

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК

Методические указания для выполнения расчетно-графических работ
для студентов специальностей

1–36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства»,
1–36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов
обработки материалов» высших учебных заведений

Витебск
2012

УДК 620.17

Проектирование и производство заготовок: методические указания для выполнения расчетно-графических работ для студентов специальностей 1–36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства», 1–36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов» высших учебных заведений.

Витебск : Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2012.

Составители: к.т.н., доц. Савицкий В. В.
ст. преп. Бровко С. В.

В методических указаниях приведен порядок выполнения расчетно-графических работ по проектированию отливок, изготовленных различными способами литья из черных и цветных сплавов, рассмотрена последовательность разработки чертежа литой заготовки по чертежу готовой детали и порядок выполнения модельно-литейных указаний, описан процесс разработки чертежа модели и расчета элементов литниковой системы, создания литейной формы в сборе. Методические указания предназначены для студентов специальностей 1–36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» и 1–36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов».

Одобрено кафедрой «Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки» «21» ноября 2012 г., протокол № 6.

Рецензент: зам. гл. технолога ОАО «Витязь» Шафранский А. В.
Редактор: ст. преп. кафедры МТВПО УО «ВГТУ» Голубев А. Н.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» «30» ноября 2012 г., протокол № 8.

Ответственный за выпуск: Матвеева Н. Н.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати _____ Формат _____ Уч.- изд. лист. _____
Печать ризографическая. Тираж _____ экз. Заказ № _____ Цена _____

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 г.

210035, Витебск, Московский пр-т, 72.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 1 «РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ОТЛИВКИ И МОДЕЛЬНО-ЛИТЕЙНЫХ УКАЗАНИЙ»	6
2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	7
3 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ОТЛИВОК. ВЫБОР ПЛОСКОСТИ РАЗЪЕМА	12
3.1 Общие принципы технологичности	12
3.2 Технологические особенности конструкции детали	13
3.3 Выбор плоскости разъема	14
3.4 Оценка возможностей получения стенок заданной толщины, отверстий минимального диаметра, ребер жесткости и других элементов детали	16
4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО ПРИПУСКА НА ОБРАБОТКУ.....	19
5 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ОТЛИВКИ.....	24
5.1 Обозначение плоскости разъема	24
5.2 Обозначение припусков на механическую обработку и технологических напусков	25
5.3 Нанесение модельно-литейных указаний.....	28
6 ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ ОТЛИВКИ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ В РАЗОВОЙ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТОЙ ФОРМЕ	35
7 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2 «РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА МОДЕЛИ И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ»	45
8 УСАДКА ОТЛИВОК.....	45
9 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА МОДЕЛИ.....	46
10 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ.....	48
11 ПРИМЕР ЧЕРТЕЖА МОДЕЛИ ДЕТАЛИ "КРОНШТЕЙН"	49
12 РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ.....	49
12.1 Расчет литниковой системы для черных и цветных тяжелых сплавов	49
12.2 Последовательность расчета элементов литниковой системы для литья цветных легких сплавов	53
12.3 Конструирование элементов подводящих систем.....	55
13 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 3 «РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ В СБОРЕ»	56

ЛИТЕРАТУРА	61
ПРИЛОЖЕНИЕ А	62
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	68
ПРИЛОЖЕНИЕ В	79
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	80
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	81
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	82

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение расчетно-графических работ по дисциплине «Проектирование и производство заготовок» предусмотрено учебным планом подготовки студентов по специальностям 1–36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» и 1–36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов». В методических указаниях изложена последовательность выполнения расчетно-графических работ по разработке отливок, полученных литьем в разовые песчано-глинистые формы, приведены необходимые справочные данные, варианты индивидуальных заданий, на конкретных примерах показаны основные этапы выполнения работ и правила их оформления. Материалы указаний применимы для разработки отливок, получаемых другими существующими методами литья.

При изучении дисциплины выполняется три расчетно-графические работы, которые включают:

- разработку чертежа отливки и модельно-литейных указаний;
- разработку чертежа модели и расчет элементов литниковой системы;
- создание чертежа литейной формы в сборе.

Успешное освоение дисциплины основывается на достаточных знаниях по следующим дисциплинам:

- технология конструкционных материалов;
- материаловедение;
- основы технологии машиностроения;
- нормирование точности и технические измерения;
- техническое черчение и использование систем автоматизированного проектирования.

1 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 1 «РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ОТЛИВКИ И МОДЕЛЬНО-ЛИТЕЙНЫХ УКАЗАНИЙ»

1. По варианту задания, выданному преподавателем, выполнить рабочий чертеж детали в соответствии с действующими правилами ЕСКД, который впоследствии необходимо использовать для разработки чертежа отливки. В текстовой части работы определить группу сложности детали, описать конструкцию детали и составляющих ее элементов, вид сопряжения различных элементов, оценить размерную точность отдельных частей детали, возможные способы достижения указанных на чертеже параметров точности и отклонений геометрической формы, привести химический состав материала, из которого она изготовлена, и его технологические свойства.

2. Выполнить анализ технологичности конструкции детали и определить:

- положение отливки в форме и выбрать плоскость разъема формы;
- возможность получения стенок заданной толщины, отверстий минимального диаметра, рёбер жесткости и других элементов детали.

3. Используя п. п. 4-7 исходных данных, приведенных ниже, для заданной детали определить общие припуски, допуски на размеры отливки, величину формовочных уклонов.

4. Разработать совмещенный чертеж деталь-отливка, на котором следует показать плоскость разъема формы, положение верха и низа отливки, величину припусков на обрабатываемые поверхности, технологических напусков, уклонов, привести размеры отливки с допусками и технические требования на отливку, другие модельно-литейные указания, к которым относят: положение стержней, их знаковых частей, размеров этих элементов, направление набивки стержней и вывода газов, положение разъема стержневого ящика, технологические зазоры, наличие прибылей, выпоров, холодильников, проб для проверки состава материала и его свойств, места подвода металла, размеры остатков элементов литниковой системы (питателей и выпоров).

2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Для выполнения расчетно-графических работ используют следующие данные (задаются преподавателем):

1) чертеж детали;

2) марка материала отливки:

– сталь конструкционная следующих марок: сталь 40, сталь 45;

– сталь литейная марок сталь 20Л, сталь 30Л, сталь 50Л;

– чугун: серый марок Сч 12, Сч 15, Сч 20; высокопрочный марок Вч 35, Вч 45; ковкий Кч 35–8, Кч 60–3;

– бронзы литейные: оловянная БрО5Ц5С5, безоловянная БрА9Ж3Л;

– латунь ЛЦ14К3С3, ЛЦ30А3, ЛЦ40Мц3А;

– цветные сплавы: алюминиевые марок АЛ2, АЛ4, АЛ8, АК12, АК9, АК7, АМ5, магниевые марок МЛ6, МЛ3;

3) материал модели, выбор которого определяется типом производства, зависящим от количества выпускаемой продукции:

– модели из мягких пород дерева: ель, сосна – применяют в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также при изготовлении опытных образцов отливок;

– модели из твердых пород дерева: дуб, бук, орех, ясень – применяют при изготовлении отливок в условиях серийного производства, в ряде случаев крупносерийного;

– модели из пластмассы и металлические модели используют при изготовлении отливок в условиях крупносерийного и массового производства;

4) особенности формовочных материалов, используемых для изготовления форм, которые определяются влажностью формовочных смесей:

– литье в песчано-глинистые сырые формы из низковлажных (до 2,8 %) высокопрочных (более 160 кПа) смесей с высоким и однородным уплотнением до твердости не ниже 90 единиц;

– литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 2,8 до 3,5 % и прочностью от 120 до 160 кПа со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц;

– литье в песчано-глинистые сырые формы из высоковлажных (выше 4,5 %) и низкопрочных (до 60 кПа) смесей с низким уровнем уплотнения до твердости ниже 70 единиц;

5) точность поверхностей:

– сопрягаемых с другими поверхностями – обычно указана в виде предельных отклонений на чертеже детали по варианту индивидуального задания;

– не сопрягаемых поверхностей – Н14, h14;

– прочих – $\pm IT 14/2$;

б) шероховатость после обработки:

– поверхностей с размерной точностью 7–8 квалитетов – Ra 0,8–1,6 мкм;

– поверхностей с размерной точностью 9–11 квалитетов – Ra 3,2–6,3 мкм;

– поверхностей с размерной точностью 14–15 квалитетов и необрабатываемых поверхностей – Ra 12,5–25 мкм;

7) нормы точности отливки для назначения припусков, допусков, разработки технических требований на отливку **устанавливаются самостоятельно** в следующей последовательности:

– класс размерной точности отливок определяют в зависимости от выбранного технологического способа литья, наибольшего габаритного размера отливки для заданного типа сплава по таблице 1, приведенной ниже;

Таблица 1 – Классы размерной точности отливок

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		1	2	3	4
		Класс размерной точности отливки			
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	5—10	6—11т	7т—12	7—12
	Св. 100 » 250	6—11т	7т—11	7—12	8—13т
	» 250 » 630	7т—11	7—12	8—13т	9т—13
	» 630 » 1600	7—12	8—13т	9т—13	9—13
	» 1600 » 4000	8—13т	9т—13	9—13	10—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	До 100	6—11т	7т—11	7—12	8—13т
	Св. 100 » 250	7т—11	7—12	8—13т	9т—13
	» 250 » 630	7—12	8—13т	9т—13	9—13
	» 630 » 1600	8—13т	9т—13	9—13	10—14
	» 1600 » 4000	9т—13	9—13	10—14	11т—14
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	7—12	8—13т	9т—13	9—13
	Св. 100 » 250	8—13т	9т—13	9—13	10—14
	» 250 » 630	9т—13	9—13	10—14	11т—14
	» 630 » 1600	9—13	10—14	11т—14	11—15
	» 1600 » 4000	10—14	11т—14	11—15	12—15
» 4000 » 10000	11т—14	11—15	12—15	13т—16	
» 10000	11—15	12—15	13т—16	13—16	

Примечание. Меньшие значения из приведенных диапазонов относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства, бóльшие – к сложным отливкам единичного и мелкосерийного производства, средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

1 – Цветные легкие, нетермообрабатываемые сплавы.

2 – Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообрабатываемые цветные легкие сплавы.

3 – Термообрабатываемые чугунные и цветные тугоплавкие сплавы.

4 – Термообрабатываемые стальные сплавы.

– степень коробления элементов отливок определяют по таблице 2 в зависимости от отношения наименьшего размера элемента отливки к наибольшему (толщины или высоты к длине элемента отливки) для разовых (или многократных) форм;

– степень точности поверхностей отливок определяют по данным таблицы 3 для заданного способа литья, типа сплава и наибольшего габаритного размера отливки;

– класс точности массы отливок назначают в соответствии с данными таблицы 4;

Таблица 2 – Степени коробления элементов отливок

Отношение наименьшего размера элемента отливки к наибольшему (толщины или высоты к длине элемента отливки)	Степень коробления элемента отливки			
	Многokратные формы		Разовые формы	
	Нетермообработываемые отливки	Термообработанные отливки после правки	Нетермообработываемые отливки	Термообработанные отливки после правки
Св. 0,200	1—4	2—5	3—6	4—7
» 0,100 до 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
» 0,055	5—8	6—9	7—10	8—11

Примечание. Меньшие значения из диапазонов степеней коробления следует применять к простым отливкам из легких сплавов, большие значения – к сложным отливкам из черных сплавов. Степень коробления отливки, указываемую на чертеже, следует принимать по ее элементу с наибольшей степенью коробления.

Таблица 3 – Степени точности поверхностей отливок

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		1	2	3	4
		Класс размерной точности отливки			
Литье в песчано-глинистые сырые формы из низкопрочных (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	7—14	8—15	9—16	10—17
	Св. 100 » 250	8—15	9—16	10—17	11—18
	» 250 » 630	9—16	10—17	11—18	12—19
	» 630 » 1600	10—17	11—18	12—19	13—19
	» 1600 » 4000	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	До 100	8—15	9—16	10—17	11—18
	Св. 100 » 250	9—16	10—17	11—18	12—19
	» 250 » 630	10—17	11—18	12—19	13—19
	» 630 » 1600	11—18	12—19	13—19	14—20
	» 1600 » 4000	12—19	13—19	14—20	15—20
Литье в песчано-глинистые сырые формы из высокопрочных (выше 4,5 %) и низкопрочных (до 60 кПа или 0,6 кгс/см ²) смесей с низким уровнем уплотнения до твердости ниже 70 единиц	До 100	10—17	11—18	12—19	13—19
	Св. 100 » 250	11—18	12—19	13—19	14—20
	» 250 » 630	12—19	13—19	14—20	15—20
	» 630 » 1600	13—19	14—20	15—20	16—21
	» 1600 » 4000	15—20	15—20	16—21	17—21
» 4000 » 10000	14—20	16—21	17—21	18—22	
» 10000	16—21	17—21	18—22	19—22	

Примечание. Меньшие из значений диапазонов степеней точности поверхностей отливок 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.

1 – Цветные легкие, нетермообработываемые сплавы.

2 – Нетермообработываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообработываемые цветные легкие сплавы.

3 – Термообработываемые чугунные и цветные тугоплавкие сплавы.

4 – Термообработываемые стальные сплавы.

Таблица 4 – Класс точности массы отливок

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		1	2	3	4
		Класс размерной точности отливки			
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 1,0	4—11	5т—12	5—13т	6—13
	Св. 1,0 » 10	5т—12	5—13т	6—13	7т—14
	» 10 » 100	5—13т	6—13	7т—14	7—15
	» 100 » 1000	6—13	7т—14	7—15	8—15
	» 1000 » 10000	7т—14	7—15	8—15	9т—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	До 1,0	5т—12	5—13т	6—13	7т—14
	Св. 1,0 » 10	5—13т	6—13	7т—14	7—15
	» 10 » 100	6—13	7т—14	7—15	8—15
	» 100 » 1000	7т—14	7—15	8—15	9т—16
	» 1000 » 10000	7—15	8—15	9т—16	9—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	6—13	7т—14	7—15	8—15
	Св. 1,0 » 10	7т—14	7—15	8—15	9т—16
	» 10 » 100	7—15	8—15	9т—16	9—16
	» 100 » 1000	8—15	9т—16	9—16	10—16
	» 1000 » 10000	9т—16	9—16	10—16	11т—16
» 10000 » 100000	9—16	10—16	11т—16	11—16	
	» 100000	10—16	11т—16	11—16	12—16

Примечание. В таблице указаны диапазоны классов точности массы отливок, меньшие из значений которых относятся к простым компактным отливкам и условиям массового автоматизированного производства, большие – к сложным крупногабаритным отливкам единичного и мелкосерийного производства, средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

1 – Цветные легкие, нетермообрабатываемые сплавы.

2 – Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообрабатываемые цветные легкие сплавы.

3 – Термообрабатываемые чугуны и цветные тугоплавкие сплавы.

4 – Термообрабатываемые стальные сплавы.

– допуск смещения отливки по плоскости разъема устанавливается по таблице 5 на уровне класса размерной точности отливки по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, выходящих на разъем или пересекающих его.

При наличии стержней, выходящих на плоскость разъема, допуск смещения, вызванный перекосом стержня, устанавливается в диаметральном выражении по таблице 5 на 1–2 класса точнее класса размерной точности отливки, по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, формируемых с участием стержня.

Таблица 5 – Допуск смещения отливки

Интервал номинальных размеров, мм	Допуски размеров отливок, мм, не более, для классов точности										
	1	2	3Т	3	4	5Т	5	6	7Т	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
Св. 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	0,1	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	2,20
» 630 » 1000	—	—	—	—	—	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
» 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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» 10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Интервал номинальных размеров, мм	Допуски размеров отливок, мм, не более, для классов точности										
	9Т	9	10	11Т	11	12	13Т	13	14	15	16
До 4	0,8	1	1,2	1,6	2	—	—	—	—	—	—
Св. 4 » 6	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	—	—	—	—	—
» 6 » 10	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	—	—	—
» 10 » 16	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	—	—
» 16 » 25	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12
» 25 » 40	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14
» 40 » 63	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16
» 63 » 100	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18
» 100 » 160	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20
» 160 » 250	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18	22
» 250 » 400	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24
» 400 » 630	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18	22	28
» 630 » 1000	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32
» 1000 » 1600	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18	22	28	36
» 1600 » 2500	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	40
» 2500 » 4000	4,4	5,6	7	9	11	14	18	22	28	36	44
» 4000 » 6300	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	40	50
» 6300 » 10000	—	8	10	12	16	20	24	32	40	50	64
» 10000	—	—	12	16	20	24	32	40	50	64	80

3 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ОТЛИВОК. ВЫБОР ПЛОСКОСТИ РАЗЪЕМА

Выбор наиболее целесообразного технологического процесса изготовления отливки часто затруднен, поскольку одинаковые по размерной точности и качеству заготовки можно получить различными методами. Окончательный выбор выполняется после оценки экономической эффективности различных способов получения отливок. Причем в этом случае необходимо учитывать не только стоимость изготовления отливки, но и стоимость ее последующей обработки (механической, электрофизической, термической и др.). Стоимость литой заготовки определяется ее конструкцией, от нее зависит выбор типа модельной оснастки. Конструктивное исполнение деталей отличается разнообразием форм, однако наиболее важным свойством любой детали является ее технологичность, под которой понимают *совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ* [1].

Отработка конструкции изделия на технологичность осуществляется при взаимодействии конструкторов и технологов на всех этапах, включающих разработку конструкции, процессов заготовительного производства, обработки, сборки и контроля.

Выбор того или иного вида литья зависит от материала детали, точности и шероховатости поверхностей, получаемых при изготовлении заготовки данным методом, конфигурации, размера и массы детали, типа производства.

3.1 Общие принципы технологичности

Независимо от метода изготовления отливки при определении ее конфигурации и размеров, а также при оценке технологичности следует учитывать следующие общие принципы:

- форма и размеры заготовки должны быть наиболее близкими к готовой детали;
- внутренние и внешние контуры отливки должны иметь конфигурацию, состоящую из сочетаний правильных геометрических фигур, что упростит модельную и литевную оснастку;
- поверхности, обращенные к поверхности разъема формовочной оснастки, должны иметь конструктивные (литейные) уклоны;
- отливка должна иметь минимальное количество обрабатываемых поверхностей;
- при возможности разделять крупные сложные отливки на несколько меньших простой формы;
- детали, подвергающиеся быстрому износу, следует проектировать как отдельные отливки;

- по возможности использовать типовые отливки, изготавливаемые на унифицированной оснастке;
- выбор материала должен предусматривать применение производительных методов литья, высокую производительность процесса, обеспечивать уменьшение припусков на обработку;
- необходимо стремиться изготавливать форму по цельной модели либо стремиться к минимальному количеству поверхностей разъема;
- отливки должны иметь плавную обтекаемую конфигурацию без острых углов, изломов, с плавным переходом от одних сечений к другим;
- толщина стенки отливки должна быть минимально допустимой для выбранного метода литья, обеспечивая при этом необходимую прочность заготовки и хорошее заполнение формы;
- отливке следует придавать такую форму, чтобы жидкий металл вытеснял воздух и газы, образующиеся в результате нагрева стенок формы и выделяющихся из металла;
- конфигурация отливки должна обеспечивать усадку и не препятствовать ей;
- использовать типовые сопряжения стенок литых заготовок;
- для устранения напряжений, повышения качества отливок использовать метод направленного и одновременного затвердевания, устранять местные скопления металла.

3.2 Технологические особенности конструкции детали

Кроме общих принципов при оценке технологичности конкретной детали следует учитывать *технологические особенности* ее конструкции, которые связаны с конкретным способом изготовления отливки.

