характера производства. В условиях индивидуального производства эту операцию выполняют кистью, а при массовом – окунанием. После нанесения водных красок стержни подвергают сушке. В случае использования самовысыхающих красок эта операция исключается.

Припылы используют для устранения или хотя бы уменьшения пригара на отливках. Стержни и формы «припудривают», например, серебристым графитом,

тальком или маршалитом, которые забивают поры формы и уменьшают смачивание их металлом.

Пасты предназначены для натирки стержней в том случае, если краски не обеспечивают достаточной чистоты поверхности отливок. Однако из-за необходимости использования ручного труда ее используют очень редко.

Клеи применяют для склеивания стержней. Широко применяют клеи следующего состава: 50 % ССБ, 50 % формовочной глины, 20 % воды (сверх 100 %) или 40% декстрина, 60 % глины смешивают с 65 % (сверх 100 %) воды.

Замазки используют для ремонта и заделки швов, получающихся при склеивании стержней. Наиболее распространена замазка состава: 65 % песка марки ЗК₃О₃01, 25 % серебристого графита, 10 % формовочной глины. После перемешивания на 1 кг порошка добавляют 0,3 л воды, а для повышения пластичности – 0,5 % мыльного порошка.

Разделительные покрытия служат для уменьшения прилипания формовочной или стержневой смеси к модельной оснастке. Часто применяют смесь 50 % керосина с 50 % мазута, смесь графита с керосином и многие другие.

Продолжение табл. 4.3

Общий допуск элемента по- верхности, мм	Вид оконча- тельной меха- нической обра- ботки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Св. 0,20 до 0,22	Черновая	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,9	1,1	1,4	1,8	—	—	—	—	—	—	—	—
	Получистовая	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,1	1,4	1,6	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	Чистовая	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,4	1,6	2,1	—	—	—	—	—	—	—	—
	Тонкая	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,4	1,6	2,1	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 0,22 до 0,24	Черновая	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,8	2,2	2,6	—	—	—	—	—	—
	Получистовая	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	1,1	1,4	1,6	1,9	2,4	3,0	—	—	—	—	—	—
	Чистовая	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,4	1,6	2,1	2,5	3,1	—	—	—	—	—	—
	Тонкая	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,2	1,5	1,7	2,1	2,5	3,3	—	—	—	—	—	—
Св. 0,24 до 0,28	Черновая	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,2	2,7	—	—	—	—	—	—
	Получистовая	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,4	1,6	2,0	2,4	3,0	—	—	—	—	—	—
	Чистовая	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7	2,1	2,5	3,2	—	—	—	—	—	—
	Тонкая	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7	2,2	2,6	3,3	—	—	—	—	—	—
Св. 0,28 до 0,32	Черновая	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,2	2,7	3,3	—	—	—	—	—
	Получистовая	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,2	1,5	1,7	2,1	2,4	3,1	3,6	—	—	—	—	—
	Чистовая	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7	2,2	2,6	3,1	3,6	—	—	—	—	—
	Тонкая	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8	2,3	2,7	3,4	3,9	—	—	—	—	—
Св. 0,32 до 0,36	Черновая	0,3	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,9	2,3	2,7	3,3	—	—	—	—	—
	Получистовая	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7	2,1	2,5	3,1	3,6	—	—	—	—	—
	Чистовая	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8	2,3	2,7	3,3	3,8	—	—	—	—	—
	Тонкая	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8	2,3	2,7	3,4	3,9	—	—	—	—	—
Св. 0,36 до 0,40	Черновая	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,9	2,3	2,8	3,3	4,3	—	—	—	—
	Получистовая	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7	2,1	2,5	3,2	3,7	4,8	—	—	—	—
	Чистовая	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8	2,3	2,7	3,3	3,8	5,0	—	—	—	—
	Тонкая	0,6	0,8	0,8	0,9	1,1	1,1	1,4	1,6	1,9	2,4	2,8	3,4	4,0	5,1	—	—	—	—
Св. 0,40 до 0,44	Черновая	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,9	2,3	2,8	3,4	4,3	—	—	—	—
	Получистовая	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8	2,2	2,6	3,1	3,6	4,8	—	—	—	—
	Чистовая	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	1,9	2,4	2,7	3,4	3,9	5,0	—	—	—	—
	Тонкая	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	1,9	2,4	2,8	3,4	4,0	5,1	—	—	—	—

Продолжение табл. 4.3

Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Св. 0,44 до 0,50	Черновая	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,4	2,8	3,4	4,4	5,3	—	—	—
	Получистовая	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8	2,2	2,6	2,8	3,8	4,8	5,8	—	—	—
	Чистовая	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	1,9	2,4	2,8	3,5	3,9	5,2	6,2	—	—	—
	Тонкая	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0	2,5	2,9	3,6	4,1	5,3	6,3	—	—	—
Св. 0,50 до 0,56	Черновая	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,4	2,9	3,4	4,4	5,5	—	—	—
	Получистовая	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	1,9	2,3	2,7	3,3	3,8	4,9	5,8	—	—	—
	Чистовая	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0	2,5	2,9	3,4	4,0	5,1	6,1	—	—	—
	Тонкая	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1	2,6	3,0	3,6	4,3	5,5	6,3	—	—	—
Св. 0,56 до 0,64	Черновая	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,3	1,5	1,7	2,1	2,4	2,9	3,5	4,4	5,5	6,5	—	—
	Получистовая	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0	2,4	2,8	3,4	3,9	5,0	6,0	7,1	—	—
	Чистовая	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1	2,6	3,0	3,6	4,1	5,3	6,3	7,3	—	—
	Тонкая	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,7	3,1	3,8	4,3	5,4	6,5	7,5	—	—
Св. 0,64 до 0,70	Черновая	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	2,1	2,5	3,0	3,4	4,5	5,4	6,5	8,5	—
	Получистовая	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4	2,8	3,5	3,9	5,0	6,0	7,1	9,3	—
	Чистовая	0,9	1,1	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	1,9	2,2	2,6	3,1	3,6	4,1	5,3	6,3	7,5	9,8	—
	Тонкая	1,1	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,8	3,1	3,9	4,4	5,6	6,5	7,8	9,8	—
Св. 0,70 до 0,80	Черновая	0,6	0,8	0,8	0,9	1,1	1,1	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,1	3,6	4,6	5,6	6,5	8,5	—
	Получистовая	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,1	2,5	2,9	3,6	4,0	5,2	6,2	7,3	9,3	—
	Чистовая	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	0,8	2,1	2,3	2,8	3,1	3,8	4,3	5,4	6,5	7,5	9,8	—
	Тонкая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4	2,9	3,4	4,0	4,5	5,8	6,7	7,8	10,0	—
Св. 0,80 до 0,90	Черновая	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,5	3,2	3,7	4,6	5,6	6,7	8,5	10,5
	Получистовая	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	2,3	2,7	3,1	3,7	4,1	5,3	6,3	7,3	9,5	11,5
	Чистовая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	5,6	6,7	7,8	9,8	12,0
	Тонкая	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4	2,6	3,1	3,4	4,1	4,6	5,8	6,9	8,0	10,5	12,5
Св. 0,90 до 1,00	Черновая	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,3	2,7	3,1	3,6	4,8	5,6	6,7	8,8	10,5
	Получистовая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	3,2	3,8	4,3	5,3	6,3	7,5	9,5	11,5
	Чистовая	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5	3,1	3,5	4,0	4,5	5,8	6,7	7,8	10,0	12,0
	Тонкая	1,5	1,6	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,6	4,3	4,8	6,0	6,9	8,0	10,5	12,5

Продолжение табл. 4.3

Общий допуск элемента по- верхности, мм	Вид оконча- тельной меха- нической обра- ботки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Св. 1,00 до 1,10	Черновая	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,7	3,3	3,8	4,8	5,8	6,7	8,8	10,5
	Получистовая	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	1,6	1,9	2,2	2,4	2,8	3,1	3,8	4,3	5,3	6,3	7,5	9,5	11,5
	Чистовая	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4	2,6	3,1	3,4	4,1	4,6	5,8	6,7	7,8	10,0	12,5
	Тонкая	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,3	3,7	4,4	4,9	6,0	7,1	8,3	10,5	12,5
Св. 1,10 до 1,20	Черновая	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,4	3,8	4,8	5,8	6,9	8,8	11,0
	Получистовая	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5	2,9	3,4	3,9	4,4	5,4	6,5	7,5	9,8	12,0
	Чистовая	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,6	4,3	4,8	5,8	6,9	8,0	10,0	12,5
	Тонкая	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1	2,4	2,7	2,8	3,4	3,8	4,4	4,9	6,2	7,1	8,3	10,5	12,5
Св. 1,20 до 1,40	Черновая	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,5	2,9	3,5	3,9	4,9	6,0	6,9	9,0	11,0
	Получистовая	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,4	4,1	4,6	5,6	6,7	7,8	9,8	12,0
	Чистовая	1,8	1,9	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0	3,4	3,9	4,5	5,0	6,1	7,1	8,3	10,5	12,5
	Тонкая	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,9	3,2	3,7	4,0	4,8	5,1	6,5	7,5	8,5	11,0	13,0
Св. 1,40 до 1,60	Черновая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,1	3,6	4,0	5,0	6,0	7,1	9,0	11,0
	Получистовая	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,3	3,6	4,3	4,8	5,8	6,9	8,0	10,0	12,0
	Чистовая	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	6,3	7,3	8,5	10,5	13,0
	Тонкая	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,9	4,3	5,0	5,4	6,7	7,8	8,8	11,0	13,5
Св. 1,60 до 8,80	Черновая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,2	3,7	4,1	5,2	6,2	7,1	9,0	11,0
	Получистовая	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0	3,5	3,8	4,4	4,9	6,0	7,1	8,0	10,0	12,5
	Чистовая	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1	3,3	3,8	4,3	4,8	5,3	6,5	7,5	8,5	11,0	13,0
	Тонкая	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6	4,0	4,4	5,2	5,6	6,9	7,8	9,0	11,0	13,5
Св. 1,80 до 2,00	Черновая	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,3	3,8	4,3	5,1	6,1	7,3	9,3	11,0
	Получистовая	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1	3,6	4,0	4,6	5,0	6,1	7,1	8,3	10,5	12,5
	Чистовая	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6	4,0	4,4	5,0	5,4	6,7	7,8	8,8	11,0	13,0
	Тонкая	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,6	3,8	4,3	4,8	5,5	5,8	7,1	8,0	9,3	11,5	13,5
Св. 2,00 до 2,20	Черновая	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	3,0	3,4	3,9	4,4	5,5	6,3	7,3	9,5	11,5
	Получистовая	2,1	2,3	2,4	2,4	2,5	2,7	2,8	3,2	3,4	3,8	4,1	4,8	5,3	6,3	7,3	8,5	10,5	12,5
	Чистовая	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,3	3,6	3,8	4,3	4,6	5,1	5,8	6,9	8,0	9,0	11,0	13,5
	Тонкая	2,9	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,6	3,9	4,1	4,6	5,0	5,6	6,1	7,3	8,3	9,5	12,0	14,0