Поскольку среди используемых способов получения отливок наибольший удельный вес занимает литье в песчаные формы, для таких отливок следует стремиться к максимальному уменьшению общих габаритов детали, выступающих частей, устранению тонкостенных ребер, глубоких пазов, впадин, поднутрений, что обеспечит минимальное количество разъемов модели, минимальное количество стержней, устранив необходимость применения отъемных частей модели. Технологичность внешних и внутренних очертаний отливки определяют по правилу световых теней. Сущность этого правила заключается в том, что при освещении заготовки параллельными лучами света, направленными перпендикулярно плоскости разъема формы и стержневого ящика, не должно быть теневых участков на отливке (рисунок 1, а–б). Теневые участки возникают при неправильном расположении отдельных элементов отливки, к числу которых относят выемки, ребра, бобышки, приливы. Отливки без теневых участков имеют более высокое качество и менее трудоемки в изготовлении, не требуют применения отъемных частей в модельной оснастке, использования стержней. Однако при устранении теневых участков на отливке необходимо учитывать такой важный фактор технологичности конструкции детали, как соблюдение равнотолщинности

стенок детали на различных ее участках. В противном случае вероятно появление тепловых узлов, в которых металл охлаждается в течение более длительного промежутка времени, что приводит к появлению остаточных напряжений и появлению усадочных дефектов.

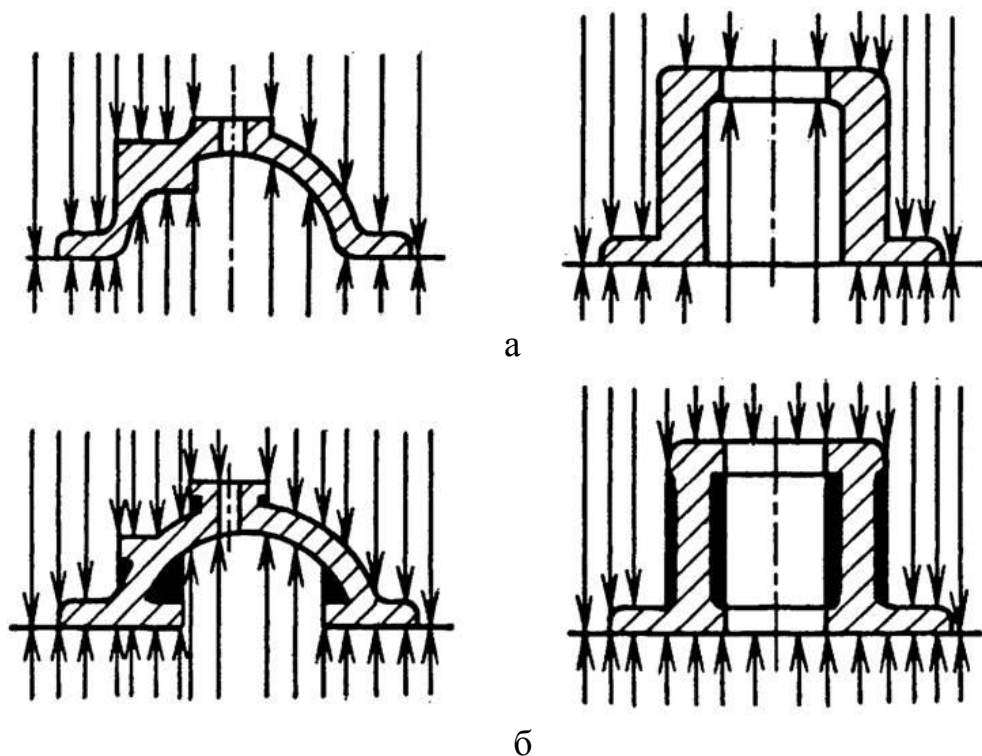


Рисунок 1 – Оценка технологичности внутренних и внешних очертаний отливки:

а – технологичная отливка; б – нетехнологичная отливка

Конфигурация отливки должна обеспечивать ее изготовление в форме с одной желательной плоской поверхностью разъема, поскольку каждый дополнительный разъем сложной формы усложняет модельную оснастку, требует применения дополнительной опоки, увеличивает время на формовку, отделку формы и ее сборку, отливка имеет меньшую размерную точность и погрешности геометрии, что вызывает проблемы при дальнейшей обработке.

Целесообразно в некоторых случаях изменить конфигурацию отливки с тем, чтобы значительно уменьшить стоимость изготовления заготовки.

Для достижения точности размеров отливки и уменьшения вероятности смещения одной части литой заготовки относительно другой формовку заготовки рекомендуется выполнять по неразъемной модели.

3.3 Выбор плоскости разъема

Важным этапом на пути проектирования технологичной отливки является правильный выбор плоскости разъема той формы, в которой будет формироваться заготовка. При этом положение отливки во время заливки металла оказывает существенное влияние на ее качество.

При оценке положения отливки в форме и выборе плоскости разъема следует руководствоваться следующими правилами:

– ответственные части отливки, к которым предъявляются высокие требования по точности и качеству, располагают в нижней части формы, поскольку в верхней части скапливаются неметаллические включения и газовые раковины;

– при невозможности выполнения приведенного выше требования ответственные поверхности отливки располагают вертикально или наклонно, причем целесообразно в отливках горизонтальные поверхности заменять наклонными, что устраняет газовые и неметаллические включения;

– плоскость разъема не должна пересекать поверхности, служащие базами на первой операции механической обработки;

– если обрабатываемые поверхности обращены кверху, следует обеспечить такие условия при заливке и кристаллизации, при которых возможные литейные пороки будут образовываться в частях отливки, удаляемых после ее получения (прибылях, выпорах, припусках на механическую обработку и технологических напусках);

– от положения при заливке зависят разъем формы, величина припусков на механическую обработку, способ установки стержней в форме;

– по возможности упрощать конфигурацию полостей в отливках и соответственно стержней, используемых для формообразования этих полостей, чтобы можно было обеспечить надежную их установку, достаточную жесткость, простоту отвода газов, возможность легкого удаления стержней из отливки;

– все поверхности отливки должны быть доступны для обрубки и зачистки заливок и заусенцев;

– следует избегать в отливках небольших несквозных полостей для устранения полного спекания стержня, используемого для формования данной полости;

– целесообразно предусматривать такую конфигурацию детали, при которой заливки образуются на обрабатываемых поверхностях, поскольку их можно удалить со слоем припуска;

– детали цилиндрической формы целесообразно отливать в вертикальном положении.

При конструировании отливки необходимо учитывать процесс заполнения формы жидким металлом для получения здоровой отливки без усадочных раковин, пористости, опасности возникновения напряжений, приводящих к появлению трещин. Хорошее заполнение формы металлом определяется допустимой наименьшей толщиной стенки отливки, которая зависит от применяемого литейного сплава, температуры его заливки, конфигурации и размеров отливки, состояния используемой формы.

3.4 Оценка возможностей получения стенок заданной толщины, отверстий минимального диаметра, ребер жесткости и других элементов детали

При анализе конструкции детали определяют *минимальную толщину стенки отливки* и оценивают возможность ее получения с учетом жидкотекучести сплава, из которого выполняют заготовку. Главным фактором, определяющим уровень жидкотекучести, являются температура плавления и кристаллизации, особенности кристаллизации, вязкость. Влияние литейной формы связано главным образом со смачиваемостью формовочного материала жидким металлом, с условиями физико-химического воздействия на поверхности раздела металла и формы. На жидкотекучесть влияют также условия заливки, температура перегрева металла, наличие в металле посторонних включений, условия подвода металла к форме.

Численно значение минимальной толщины стенки отливок из различных сплавов определяют по данным, приведенным в таблице 6.

Таблица 6 – Минимальная толщина стенки отливок

Материал сплава	Минимальная толщина стенки, мм		
	мелких	средних	крупных
Серый чугун	3–4	8–10	12–15
Ковкий чугун	3–4	6–8	–
Сталь	5–7	10–12	15–20
Бронза, латунь	3–5	5–8	–
Алюминиевые сплавы	3–5	5–8	–
Магниевого сплавы	3–5	5–7	–

К мелким отливкам из чугуна и углеродистой стали относятся отливки массой до 2 кг, к средним – массой от 2 до 50 кг, крупными считаются отливки массой свыше 50 кг. Мелкими отливками из низколегированной стали являются отливки массой до 3 кг, средними – массой от 3 до 70 кг, крупными – массой свыше 70 кг. Мелкими отливками из бронзы и латуни считаются отливки массой до 4 кг, средними – массой свыше 4 до 50 кг, крупными – массой свыше 50 кг. Мелкими отливками из алюминиевых сплавов считаются отливки массой до 6 кг, средними – массой свыше 6 до 25 кг, крупными – массой свыше 25 кг.

При выборе минимальной толщины стенки отливки необходимо также учитывать, что для отливок из серых чугунов во избежание отбела стенки выполняют не тоньше 6 мм, для отливок из ковких чугунов – не менее 4 мм. Стальные отливки, работающие под нагрузкой и давлением, не должны иметь стенки толщиной меньше 7–10 мм.

При выборе толщины стенки необходимо учитывать сложность отливки. По сложности отливки из черных металлов делят на *группы*. К *первой группе* относятся отливки преимущественно с плоскими взаимно-перпендикулярными

и цилиндрическими поверхностями. Примерами таких отливок служат колеса, маховики, рычаги, диски, кольца и т. д.

Во *вторую группу* включены полые отливки, имеющие кроме простых и криволинейные поверхности, сопрягающиеся под острыми или тупыми углами. К типовым отливкам этой группы относятся литые детали арматуры, криволинейные рычаги, простые крышки, подставки, плиты, корпуса подшипников и другие детали.

Третью группу составляют отливки с наклонными поверхностями, сопрягающимися под любыми углами, и содержащие изогнутые полости сложной формы, бобышки, приливы, ребра. Представительными деталями группы являются корпуса, крышки, основания для редукторов, крупные зубчатые колеса, корпуса станин, простые кожухи турбин.

Четвертую группу образуют отливки с различного вида поверхностями и отверстиями, которые оформляются сложными стержнями. К таким отливкам относятся станочные отливки, составные кожухи сложных турбин, опоры валковых клетей прокатных станков, станины молотов и прессов и т. д.

К *пятой группе* относятся отливки, которые формуются непосредственно по модели и не содержат сложных стержней либо полость в отливке оформляется одним простым стержнем. К таким отливкам относятся картеры, зубчатые и приводные колеса, гребные винты, сложные станины станков, плиты и т. д.

Для увеличения жесткости и прочности литых деталей, усиления нагруженных мест в конструкции отливок предусматривают **ребра жесткости**. Ребра жесткости позволяют снизить внутренние напряжения в местах сопряжения стенок различной толщины, предотвращая тем самым вероятность трещинообразования в таких сопряжениях и коробление отливок.

Ребра принято подразделять на следующие виды:

– ребра жесткости, которые усиливают жесткость отдельных элементов отливки;

– конструктивные ребра, являющиеся элементами конструкции и выполняющими определенное назначение (например, охлаждающие ребра);

– усиливающие ребра, уменьшающие напряжения и увеличивающие прочность отдельных частей отливки (бывают продольными, поперечными и боковыми);

– разводящие ребра, распределяющие сосредоточенные нагрузки на стенки литых заготовок;

– технологические ребра, предохраняющие отливку от деформации, образования раковин и т. д. (например, усадочные ребра).

При конструировании ребер необходимо руководствоваться следующими принципами:

– толщина наружных ребер должна быть не более 0,8 толщины сопрягаемой стенки, толщина внутренних ребер – 0,6–0,7 от толщины сопрягаемой стенки, при этом высота ребер не должна превышать пятикратной толщины сопрягаемой стенки (см. пример на рисунке 2);

– при конструировании плит следует избегать скопления металла в местах сопряжения стенок и ребер, обеспечивая при этом достаточную жесткость плиты;

– при сопряжении внутренних ребер с массивными частями отливки ребра выполнять Г-образными или Т-образными;

– при конструировании крышек, подвергаемых в процессе эксплуатации нагреву, им следует придавать сферическую форму, а ребра необходимо располагать на внутренней стороне крышки (со стороны нагрева).

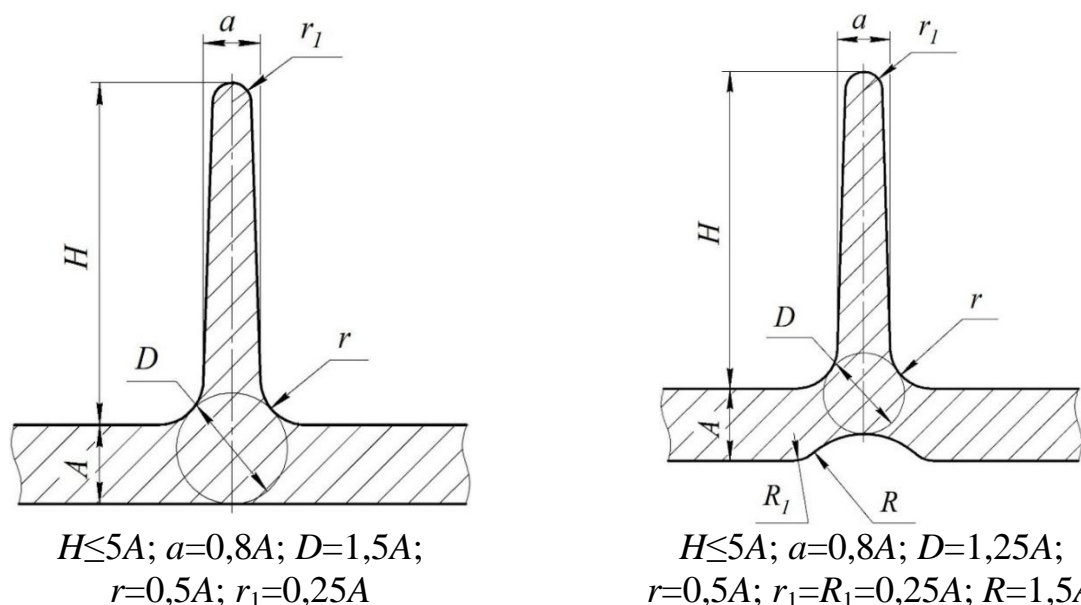


Рисунок 2 – Вариант сопряжения стенки с ребром посередине

Стенки отливок, сопрягающиеся друг с другом и остальными частями отливки под разными углами, образуют так называемые узлы и разделяются на следующие типы: лобовое сопряжение, являющееся стыком двух стенок различной толщины, лежащих в одной плоскости; прямоугольное – сопряжение двух стенок под прямым углом; остроугольное – сопряжение стенок под острым углом; вилообразное – сопряжение трех стенок; Т-образное – сопряжение трех стенок под прямым углом; крестообразное – сопряжение из четырех стенок под различными углами (X-сопряжение). Переход от одной стенки к другой выполняют с помощью радиуса скругления, величина которого зависит от отношения толщин сопрягаемых стенок.

Различные виды ребер жесткости, возможные варианты сопряжений стенок деталей и их геометрические параметры приведены в работе [2].

Кроме минимальной толщины стенки **определяют размеры отверстий**, которые могут быть получены в отливке. Отверстия малых размеров в зависимости от используемого способа литья обычно обрабатывают механической обработкой. При определении минимальных размеров отливаемых отверстий в заготовках необходимо учитывать марку материала, способ получения отливок, тип производства.

Минимальные размеры отверстий, отливаемых в заготовках из чугуна и цветных сплавов можно устанавливать в соответствии с данными, приведенными в таблице 7.

Таблица 7 – Минимальные диаметры литых отверстий для чугунных отливок

Тип производства	Толщина стенки, мм			
	< 10	10–20	20–30	>30
Единичное и мелкосерийное	25	30	35	40
Серийное	20	25	30	35
Массовое	15	20	20	25

Отверстия слишком малого диаметра не предусматривают в отливках в связи с трудностью их очистки от формовочной смеси, так как стержни малого поперечного сечения прогорают и металлизуются.

Минимальные диаметры литых отверстий *для стальных отливок* кроме перечисленных выше факторов зависят также от высоты отверстий и их значения примерно в 2 раза больше, чем для чугунных отливок.

Отверстия, не изготавливаемые в отливках, которые затем получают механической обработкой, на чертеже отливки перечеркивают тонкой линией (см. п. 4.2).

Для формирования полостей и отверстий в отливках используют стержни. Изображение и обозначение стержней на чертеже отливки, совмещенном с чертежом детали, выполняют в виде литейных указаний, правила выполнения которых приведены ниже.

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО ПРИПУСКА НА ОБРАБОТКУ

Для определения общего припуска следует использовать данные, приведенные выше в следующем порядке: класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы и допуск смещения, например, отливка 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм. Указанные нормы назначают в зависимости от количества выпускаемых отливок, их конструктивного исполнения, служебного назначения, выбранного способа литья и некоторых других параметров.

Общий припуск находят по общему допуску элемента поверхности отливки для заданного вида механической обработки и выбранного ряда припусков.

Общий допуск определяют на размеры от обрабатываемой поверхности до базы обработки, при этом размеров отливки, изменяемых обработкой, определяют **по номинальным размерам детали**.

Допуски размеров, *образованных одной частью литейной формы* или одним стержнем, устанавливают на **1-2 класса точнее**. Допуски размеров, образованных тремя и более частями литейной формы, несколькими стержнями

или подвижными элементами формы, а также допуски толщины стенок, образованных двумя и более частями формы или формой и стержнем, устанавливают на **1-2 класса грубее** (см. таблицу 8).

Таблица 8 – Допуски линейных размеров отливок

Интервал номинальных размеров, мм	Допуски размеров отливок, мм, не более, для классов точности										
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	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
Св. 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	1,0	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	2,20
» 630 » 1000	—	—	—	—	—	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
» 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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» 10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Интервал номинальных размеров, мм	Допуски размеров отливок, мм, не более, для классов точности										
	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
До 4	0,8	1	1,2	1,6	2	—	—	—	—	—	—
Св. 4 » 6	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	—	—	—	—	—
» 6 » 10	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	—	—	—
» 10 » 16	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	—	—
» 16 » 25	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12
» 25 » 40	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14
» 40 » 63	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16
» 63 » 100	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18
» 100 » 160	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20
» 160 » 250	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18	22
» 250 » 400	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24
» 400 » 630	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18	22	28
» 630 » 1000	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32
» 1000 » 1600	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18	22	28	36
» 1600 » 2500	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	40
» 2500 » 4000	4,4	5,6	7	9	11	14	18	22	28	36	44
» 4000 » 6300	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	40	50
» 6300 » 10000	—	8	10	12	16	20	24	32	40	50	64
» 10000	—	—	12	16	20	24	32	40	50	64	80

Затем по таблице 9 находят величину допуска формы и расположения элементов отливки (отклонения от прямолинейности, плоскостности, параллельности, перпендикулярности, заданного профиля) в зависимости от степени коробления. В таблице за номинальный размер нормируемого участка следует принимать наибольший из размеров нормируемого участка элемента отливки, для которого регламентируются отклонения формы и расположения поверхности.

Номинальный размер отливки следует принимать равным номинальному размеру детали – для необрабатываемых поверхностей и сумме среднего размера детали и общего припуска на обработку – для обрабатываемых поверхностей. При определении номинальных размеров отливок учитывают технологические напуски.

Таблица 9 – Допуск формы и расположения элементов отливки

Номинальный размер нормируемого участка отливки, мм	Допуск формы и расположения элементов отливки, мм, не более, для степеней 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
Св. 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 » 10000	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0	64,0	80,0	—
» 10000	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0	64,0	80,0	—	—

По найденному допуску на размер и величине допуска формы и расположения элементов отливки по таблице (приложение А) определяют величину общего допуска для этого элемента отливки.

Ряды припусков на обработку отливок определяют в соответствии с данными таблицы 10 в зависимости от степени точности поверхности детали.

Таблица 10 – Ряды припусков отливок

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

Полученные данные по величине общего допуска, ряду припусков и виду окончательной механической обработке позволяют определить по таблице (приложение Б) величину **общего припуска на сторону**.

Для отливок мелкосерийного и единичного производства допускается назначать увеличенные значения припусков, соответствующие интервалам общих допусков, расположенным в таблице приложения Б соответственно на 1 и 2 строки ниже интервала действительного допуска.

Для наклонных, конических и фасонных поверхностей, заданных координатами от одной базы или поверхности, допускается устанавливать допуски на номинальное значение наибольшего из размеров. Допуски размеров отливок от предварительно обработанной поверхности до литой поверхности должны соответствовать приведенным в таблице 8.

После определения припусков *на поверхности, перпендикулярные плоскости разъема формы, назначают формовочные уклоны*, которые облегчают извлечение модели после выполнении формовки. Величину уклонов определяют по ГОСТ 3212–92 [3] в зависимости от высоты поверхности относительно поверхности разъема, материала модельного комплекта, по которому выполняют формовку будущей отливки, и с учетом обрабатываемости поверхности. Способы назначения уклонов показаны на рисунке 3 (а–г). Формовочные уклоны в зависимости от требований, предъявляемых к поверхности детали, выполняют:

– на обрабатываемых поверхностях – сверх припуска на механическую обработку за счет увеличения размеров отливки (рисунок 3 а), причем допускается выполнять уклоны за счет уменьшения припуска на 30 %;

– на необрабатываемых поверхностях, не сопрягаемых с другими деталями – за счет увеличения и уменьшения размеров отливки (рисунок 3 б);

– на необрабатываемых поверхностях, сопрягаемых по контуру с другими деталями – за счет уменьшения (рисунок 3 в) или увеличения (рисунок 3 г) размеров отливки в зависимости от поверхностей сопряжения.

Значения формовочных уклонов формообразующих поверхностей модельного комплекта для песчано-глинистых смесей (ПГС) указаны в таблице 11.

Полученные припуски на обработку, уклоны следует обозначить определенным образом на чертеже отливки, совмещенном с чертежом детали (правила обозначения приведены ниже) и с их учетом рассчитать размеры отливки. Для полученных размеров следует установить допуски на размеры и также указать их на чертеже.

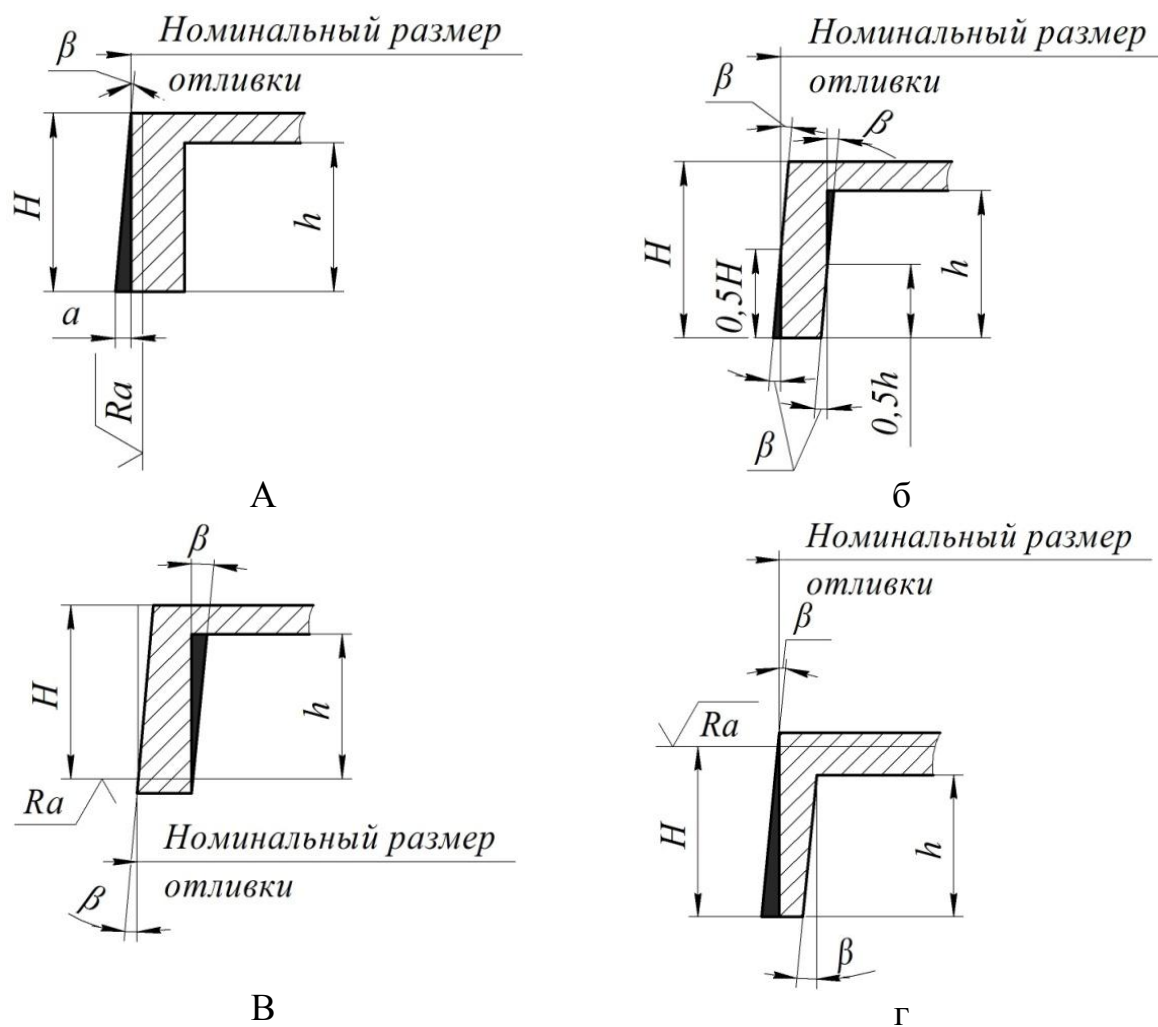


Рисунок 3 – Варианты выполнения формовочных уклонов

Таблица 11 – Величина формовочных уклонов

Высота h , мм	Формовочный уклон β комплекта			
	металлического	пластмассового	деревянного	
		мм		мм
До 10	2°20'	0,40	2°55'	0,50
Св. 10 » 16	1°35'	0,45	1°55'	0,55
» 16 » 25	1°10'	0,50	1°30'	0,65
» 25 » 40	50'	0,60	1°05'	0,75
» 40 » 63	35'	0,65	45'	0,85
» 63 » 100	25'	0,75	35'	1,00
» 100 » 160	20'	0,95	25'	1,20
» 160 » 250		1,45		1,85
» 250 » 400		2,30	20'	2,30
» 400 » 630		3,65		3,65
» 630 » 1000		5,80		5,80
» 1000 » 1600		9,30		9,30
» 1600 » 2500		14,50	14,50	

5 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ОТЛИВКИ

Чертеж отливки является основным конструкторско-технологическим документом, на основе которого впоследствии выполняют чертежи модели, элементов литниковой системы, прибылей, выпоров, проб для механических испытаний и т. д., осуществляют выбор опок.

5.1 Обозначение плоскости разъема

При разработке чертежа отливки учитывают выполненный ранее анализ технологичности детали, на основе которого в ее конфигурацию могут быть внесены изменения.

Графическое изображение отливки для мелкосерийного и единичного производства должно быть выполнено на карте эскизов в соответствии с требованиями стандартов *ЕСКД* и *ГОСТ 3.1125–88*.

Допускается графический документ на отливку изображать на учтенной копии чертежа, при этом элементы отливки следует выполнять **красным** цветом. В серийном и массовом производстве при выполнении графических элементов литейных форм и отливок на копии чертежа детали над основной надписью или на свободном поле чертежа проставляют **дополнительный штамп**. Для этого случая обозначение документа, подписи разработчика отливки, нормоконтролера и другие данные следует указывать в соответствии с *приложением Б ГОСТ 3.1125–88*.

Выполнение чертежа отливки начинают с обозначения плоскости разъема и определения положения отливки в форме. Плоскость разъема на чертеже детали обозначают отрезком линии либо штрихпунктирной линией, на концах которой с толщиной линий, равной двойной толщине основной линии чертежа, указывают знаки X— —X, а над ней – буквенное обозначение разъема модели и формы *МФ* (если они совпадают, рисунок 4). При выполнении формы по неразъемной модели обозначают лишь положение плоскости разъема формы (*Ф*, рисунок 5), причем **разъем формы и модели сложных отливок показывают на минимально необходимом числе изображений, достаточном для определения разъема.**

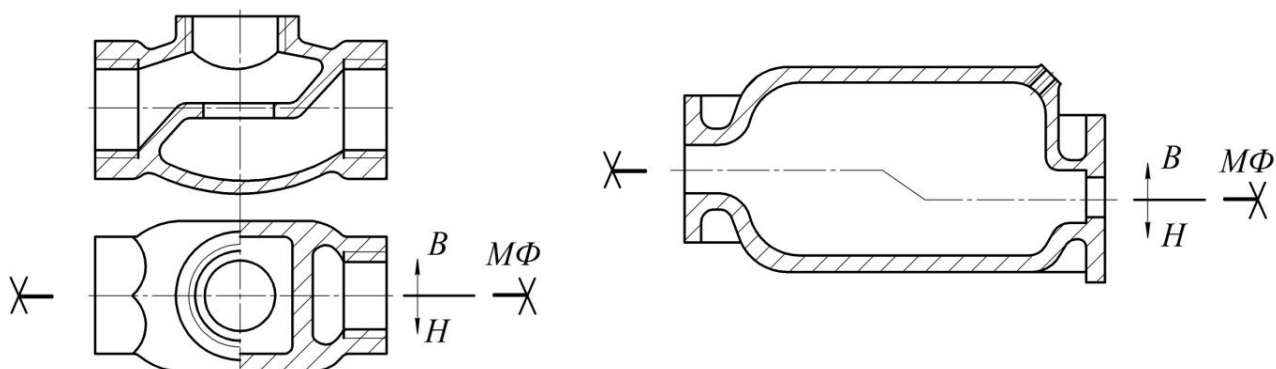


Рисунок 4 – Обозначение плоскости разъема на чертеже детали
Если для изготовления отливки модель и форма необходимо выполнить с

несколькими плоскостями разреза, каждый разъем показывают отдельно (рисунок 6).

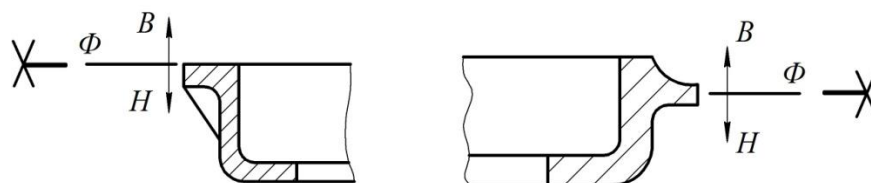


Рисунок 5 – Обозначение плоскости разреза при использовании неразъемной модели

Положение отливки в форме при заливке обозначают буквами *B* (верх) и *H* (низ). Буквы проставляют у стрелок, показывающих направление разреза формы. Расположение отливки в форме при заливке металлом отражается на качестве отдельных частей и поверхностей детали. При этом выбранное положение отливки в форме должно быть удобным не только для заливки, но и для расположения прибылей, формовки, установки стержней, сборки форм.

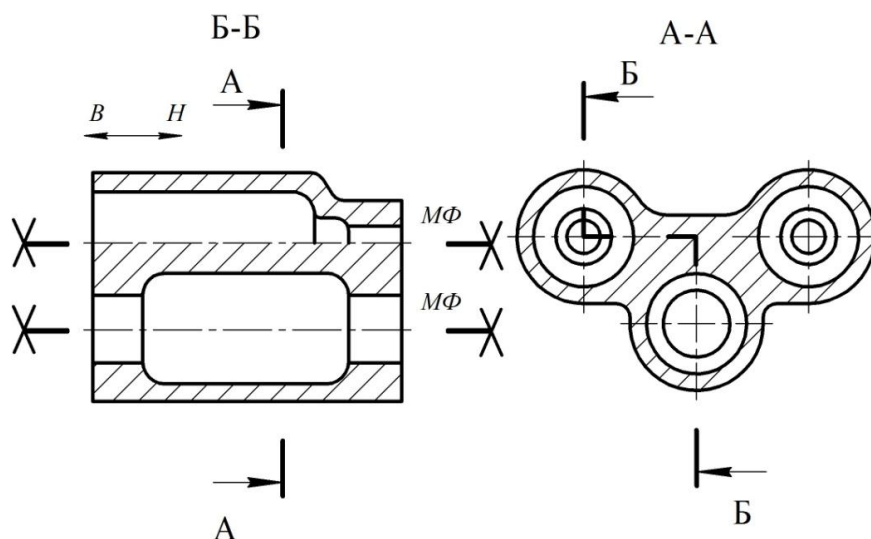


Рисунок 6 – Обозначение нескольких плоскостей разреза

5.2 Обозначение припусков на механическую обработку и технологических напусков

В процессе разработки чертежа отливки оценивают возможности различных способов ее изготовления. При этом учитывают ограничения, которые не всегда позволяют изготовить отливку, которая соответствует по конфигурации детали. Эти ограничения относятся к отверстиям малого диаметра, впадинам, выступам, поднутрениям, полостям, выточкам, фаскам, зубьям колес, шлицам, резьбе и другим элементам детали, которые могут быть получены при использовании как обработки резанием, так и специальных методов обработки. Подобные элементы на чертеже отливки оформляют в виде

напусков, а сами элементы перечеркивают сплошной тонкой линией так, как показано на рисунке 7.

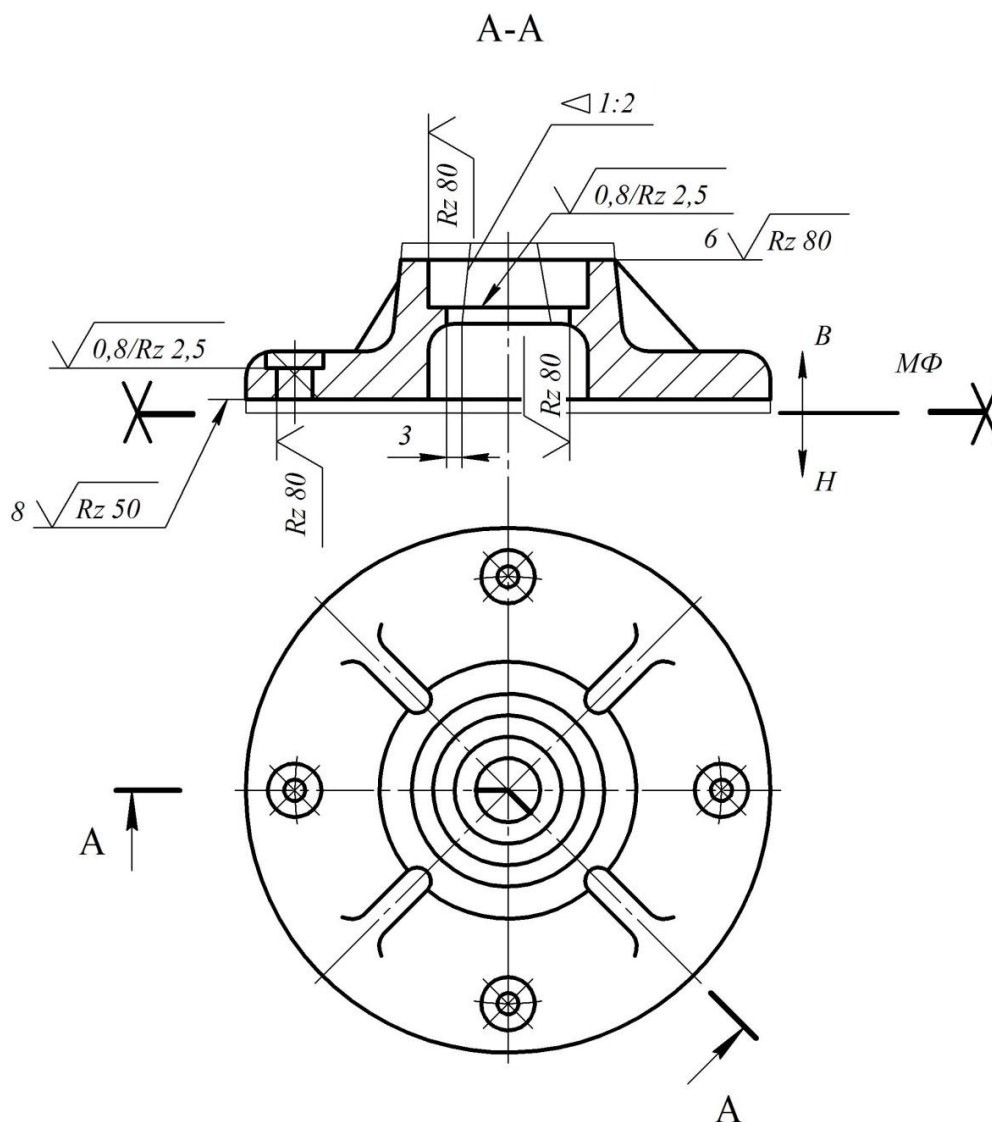


Рисунок 7 – Правила обозначения припусков и напусков

Припуск – слой металла в поковке, предназначенный для удаления механической обработкой с целью получения заданной формы и размеров готовой детали с требуемым качеством обработанной поверхности. При механической обработке с припуском должны быть убраны все дефекты поверхностного слоя отливки.

Припуски на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией. Допускается выполнять линию припуска красным цветом. Величину припуска на механическую обработку указывают цифрой перед знаком шероховатости поверхности детали или величиной уклона и линейными размерами.

Допускается при несложных отливках припуски на механическую обработку не изображать, а указывать только величину припуска цифрой (рисунок 8).

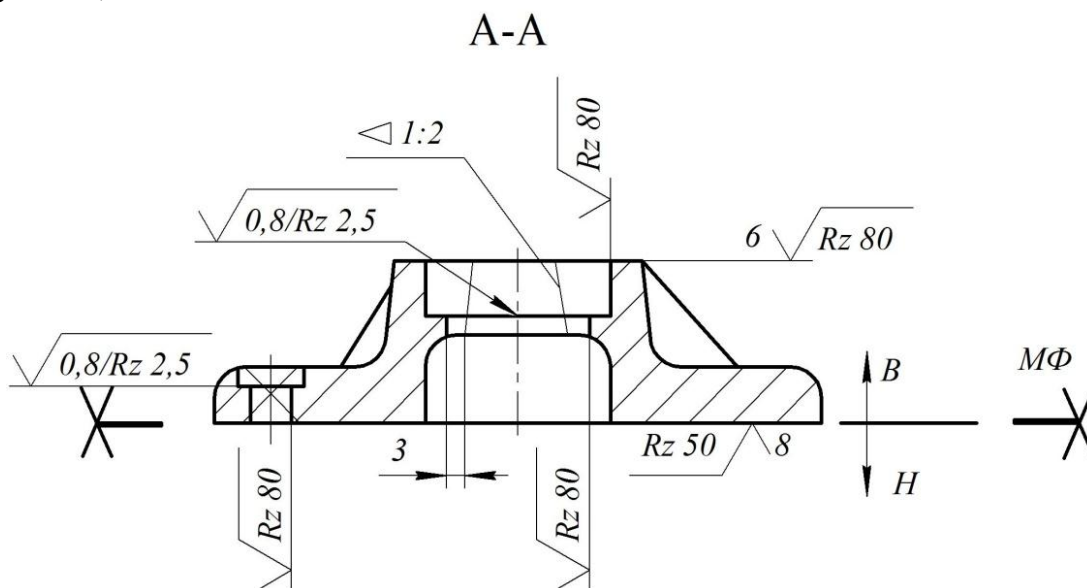


Рисунок 8 – Правила обозначения припусков на отливках простой формы

При выполнении некоторых элементов отливок назначают такие технологические напуски, которые позволяют получить качественные элементы конфигурации детали. **Напусками** называют технологические припуски, которые устанавливают на номинальные размеры отливки для упрощения ее конфигурации или устранения местных углублений, поднутрений, переходов, отверстий, уступов. На чертеже отливки контур напуска изображают сплошной основной линией. Без таких напусков в деталях может появиться брак на стадии механической либо других видов обработки. Технологический припуск указывают цифрой со знаком плюс (+) или минус (-) и буквой **T** (технологический припуск) и проставляют на продолжении размерной линии или на полке линии-выноски, если нельзя разместить надпись и цифру на продолжении размерной линии (рисунок 9). Припуски на обработку и технологические напуски обозначают на чертежах отдельно.