Продолжение табл. 4.3

Общий допуск элемента по- верхности, мм	Вид оконча- тельной меха- нической обра- ботки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Св. 2,20 до 2,40	Черновая	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1	3,4	4,0	4,5	5,4	6,5	7,5	9,5	11,5
	Получистовая	2,4	2,5	2,6	2,6	2,8	2,9	3,1	3,4	3,6	4,0	4,4	5,0	5,4	6,5	7,5	8,8	11,0	13,0
	Чистовая	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,5	3,8	3,9	4,4	4,9	5,5	6,0	7,1	8,3	9,3	11,5	13,5
	Тонкая	3,1	3,1	3,3	3,4	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,8	5,1	5,8	6,3	7,5	8,5	9,8	12,0	14,0
Св. 2,40 до 2,80	Черновая	1,8	1,9	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,9	3,3	3,6	4,1	4,6	5,6	6,7	7,8	9,8	11,5
	Получистовая	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,6	3,8	4,3	4,6	5,1	5,6	6,7	7,8	9,0	11,0	13,0
	Чистовая	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,8	4,0	4,3	4,8	5,2	5,8	6,1	7,5	8,5	9,5	11,5	14,0
	Тонкая	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,1	4,4	4,6	5,2	5,4	6,1	6,7	8,0	9,0	10,0	12,5	14,5
Св. 2,80 до 3,20	Черновая	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,9	3,1	3,4	3,9	4,4	4,9	5,8	6,9	7,8	9,8	12,0
	Получистовая	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,4	3,6	4,0	4,1	4,6	5,0	5,6	6,0	7,1	8,3	9,3	11,5	13,5
	Чистовая	3,4	3,6	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,5	4,6	5,1	5,6	6,1	6,7	7,8	8,8	9,8	12,0	14,5
	Тонкая	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,5	4,8	5,0	5,4	5,8	6,5	7,1	8,3	9,3	10,5	12,5	15,0
Св. 3,20 до 3,60	Черновая	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6	4,1	4,6	5,2	6,2	7,1	8,0	10,0	12,0
	Получистовая	3,3	3,4	3,4	3,6	3,6	3,8	4,0	4,3	4,5	4,9	5,3	5,8	6,3	7,5	8,5	9,5	11,5	14,0
	Чистовая	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,4	4,6	4,9	5,2	5,6	6,0	6,5	7,1	8,3	9,3	10,5	12,5	15,0
	Тонкая	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5	6,0	6,3	7,1	7,5	8,8	9,8	11,0	13,0	15,5
Св. 3,60 до 4,00	Черновая	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,2	3,4	3,6	3,9	4,3	4,8	5,3	6,3	7,3	8,3	10,5	12,5
	Получистовая	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,4	4,8	4,9	5,3	5,6	6,3	6,7	8,0	9,0	9,8	12,0	14,0
	Чистовая	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5	6,0	6,3	6,9	7,5	8,8	9,8	10,5	13,0	15,0
	Тонкая	4,8	4,9	5,0	5,2	5,1	5,3	5,4	5,8	6,0	6,5	6,9	7,5	8,0	9,3	10,5	11,5	13,5	16,0
Св. 4,00 до 4,40	Черновая	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,3	3,5	3,7	4,0	4,4	4,9	5,5	6,5	7,5	8,5	10,5	12,5
	Получистовая	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,5	4,8	5,0	5,5	5,8	6,3	6,9	8,0	9,0	10,0	12,0	14,5
	Чистовая	4,5	4,6	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,4	5,8	6,1	6,7	7,3	7,8	9,0	9,8	11,0	13,0	15,5
	Тонкая	4,9	5,0	5,2	5,3	5,3	5,5	5,6	6,0	6,2	6,7	7,1	7,8	8,3	9,5	10,5	11,5	14,0	16,0
Св. 4,40 до 5,00	Черновая	2,9	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,6	3,8	4,0	4,4	4,8	5,3	5,8	6,7	7,8	8,8	11,0	13,0
	Получистовая	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5	5,8	6,3	6,9	7,3	8,5	9,5	10,5	12,5	14,5
	Чистовая	5,0	5,1	5,3	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3	6,7	7,1	7,8	8,3	9,5	10,5	11,5	14,0	16,0
	Тонкая	5,6	5,8	5,8	6,0	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9	7,3	7,8	8,5	9,0	10,0	11,0	12,0	14,5	16,5

Продолжение табл. 4.3

Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Св. 5,00 до 5,60	Черновая	—	3,3	3,4	3,4	3,6	3,6	3,9	4,1	4,3	4,8	5,2	5,6	6,2	7,1	8,0	9,0	11,0	13,0
	Получистовая	—	4,9	5,0	5,2	5,1	5,3	5,4	5,8	6,0	6,3	6,7	7,3	8,0	9,0	9,8	11,0	13,0	15,5
	Чистовая	—	5,8	5,8	6,0	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9	7,3	7,8	8,3	8,8	10,0	11,0	12,0	14,5	16,5
	Тонкая	—	6,3	6,5	6,5	6,7	6,7	6,9	7,3	7,5	8,0	8,3	9,0	9,5	11,0	12,0	13,0	15,0	17,5
Св. 5,60 до 6,40	Черновая	—	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,4	4,6	4,8	5,1	5,6	6,2	6,5	7,5	8,5	9,5	11,5	13,5
	Получистовая	—	5,1	5,3	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3	6,7	7,1	7,8	8,3	9,3	10,5	11,5	13,5	15,5
	Чистовая	—	6,1	6,3	6,3	6,5	6,5	6,7	7,1	7,3	7,8	8,3	8,8	9,3	10,5	11,5	12,5	15,0	17,0
	Тонкая	—	6,9	7,1	7,1	7,3	7,3	7,5	7,8	8,0	8,5	9,0	9,8	10,0	11,5	12,5	13,5	16,0	18,0
Св. 6,40 до 7,00	Черновая	—	—	4,3	4,3	4,4	4,5	4,8	4,9	5,2	5,4	6,0	6,5	6,9	8,0	9,0	9,8	12,0	14,0
	Получистовая	—	—	5,8	6,0	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9	7,3	7,5	8,3	8,8	9,8	11,0	12,0	14,0	16,0
	Чистовая	—	—	6,9	7,1	7,1	7,3	7,5	7,8	8,0	8,5	8,8	9,5	9,8	11,0	12,0	13,0	15,5	17,5
	Тонкая	—	—	7,8	7,8	7,8	8,0	8,3	8,5	8,8	9,3	9,5	10,5	11,0	12,0	13,0	14,0	16,5	18,5
Св. 7,00 до 8,00	Черновая	—	—	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,5	5,6	6,0	6,5	6,9	7,5	8,5	9,5	10,5	12,5	14,5
	Получистовая	—	—	6,5	6,5	6,7	6,7	6,9	7,3	7,5	7,8	8,3	8,8	9,3	10,5	11,5	12,5	14,5	17,0
	Чистовая	—	—	8,0	8,0	8,0	8,3	8,5	8,8	9,0	9,5	9,8	10,5	11,0	12,0	13,0	14,0	16,5	18,5
	Тонкая	—	—	8,5	8,8	8,8	8,8	9,0	9,3	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	13,0	14,0	15,0	17,5	19,5
Св. 8,00 до 9,00	Черновая	—	—	—	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,1	6,5	6,9	7,5	8,0	9,0	9,8	11,0	13,0	15,0
	Получистовая	—	—	—	7,3	7,5	7,5	7,8	8,0	8,3	8,8	9,0	9,8	10,0	11,0	12,0	13,5	15,5	17,5
	Чистовая	—	—	—	9,0	9,0	9,3	9,3	9,8	9,8	10,5	10,5	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	17,5	19,5
	Тонкая	—	—	—	9,8	9,8	9,8	10,0	10,5	10,5	11,0	11,5	12,5	13,6	14,0	15,0	16,0	18,5	20,5
Св. 9,00 до 10,00	Черновая	—	—	—	6,0	6,0	6,2	6,3	6,5	6,7	7,1	7,5	8,0	8,5	9,5	10,5	11,5	13,5	15,5
	Получистовая	—	—	—	8,3	8,3	8,5	8,5	9,0	9,0	9,5	9,8	10,5	11,0	12,0	13,0	14,0	16,5	18,5
	Чистовая	—	—	—	9,8	9,8	9,8	10,0	10,5	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	14,0	15,0	16,0	18,0	20,5
	Тонкая	—	—	—	11,0	11,0	11,0	11,5	11,5	12,0	12,5	12,5	13,5	14,0	15,0	16,0	17,0	19,5	22,0
Св. 10,00 до 11,00	Черновая	—	—	—	—	6,5	6,5	6,7	6,9	7,1	7,5	8,0	8,5	9,0	9,8	11,0	12,0	14,0	16,0
	Получистовая	—	—	—	—	8,5	8,8	8,8	9,3	9,3	9,8	10,0	10,5	11,0	12,5	13,5	14,5	16,5	18,5
	Чистовая	—	—	—	—	10,0	10,0	10,5	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	14,0	15,0	16,0	18,5	20,5
	Тонкая	—	—	—	—	11,0	11,5	11,5	12,0	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	15,5	16,5	17,5	19,5	22,0