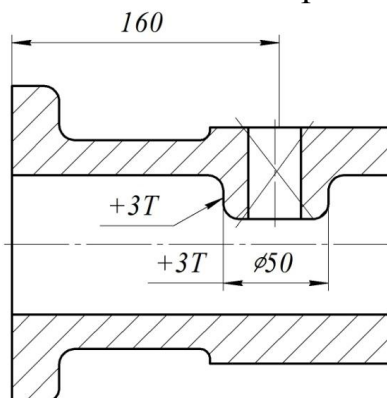


Рисунок 9 – Правила обозначения технологических напусков

К напускам также относятся усадочные ребра, стяжки, технологические приливы для крепления отливки при термообработке и транспортировке, а также пробы для проведения механических испытаний или металлографических исследований. Назначение отливаемой пробы указывают на полке линии-выноски соответствующей надписью (рисунок 10). При изображении стандартизованных проб на полке линии-выноски указывают их условное обозначение. Размеры в этом случае на изображении не наносят (рисунок 10).

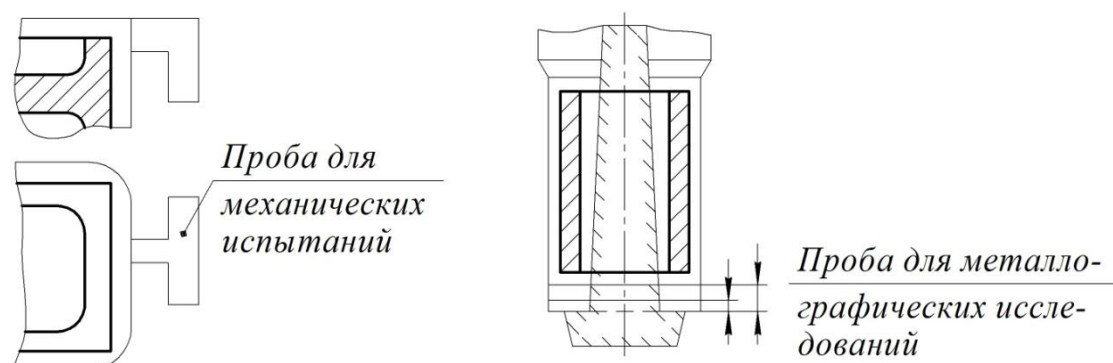


Рисунок 10 – Обозначение проб для проведения исследований

Усадочные ребра, стяжки, галтели, пробы и технологические приливы изображают в масштабе изображения детали сплошной тонкой линией (рисунок 11), которую допускается выполнять красным цветом.

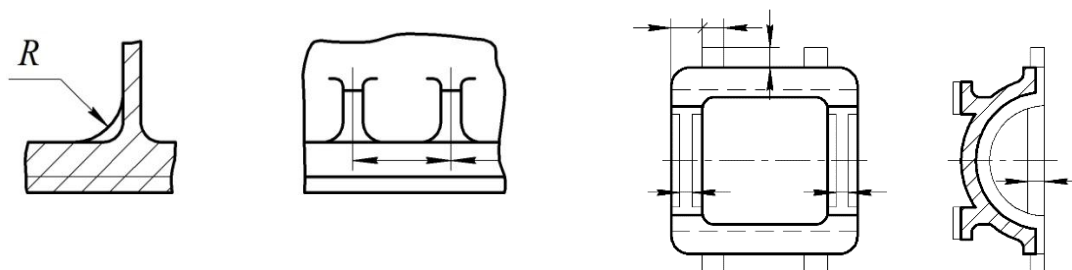


Рисунок 11 – Изображение галтелей, усадочных ребер, приливов

5.3 Нанесение модельно-литейных указаний

Выполнение предыдущего этапа позволяет приступить к оформлению модельно-литейных указаний, которые используют впоследствии для проектирования элементов модельной оснастки (модели, стержневых ящиков, прибылей, элементов литниковой системы и т. д.). Перечисленные элементы применяют при выполнении операций изготовления разовых форм. К элементам литейно-модельных указаний относят стержни, их знаки и фиксаторы, стержни-перемычки, разделительные диафрагмы легкоотделяемых прибылей и знаки модели. Их изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией (рисунок 12), которую допускается выполнять синим цветом. На чертеже указывают плоскость разъема стержневого ящика, направление

набивки стержней и направление вывода газов (ВГ). Размеры этих элементов приведены на рисунке 13 (а–в). При изображении стандартизованных стержней-перемычек и диафрагм их условное изображение указывают на полке линии-выноски. Размеры в этом случае на изображении не наносят. Стержни обозначают буквами *ст.* и рядом указывают порядковый номер стержня, определяемый последовательностью его установки в форму.

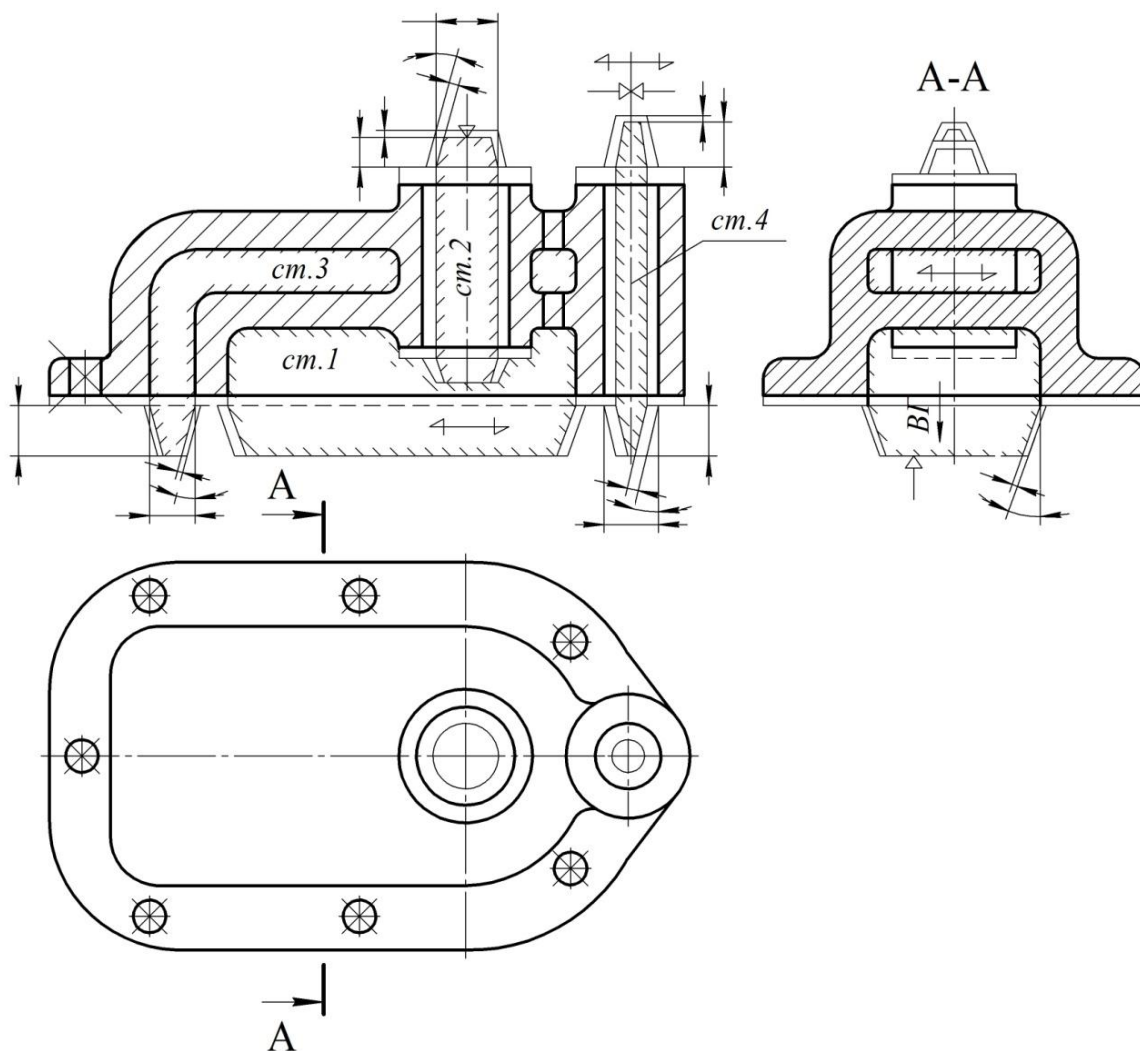


Рисунок 12 – Нанесение модельно-литейных указаний на чертеже детали

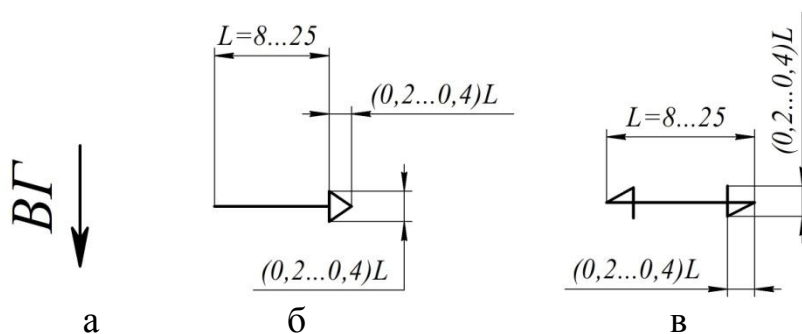


Рисунок 13 – Размеры элементов модельно-литейных указаний

Размеры знаковых частей определяют в зависимости от положения стержней в форме. Стержни могут быть горизонтальными и вертикальными

(рисунок 14–15). Размеры знаковых частей, уклонов и технологических зазоров определяют по данным таблиц *ГОСТ 3212–92* [3].

Длина горизонтальных знаков l должна соответствовать указанным:

- для форм «по-сырому» влажностью выше 2,8 % – в таблице, приведенной в приложении В;
- для форм «по-сухому» влажностью ниже 2,8 % – в таблице, приведенной в приложении Г;
- для форм, твердеющих в контакте с оснасткой – в таблице, приведенной в приложении Д.

Длина горизонтальных знаков, при выполнении в них элементов литниковой системы, может быть увеличена по сравнению со значениями, указанными в приведенных таблицах, в зависимости от конструкции применяемой литниковой системы. При количестве стержня более двух их длину уменьшают на 30–50 % по сравнению с указанными в таблицах значениями, причем аналогичным образом назначают длину знаков **грибообразного стержня** (*ГОСТ 3212–92*) с увеличенной по диаметру в 1,5–2 раза верхней знаковой частью. При формообразовании полостей могут быть использованы **консольные стержни** (*ГОСТ 3212–92*). Длину знака консольного стержня можно увеличивать до длины выступающей части самого стержня.

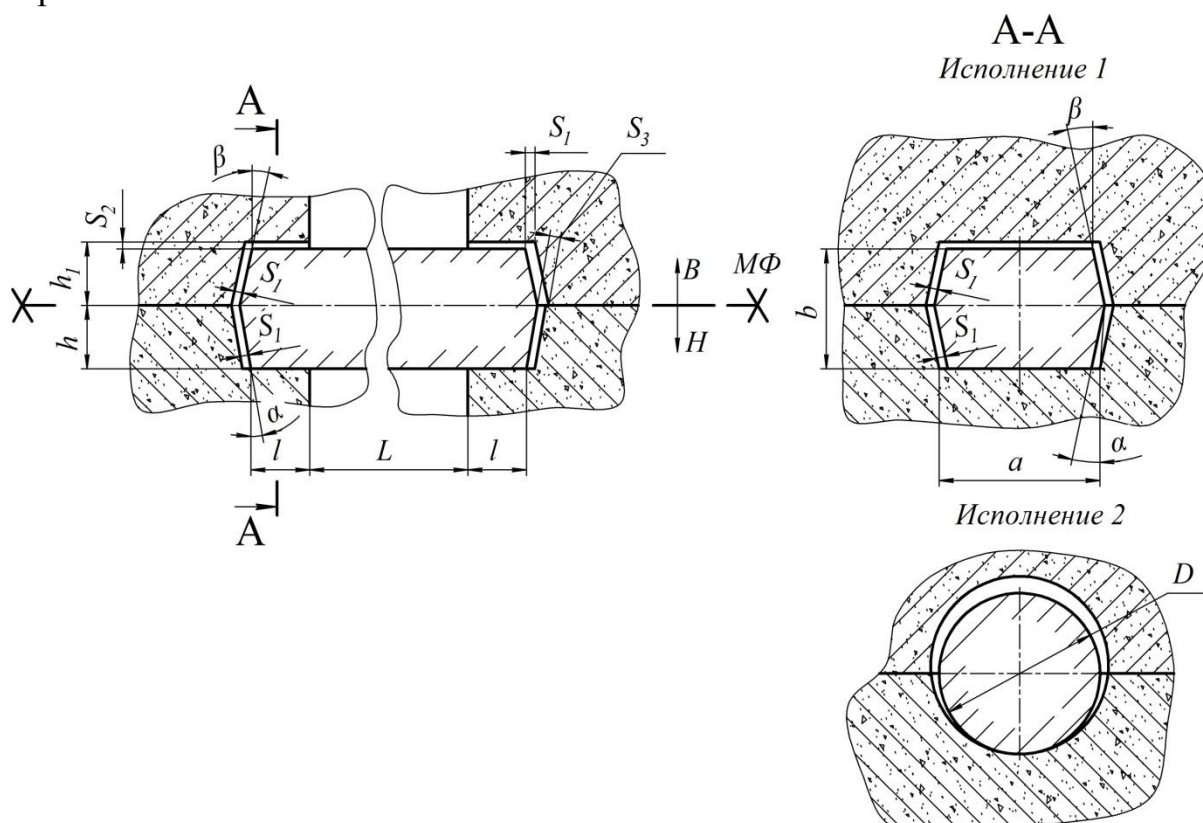


Рисунок 14 – Горизонтальные стержни и их знаки

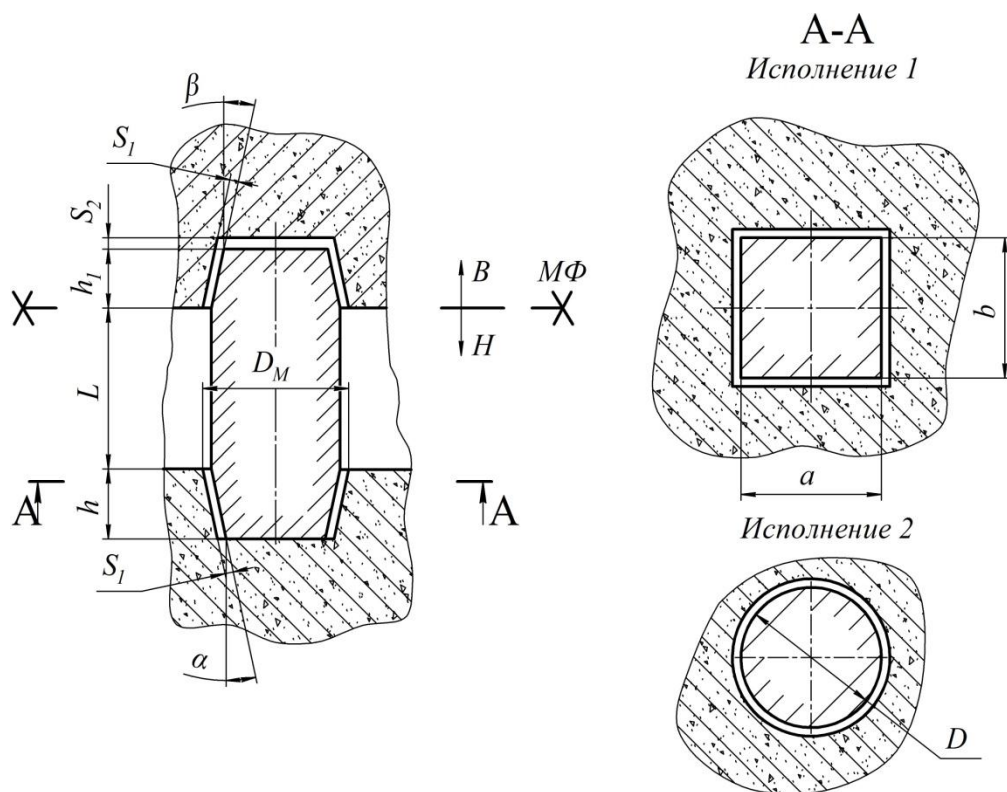


Рисунок 15 – Вертикальные стержни и их знаки

Высоту нижних вертикальных знаков для всех видов смесей следует назначить в соответствии с таблицей, приведенной в приложении Е.

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

При соотношениях L/D или $2L/(a+h) \geq 5$ нижний знак рекомендуется выполнять так, как показано на рисунке 16.

Уклоны на нижних и верхних знаковых поверхностях должны соответствовать значениям, указанным в таблице 12.

Таблица 12 – Уклоны на знаковых поверхностях

Высота знака h или h_1 , мм	Уклон знаков					
	Модельного комплекта				Модели	
	для низа α		для верха β		α_1	
		мм		мм		мм
До 40	10°00'	4,5	15°00'	8,2	4°00'	2,0
Св. 40 » 63	7°00'	5,5	10°00'	9,0	3°00'	2,5
» 63 » 100	6°00'	8,5	8°00'	11,7	2°00'	2,7
» 100 » 160	5°00'	11,5	6°00'	16,0	1°00'	3,2
» 160 » 250	5°00'	14,0	6°00'	19,0	45'	3,6
» 250 » 400	5°00'	17,0	6°00'	23,0	-	-
» 400 » 630	4°00'	21,0	5°00'	27,5	-	-
» 630 » 1000	3°00'	25,0	4°00'	32,2	-	-
» 1000	2°30'	-	3°00'	-	-	-

Следует учитывать, что между стержнем и формой должны выполняться технологические зазоры, которые предотвращают разрушение стержня в результате его расширения, протекающего после заливки в форму расплавленного металла. При определении размеров **знаковых частей моделей** следует учитывать класс точности модельного комплекта, материал, из которого он изготовлен, габариты стержня и вид формовки.

Класс точности модельного комплекта назначают в соответствии с таблицей 13.

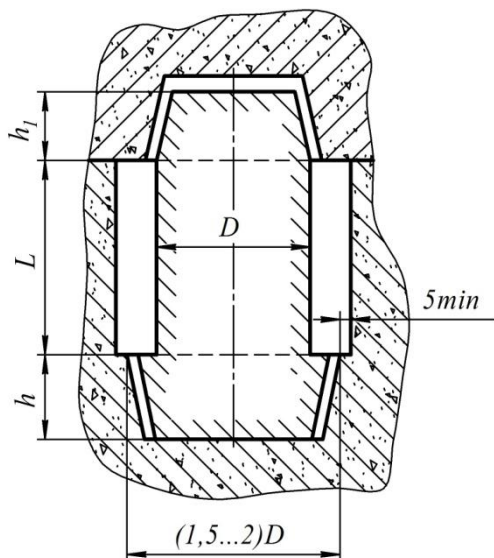


Рисунок 16 – Вариант выполнения нижнего знака вертикального стержня

Таблица 13 – Классы точности модельных комплектов

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

Значения технологических зазоров S_1 и S_2 должны соответствовать значениям, приведенным в соответствующих таблицах [3]:

– для модельного комплекта 1 и 3 классов точности, изготовленного из металла и пластмассы, – в таблице 14;

– для модельного комплекта 7–9 классов точности, изготовляемого из металла, пластмассы, и 1–3 классов точности, изготовляемого из дерева, – в таблице 15;

– для модельного комплекта 4–6 классов точности, изготовляемого из дерева, – в таблице 16;

– для модельного комплекта 7–9 классов точности, изготовляемого из дерева – в таблице 17.