Продолжение табл. 4.3

Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Св. 11,00 до 12,00	Черновая	—	—	—	—	7,1	7,3	7,5	7,5	7,8	8,3	8,5	9,0	9,5	10,5	11,5	12,5	14,5	16,5
	Получистовая	—	—	—	—	9,3	9,5	9,5	9,8	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	17,5	19,5
	Чистовая	—	—	—	—	11,0	11,0	11,5	11,5	12,0	12,5	12,5	13,5	14,0	15,0	16,0	17,0	19,5	21,0
	Тонкая	—	—	—	—	12,5	12,5	13,0	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,5	17,5	19,0	21,0	23,5
Св. 12,00 до 14,00	Черновая	—	—	—	—	—	8,5	8,5	8,8	9,0	9,5	9,8	10,5	11,0	12,0	13,0	14,0	16,0	18,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	11,0	11,5	11,5	12,0	12,0	12,5	13,0	13,5	15,0	16,0	17,0	19,0	21,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	12,5	13,0	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,5	17,5	18,5	21,0	23,0
	Тонкая	—	—	—	—	—	14,5	14,5	15,0	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	18,5	19,5	20,5	23,0	25,0
Св. 14,00 до 16,00	Черновая	—	—	—	—	—	9,5	9,5	9,8	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	17,0	19,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	12,0	12,5	12,5	13,0	13,5	13,5	14,5	15,0	16,0	17,0	18,0	20,0	22,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	15,0	15,0	15,5	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	19,0	20,0	21,0	23,0	25,0
	Тонкая	—	—	—	—	—	16,5	17,0	17,0	17,5	18,0	18,0	19,0	19,5	20,5	22,0	22,5	25,0	27,0
Св. 16,00 до 18,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	10,5	11,0	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	14,0	16,0	16,0	18,0	20,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	13,5	14,0	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	17,0	18,0	19,0	21,0	23,5
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	15,5	16,0	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	19,5	20,5	21,0	23,5	26,0
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	18,0	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	22,0	22,5	24,0	26,0	28,0
Св. 18,00 до 20,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	11,5	11,5	12,0	12,5	12,5	13,0	13,5	14,5	15,5	16,5	18,5	20,5
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	14,5	15,0	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	18,0	19,0	20,0	22,5	24,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	17,5	17,5	18,0	18,5	18,5	19,5	20,0	21,0	22,0	23,0	25,0	28,0
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	19,5	20,0	20,0	20,5	21,0	22,0	22,0	23,5	24,0	25,0	28,0	30,0
Св. 20,00 до 22,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	13,0	13,5	13,5	14,0	14,5	15,0	16,0	17,0	18,0	20,0	22,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	16,5	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,5	20,5	22,0	24,0	26,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	19,5	19,5	20,0	20,5	21,0	21,0	22,5	23,5	25,0	27,0	29,0
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	21,0	22,0	22,0	22,5	23,5	24,0	25,0	26,0	27,0	29,0	31,5
Св. 22,00 до 24,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	14,0	14,5	15,0	15,0	15,5	16,0	17,0	18,0	19,0	21,0	23,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	17,5	18,0	18,0	18,5	19,0	19,5	21,0	22,0	23,0	25,0	27,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	21,0	21,0	22,0	22,0	22,5	23,0	24,0	25,0	26,5	29,0	30,5
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	20,5	24,0	24,0	25,0	25,0	28,0	27,0	28,0	29,0	31,5	33,5

Продолжение табл. 4.3

Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Св. 24,00 до 28,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,5	20,5	21,0	23,5	25,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	20,0	21,0	21,0	22,0	22,5	23,5	25,0	26,0	28,0	30,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	23,0	24,0	24,0	25,0	25,0	26,5	28,0	29,0	30,5	33,5
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	25,0	26,5	27,0	28,0	28,0	29,0	30,5	31,5	33,5	35,5
Св. 28,00 до 32,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	19,0	19,0	19,5	20,0	20,5	22,0	22,5	23,5	26,0	28,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	23,5	23,5	24,0	25,0	25,0	26,5	27,0	28,0	30,5	32,5
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	26,0	26,5	27,0	28,0	28,0	29,0	30,5	31,5	33,5	35,5
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	30,0	30,5	30,5	31,5	32,5	33,5	34,5	35,5	37,5	40,0
Св. 32,00 до 36,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21,0	22,0	22,5	23,0	24,0	25,0	26,0	28,0	30,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26,5	27,0	27,0	28,0	29,0	30,0	31,5	33,5	35,5
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30,5	30,5	31,5	31,5	33,5	34,5	35,5	37,5	40,0
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33,5	34,5	34,5	35,5	36,5	37,5	39,0	41,0	42,5
Св. 36,00 до 40,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23,5	24,0	25,0	25,0	26,0	27,0	28,0	30,0	32,5
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29,0	30,0	30,0	30,5	31,5	32,5	33,5	36,5	37,5
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32,5	33,5	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5	40,0	42,5
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37,5	37,5	39,0	39,0	40,0	41,0	42,5	45,0	47,5
Св. 40,00 до 44,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26,0	26,5	27,0	28,0	29,0	30,0	32,5	34,5
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32,5	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5	39,0	41,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36,5	37,5	37,5	39,0	40,0	41,0	44,0	46,0
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39,0	40,0	40,0	41,0	42,5	44,0	46,0	47,5
Св. 44,00 до 50,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30,0	30,0	30,5	31,5	32,5	33,5	35,5	37,5
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36,5	37,5	37,5	39,0	40,0	41,0	42,5	45,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41,0	42,5	42,5	44,0	45,0	46,0	47,5	50,0
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	44,0	44,0	45,0	40,0	47,5	47,5	50,0	53,0
Св. 50,00 до 55,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33,5	33,5	34,5	35,5	36,5	39,0	41,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42,5	42,5	44,0	44,0	45,0	47,5	50,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	47,5	47,5	49,0	50,0	50,0	53,0	54,5
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50,0	50,0	51,5	53,5	53,0	56,0	58,0

Окончание табл. 4.3

Общий допуск элемента по- верхности, мм	Вид оконча- тельной меха- нической обра- ботки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Св. 56,00 до 64,00	Черновая	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39,0	39,0	40,0	41,0	42,5	44,0	46,0
	Получистовая	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46,0	46,0	47,5	47,5	49,0	51,5	53,0
	Чистовая	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,0	50,0	51,5	53,0	53,0	56,0	58,0
	Тонкая	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53,0	53,0	54,5	54,5	56,0	58,0	60,0
Св. 64,00 до 70,00	Черновая	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,5	42,5	44,0	45,0	47,5	49,0
	Получистовая	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,0	51,5	51,5	53,0	56,0	58,0
	Чистовая	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56,0	56,0	58,0	58,0	61,5	63,0
	Тонкая	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58,0	60,0	60,0	61,5	65,0	67,0
Св. 70,00 до 80,00	Черновая	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47,5	47,5	49,0	50,0	51,5	54,5
	Получистовая	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56,0	56,0	58,0	58,0	61,5	63,0
	Чистовая	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61,5	63,0	63,0	65,0	67,0	69,0
	Тонкая	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65,0	67,0	67,0	69,0	71,0	73,0

Таблица 4.11

**Зазоры между знаками формы и стержня (на сторону)
для модельного комплекта, изготовленного из металла и пластмассы**

Высота знака ($h, h_1, b/2$ или $D/2$), мм	Зазор S_1 при длине стержня L , мм											
	До 50	51... ...80	81... ...120	121... ...180	181... ...250	251... ...315	316... ...400	401... ...500	501... ...630	631... ...800	801... ...1000	1001... ...1250
До 30	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8
31...50	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
51...80												
81...120												
121...180												
181...250	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,1
251...315												
316...400		0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3
401...500												
Зазор S_2 , мм	0,3	0,4		0,5	0,6		0,7		0,8	1,0	1,1	1,3

Примечание. Значение зазора S_3 следует принимать равным $1,5S_1$

Ориентировочные соотношения основных параметров отливки и прибыли (см. рис. 4.19)

Исполнение I				Исполнение II					
δ_0 , мм	H_0 / δ_0	$D_{\text{п}} / \delta_0$		$H_{\text{п}} / D_{\text{п}}$		a	b, не менее	L	h, не более
		Исполнение I	Исполнение II	Исполнение I	Исполнение II				
60	3	1,3...1,8	1,6...2,1	1,2...1,3	1,1...1,2	4	4	50	$H_0 - 50$
	5	1,4...1,9	1,7...2,2	1,2...1,4	1,1...1,3	5	5	50	$H_0 - 50$
	8	1,5...2,0	1,8...2,3	1,2...1,5	1,2...1,5	10	10	$H_0 - 6\delta_0$	$6\delta_0$
100	3	1,2...1,6	1,5...2,0	1,2...1,3	1,1...1,2	5	5	60	$H_0 - 60$
	5	1,3...1,7	1,6...2,1	1,2...1,4	1,1...1,3	5	5	60	$H_0 - 60$
	8	1,4...1,8	1,8...2,3	1,2...1,5	1,2...1,5	15	15	$H_0 - 6\delta_0$	$6\delta_0$
200	3	1,2...1,4	1,4...1,9	1,1...1,3	1,0...1,2	5	5	60	$H_0 - 60$
	5	1,3...1,4	1,5...2,0	1,2...1,5	1,1...1,4	5	5	60	$H_0 - 60$
	8	1,3...1,5	—	—	—	—	—	—	$6\delta_0$
300	3	1,2...1,4	1,4...1,8	1,2...1,4	1,1...1,5	6	6	60	$H_0 - 60$
	5	1,2...1,5	—	—	—	—	6	—	$H_0 - 60$
	8	1,2...1,5	—	—	—	—	15	—	$6\delta_0$

Примечание. 1. Приведенные соотношения применяются только для отливок, изготовляемых из углеродистой и низколегированной стали. 2. Нижние пределы отношений $D_{\text{п}} / \delta_0$ относятся к случаям доливки металла в прибыль после окончания заливки форм. 3. Относительная протяженность прибылей определяется по радиусам действия прибыли и края отливки (см. табл. 4.13 и 4.14).

Таблица 4.36

Формовочные смеси, применяемые для формовки по-сырому при изготовлении чугунных отливок

Смесь и способ формообразования	Отливки	Состав формовочной смеси, масс. %					Физико-механические и технологические свойства смесей					
		Оборотная смесь	Кварцевый песок	Бентонит	Молотый уголь или замена	Добавки	Прочность при сжатии, МПа	Влагосодержание, %	Газопроницаемость, ед., не менее	Общее содержание мелочи, %	Содержание активного бентонита, %	Потери при прокаливании, %
Единая для автоматических пескодувно-прессовых линий и импульсной формовки	Мелкие	93...98	2,5...6	0,2...1,0	0,1...1,2	0,02...0,06 крахмалистые	0,17...0,21	3,2...4,0	100	11...13	7...8	3,5...5,0
Единая для автоматических линий формовки прессованием	Мелкие	91...96	3...7	Бентонитовая угольная суспензия 1,2...3		0,02...0,04 крахмалистые	0,15...0,19	3,1...3,5	100	9...12	6...7	3...4
Единая для автоматических линий формовки прессованием	Мелкие и средние	88...93	6...10	0,5...1,5	0,5...1,0	0,01...0,03 ПАВ	0,09...0,14	3,5...4,0	120	9...12	6...7	3,5...4,5
Единая для машинной формовки встряхиванием с подпрессовкой	Мелкие и средние	93...94	5...6	0,5...1,0	0,5...1,0 пек	—	0,05...0,07	3,5...4,5	100	8...10	4,0...5,5	3,5...4,5
	Средние	90...95	3...8	1,0...2,5	1,0...1,5	0...0,5 мазут	0,04...0,06	3,5...4,5	100	9...11	4,5...6,0	4,0...4,5
Облицовочная для машинной формовки встряхиванием с подпрессовкой	Средние и крупные	40...75	20...50	4...8	1...2	1,0...1,5 ССБ	0,04...0,06	4...5	130	8...10	4,0...5,5	3,5...4,5

Таблица 4.37

Формовочные смеси, применяемые для формовки по-сырому при изготовлении стальных отливок

Смесь и способ формообразования	Отливки	Состав формовочных смесей, масс. %				Физико-механические и технологические свойства смесей				
		Оборотная смесь	Кварцевый песок	Бентонит	Добавки	Прочность при сжатии, МПа	Влагосодержание, %	Общее содержание мелочи, %	Содержание активного бентонита, %	Газопроницаемость, ед., не менее
Единая для пескоструйно-прессовых линий и импульсной формовки	Мелкие	92...95	5...8	1,2...2,0	0,05...0,1 крахмалистые	0,17...0,21	3,1...3,5	11,0...13,0	7,0 ...8,0	100
Единая для автоматических линий формовки прессованием	Мелкие и средние	82...92	6...12	3,0...6,0	0,05 ... 0,1 крахмалистые, 0,01 ... 0,03 ПАВ	0,09...1,3	3,5...4,5	10,0...12,0	5,5...7,0	120
Единая для машинной формовки встряхиванием с подпрессовкой	Мелкие и средние	88...92	5...7	2,5...4,0 бентонитовая суспензия	0,04 ... 0,08 крахмалистые	0,05...0,07	3,5...5,0	8,0...10,0	4,5...5,5	120
Облицовочная для машинной формовки встряхиванием с подпрессовкой	Мелкие	40...80	16...53	6...10	0,01...0,03 ПАВ	0,04...0,06	3,5...4,0	8,0...11,0	4,5...5,5	100
	Средние	40...75	20...52	8...12	0,5...1,2 ССБ	0,04...0,07	4,0...5,0	10,0...13,0	5,0...6,5	120
	Крупные	40...60	33...51	10...13	1,0...1,5 ССБ	0,05...0,07	4,5...5,5	12,0...14,0	5,5...7,0	130

Состав стержневых смесей, отверждаемых в нагреваемой оснастке (ГТС)

Массовая доля компонентов, %								Область применения
Кварцевый песок	Связующее	Катализатор	Борная кислота	Стеарат кальция	Графит кристаллический	Оксид железа	Прочие	
92,9...92,8	6 ПК-104	—	—	—	—	—	1,1...1,2 ацетон	Для чугуна и стали
95,6...93,3	4...6 СФ-015	0,4...0,6 уротропин	—	0,1	—	—	—	Для чугуна и стали
93,0...91,5	4...5 ПК-104	—	0,5	—	—	—	2,5...3,0 ацетон	Медные сплавы
93,9...93,8	5 ПК-104	—	—	—	—	—	1,1...1,2 ацетон	Алюминиевые сплавы
93,4...93,3	5 ПК-104	—	0,5	—	—	—	1,1...1,2 ацетон	Магниеые сплавы
96,4	2,5 фуритол 107	0,5 ЛСФ-1	—	0,1	0,1	0,4	—	Универсальная
96,4	2,5 ФМС	0,5 М	—	0,1	0,1	0,4	—	То же
96,4	2,5 КФ-90	0,5 ЛСФ-А	—	0,1	0,1	0,4	—	То же
97,1	2,5 КФ-40	0,4 ЛСФ-Б	—	—	—	—	—	То же

Таблица 4.41

Примерные составы и свойства стержневых жидкостекольных смесей (СО₂-процессе)

Сплав	Состав, масс. %						Свойства			
	Кварцевый песок	Глина	Жидкое стекло M = 2,7...2,9; ρ = 1,45...1,47 г/см ³	20%-ный водный раствор NaOH	Мазут	Древесные опилки	Газопроницаемость, ед	Прочность, кПа		Влажность, %
								на сжатие сырых образцов	на разрыв после продувки СО ₂	
Сталь, чугун	100	–	5...7	0,5...1,5	0,5	–	120	4...7	200...300	3,0
Сталь, чугун, цветные сплавы	94...97	3...6	4,5...7,0	0,5...1,5	–	1,5	80	12...30	100...250	3,0...4,5

Таблица 4.42

Состав и свойства стержневых холоднотвердеющих смесей

Сплав	Состав, масс. %, от содержания песка						Свойства		
	Наименование связующего	Расход связующего	Наименование отвердителя	Расход отвердителя	Наименование отвердителя	Расход отвердителя	Живучесть, мин	Прочность при растяжении, кПа, через	
								1 ч	24 ч
Сталь	Фенолформальдегидная смола (ОФ-1, СФ-3042)	2,0...2,5	Бензол или паратуолсульфо кислота	1,2...1,4	—	—	5...10	170...220	700...800
	Фенолфурановая смола (ФФ-1Ф)	2,2...2,7	То же	0,6...0,9	Аминосилан (АГМ-9) или феноксилан (112-23)	0,2...0,4 (от массы смолы)	5...10	150...200	700...800
Чугун	Карбамидофурановая смола (БС-40), фуритол 107)	1,9...2,2	Ортофосфорная кислота ($\rho = 1,6 \text{ г/см}^3$)	0,5...1,2	—	—	2...10	200...250	300...100
	Карбамидоформальдегидная смола (КФ-Ж, КФ-МТ)	2,7...3,2	Алюмохромфосфат (раствор $\rho = 1,3...1,6 \text{ г/см}^3$) подкисленный	0,8...1,2	—	—	5...8	200...250	700...800
Медные, алюминиевые	Карбамидоформальдегидная смола (М-3, ВК-1)	3...5	Ортофосфорная кислота ($\rho = 1,15...1,2 \text{ г/см}^3$)	0,3...0,5	Борная кислота сухая	0,5	6...12	150...250	700...800

Таблица 4.44

Массовая доля компонентов водных противопожарных покрытий с органическими связующими, %

Марка пасты	Огнеупорная основа				Связующее					Плотность, г/см ³
	Пылевидный кварц	Циркон	Графит скрытокристаллический	Графит кристаллический	КБЖ	Бентонит	КВ	Крахмалит	Вода	
ГП-1	–	–	89,2	3,3	3,3	3,1	–	1,1	35	1,28...1,30
ГП-2	–	–	84	–	–	5	5,5	–	25	1,30...1,35
СТ	91...95	–	–	–	2...6	3	–	–	25	1,4...1,45
ЦБ	–	92...96	2	–	2...6	2	–	–	16	1,8...2,0

Примечание. Для предупреждения брожения в состав покрытий вводят формалин из расчета 40 г на 100 г пасты.

Таблица 4.45

Массовая доля компонентов самовысыхающих противопожарных покрытий с органическими связующими, %

Номер покрытия	Огнеупорная основа			Связующее		Растворитель			Плотность, г/см ³
	Циркон	Графит скрытокристаллический	Графит кристаллический	Нитролак-68	Поливинилбутираль	Растворитель 646	Этиловый спирт	Уайт-спирит	
1	–	37	13	37	–	–	–	13	1,25...1,30
2	–	30	12	41	–	17	–	–	1,25...1,28
3	60	–	–	–	2,5	–	37,5	–	1,75...1,85

5. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ И ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

5.1. Структура курсового проекта

Структурными элементами курсового проекта являются:

- титульный лист;
- аннотация;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- библиографический список;
- приложения.

Титульный лист. На титульном листе курсового проекта должны быть указаны следующие сведения:

- полное наименование министерства, вуза, кафедры;
- название темы курсового проекта;
- вид документа и его шифр;
- место и год выполнения.

Образец титульного листа приведен в прил. 1.

Аннотация. Аннотация помещается на втором листе пояснительной записки и представляет собой краткую характеристику проекта с точки зрения содержания, формы и других особенностей. Она включает основную тему проблемы, цели работы. В аннотации указывают, что нового несет в себе работа.

Содержание. Содержание должно включать перечень структурных элементов курсового проекта (с указанием номеров страниц, с которых начинается их месторасположение в тексте), к которым относятся:

- введение;
- главы (разделы), параграфы (подразделы), пункты, подпункты основной части проекта;
- заключение;
- библиографический список;
- приложения.

Образец содержания приведен в прил. 2.

Введение. Во введении обосновывается актуальность темы; указываются степень ее разработанности в теории и практике, цели и задачи, объект и предмет, база проектирования; аргументируется выбор использованных литературных источников, дается краткое содержание глав и разделов основной части работы.

Основная часть пояснительной записки. Основную часть следует делить на главы (разделы), параграфы (подразделы) и, при необходимости, на пункты и

подпункты. Каждый структурный элемент основной части должен представлять собой законченный в смысловом отношении фрагмент работы.

Порядковые номера глав (разделов) обозначают арабскими цифрами без точки. Параграфы (подразделы) нумеруют в пределах каждой главы (раздела). Номер параграфа (подраздела) состоит из номера главы (раздела) и собственно номера параграфа (подраздела), которые разделены точкой. В конце номера параграфа (подраздела) точку не ставят.

Пункты нумеруют в пределах каждого параграфа (подраздела). Номер пункта состоит из номера параграфа (подраздела) и порядкового номера пункта, которые разделены точкой. В конце номера пункта точку не ставят. Подпункты нумеруют в пределах каждого пункта. Номер подпункта состоит из номера пункта и собственно номера подпункта, которые разделены точкой. В конце номера подпункта точку не ставят.

Содержащиеся в пунктах (подпунктах) перечисления (перечни) требований, указаний, положений обозначают арабскими цифрами с круглой скобкой.