Значение зазора S_3 принимают равным $1,5S_1$.

Таблица 14 – Значения технологических зазоров для модельного комплекта 1 и 3 классов точности

Высота знака h или h_1	Зазор S_1 (S_2) при длине стержня												
	До 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600	Св. 1600 до 2500	Св. 2500 до 4000	Св. 4000	
До 25	0,2		0,3		0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0	
Св. 25 до 40 » 40 » 63	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8	1,0	1,5	1,7	2,1	
Св. 63 до 100 » 100 » 160		0,4		0,5		0,6					1,1	1,8	2,2
Св. 160 до 250 » 250 » 400	0,4	0,5		0,6	0,7	0,8	0,9	1,2	1,7	2,0	2,3		
Св. 400 до 630 » 630 » 1000	0,5	0,6		0,7		0,7	0,8					0,9	1,0
Св. 1000 до 1600 » 1600 » 2500	0,6	0,7	0,8		0,9	1,0	1,1	1,3	1,8	2,1	2,5		
	0,8	0,9	1,0		1,2	1,2	1,4	1,5	2,0	2,2	2,6		
Св. 2500 до 4000 Св. 4000	1,2	1,2					1,4	1,5	1,6	2,0	2,4	2,8	
		1,3		1,4			1,6	1,6	1,8	2,2	2,6	3,0	
	(0,3)	(0,4)	(0,5)	(0,6)		(0,8)	(1,0)	(1,4)	(2,0)	(2,6)	(3,3)		

Таблица 15 – Значения технологических зазоров для модельного комплекта 7–9 классов точности (из пластмассы и дерева) и 1–3 классов точности (из дерева)

Высота знака h или h_1	Зазор S_1 (S_2) при длине стержня											
	До 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600	Св. 1600 до 2500	Св. 2500 до 4000	Св. 4000
До 25	0,3	0,4		0,5	0,6	0,7		1,1	1,4	1,9	2,7	3,3
Св. 25 до 40 » 40 » 63	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	1,3	1,6	2,2		
» 63 » 100 » 100 » 160	0,5	0,6		0,7	0,8	0,9					1,0	1,0
Св. 160 до 250 » 250 » 400 » 400 » 630	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,7	2,3	3,2	3,7
	» 630 » 1000 » » 1000 » 1600 » 1600 » 2500 » 2500 » 4000 » 4000	0,7		0,8	0,9				1,0			
» 630 » 1000 » » 1000 » 1600 » 1600 » 2500 » 2500 » 4000 » 4000	0,8	0,9		1,0	1,1	1,2	1,3	1,6	1,9	2,5	3,3	4,0
» 1000 » 1600 » 1600 » 2500 » 2500 » 4000 » 4000	0,9	1,0			1,3		1,5	1,7	2,1	2,8	3,5	
» 1600 » 2500 » 2500 » 4000 » 4000	1,2	1,4		1,5	1,6	1,7	1,9	2,3	3,0	3,8	4,5	
» 2500 » 4000 » 4000	1,5	1,7			2,0		2,3	2,0	2,5			3,2
» 4000	1,8	2,0			2,3		2,5	2,7	3,0	3,8	4,0	5,0
	0,5	(0,6)	(0,7)	(0,8)	(0,9)	(1,0)	(1,3)	(1,7)	(2,3)	(3,2)	(4,3)	(5,2)

Таблица 16 – Значения технологических зазоров для модельного комплекта 4–6 классов точности

Высота знака h или h_I	Зазор $S_I (S_2)$ при длине											
	До 40	Св. 40 до 60	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600	Св. 1600 до 2500	Св. 2500 до 4000	Св. 4000
До 25	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,3	1,7	2,3	3,3	4,3	5,2
Св. 25 до 40	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9	2,5		4,5	5,5
» 40 » 63	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	1,7	2,0	2,6	3,5	4,6	5,6
» 63 » 100												
» 100 » 160	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3			2,1	2,7	3,8	4,7	
» 160 » 250	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,3	2,9	3,9		5,7
» 250 » 400	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5		1,9				4,8	5,8
» 400 » 630	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,4	3,0	4,0	5,0	5,9
» 630 » 1000	1,4		1,6	1,7	1,8	1,4	2,2	2,6		4,1	5,2	6,0
» 1000 » 1600	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,8	3,8	4,3	5,4	6,4
» 1600 » 2500	2,1	2,2		2,3	2,5	2,6	3,0	3,2		4,8	6,0	6,8
» 2500 » 4000 » 4000	2,5		2,7		3,0		3,2	3,8	4,4	5,3		7,5
	3,0		3,3		3,5	3,6	4,0	4,4	4,8	5,8	6,4	8,0
	(0,8) (0,9)		(1,1)	(1,2)	(1,4)	(1,7)	(2,1)	(2,7)	(3,6)	(5,1)	(6,7)	(8,2)

Таблица 17 – Значения технологических зазоров для модельного комплекта 7–9 классов точности (из дерева)

Высота знака h или h_I	Зазор $S_I (S_2)$ при длине стержня											
	До 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600	Св. 1600 до 2500	Св. 2500 до 4000	Св. 4000
До 25	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,7	2,1	2,7	3,5	5,0	6,5	8,0
Св. 25 до 40	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	2,1	2,5		4,0	5,7		8,5
» 40 » 63	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,2	2,6	3,0		6,2	7,3	8,7
» 63 » 100		1,5		1,8	2,0							
» 100 » 160	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,1				
» 160 » 250	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,4	4,3	5,8	7,5	
» 250 » 400	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,6	3,0		4,4	5,9	7,6	9,0
» 400 » 630	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	3,2	3,6	4,6	6,1	7,8	9,3
» 630 » 1000	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,4	3,8	4,8	6,3	8,0	9,4
» 1000 » 1600	2,4	2,5	2,8		3,3		3,8	4,3	5,3	6,8	8,5	9,5
» 1600 » 2500	3,3	3,4	3,5	3,7	3,9	4,2	4,5	5,1	6,0	7,5	9,2	10,6
» 2500 » 4000	4,0		4,5			5,0	5,5	5,7	6,8	8,3	10,0	11,5
» 4000	5,0			5,5	5,7	6,0	6,8	7,5	9,0	10,5	12,0	
	1,2	(1,5)	(1,7)	(2,0)	(2,3)	(2,7)	(13,3)	(4,3)	(5,7)	(8,1)	(10,5)	(13,0)

6 ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ ОТЛИВКИ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ В РАЗОВОЙ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТОЙ ФОРМЕ

Рассмотрим применение приведенных выше правил и требований для разработки чертежа отливки детали «Кронштейн», общий вид которой показан на рисунке 17, чертеж приведен на рисунке 18. Отливку получают литьем в разовые песчано-глинистые формы. Деталь изготавливают из серого чугуна в условиях мелкосерийного производства и используют, например, в универсальном горизонтально-фрезерном станке в механизме привода поперечной подачи стола станка. Плоской поверхностью основания кронштейн с помощью четырех винтов прикрепляется к поперечной каретке стола станка. В отверстие кронштейна устанавливают гайку с наружным буртом, внутренней трапецеидальной резьбой, которая сопрягается с винтом поперечной подачи, и наружной метрической мелко модульной резьбой, которую используют для закрепления гайки в кронштейне от осевого перемещения.

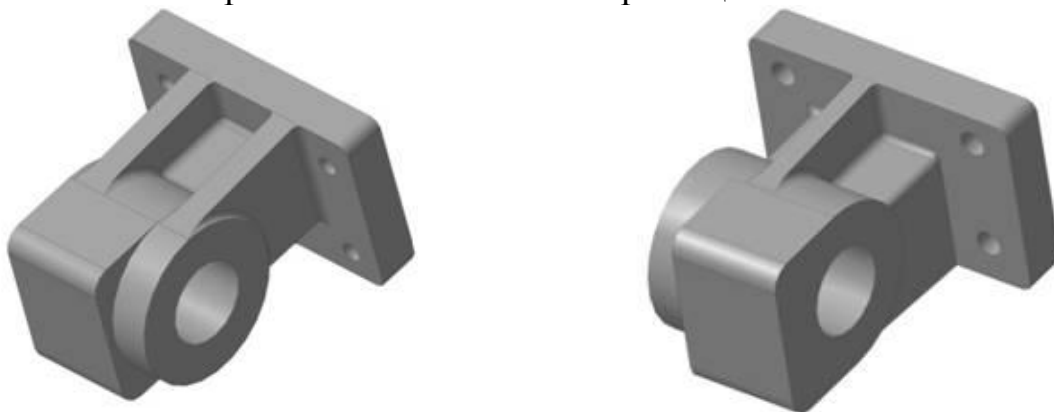


Рисунок 17 – Общий вид детали "Кронштейн"

Разработку чертежа отливки целесообразно выполнять в следующей последовательности.

1. Для оценки конфигурации детали, материала и параметров точности отливки следует выполнить анализ технологичности детали с учетом требований, изложенных в разделе 3. Деталь следует отнести ко 2 группе сложности и целесообразно отливать в разовых песчано-глинистых формах.

Кронштейн состоит из плоского основания с отверстиями, соединенного с помощью ребер с цилиндрической частью, в которой выполнено отверстие для установки сопрягаемой детали и имеется плоский участок поверхности, используемый для установки при обработке первой чистовой базы.

2. При выборе положения плоскости разъема следует учесть, что наличие двух ребер с одной стороны детали предопределяет выбор плоскости разъема будущей модели детали и ее положение в форме при формовке и заливке металла. Целесообразно расположить деталь так, чтобы ребра располагались в направлении извлечения модели из формы и плоскость разъема модели и формы проходила через ось отверстия $\varnothing 40H7$ перпендикулярно плоскости основания детали размером 138x90 мм.

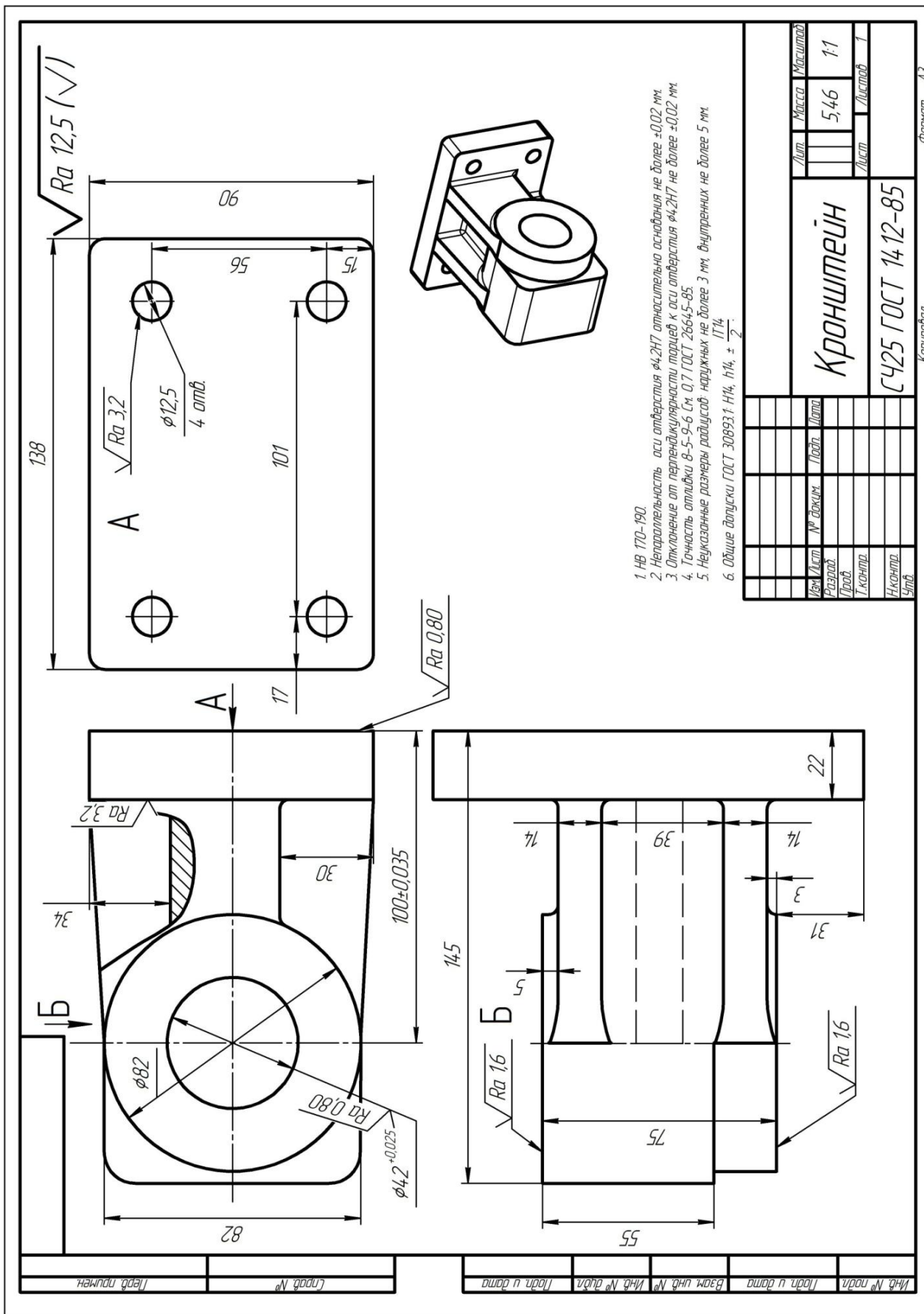


Рисунок 18 – Чертеж детали "Кронштейн"

3. При выборе минимальной толщины стенки отливки учитывают данные таблицы 6, в соответствии с которой минимальная толщина стенки для средних по весу деталей из серого чугуна должна составлять 8–10 мм. Толщина стенок детали не меньше приведенных величин, что обеспечивает необходимую конструктивную прочность детали, воспринимающей значительные нагрузки.

В соответствии с данными таблицы 7 минимальный диаметр отверстий в отливках при толщине стенок 10–20 мм должен составлять не менее 30 мм. Учитывая припуски на механическую обработку, в отливке не отливают 4 отверстия диаметром 12,5 мм, отверстие $\varnothing 42H7$ следует получить с помощью горизонтально установленного в форме песчаного стержня.

После определения положения плоскости разъема модели и формы и положения отливки в форме при заливке, на чертеже детали указывают поверхность разъема так, как это показано на рисунках 4–6, и приступают к разработке чертежа отливки в следующей последовательности: назначают припуски на механическую обработку, напуски, литейные (формовочные) уклоны на поверхности перпендикулярные плоскости разъема, радиусы закруглений сопрягаемых поверхностей, допуски на размеры отливки, технические условия на отливку.

4. Для назначения припусков на механическую обработку следует определить ряд припусков отливки по таблице 11 в зависимости от степени точности ее поверхностей (по таблице 3) и найти класс размерной точности по таблице 1. Эти данные выбирают на первом этапе после получения индивидуального задания и на основе исходных данных. Для выбранного способа литья и интервала наибольшего габаритного размера отливки принимаем среднее значение – 9 класс размерной точности.

При литье в песчано-глинистые сырые формы из низковлажных (до 2,8 %) высокопрочных (более 160 кПа или 1,6 кг/см²) смесей с высоким и однородным уплотнением до твердости не ниже 90 единиц для наибольшего габаритного размера в пределах 160–250 мм для черных нетермообрабатываемых сплавов соответствует 9–16 класс размерной точности поверхности отливки. Учитывая замечание к указанной таблице, принимается среднее значение степени точности (12 класс размерной точности) поверхности отливки средней сложности, которую получают в условиях механизированного серийного производства.

Выбранной точности поверхности соответствует 4–7 ряд припусков. Принимаем для данной отливки 6 ряд припусков на нижние и боковые поверхности, на верхние поверхности следует назначить ряд припусков на 1–3 выше, чем для назначенного ряда на нижние поверхности.

В соответствии с приведенными выше рекомендациями для повышения точности обрабатываемых поверхностей отливки и для устранения погрешностей размеров, формы и расположения, неровностей и дефектов обрабатываемых поверхностей, формирующихся при изготовлении отливки и последовательных переходах ее обработки, назначают **общий припуск**.

Для определения величины общего припуска, который зависит от общего допуска элемента поверхности, ряда припусков и от вида окончательной обработки поверхности отливки, используют данные, приведенные в таблице приложения А. Допуски линейных размеров отливки, которые изменяются и не изменяются обработкой, выбирают из таблицы 8. Для отверстия по таблице 5 определяют допуск смещения, вызванный перекосом стержня, и устанавливают его в диаметральном выражении на 1–2 класса точнее класса размерной точности отливки, по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, формируемых с участием стержня. Допуск смещения для отверстия, формируемого стенкой с минимальной толщиной 20 мм – не более 1,6 мм, допуски на прочие обрабатываемые поверхности составляют: на размер 100 мм – 6,4 мм, на размер 75 мм – 5,6 мм, на размер 22 мм – 4 мм.

По полученным значениям допусков из таблицы, приведенной в приложении Б, определяют общий припуск на сторону на нижние и боковые поверхности отверстия – 4,0 мм, на верх – 4,5 мм; на размер 75 мм – 6,2 мм на сторону; на размер 100 мм – 6,5 мм на сторону (справа), на размер 22 мм (слева) – 2,6 мм. Припуски на обрабатываемые поверхности наносят так, как это показано на рисунках 4–6. Резьбовые отверстия, не изготавливаемые при литье, перечеркивают сплошными тонкими линиями.

5. После определения припусков на механическую обработку на все поверхности, перпендикулярные плоскости разъема, назначают уклоны в соответствии с данными, указанными в таблице 11. В этом случае необходимо учесть выбранный материал модели и учесть размер поверхности от плоскости разъема. Для разрабатываемой отливки величины уклонов в угловом или линейном выражении составляют: на размер 45 мм (90/2) – 45' или 0,85 мм, на размер 82/2 – 45' (0,85 мм), на размер 26 мм и 30 мм – 1°05' (0,75 мм).

6. Затем для сопрягаемых поверхностей определяют радиусы закруглений внутренних переходов стенок, которые выбирают в соответствии с приведенными выше рекомендациями равными $1/3$ – $1/5$ толщины сопрягаемых стенок, если их толщина одинакова [2]. При неодинаковой толщине сопрягаемых стенок радиусы закруглений определяют из соотношения $A+a / b$ до $A+a / 12$. Внешние сопряжения стенок выполняют по радиусам закруглений равным $0,25a$, где a – толщина стенки. Для приведенной выше детали радиусы закруглений определяют следующим образом. Сопряжение необрабатываемых ребер толщиной 14 мм с основанием толщиной 22 мм с учетом припусков на механическую обработку по обеим сторонам скругляется радиусом 4–8 мм. Сопряжение ребра, соединяющего основание с цилиндрической частью, толщиной 26 мм с основанием скругляется радиусом 5–10 мм. Радиусы скругления наружных поверхностей перехода для стенок составляют 3,5–8 мм. В целях унификации размеров целесообразно принять радиусы скруглений указанных сопряжений равными 5 мм.

7. Учитывая припуски и уклоны, определяют **размеры отливки и находят допуски на все размеры**, в том числе угловые, формы и расположения поверхностей, круглости, соосности, симметричности, пересечения осей,

позиционные допуски, допуски неровностей поверхностей отливок, допуски массы.

Допуски формы и расположения поверхностей учитывают их коробление в форме после заливки и кристаллизации металла. Величину допуска на коробление по таблице 9 определяют в зависимости от степени коробления поверхности отливки, которую находят по данным таблицы 2. Для этого рассчитывают отношение наименьшего размера элемента отливки к наибольшему (толщины или высоты к длине элемента отливки).

В качестве поверхности, которая будет подвержена наибольшему короблению, следует рассматривать плоскость основания. Отношение толщины основания с учетом припусков к его длине составляет более 0,08, следовательно, степень коробления этого элемента нетермообрабатываемой отливки, получаемой в разовой форме, выбирают из диапазона 5–8. Принимаем 7 степень коробления элемента отливки, для которой допуск составляет 0,64 мм. Допуск неровностей наиболее протяженной поверхности отливки выбирают из таблицы 18, который для 12 степени точности также составляет 0,64 мм. Необходимо учитывать, что допуски формы и расположения поверхностей располагаются симметрично относительно номинального размера.

Таблица 18 – Допуски форм и расположения элементов отливок

Допуск неровностей поверхностей отливки, мм, не более, для степеней точности поверхностей отливки																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0,05	0,06	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4

Кроме указанных допусков определяют допуск массы отливки (таблица 19) для выбранного по таблице 4 класса точности массы. По исходным данным для выбранного способа литья в зависимости от материала формы может быть принят 7–15 класс точности по массе. Приняв 11 класс точности по массе, получают допуск массы отливки, равный 20 %. Как и для допусков формы и расположения, так и для допуска по массе установлено симметричное расположение поля допуска относительно номинальной массы.

8. Для отливок устанавливают шероховатость их поверхностей. Соответствие между шероховатостью и степенями точности поверхностей отливок представлено в таблице 20. Для выбранной степени точности поверхностей отливки (см. таблицу 3) установлено среднее арифметическое отклонение профиля Ra не более 25 мкм.

9. Затем выполняют разработку технических требований на отливку, в которых указывают ее твердость после кристаллизации металла в форме, требования к размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы, допуск смещения поверхностей, формируемых стержнями, точность неотчетливых поверхностей, базы для обработки на первой технологической операции и другие требования.

Таблица 19 – Допуски массы отливок

Номинальная масса отливки, кг	Допуск массы отливки %, не более, для классов точности массы отливки										
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8
До 0,1	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16
Св. 0,1 » 0,4	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12
» 0,4 » 1,0	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10
» 1,0 » 4,0	—	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8
» 4,0 » 10,0	—	—	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4
» 10,0 » 40,0	—	—	—	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5
» 40,0 » 100,0	—	—	—	—	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4
» 100,0 » 400,0	—	—	—	—	—	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2
» 400,0 » 1000,0	—	—	—	—	—	—	1	1,2	1,6	2	2,4
» 1000,0 » 4000,0	—	—	—	—	—	—	—	1	1,2	1,6	2
» 4000,0 » 10000,0	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,2	1,6
» 10000,0 » 40000,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,2
» 40000,0 » 100000,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
» 100000,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Номинальная масса отливки, кг	Допуск массы отливки %, не более, для классов точности массы отливки										
	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
До 0,1	20	24	32	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 0,1 » 0,4	16	20	24	32	—	—	—	—	—	—	—
» 0,4 » 1,0	12	16	20	24	32	—	—	—	—	—	—
» 1,0 » 4,0	10	12	16	20	24	32	—	—	—	—	—
» 4,0 » 10,0	8	10	12	16	20	24	32	—	—	—	—
» 10,0 » 40,0	6,4	8	10	12	16	20	24	32	—	—	—
» 40,0 » 100,0	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	—	—
» 100,0 » 400,0	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	—
» 400,0 » 1000,0	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32
» 1000,0 » 4000,0	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24
» 4000,0 » 10000,0	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20
» 10000,0 » 40000,0	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16
» 40000,0 » 100000,0	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12
» 100000,0	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10

Пример записи в технических требованиях 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 выглядит следующим образом:

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

Допускается указывать сокращенную номенклатуру норм точности отливки, однако указание классов размерной точности массы отливки является обязательным.

Таблица 20 – Соответствие шероховатости поверхности отливок степеням точности

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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
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	—	—	—	—	—	—	—	500	600	800	1000

В технических требованиях чертежа отливки или детали должны быть указаны в ниже приведенном порядке значения номинальных масс детали, припусков на обработку, технологических напусков и массы отливки. Так, например, 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 будут записаны в следующем виде:

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 20,35–0–1,35–20,70 ГОСТ 26645–85

или

Масса 20,35–0–0–20,35 ГОСТ 26645–85

В технических требованиях чертежа литой детали указывают только массу детали.

С учетом приведенных выше расчетов, очевидно, что приведенные параметры точности отливки для детали «Кронштейн» в первоначальном варианте (см. чертеж детали) выбраны необоснованно жесткими, и их следует несколько скорректировать.

Несимметричное расположение поля допуска отливки обозначают путем простановки предельных отклонений *непосредственно у размера*, при симметричном расположении поля допуска предельные отклонения у размера допускаются не указывать.

При требованиях к точности отдельных размеров отливки, отличающихся от обозначенных общей надписью, указывают их предельные отклонения, а при требованиях к точности формы и расположения отдельных поверхностей отливки, отличающихся от обозначенных общей надписью, допуски формы и

расположения этих поверхностей указывают в соответствии с ГОСТ 2.308–2011 [4].

Кроме этого в чертеже отливки либо на чертеже детали с нанесенными размерами отливки приводят виды контроля точности отливок (сплошной, выборочный и т. п.) и методы контроля, точностные параметры, проверяемые (сдаточные) размеры, а также указывают номенклатуру контролируемых допусков и припусков отливок. Контролируемые размеры рекомендуется указывать от баз. В чертеже отливки или детали с нанесенными размерами отливки контролируют соответствие назначенных допусков нормам точности отливки, припусков на обработку – значениям допусков и норм точности отливки.

Соответствие отливки заданному классу размерной точности определяют по сдаточному размеру с классом точности с наибольшим отклонением от заданного для него класса.

При приемке отливки соответствие поверхности отливки заданной степени точности определяют по высоте неровностей и шероховатости поверхности, при несовпадении найденных оценок принимают большую из них. Соответствие отливки заданной степени точности поверхностей отливки в целом определяют по наиболее грубой из поверхностей с пересчетом оценок верхних при заливке поверхностей к боковым. Соответствие отливки заданной степени коробления определяют по элементу отливки с наибольшей степенью коробления. Соответствие отливки заданному классу точности массы определяют по величине действительной массы отливки.

В отдельных случаях по согласованию изготовителя и потребителя допускается использование отливок с характеристиками точности, отклоняющимися от указанных на чертеже. В этом случае подлежит определению и указанию в технической документации действительная точность отливки.

10. После выполнения приведенных выше этапов, выполняют окончательный чертеж отливки, совмещенный с чертежом готовой детали, который для детали «Кронштейн» показан на рисунке 19. Кроме расположения плоскости разъема, оформления припусков, уклонов, скруглений на чертеже отливки указывают положение и размеры остатков литников и выпоров, размеры которых устанавливают в зависимости от используемого способа отделения остатков по согласованию между конструктором и технологом литейного цеха. Литники располагают в плоскости разъема модели (формы) и обеспечивают подвод металла в форму через плоскость основания (в данном случае их два), а выпор, одновременно выполняющий роль прибыли, устанавливают в месте наиболее вероятного расположения усадочной раковины, которая после кристаллизации отливки располагается на верхней плоскости отливки между ребрами жесткости. Остатки элементов литниковой системы удаляют при механической обработке.

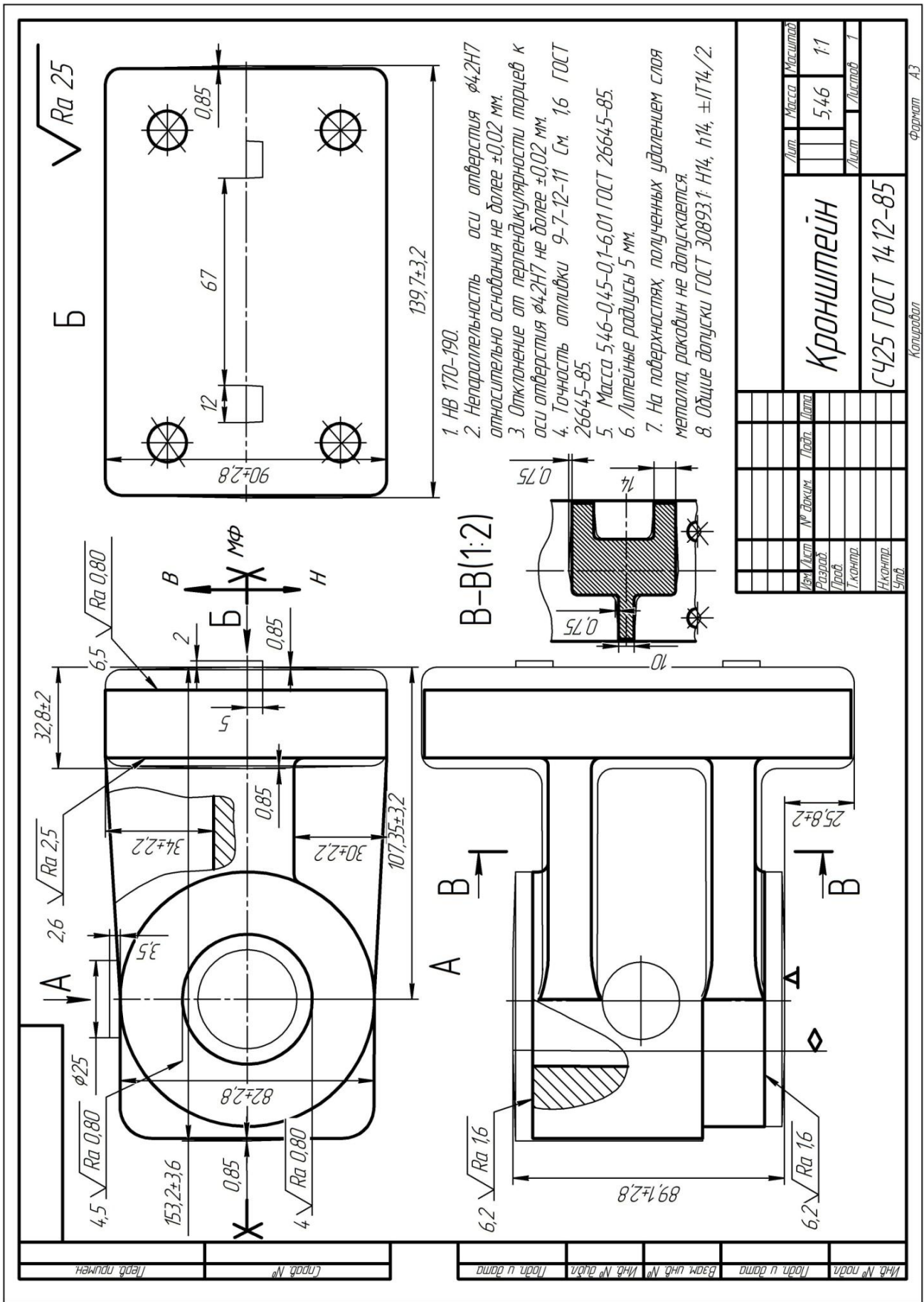


Рисунок 19 – Чертеж отливки детали «Кронштейн»

На чертеже отливки наносят также элементы модельно-литейных указаний так, как показано на рисунке 12. К ним относят контуры стержней и стержневых знаков, их размеры, уклоны, величины зазоров между стержнями и формой, положение плоскостей разъема стержневых ящиков, направление набивки стержней, вывода из них газов.

11. При разработке технологии литья выполняют чертеж отливки на карте операционных эскизов. В этом случае очертания отливки выполняют основной линией чертежа, контуры детали наносят на чертеже тонкими линиями. На чертеже проставляют все размеры с допусками, относящиеся к отливке. Пример такого чертежа показан на рисунке 20.

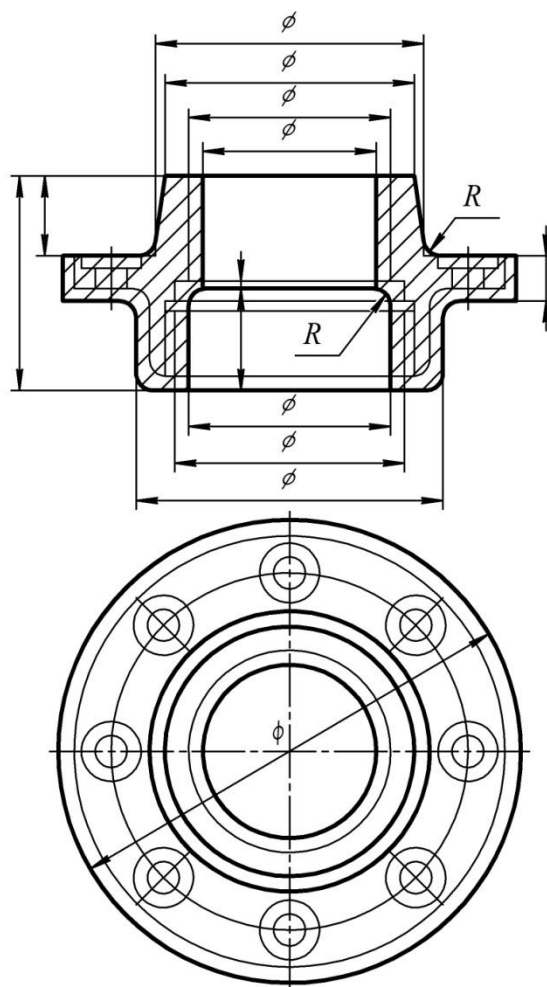


Рисунок 20 – Чертеж отливки, выполняемый на карте операционных эскизов

7 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2 «РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА МОДЕЛИ И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ»

1. Для заданного материала отливки выбрать коэффициент усадки.
2. Используя чертеж отливки, разработать чертеж модели, рассчитать ее размеры и определить допуски на размеры, разработать технические требования на модельную оснастку.
3. Выполнить чертеж модели в соответствии с требованиями ЕСКД.
4. Произвести расчет литниковой системы и ее элементов. Выполнить эскизы элементов литниковой системы в соответствии с требованиями ГОСТ.

8 УСАДКА ОТЛИВОК

При разработке чертежа модели и расчете ее размеров необходимо учесть явление, называемое полиморфизмом. Вследствие полиморфных превращений, которые характерны для большинства металлов и их сплавов, отливки испытывают усадку. Усадка приводит к тому, что размеры отливки после ее затвердевания в форме уменьшаются. Для получения годной отливки *размеры модели* должны быть увеличены с учетом усадки металла.

Величина усадки отливок, изготовленных из различных сплавов, приведена в таблице 21 и определяется наличием в отливке стержней, болванов и выступающих частей, которые затрудняют усадку. Для таких отливок коэффициенты усадки имеют меньшие значения, чем для отливок простой формы. Эти отливки, в которых отсутствуют части, тормозящие усадку, имеют максимальную усадку.

Таблица 21 – Линейная усадка отливок из различных сплавов

Группа отливок	Усадка, %	
	затрудненная	свободная
Серый чугун: мелкие и средние отливки	0,9	1,0
Крупные отливки	0,8	0,9
Уникальные отливки	0,7	0,8
Ковкий чугун	1,0	1,5
Сталь: углеродистая и низколегированная	1,3–1,7	1,6–2,0
высоколегированная хромистая	1,0–1,4	1,3–1,7
ферритно-аустенитная	1,5–1,9	1,8–2,2
аустенитная	1,7–2,0	2,0–2,3
Цветные сплавы: Бронзы оловянные	1,2	1,4
Алюминиевые бронзы	1,6–1,8	2,0–2,2
Латунь	1,5–1,7	1,8–2,0
Силумин	0,8–1,0	1,0–1,2

При изготовлении моделей усадка учитывается: в модельном цехе пользуются для измерения размеров изготавливаемых моделей «усадочными метрами», размеры которых больше обычных на величину усадки.

Соответственно, для сплавов с различной усадкой применяют разные «усадочные метры».

9 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА МОДЕЛИ

Основой для выполнения чертежа модели служит чертеж отливки с модельно-литейными указаниями, совмещенный с чертежом детали, на котором нанесены все размеры, относящиеся к отливке, допускаемые отклонения, допуски формы и расположения поверхностей.

Изображение модели получают переносом очертаний отливки, а также знаковых частей стержней на новый чертеж. Причем модель должна обеспечить формирование отпечатков знаковых частей стержней в песчаной смеси с учетом технологических зазоров между стержнем и формой (длину знаков и величину зазоров определяют с учетом данных, приведенных выше). Затем рассчитывают размеры модели по размерам отливки с учетом усадки металла, заливаемого в форму, и указывают их на чертеже. На чертеже указывают положение плоскости разъема, верх и низ модели. Количество видов на чертеже должно быть достаточно для понимания конструкции модели, а также ее частей и способов соединения отдельных элементов. Допуски размеров модели определяют по данным таблицы 22. Класс точности модельного комплекта назначают в соответствии с таблицей 13.

Таблица 22 – Допуски размеров модельных комплектов

Интервал номинальных размеров	Допуск размеров модельных комплектов для классов точности								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
До 10	0,04	0,07	0,11	0,18	0,28	0,44	0,72	1,00	
Св. 10 до 16	0,05	0,08	0,13	0,20	0,32	0,50	0,80	1,26	–
» 16 » 25	0,06	0,09	0,14	0,22	0,36	0,56	0,90	1,44	2,2
» 25 » 40	0,06	0,10	0,16	0,25	0,40	0,64	1,00	1,60	2,5
» 40 » 63	0,07	0,11	0,18	0,28	0,44	0,72	1,14	1,80	2,8
» 63 » 100	0,08	0,13	0,20	0,32	0,50	0,80	1,26	2,00	3,2
» 100 » 160	0,09	0,14	0,22	0,36	0,56	0,90	1,44	2,20	3,6
» 160 » 250	0,10	0,16	0,25	0,40	0,64	1,00	1,60	2,50	4,0
» 250 » 400	0,11	0,18	0,28	0,44	0,72	1,14	1,80	2,80	4,4
» 400 » 630	0,13	0,20	0,32	0,50	0,80	1,26	2,00	3,20	5,0
» 630 » 1000	0,16	0,22	0,36	0,56	0,90	1,44	2,20	3,60	5,6
» 1000 » 1600	–	0,28	0,40	0,64	1,00	1,60	2,50	4,00	6,4
» 1600 » 2500	–	–	0,44	0,72	1,14	1,80	2,80	4,40	7,2
» 2500 » 4000	–	–	0,64	0,80	1,26	2,00	3,20	3,00	8,0
» 4000 » 6300	–	–	–	1,00	1,44	2,20	3,60	5,60	9,0
» 6300 » 10000	–	–	–	–	1,80	2,80	4,40	7,20	11,4
» 10000					2,40	3,60	5,60	9,00	14,4

Чертеж модели и других элементов модельной оснастки выполняют в соответствии с требованиями ЕСКД. При выполнении чертежа модели учитывают необходимость выполнения мест присоединения к ней элементов литниковой системы (выпоров, прибылей), технологических проб, холодильников, отъемных частей и т. д.

Для получения в форме отдельных частей отливки без применения дополнительной плоскости разъема модельная оснастка может иметь отъемные части, при этом такие части извлекают после формовки отдельно от основной модели. Линию соприкосновения отъемной части с моделью показывают сплошной основной линией. Отъемные части модели обозначают буквами ОЧМ и порядковым номером (рисунок 21). Если отъемная часть одна, то порядковый номер не ставят.

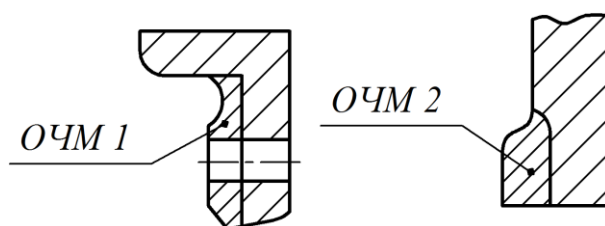


Рисунок 21 – Правила обозначения отъемных частей модели

В технических требованиях на модельную оснастку должны отражаться условия ее изготовления:

– При работе с ручными шлифовальными машинами рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжной вентиляцией.