В структуре основной части должно быть выделено не менее двух глав (разделов), а в составе каждой из них не менее двух параграфов (подразделов) и т.д.

Заключение. Основная часть пояснительной записки курсового проекта завершается заключением. Главное требование к заключению - обобщение материала, основные выводы и рекомендации.

Заключение включает следующие аспекты.

1. Обобщение информации, изложенной в основной части пояснительной записки.
2. Краткую характеристику основных нерешенных или трудно решаемых проблем.
3. Рекомендации по дальнейшему решению проблемных вопросов.
4. Прогноз развития конструктивных или технологических вопросов, не решенных в данном проекте.

Библиографический список (ГОСТ 7.1-2003) должен содержать сведения об источниках, использованных при выполнении курсового проекта (монографии, сборники статей, учебные пособия, справочная литература, учебно-методические пособия, нормативно-технические документы, стандарты). Библиографический список оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003. В описаниях документов допускаются сокращения в области выходных данных по ГОСТ 7.12-93. Библиографический список располагается в пояснительной записке курсового проекта в порядке их упоминания в тексте. Список должен быть пронумерован по порядку записей арабскими цифрами с точкой.

Основные правила и примеры библиографического описания документов приведены в прил. 3.

Приложения. Приложения призваны облегчить восприятие содержания пояснительной записки и могут включать: материалы, дополняющие текст; промежуточные формулы и расчеты; таблицы вспомогательных данных, иллюстрации

вспомогательного характера, спецификации сборочных чертежей, технологические инструкции; алгоритмы и распечатки результатов задач, решаемых на ЭВМ; описания программных средств; характеристики аппаратуры и приборов, применяемых при выполнении работы; рецензии и др.

Приложения помещаются в конце пояснительной записки курсового проекта. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы и иметь содержательный заголовок. Приложения нумеруют арабскими цифрами порядковой нумерацией. Номер приложения размещают в правом верхнем углу над тематическим заголовком приложения после слова «Приложение» (например: Приложение 1). Приложения должны иметь общую с остальной частью курсового проекта сквозную нумерацию страниц. На все приложения в основной части курсового проекта должны быть ссылки.

5.2. Требования к представлению содержания текста курсового проекта

Содержание текстовой части курсового проекта может быть представлено в виде собственно текста, таблиц, иллюстраций, формул, уравнений и других составляющих.

Текст курсового проекта. Текст курсового проекта должен отвечать следующим основным формальным требованиям [10]:

- четкость структуры;
- логичность и последовательность;
- точность приведенных сведений;
- ясность и лаконичность изложения материала;
- соответствие изложения материала нормам литературного русского языка.

В тексте курсового проекта могут использоваться следующие виды ссылок:

- ссылки на структурные элементы курсового проекта - таблицы, иллюстрации, формулы, уравнения, приложения и т.п.;
- ссылки на источники (библиографические ссылки).

Ссылки на структурные элементы текста оформляют по следующим правилам:

1) при ссылках в тексте на структурные элементы курсового проекта необходимо указывать их названия и порядковые номера. Например: «...в разделе 2 были рассмотрены...»; «... согласно 1.1»; «... в соответствии с таблицей 1»; «... (таблица 1)»; «... (см. таблицу 1)» (последнее – при повторной ссылке); «...на рисунке 1»; «... (рисунок 1)»; «... (см. рисунок 1)» (последнее – при повторной ссылке); «...в формуле (1)»; «... согласно (1)»; «... в приложении I»;

2) если в тексте приводится только одна иллюстрация, одна таблица, одна формула, одно приложение, то в ссылке следует указывать: «... на рисунке»; «... в таблице»; «... по формуле»; «... в приложении».

Ссылки на источники (библиографические ссылки) приводятся в виде порядкового номера этого источника в списке литературы, который указывается в наклонных скобках без точки, например: «Для расчета прибылей используется ме-

тод Й. Пржибыла /4/». Примеры библиографического описания документов приведены в прил. 3.

Таблицы. Таблицы представляют собой форму организации материала, позволяющую систематизировать и сократить текст, обеспечить обзорность и наглядность информации. Каждая таблица должна иметь заголовок, точно и кратко отражающий ее содержание. Точка в конце заголовка таблицы не ставится. Заголовок таблицы помещают над ней.

Таблицы нумеруются арабскими цифрами порядковой нумерацией в пределах всего текста. Слово «Таблица» и ее порядковый номер помещают над ней в левом верхнем углу, правее через тире располагают название таблицы, которое пишут с большой буквы, точка в конце названия не ставится. Если в тексте имеется только одна таблица, то ее обозначают «Таблица 1».

В таблицах числа, имеющие больше четырех знаков, должны разделяться интервалами в один знак на классы по три цифры в каждом справа налево (десятичные дроби после запятой – слева направо).

Каждая графа, в том числе и боковик, должна иметь заголовок. Заголовки, как правило, ставятся в именительном падеже единственном числе и пишутся с заглавной буквы. Написание заголовка со строчной буквы имеет место при грамматической связи заголовков верхнего и нижнего ярусов. Приведем пример оформления таблицы:

Таблица 2 – Температурные режимы сушки материалов

Наименование материала	Время, ч		Максимально допустимый перепад температур, °С
	подъема температуры	выдержки	
1.			

Примечания и сноски к таблице должны быть напечатаны непосредственно под ней. Сноски к цифрам в таблице обозначаются только звездочками.

Над продолжением или окончанием таблицы пишут: «Продолжение таблицы 2»; «Окончание таблицы 2».

Таблицы в зависимости от их размера располагают после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице, а при необходимости - в приложении. Таблицы для данных, представляющих всего одну строку (например, для описания химического состава или свойств одной марки сплава), как правило, не делаются. Такие данные записываются в тексте пояснительной записки. На все таблицы в тексте курсового проекта должны быть ссылки.

Иллюстрации. К иллюстрациям относятся: фотоснимки, рисунки, эскизы, чертежи, планы, графики, диаграммы и др. Использование иллюстраций целесо-

образно в курсовом проекте, когда они заменяют, дополняют, раскрывают или поясняют информацию, содержащуюся в тексте курсового проекта.

Иллюстрации обозначают словом «Рисунок» и нумеруют арабскими цифрами сквозной нумерацией в пределах всего текста, допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. Если в тексте только одна иллюстрация, то ее обозначают «Рисунок 1».

Слово «Рисунок», порядковый номер иллюстрации и ее название (подрисуючную надпись) помещают под иллюстрацией. Иллюстрацию располагают непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все иллюстрации в тексте должны быть ссылки. Например: «... (рисунок 1)»; при повторной ссылке: «... (см. рисунок 1)».

Пример подрисуючной подписи [10]:

Рисунок 1 – Схема литниковой системы:
1 – стояк; 2 – шлакоуловитель; 3 – питатель

Формулы. Наиболее важные, длинные, громоздкие, а также пронумерованные формулы следует выделять из текста в отдельные строки. Формулы следует нумеровать сквозной нумерацией арабскими цифрами в круглых скобках у правого края страницы. В данном случае в тексте пояснительной записки на эти формулы должны быть ссылки. Допускается употреблять номера формул без определяющих слов в тексте. Например: «... из (3) следует...».

Формулы включаются в предложения как его равноправные элементы, поэтому в конце формул и в тексте перед ними ставятся знаки препинания в соответствии с правилами пунктуации. Формулы, следующие одна за другой, отделяются запятой или точкой с запятой.

Формула вначале записывается в буквенном выражении. Все математические величины в ней должны быть расшифрованы. Только после этого в формулу подставляются цифровые данные. При расшифровке буквенных обозначений (экспликация к формуле) следующую строку после формулы начинают со слова «где», которое пишут (печатают) от левого края со строчной буквы, не делая абзаца, а после формулы ставят запятую. Обозначение величины отделяют от расшифровки знаком тире, расшифровки разделяют точкой с запятой, единицы физических величин отделяют от расшифровки запятой. Например: «Затраты теплоты на нагрев сухого материала Q_u можно рассчитать по формуле:

$$Q_m = c_m (t_{m2} - t_{m1}) G_m, \quad (27)$$

где c_m – удельная теплоемкость сухих материалов, кДж/(кг·К);

t_{m1} – средняя по массе начальная температура материала, °С;

t_{m2} – средняя по массе конечная температура материала, °С;

G_m – масса материала, кг.

При переносе формулы знак оставляют в конце строки и повторяют в начале следующей строки. Надстрочные и подстрочные индексы, показатели степени и т.п. должны быть меньших размеров.

5.3. Требования к оформлению текста курсового проекта

Текст. Правила оформления текста пояснительной записки курсового проекта определяются ГОСТ 2.105 и ГОСТ 7.32-91. Оформление графической части курсового проекта по дисциплине «Технология литейного производства» производится по ГОСТ 3.1125-88 [3] и в соответствии с требованиями выпускающей кафедры литейного производства.

Текст курсового проекта может быть выполнен рукописным, машинописным способом, а также с применением печатающих и графических устройств ЭВМ. Страницы текста курсового проекта, в том числе и распечатки с ЭВМ, должны соответствовать формату А4.

Текст следует размещать на одной стороне листа бумаги. Каждая страница пояснительной записки курсового проекта, начиная со второй, должна иметь рамку черного цвета, выполненную типографским способом или вручную. На втором листе наносится рамка по форме 2, а на третьем и последующих – рамка с основной надписью высотой 15 мм (ГОСТ 2.305-78) – форма 2а (прил. 4).

Рамку следует наносить сплошной основной линией на расстоянии: 20 мм от левой границы формата и 5 мм от остальных границ формата.

От рамки до границ текста следует оставлять: 5 мм – в начале строк, не менее 3 мм – в конце строк. Расстояние от рамки до верхней строки текста и от нижней строки текста до основной надписи должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте курсовых проектов начинают отступом 15...17 мм (5 знаков при машинописном исполнении).

Листы курсовых работ могут не иметь рамку с основной надписью на каждом листе пояснительной записки, они должны иметь следующие размеры полей: левое не менее 30 мм, правое не менее 10 мм, верхнее не менее 15 мм, нижнее не менее 20 мм. Страницы в пояснительной записке курсовых работ нумеруются арабскими цифрами в правом нижнем углу. При этом соблюдается сквозная нумерация по всему тексту. Титульный лист включается в общую нумерацию страниц текста. Номер страницы на титульном листе не проставляется.

В тексте пояснительной записки не допускается:

- применять для одного и того же понятия различные термины;
- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр (допустимо только в таблицах и в расшифровке формул);
- применять индексы стандартов (ГОСТ, ОСТ, СТП) без регистрационного номера.

Заголовки. Введение, главы (разделы) основной части, заключение, список литературы, приложения должны начинаться с новой страницы и иметь заголовки,

напечатанный (написанный) прописными буквами, располагающийся посередине страницы.

Заголовки глав (разделов) и параграфов (подразделов) должны быть краткими и соответствовать содержанию. Заголовки вспомогательных структурных элементов текста (введение, оглавление, список литературы) следует располагать в левой части строки с отступом под красную строку без точки на конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются, предлоги и союзы переносятся на следующую строку. Расстояние между заголовками и текстом должно быть не менее 3 – 4 интервалов. Расстояния между заголовками главы (раздела) и параграфа (подраздела) допускается делать в 2 – 3 интервала.

Заголовки параграфов (подразделов), пунктов и т.п. пишут строчными буквами, начиная с прописной, с абзаца. Если весь заголовок не вмещается в одну строку, его продолжение пишут с начала следующей строки. Переносы слов и подчеркивание заголовков здесь также не допускаются, предлоги и союзы в конце строки также оставлять не рекомендуется.

Сокращения. Правила графического сокращения слов:

1. Усечение конечной части слова. Оставшаяся часть слова должна:

- позволять безошибочно восстанавливать полное слово. Например: филос., филол.;

- заканчиваться на согласный (исключая однобуквенные сокращения);

- при стечении в конце двух одинаковых согласных заканчиваться на один из них. Например: ил.;

- при стечении в конце нескольких разных согласных заканчиваться на последний из них. Например: геогр.

2. Точка как знак сокращения не ставится:

- в сложносокращенных словах, буквенных аббревиатурах. Например: КПД, ЭДС; но: т.е. (читается «то есть»); а.е. (читается «астрономическая единица»);

- в конце сокращений, если срединная часть слова заменена дефисом. Например: ин–т, ун–т, пром–сть;

- если используется косая черта (в сочетании усечены предлоги на, по и др.). Например: н/Д (на-Дону);

- в середине удвоенного однобуквенного сокращения. Например: вв., гг.;

- в конце сокращений, образованных путем удаления гласных. Например: млн, млрд;

- после сокращенных обозначений единиц физических величин. Например: 25 с, 4 ч, 20 мин.

Употребление общепринятых сокращений:

1. Самостоятельно употребляемые сокращения: и др., и пр., и т.д., т.е. Не рекомендуется употреблять эти сокращения в середине фразы, если имеется согласованное с ними слово. Например, «...выступили Б. И. Петров, М. П. Иванов и другие ученые».

2. Сокращения при именах, фамилиях, названиях, доц. Б.И. Петров.

3. Сокращения при географических названиях: г. (город), д. (деревня), с. (се-

ло). Сокращение г. (город), как и полное слово, рекомендуется употреблять ограниченно, главным образом перед названиями городов, образованных от фамилий.

4. Сокращения в ссылках: гл., п. (шт.), подл., разд., с, табл., ч., прил., ил., прим. (при отсутствии номера эти слова пишутся полностью), см., ср.; сокращения при датах в цифровой форме: в. (вв.), г. (гг.), до н.э., н.э., ок.; сокращения при числах в цифровой форме: млн, млрд, тыс., экз., шт., р., к.

Числительные. Рекомендуется употреблять цифровую форму при единицах физических величин, денежных единицах и т.д.: до 25 кг, около 10 к.

Рекомендуется употреблять буквенную форму, если однозначное число стоит в косвенном падеже (не при единицах физических величин): до трех раз, из пяти вопросов, но: 3 года.

Не рекомендуется начинать предложение с числительного в цифровой форме. Следует перестроить предложение так, чтобы числительное оказалось в середине предложения.

Если порядковые числительные выражены арабскими цифрами, они имеют наращения падежных окончаний *-й*,

-я, -му: 1-й курс, 4-я подгруппа, к 5-му курсу, по аналогии: *n-й, i-го*.

Если порядковые числительные обозначены римскими цифрами, они наращений не имеют: III курс, XV в.

Падежное окончание наращивают один раз, если подряд следует более двух числительных или между числительными стоит тире: студенты 1, 2, 3-х курсов, в 30 – 40-е гг., 3 – 4-й разряд, но: 9-е, 10-е классы, 70-е – начало 80-х гг.

Падежные окончания не наращивают при обозначении дат, номера тома, главы, таблицы, страницы и т.д. Например: 29 сентября 1938 г., т. 3, гл. 7, табл. 12 (но: 3-й том, в 7-й главе). Диапазон значений можно обозначать следующими способами: длиной 5 – 10 м, длиной от 5 до 10 м.

Сложные существительные и прилагательные в составе с числительными следует писать так: 110-летие, 3-метровый, 20-процентный, 20%-ный, 1-, 2-, 3-этажный, одно-, двух- и трехэтажный.

При написании дат следует исходить из следующих правил:

- период 1971 – 1975 гг., 1950 г. – 1960-е гг.;
- бюджетный, отчетный, учебный год: в 1987/88 уч. г., в 1987/88 учебном году, отчетный 1987/88 год;
- десятилетия: 80-е гг. XX в.; 70 – 80-е гг.; 1960 – 1980-е годы; 1890 – 1910-е годы.

Знаки №, §, % употребляются только при цифрах; во множественном числе они не удваиваются: № 5, 6, 9; §1, 2; 70, 80, 100 %.

Знак № не ставится перед порядковым номером глав, таблиц, рисунков, приложений и т.д.

Знаки > < + = и др. применяют только в формулах; в тексте их заменяют словами.

Физические величины. Установлены два вида буквенных обозначений: международные (с использованием букв латинского или греческого алфавита) и русские (с использованием букв русского алфавита). В качестве основных приняты международные обозначения. Обозначения единиц, названных в честь ученых, пишутся с прописной (заглавной) буквы, все остальные – со строчной (малой). Например: Па (Паскаль), В (Вольт), А (Ампер), С (Цельсий), К (Кельвин) и т. п., но: м, с, дм и др.

Буквенные обозначения печатаются прямым шрифтом с пробелом после цифр. Если единица обозначается специальным знаком, поднятым над строкой, то пробел не оставляется: 20°C. В обозначениях единиц точку как знак сокращения не ставят. Обозначения единиц применяют после числовых значений величин и помещают в строку с ними (без переноса на следующую строку): 5 т, 7 м, 120 кВт, 20 %, 20 °С. В тексте же без числового значения следует писать полное название единиц. Буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, следует отделять точками на средней линии как знаками умножения. Например: Нм, Пас, Ам.

Не допускается помещать обозначения единиц в строку с формулами, выражающими зависимости между величинами. Например:

$$V=C/t,$$

где V – средняя скорость подъема уровня сплава в форме, мм/с;

C – общая высота отливки (по положению при заливке), мм;

t – продолжительность заполнения формы, с.

Допускается буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, отделять пробелами, если это не приводит к недоразумению. Например: Н м, Па с, А м.

В буквенных обозначениях отношений единиц в качестве знака деления должна применяться только одна косая или горизонтальная черта. После косой черты произведение заключают в скобки. Например: Вт/(м²·К).

Если для одной из единиц, входящих в отношение, установлено обозначение в виде отрицательной степени (например, с⁻¹, м⁻¹, К⁻¹), применять косую или горизонтальную черту не допускается.

5.4. Требования к оформлению графической части курсового проекта

Графическая часть курсового проекта должна быть выполнена строго в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Выполнение графических элементов литейных форм (ЭЛФ) и отливок проводят в соответствии с ГОСТ 3.1125-88, над основной надписью или на свободном поле чертежа ЭЛФ проставляют дополнительный штамп (прил. 6).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Могилев, В.К. Справочник литейщика / В.К. Могилев, О.И. Лев. – М.: Машиностроение, 1988. – 272 с.
2. Емельянова, Е.П. Технология литейной формы / Е.П. Емельянова. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
3. Технология литейного производства: учебник / Б.С. Чуркин, Э.Б. Гофман, С.Г. Майзель и др.; под ред. Б.С. Чуркина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф. ун-та, 2000. – 662 с.
4. Косников, Г.А. Литейное производство. Проектирование технологии получения отливок в разовых формах: учебное пособие / Г.А. Косников, Л.М. Морозова. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. – 51 с.
5. Титов, Н.Д. Технология литейного производства / Н.Д. Титов, Ю.А. Степанов. – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.
6. Технология изготовления литейных форм: учебное пособие к лабораторным и практическим занятиям / Б.А. Кулаков, В.И. Швабауэр, Б.Э. Клецкин и др. – Челябинск: ЮУрГУ, 1998. – 96 с.
7. Дубицкий, Г.М. Литниковые системы / Г.М. Дубицкий. – Свердловск: Урало-Сибирское отделение Машгиза, 1962. – 256 с.
8. Ветишка, А. Теоретические основы литейной технологии / А. Ветишка. – Киев: Вища школа, 1981. – 318 с.
9. Технология литейного производства: Формовочные и стержневые смеси: Учебное пособие для вузов / С.С. Жуковский, А.Н. Болдин, А.Н. Поддубный и др. – Брянск: Изд-во БГТУ, 2002. – 470 с.
10. Стандарт предприятия. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к оформлению. СТП ЮУрГУ 04-2001 / Н. В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, И.В. Сурков, Л.В. Винокурова. – Челябинск: ЮУрГУ, 2001. – 49 с.
11. Гофман, Э. Б. Курсовое проектирование по дисциплинам «Технология литейного производства» и «Металлургическая теплотехника и печи»: учебное пособие / Э. Б. Гофман, А. Г. Панчук. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф. ун-та, 2002. – 104 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Федеральное агентство по образованию
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Литейное производство»

Пояснительная записка по курсовой работе

по курсу _____

..... 00 ПЗ

Нормоконтролер

Руководитель

« ____ » _____ 2006 г.

« ____ » _____ 2006 г.

Автор работы
студент группы ФМ - _____

« ____ » _____ 2006 г.

Работа защищена
с оценкой

« ____ » _____ 2006 г.