– Склейка деревянных моделей должна производиться на специально оборудованных местах, с вытяжной вентиляцией.

– Окраска деревянных моделей пневматическими распылителями должна производиться в специально оборудованных окрасочных камерах или установках, оборудованных вытяжной вентиляцией.

– При изготовлении пластмассовых моделей работы с эпоксидными смолами должны производиться на рабочих местах, оборудованных местной вытяжной вентиляцией.

– Столы для раскроя стеклоткани и механической обработки пластмассовых моделей должны быть изготовлены из легко очищаемого от пыли материала и оборудованы местной вытяжной вентиляцией.

– Размельчение компонентов (отвердителей, наполнителей и др.) должно производиться в закрытых размольных аппаратах, исключающих пылевыделение, а приготовление смеси смолы с отвердителями – в герметичном аппарате с мешалкой.

– Применение бензола, толуола, четыреххлористого углерода и других токсичных растворителей для смыва остатков связующих материалов с оборудования запрещается.

Для снятия излишков подтеков незатвердевшей эпоксидной смолы следует применять ацетон.

– Емкости из-под смолы и связующих должны промываться механизированным способом в специальном помещении, оборудованном вытяжной вентиляцией.

– Пластмассовые модельные комплекты, сырье и связующие, содержащие эпоксидные смолы, должны храниться в специальных складских помещениях, оборудованных вытяжной вентиляцией.

– Ремонт, очистка и другие работы внутри аппаратов и емкостей должны производиться только после отсоединения от коммуникаций, тщательной промывки и проветривания по наряду-допуску.

Поскольку модели используют для получения отливок из различных сплавов, их окрашивают. Цвет модели показывает, для какой отливки предназначена модель. Устанавливаются следующие цвета основного фона окраски:

– *красный* – для модельного комплекта, предназначенного для изготовления отливок из чугуна с пластинчатым графитом;

– *лиловый* – для модельного комплекта, предназначенного для изготовления отливок из чугуна с шаровидным графитом;

– *серый* – для модельного комплекта, предназначенного для изготовления отливок из стали, допускается синий;

– *желтый* – для модельного комплекта, предназначенного для изготовления отливок из цветных металлов (тяжелых);

– *зеленый* – для модельного комплекта, предназначенного для изготовления отливок из цветных металлов (легких).

Поверхности знаковых частей принято окрашивать в чёрный цвет, отъемные части окрашивают в цвет модели и окантовывают черной полоской.

10 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ

Модели могут изготавливаться из дерева, пластмассы и металла.

На металлические литейные модели для изготовления песчаных форм распространяется действие стандарта ГОСТ 21087–75. Данным стандартом установлено, что металлические модели и их части должны изготавливаться:

- из алюминиевых сплавов марок АЛ3В, АЛ4В, АЛ7В, АЛ9В, АЛ10В, АЛ14В, АЛ15В по ГОСТ 2685–63;
- из серого чугуна не ниже марки СЧ 15–32 ГОСТ 1412–85;
- из стали по ГОСТ 977–88 и марки Ст3 по ГОСТ 380–2005;
- из бронзы по ГОСТ 613–79;
- из латуни по ГОСТ 1020–97.

На пластмассовые литейные модели и стержневые ящики, предназначенные для изготовления отливок в песчаных формах, распространяется действие стандарта ГОСТ 19505–86. Параметр шероховатости формообразующих поверхностей пластмассовой модели должен быть не грубее 2,5 мкм.

На деревянные модельные комплекты, предназначенные для изготовления разовых песчаных форм и стержней, действует стандарт ГОСТ 13354–91. Стандарт устанавливает следующие виды пиломатериалов: лиственные (ясень, бук и др. твердые породы) по ГОСТ 2695–83, сосна и ель по ГОСТ 8486–86.

11 ПРИМЕР ЧЕРТЕЖА МОДЕЛИ ДЕТАЛИ "КРОНШТЕЙН"

На рисунке 22 приведен чертеж модели отливки, последовательность разработки чертежа которой рассмотрена ранее. При расчете размеров модели усадка чугуна принята равной 1 % (в зависимости от марки чугуна ее значение может колебаться в пределах $0,8 \div 1,3$ %).

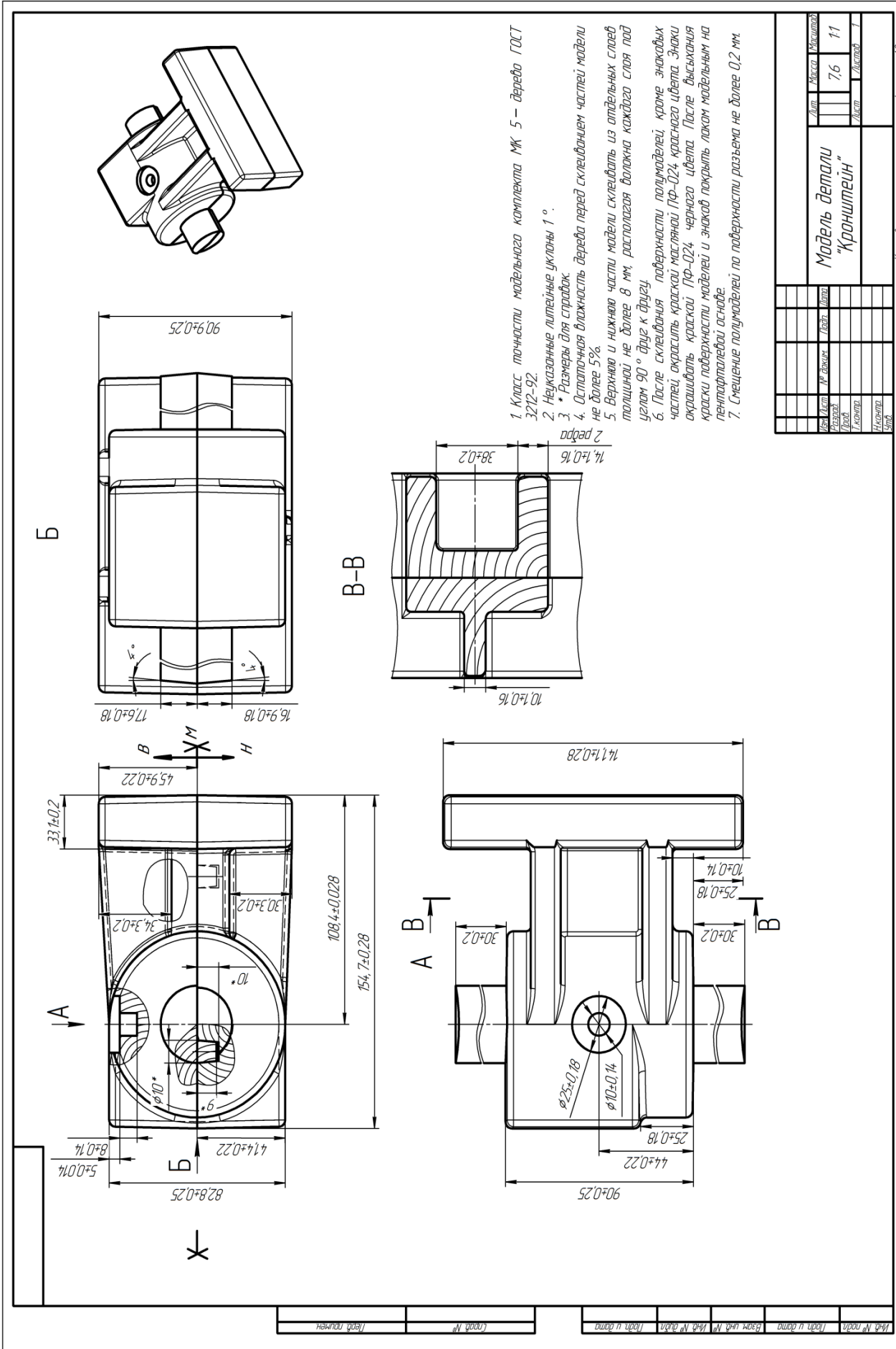
Полученный чертеж модели используют впоследствии для ее изготовления в модельном участке литейного цеха. На рисунках 23–24 показаны общие виды верхней и нижней половины модели и модели в сборе.

12 РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

При расчете элементов литниковой системы необходимо выбрать место подвода металла к отливке. Желательно обеспечить принцип направленного затвердевания отливки. Лучше подводить металл к ее тонким стенкам, поскольку в этом случае можно обеспечить их более высокую температуру перед кристаллизацией и тем самым уменьшить вероятность образования внутренних напряжений в тонких частях отливки из-за ускоренного охлаждения. Массивные части, разогретые горячим металлом, затвердевают медленнее. Такое температурное поле способствует образованию в ее массивном или тепловом узле концентрированной усадочной раковины, которую легко перевести в прибыль. При этом прибыль должна обеспечить направленное затвердевание отливки к прибыли, поэтому ее надо устанавливать на той части отливки, которая затвердевает последней. Кроме этого, она должна иметь достаточное сечение, чтобы затвердеть позже отливки, и иметь достаточный объем, чтобы усадочная раковина не вышла за пределы прибыли, а также иметь конструкцию, обеспечивающую минимальную поверхность.

12.1 Расчет литниковой системы для черных и цветных тяжелых сплавов

При подготовке технологической оснастки для изготовления форм выполняют расчет элементов литниковой системы: питателя, шлакоуловителя, стояка. Расчет литниковых систем для стали и чугуна построен на принципе торможения (или запираения), сущность которого заключается в уменьшении площади поперечного сечения каждого последующего канала литниковой системы, т. е. $F_{ст.} > F_{шл.} > F_{nut.}$, что позволяет держать в процессе заливки чашу полной и устранить попадание посторонних примесей в тело отливки.



Копировать
Формат А2

Модель детали
"Кронштейн"

№ п/п	№ детали	№ детали	№ детали	№ детали	№ детали	№ детали	№ детали	№ детали	№ детали	№ детали	№ детали	№ детали
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Рисунок 22 – Чертеж модели отливки «Кронштейн» в сборе

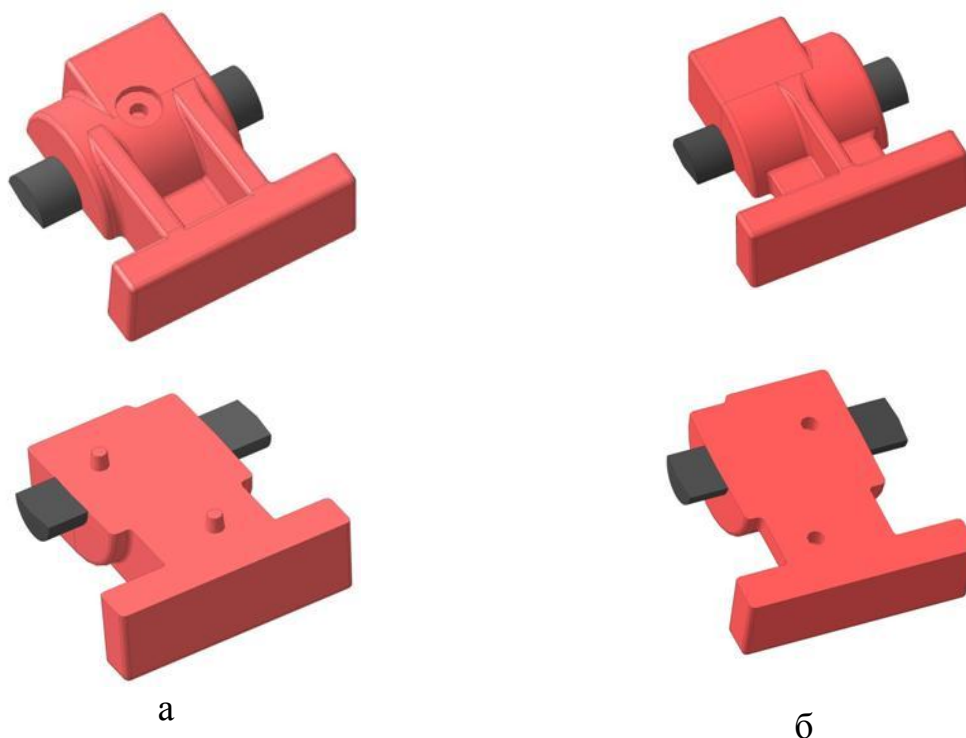


Рисунок 23 – Общий вид верхней (а) и нижней (б) части модели (по два вида)

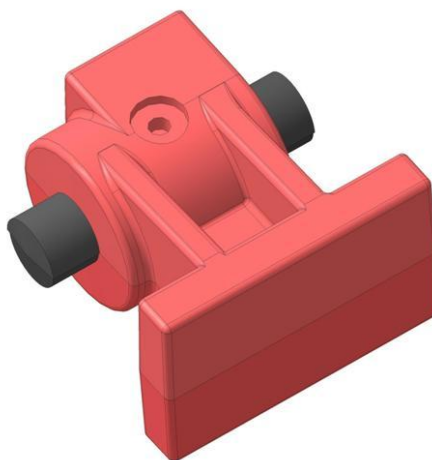


Рисунок 24 – Общий вид модели отливки детали «Кронштейн» в сборе

Вначале рассчитывают площадь сечения питателя для чугуна по формуле

$$F_{\text{п.}} = \frac{6,64 \cdot G_{\text{с.с.}}}{\sqrt{H}}, \quad (1)$$

где $G_{\text{с.с.}}$ – средний секундный расход жидкого металла при заливке его в форму, кг/с., H – расчетный напор металла – расстояние от места подвода металла в форму до уровня чаши (рисунок 25).

Для расчета среднего секундного расхода используют формулу

$$G_{с.с.} = \frac{G}{\tau}, \quad (2)$$

где G – металлоемкость формы, т. е. вес металла, заливаемого в форму, кг,
 τ – время заливки, с.

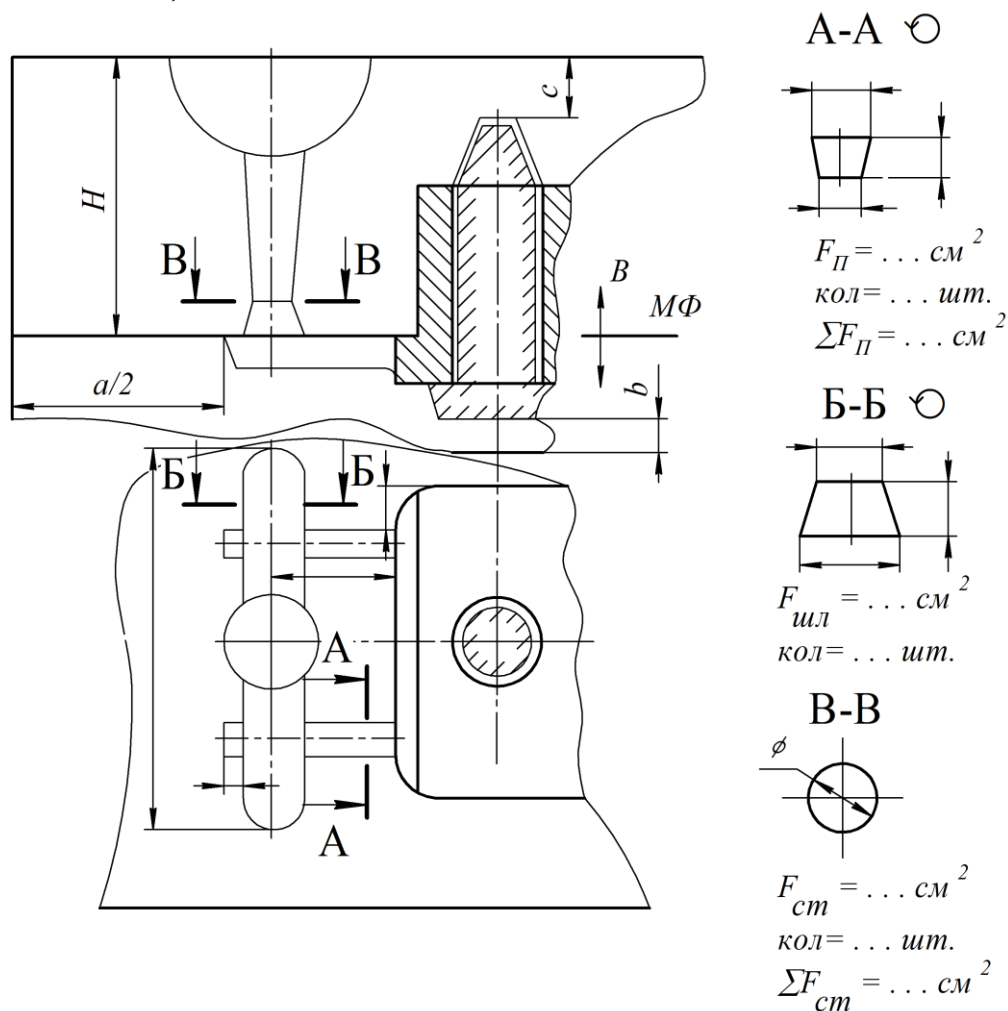


Рисунок 25 – К расчету элементов литниковой системы и выбору опок
 Металлоемкость формы (в кг) определяют следующим образом:

$$G = \frac{G_{отл.}}{0,7}, \quad (3)$$

где $G_{отл.}$ – вес отливки, кг, 0,7 – коэффициент выхода годного, равный отношению веса отливки к весу металла, заливаемого в форму.

Время заливки находят, используя зависимость

$$\tau = 2 \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G}, \quad (4)$$

где δ – преобладающая толщина стенки отливки, мм.

После расчета площади питателя определяют размеры его поперечного сечения. Для этого задают один из размеров прямоугольника, форму которого имеет питатель, поскольку уклон его поверхностей к плоскости разъема формы мал, а второй размер получают, зная площадь сечения и один из размеров.

Для расчета остальных элементов литниковой системы используют соотношения между элементами $F_n : F_{шл.} : F_{ст.}$, которые определяются размерами отливок, получаемых в форме:

- 1:1,5:2 – для крупного чугунного литья;
- 1:1,1:1,15 – для мелкого чугунного литья;
- 1:1,06:1,11 – для мелкого тонкостенного литья;
- 1:1,3:1,6 – для литых заготовок из стали.

12.2 Последовательность расчета элементов литниковой системы для литья цветных легких сплавов

Требования, предъявляемые к литниковым системам для легких сплавов следующие:

- скорость течения расплава в рабочей полости формы должна обеспечивать хорошую заполняемость формы;
- форму и размеры литниковых каналов, а также их соединение необходимо выбирать такими, чтобы обеспечивалось последовательное снижение турбулентности потока в направлении стояка к рабочей полости формы и задержание шлаковых включений;
- при возможности предусматривать литниковые каналы меньших размеров, а конструкцию системы упрощать.

Поскольку для выполнения данных условий необходимо последовательное снижение скоростей потока расплава, то поперечные сечения каналов литниковых систем должны быть также последовательно расширяющимися в направлении от стояка к питателям, т. е. для площадей поперечных сечений стояка, коллектора и питателей должно выполняться неравенство $F_{ст.} < F_{шл.} < F_n$.

Расчет литниковой системы состоит в отыскании площадей поперечных сечений и линейных размеров ее основных элементов: стояка, шлакоуловителя и питателей. Причем сначала рассчитывают наименьшее, т.е. регулирующее расход сечение литниковой системы (обычно сечение стояка), а затем исходя из принятых соотношений $F_{ст.} : F_{шл.} : F_n$ определяют площади суммарных поперечных сечений остальных элементов.