Челябинск
2006

ОБРАЗЕЦ СОДЕРЖАНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

СОДЕРЖАНИЕ				5
Введение				3
1. Анализ технологичности изготовления отливки				5
2. Выбор способа изготовления отливки				6
3. Выбор положения отливки в форме в период заливки и затвердевания				7
.....				
.....				
13. Разработка технологии сборки и заливки форм, охлаждения, выбивки, обрубки и очистки отливки				32
14. Разработка системы контроля технологии и качества отливки.				36
Заключение				
Литература				
Приложения				
1. Графическая часть на 3 листах ф. А1				
2. Спецификации на 4 листах ф. А4				
5	1104.05.06.048.010.00.ПЗ			Лист 4
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПРИМЕРЫ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ДОКУМЕНТОВ
в соответствии с ГОСТами, действующими с 01.07.2004

Книги одного, двух, трех авторов

1. Верещака, А. Л. Биология моря / А. Л. Верещака. – М.: Научный мир, 2003. – 192 с. – ISBN 5-89176-210-2.
2. Энтелис, С. Г. Кинетика реакций в жидкой фазе : количеств. учет влияния среды / С. Г. Энтелис, Р. П. Тигер. – М.: Химия, 1973. – 416 с.
3. Фиалков, Н. Я. Физическая химия неводных растворов / Н. Я. Фиалков, А. Н. Житомирский, Ю. Н. Тарасенко. – Л.: Химия, Ленингр. отд-ние, 1973. – 376 с.
4. Flanaut, J. Les elements des terres rares / J. Flanaut. – Paris : Masson, 1969. – 165 p.

Книги четырех и более авторов, а также сборники статей

5. Комплексные соединения в аналитической химии: теория и практика применения / Ф. Умланд [и др.]. – М. : Мир, 1975. – 531 с.
6. Обеспечение качества результатов химического анализа / П. Буйташ [и др.] – М.: Наука, 1993. – 165 с.
7. Аналитическая химия и экстракционные процессы: сб. ст. / Отв. ред. А. Т. Пилипенко, Б. И. Набиванец. – Киев : Наук. думка, 1970. – 119 с.
8. Пиразолоны в аналитической химии: тез. докл. конф., Пермь, 24 – 27 июня 1980 г. – Пермь: ПГУ, 1980. – 118 с.
9. Experiments in materials science / E. C. Subbarac [et al]. – New York a.c.: Mc Graw-Hill, 1972. – 274 p.

Статьи из журналов и газет

10. Чалков, Н. Я. Химико-спектральный анализ металлов высокой чистоты / Н. Я. Чалков // Завод. лаб. – 1980. – Т. 46, № 9. – С. 813–814.
11. Козлов, Н. С. Синтез и свойства фторсодержащих ароматических азометинов / Н. С. Козлов, Л. Ф. Гладченко // Изв. АН БССР. Сер. хим. наук. – 1981. – № 1. – С. 86–89.
12. Марчак, Т. В. Сорбционно-фотометрическое определение микроколичеств никеля / Т. В. Марчак, Г. Д. Брыкина, Т. А. Белявская // Журн. аналит. химии. – 1981. – Т. 36, № 3. – С. 513–517.
13. Определение водорода в магнии, цирконии, натрии и литии на установке С2532 / Е. Д. Маликова [и др.] // Журн. физ. химии. – 1980. – Т. 54, вып. 11. – С. 2846–2848.
14. Влияние аминов и анионного состава раствора на электровосстановление таллия на ртути / Л. И. Громик [и др.] // Вопр. химии и хим. технологии. – Харьков, 1980. – № 59. – С. 42–45.
15. Иванов, Н. Стальной зажим: ЕС пытается ограничить поставки металла из России / Николай Иванов // Коммерсантъ. – 2001. – 4 дек. – С. 8.
16. Mukai, K. Determination of phosphorus in hypereutectic aluminium-silicon alloys / K. Mukai // Talanta. – 1972. – Vol. 19, № 4. – P. 489–495.

Статья из продолжающегося издания

17. Живописцев, В. П. Комплексные соединения тория с диантипирилметаном / В. П. Живописцев, Л. П. Пятосин // Ученые зап. / Перм. ун-т. – 1970. – № 207. – С. 184–191.

Статьи из неперiodических сборников

18. Любомилова, Г. В. Определение алюминия в тантало-ниобиевых минералах / Г. В. Любомилова, А. Д. Миллер // Новые методические исследования по анализу редкоземельных минералов, руд и горных пород. – М., 1970. – С. 90–93.
19. Маркович, Дж. Ассоциация солей длинноцепочечных третичных аминов в углеводородах / Дж. Маркович, А. Кертес // Химия экстракции : докл. Междунар. конф., Гетеборг, Швеция, 27 авг. – 1 сент. 1966. – М., 1971. – С. 223–231.

Диссертация

20. Ганюхина, Т. Г. Модификация свойств ПВХ в процессе синтеза: дис. канд. хим. наук : 02.00.06 : защищена 20.01.99 : утв. 07.08.99 / Ганюхина Татьяна Геннадьевна. – Н. Новгород, 1999. – 109 с.

Автореферат диссертации

21. Балашова, Т. В. Синтез, строение и свойства бипиридилных комплексов редкоземельных элементов: автореф. дис...канд. хим. наук: 02.00.08 / Балашова Татьяна Виларьевна. – Н. Новгород, 2001. – 21 с.

Депонированные научные работы

22. Крылов, А. В. Гетерофазная кристаллизация бромида серебра / А. В. Крылов, В. В. Бабкин ; редкол. «Журн. прикладной химии». – Л., 1982. – 11 с. – Деп. в ВИНТИ 24.03.82, № 1286–82.
23. Кузнецов, Ю. С. Изменение скорости звука в холодильных расплавах / Ю. С. Кузнецов ; Моск. хим.-технол. ин-т. – М., 1982. – 10 с. – Деп. в ВИНТИ 27.05.82, № 2641.

Патентные документы

24. А. с. 1007970 СССР, МКИ⁴ В 03 С 7/12, А 22 С 17/04. Устройство для разделения многокомпонентного сырья / Б. С. Бабакин, Э. И. Каухчешвили, А. И. Ангелов (СССР). – № 3599260/28-13; заявлено 2.06.85; опубл. 30.10.85, Бюл. № 28. – 2 с.
25. Пат. 4194039 США, МКИ³ В 32 В 7/2, В 32 В 27/08. Multi-layer polyolefin shrink film / W. B. Muelier. - № 896963; заявлено 17.04.78; опубл. 18.03.80, Бюл. № 9. – 3 с.
26. Заявка 54-161681 Япония, МКИ² В 29 D 23/18. Способ изготовления гибких трубок / Йосиаки Инаба. - № 53-69874 ; заявлено 12.06.78 ; опубл.21.12.79, Бюл. № 34. – 4 с.

Стандарт

27. ГОСТ 10749.1-80. Спирт этиловый технический. Методы анализа. – Взамен ГОСТ 10749-72 ; введ. 01.01.82 до 01.01.87. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 4 с.

Отчет о НИР

28. Проведение испытания теплотехнических свойств камеры КХС-2 – 12-ВЗ : отчет о НИР (промежуточ.) / Всесоюз. заоч. ин-т пищ. пром-сти (ВЗИПП) ; рук. В. М. Шавра. – М., 1981. – 90 с. – ОЦО 102ТЗ ; № ГР 80057138. – Инв. № Б119699.

Электронные ресурсы

29. Internet шаг за шагом [Электронный ресурс] : [интерактив. учеб.]. – Электрон. дан. и прогр. – СПб. : ПитерКом, 1977. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) + прил. (127 с.). – Систем. требования: ПК от 486 DX 66 МГц ; RAM 16 Мб ; Windows 95; зв. плата ; динамики или наушники. – загл. с экрана.
30. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр информ. технологий РГБ ; ред. Власенко Т. В.; Web-мастер Козлова Н. В. – Электрон. Дан. – М. : Рос. гос. б-ка, 1977. – Режим доступа: <http://www.rsl.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

Реферат

31. [Реферат] // Химия : РЖ. – 1981. – № 1, вып. 19С. – С. 38 (1 С138). – Реф. ст.: Richardson, S. M. Simulation of injection moulding / S. M. Richardson, H. J. Pearson, J. R. A. Pearson // Plast and Rubber : process. – 1980. – Vol. 5, № 2. – P. 55–60.

Рецензия

32. Гаврилов А. В. Как звучит? / Андрей Гаврилов // Кн. обозрение. – 2002. – 11 марта (№ 10–11). – С. 2. – Рец. на кн.: Музыкальный запас. 70-е: проблемы, портреты, случаи / Т. Чередниченко. – М.: Новое лит. обозрение, 2002. – 592 с.

Краткие пояснения к примерам библиографического описания

Если у документа (книги, статьи и т. д.) один, два или три автора, перед заглавием пишется только первый из них, после фамилии запятая, далее инициалы. В сведениях об ответственности (после заглавия за косой чертой) записываются все авторы: один, два или три - в той форме, как в документе, как правило, инициалы перед фамилией.

Если у документа более трех авторов, он описывается на заглавие, т. е. все авторы пишутся только в сведениях об ответственности.

При необходимости сокращения количества авторов в сведениях об ответственности приводят фамилию и инициалы первого автора с добавлением сокращения «и другие» [и др.] или его эквивалента на латинском языке [et al.] в квадратных скобках.

С конца 80-х годов в книгах появилось обозначение индивидуального номера книги (ISBN). С 01.07.04 это обозначение в описании является обязательным.

Особенности составления библиографического описания документов на основе реферативного журнала

В реферативном журнале (РЖ) документы в ряде случаев допустимо описывать не по ГОСТу, а так, чтобы было удобно быстро отыскать нужный материал. Так принято в информационных изданиях.

В РЖ есть все элементы для составления правильного описания. Надо только их отобрать, расположить в нужном порядке и расставить необходимые разделительные знаки. При этом нужно иметь в виду следующее.

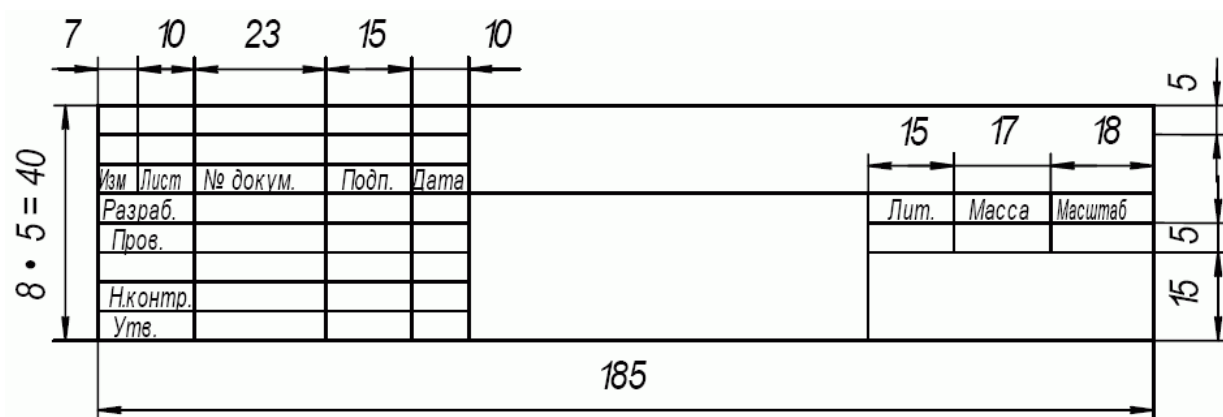
Номер тома журнала в РЖ дается без обозначения слова «том», а только выделяется жирным шрифтом, страницы тоже даются в конце библиографического описания без обозначения слова «страницы». А по правилам библиографического описания такие обозначения необходимы. Приводим таблицу этих обозначений для четырех языков.

	Язык	«Том»	«Страница»
Русский	Т.	С.	
Английский	Vol.	P.	
Немецкий	B.	S.	
Французский	Vol.	P.	

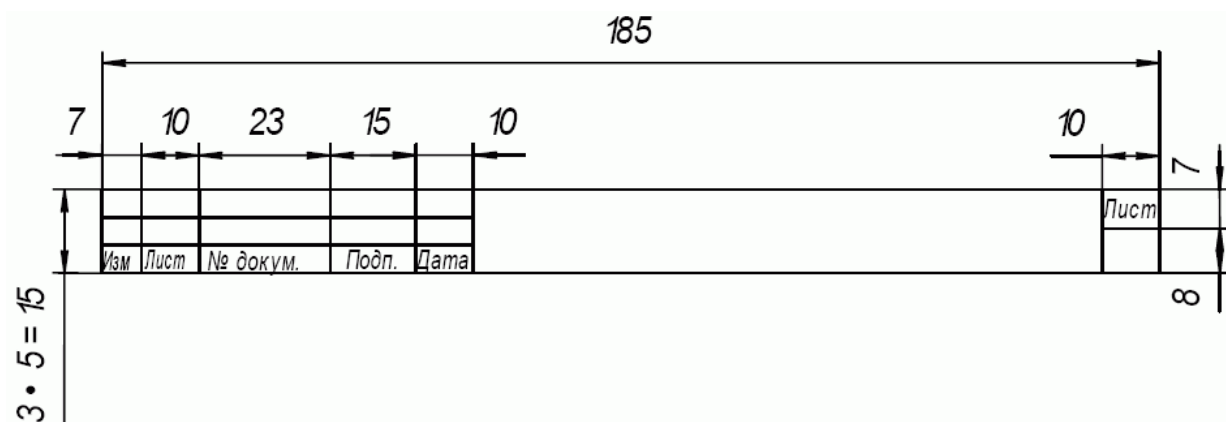
В РЖ ранее конца 80-х годов нет обозначения МКИ (Международной классификации изобретений) с определенным индексом, обозначающим номер его редакции. Эти данные можно получить из той информации, которая имеется в РЖ. Буквенно-цифровое обозначение классов берется из скобок, перед ними ставится обозначение «МКИ». Индекс определяется по году публикации патентного документа, т. е. того года, который обозначен в РЖ после слова «опубл.». До 1975 г. – МКИ¹, 1975–1979 г. – МКИ², 1980-1984 г. – МКИ³ и т. д.

После слов: «Пат.», «А. с.», «Заявка» ставится первый номер, который встречается в описании патентного документа. Знак «№» не ставится. Второй номер, который встречается в описании патентного документа, это номер, под которым он был заявлен.

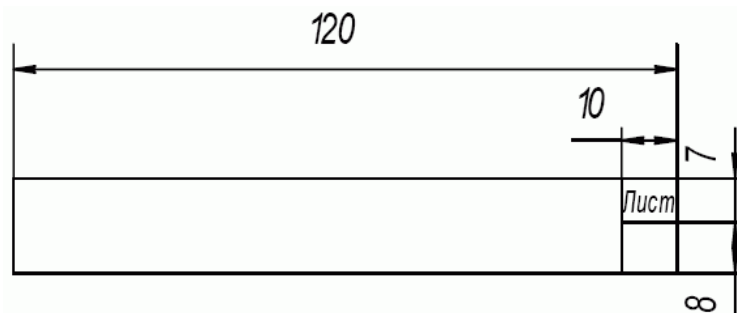
ОБРАЗЕЦ РАМКИ ДЛЯ ВТОРОГО ЛИСТА
ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ (ФОРМА 2)



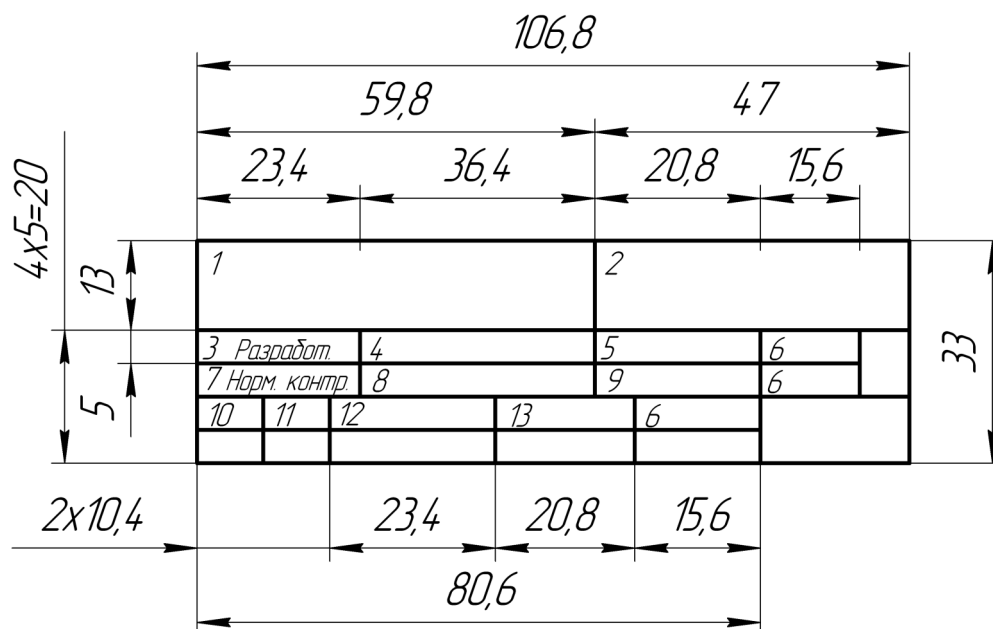
ОБРАЗЕЦ РАМКИ ДЛЯ ТРЕТЬЕГО И ПОСЛЕДУЮЩИХ ЛИСТОВ
ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ (ФОРМА 2А)



ОБРАЗЕЦ ДОПУСКАЕМОЙ РАМКИ ДЛЯ ТРЕТЬЕГО И ПОСЛЕДУЮЩИХ
ЛИСТОВ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ



ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ШТАМПА НА ЧЕРТЕЖЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ



В графах дополнительного штампа указывают:

- в графе 1 – код отливки (или обозначение);
- в графе 2 – обозначение документа по ГОСТ 3.1201–85;
- в графе 3 – разработчика;
- в графе 4 – фамилию разработчика;
- в графе 5 – Подпись разработчика;
- в графе 6 – дату подписи;
- в графе 7 – нормоконтролера;
- в графе 8 – фамилию нормоконтролера;
- в графе 9 – подпись нормоконтролера;
- в графе 10 – порядковый номер изменения документа;
- в графе 11 – отметку о замене и введении листа извещения по ГОСТ 2.503-90;
- в графе 12 – обозначение (код) извещения;
- в графе 13 – подпись лица, ответственного за внесение изменения;
- графа 14 – резервная.

Допускается графу 2 дополнительного штампа не заполнять.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ОТЛИВОК	
1.1. Классификация отливок	4
1.2. Точностные параметры и выбор способа изготовления отливок	7
2. ЭЛЕМЕНТЫ РАЗОВОЙ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ	
2.1. Устройство песчаной формы	27
2.2. Графическое выполнение элементов литейных форм и отливок	29
3. ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ	34
3.1. Разработка рациональной конструкции литых деталей	34
3.2. Анализ технологичности литой детали	39
4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК В РАЗОВОЙ ПЕСЧАНОЙ ФОРМЕ	41
4.1. Выбор положения отливки в форме и определение поверхности разъема	41
4.2. Назначение припусков на усадку и механическую обработку отливок	48
4.3. Назначение формовочных уклонов	60
4.4. Определение количества и конструкции стержней	60
4.5. Разработка конструкции и расчет прибылей и холодильников	
4.5.1. Определение места установки и количества прибылей	65
4.5.2. Расчет прибылей по методу Пржибыла	71
4.5.3. Расчет прибылей по методу Василевского	74
4.5.4. Выбор и расчет холодильников	76
4.6. Разработка конструкции и расчет литниковых систем	
4.6.1. Основные элементы и классификация литниковых систем ..	81
4.6.2. Выбор уровня и места подвода металла к отливке и типа литниковой системы	83
4.6.3. Расчет литниковых систем при заливке из поворотного ковша	85
4.6.4. Расчет литниковых систем при заливке из стопорного ковша	90
4.6.5. Расчет литниковых систем при подводе металла на нескольких уровнях	94
4.6.6. Конструкция и расчет дроссельных литниковых систем	97
4.7. Определение габаритов опок и расчет крепления полуформ	
4.7.1. Определение габаритов опок	100
4.7.2. Расчет крепления форм перед заливкой	104
4.8. Выбор формовочных, стержневых смесей, противопопригарных покрытий	106
5. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ И ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	

5.1. Структура курсового проекта	124
5.2. Требования к представлению содержания текста курсового проекта	126
5.3. Требования к оформлению текста курсового проекта	129
5.4. Требования к оформлению графической части курсового проекта	132
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	133
ПРИЛОЖЕНИЯ	134