Наименьшее поперечное сечение литниковой системы рассчитывают по формуле

$$F_c = \frac{Q_{\phi min}}{V_c}, \quad (5)$$

где $Q_{\phi min}$ – минимально допустимый расход металла, см³/с, V_c – фактическая скорость течения расплава в стояке, м/с, которую рассчитывают по формуле

$$V_c = \mu \sqrt{2gH_p}, \quad (6)$$

где H_p – расчетный напор, м (определяется из чертежа), μ – коэффициент расхода, который принимают в зависимости от температуры заливки:

при $t_3 = 680^\circ\text{C}$ $\mu = 0,65$;

при $t_3 = 720^\circ\text{C}$ $\mu = 0,68$;

при $t_3 = 760^\circ\text{C}$ $\mu = 0,72$.

Минимально допустимый расход металла определяют по формуле

$$Q_{\phi min} = \frac{M}{\rho_c h_{отл.}} V_{\phi min}, \quad (7)$$

где M – масса отливки, кг, ρ_c – плотность сплава, кг/м³, $h_{отл.}$ – высота отливки, м, $V_{\phi min}$ – минимально допустимая скорость течения расплава в песчаной форме, м/с.

Минимально допустимая скорость течения расплава в песчаной форме определяется из графика, показанного на рисунке 26, исходя из температуры заливки и относительной длины отливки.

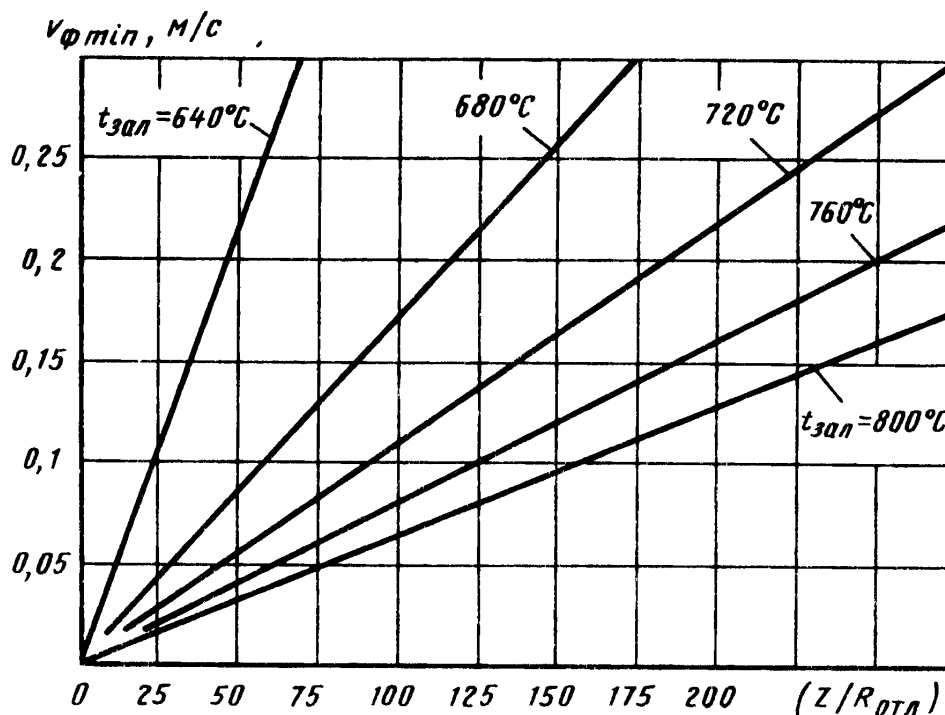


Рисунок 26 – График минимальной скорости течения расплава

$R_{отл.}$ – приведенный радиус отливки, равный $\delta_{отл.}/2$, где $\delta_{отл.}$ – преобладающая толщина отливки. Z зависит от места подвода литниковой системы.

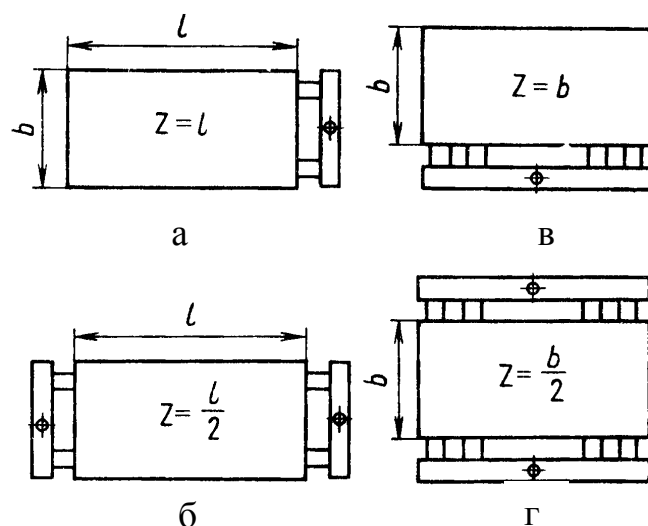


Рисунок 27 – Схемы для определения Z при различном подводе металла в форму:

а, б – подвод металла по ширине отливки соответственно односторонний и двусторонний; в, г – подвод металла по длине отливки соответственно односторонний и двусторонний; l – длина отливки; b – ширина отливки

Для расчета остальных элементов литниковой системы используют соотношения между элементами $F_{ст.}:F_{ул.}:F_{nut.}$, которые определяются размерами отливок, получаемых в форме:

- 1:2:2 – для мелких простых отливок;
- 1:2:3 – для крупных сложных отливок.

12.3 Конструирование элементов подводящих систем

Заливные воронки и чаши построены так, чтобы каждый их размер подходил для стояков нескольких диаметров. По мере увеличения диаметра стояка массовый расход в данной чаше увеличивается, но движение в ней становится более бурным, коэффициент расхода уменьшается, а способность удержать шлак ухудшается. Размер его верхнего диаметра $d_{ст.в}$ назван калибром, и по нему определяют соотношения остальных размеров чаши. Воронки рекомендуется применять при среднем секундном расходе жидкого металла $G_{с.с.} \leq 5 \text{ кг/с}$, а чаши – при больших расходах.

Конструкция заливной воронки приведена на рисунке 28.

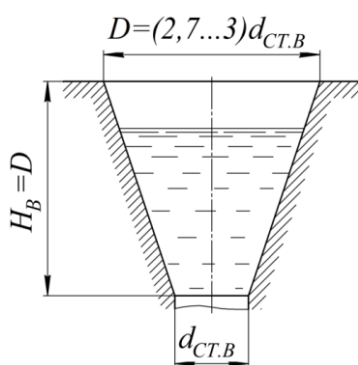


Рисунок 28 – Заливная воронка

Вариант исполнения и основные размеры заливной чаши приведены на рисунке 29.

Длину питателей следует выбирать в пределах 40...80 мм.

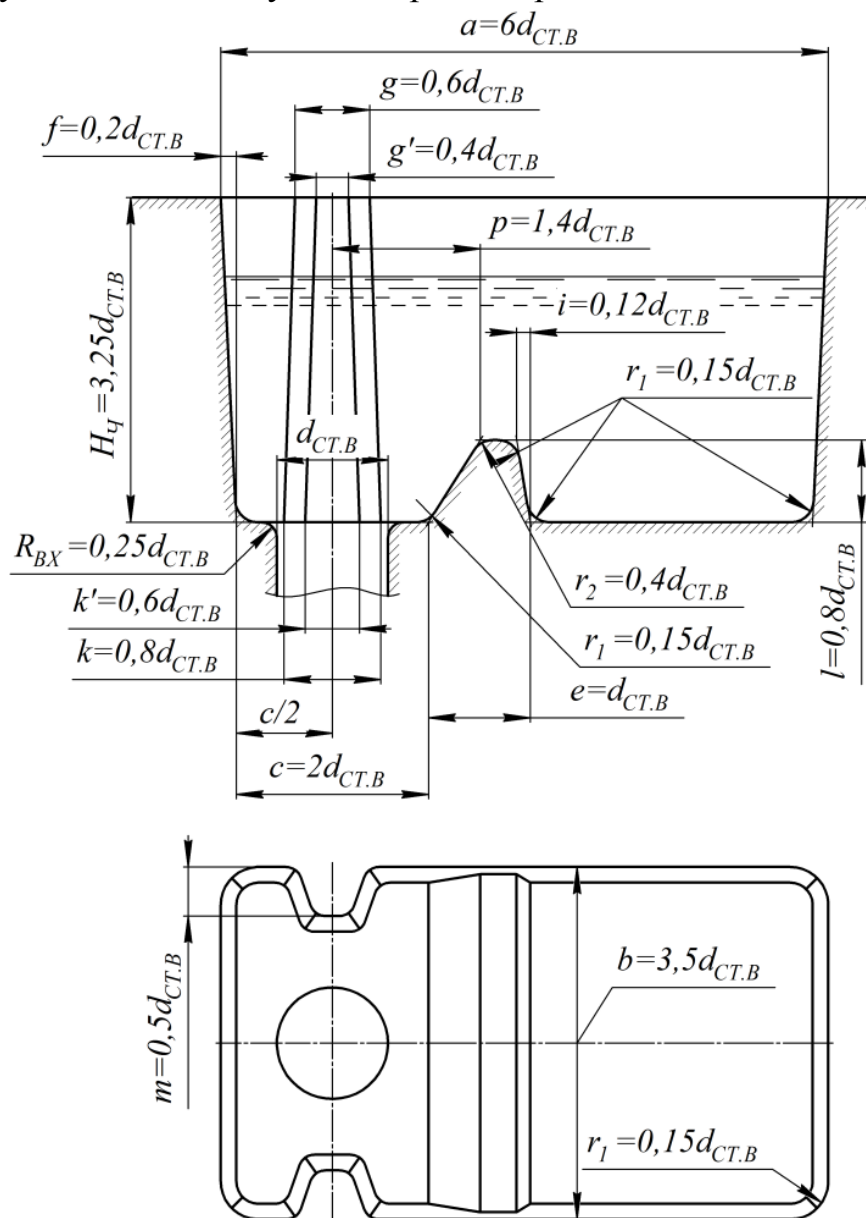


Рисунок 29 – Заливная чаша

13 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 3 «РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ В СБОРЕ»

Сборочный чертёж определяет общую конструкцию литейной формы, конфигурацию её рабочих полостей, конструкцию и компоновку элементов литейной формы. Чертёж собранной формы содержит сведения о габаритах формы, размерах опок, количестве и расположении отливок.

Литейная форма изображается в состоянии готовности к заливке согласно ГОСТ 3.1125–88 в соответствии с требованиями для сборочных чертежей. На горизонтальной проекции литейную форму изображают при *условно снятой*

верхней полуформе (полностью или частично) и установленными в нижнюю полуформу стержнями.

Габариты, конструкция опок и их узлов спаривания, определяемые выбранным типом формовочного оборудования, регламентированы ГОСТ 2133–75, 8909–75, 14928–80.

Приведенный выше рисунок 25 используют для расчета габаритов опок. Следует установить расстояние от тела отливки до стенки опоки, ее верха и низа с учетом статического и динамического давления жидкого металла. Минимальные габариты опоки определяют, когда к габаритным размерам отливки добавляют расстояние *a*, *b* и *c*. Минимальное расстояние *a* определяют в зависимости от веса и габаритов отливки:

- 30...50 мм – для мелких опок (до 600 x 800 мм);
- 50...120 мм – для средних опок (до 1000 x 1200 мм);
- 100...150 мм – для крупных опок;
- 20...50 мм от стержневого знака до стенки опоки.

Минимальное расстояние *b* от тела отливки до низа составляет:

- 40...50 мм – для мелких опок;
- 60...120 мм – для средних опок;
- 120...150 мм – для крупных опок;
- 20...120 мм – для стержневого знака.

Минимальное расстояние *c* принимают таким, чтобы высота опок была одинаковой.

Профили и размеры опок, применяемых для изготовления отливок из различных сплавов, радиусы сопряжения стенок опок, ушки крепежные литейных опок и их ручки приведены на рисунках 30–33 и в таблицах 23–24.

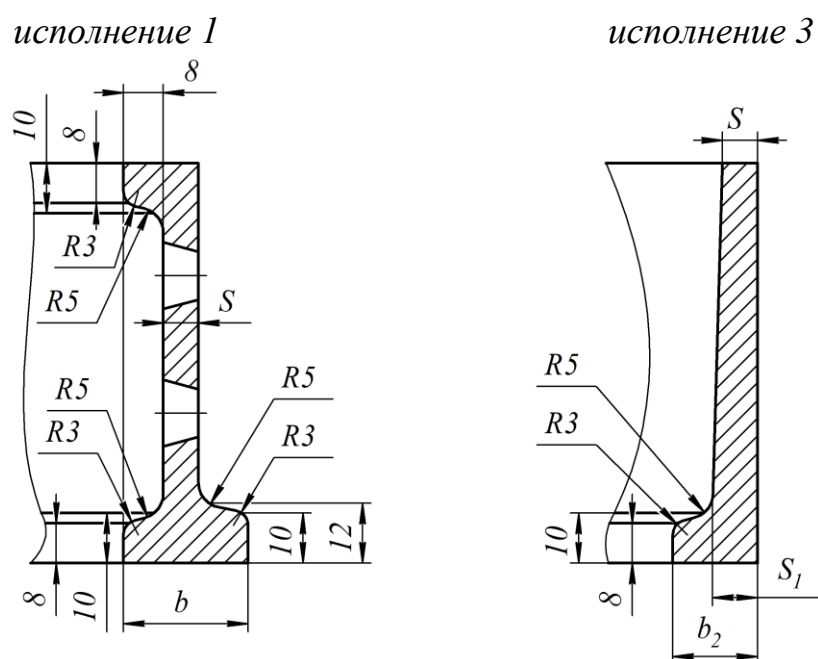


Рисунок 30 – Профили и размеры опок по ГОСТ 22957–78

Профили стенок *исполнения 3* следует применять при мелкосерийном производстве.

Таблица 23 – Размеры профиля стенок опок

Средний размер опоки в свету $\frac{L+B}{2}$ или D^*	Материал опоки	S	S_1	b	b_2
		До 500	Сталь	7	9
	Чугун	10	12	28	20

* – L – длина опоки в свету; B – ширина опоки в свету; D – диаметр опоки в свету

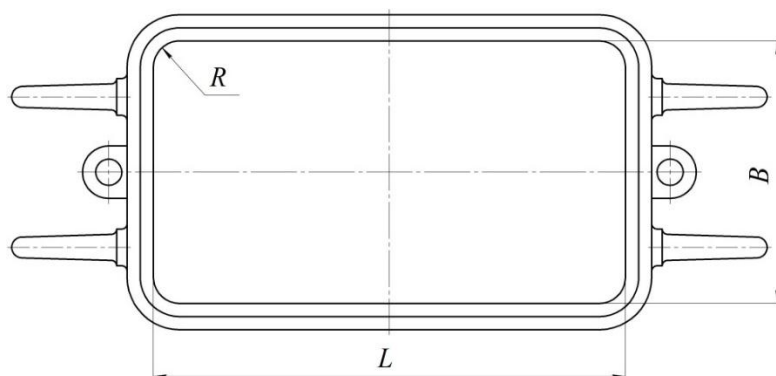


Рисунок 31 – Радиусы сопряжений стенок опок

Таблица 24 – Размеры профиля стенок опок

Средний размер опоки в свету $\frac{L+B}{2}$ или D^*	R , мм	
	Материал опоки	
	Сталь	Чугун
До 500	32	20
Св. 500 до 755	50	32

* – L – длина опоки в свету; B – ширина опоки в свету; D – диаметр опоки в свету

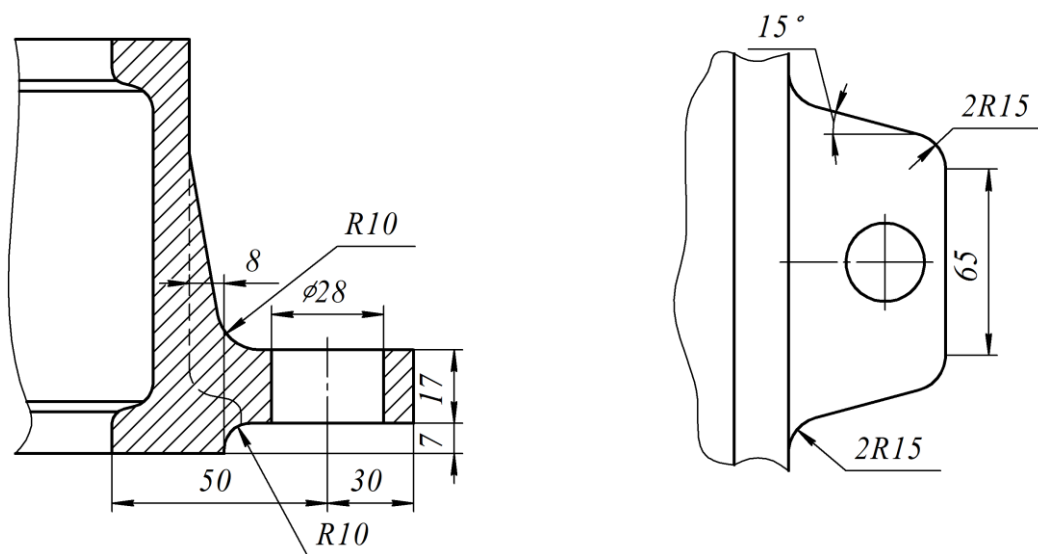


Рисунок 32 – Ушки крепежные литейных опок ГОСТ 22961–78

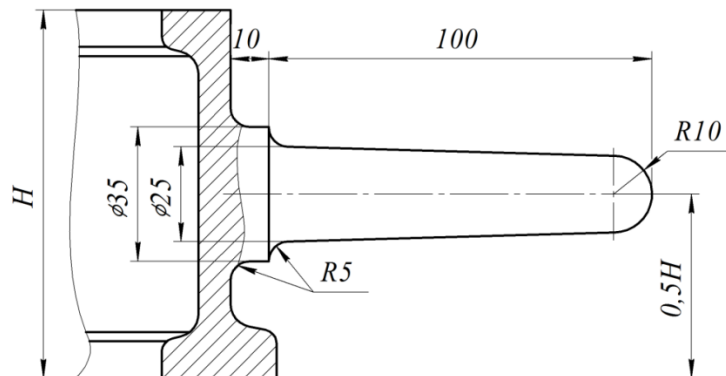


Рисунок 33 – Ручки цельнолитые для литейных опок ГОСТ 22959–78

Проектируя комплект опок, необходимо увязывать его с технологическим процессом изготовления форм и стержней и конкретной формовочной или стержневой машинами. При этом необходимо знать следующее: допустимый размер опоки в свету и по высоте, расположение подъемных штифтов и размер протяжной рамки, способ крепления модельных плит или стержневых ящиков к столам машин, расположение и размеры зажимов, ход подъемных штифтов, протяжного механизма, прессующего поршня и некоторые другие сведения.

Основой при проектировании модельного комплекта являются чертежи элементов литейной формы (ЭЛФ), отливки и формы. Все размеры моделей и стержневых ящиков должны учитывать припуски на усадку.

Величина литейной усадки зависит от состава и температуры сплава, конфигурации и размеров отливки, применяемых форм и стержней и т. п. Значения литейной усадки при изготовлении отливок из различных сплавов приведены в работах [2].

При конструировании модельного комплекта необходимо руководствоваться требованиями действующих ГОСТ. Предельные отклонения размеров деревянных и металлических моделей, а также стержневых ящиков регламентируются ГОСТ 11963–66 и 11961–66.

Конструкции моделей и стержневых ящиков из дерева, пластмасс и металлов разрабатываются в соответствии с требованиями ГОСТ 13138–67, 13354–91, 12355–78, 19505–86, 19367–74, 19410–74 и др. Конструкции модельных плит и крепления моделей на плитах – по ГОСТ 20084–74...20131–80; 20146–74...20175–74; 20340–74...20351–74.

Чертежи модельных плит для изготовления верхней и нижней полуформ выполняются в соответствии с требованиями, предъявляемыми к сборочным чертежам. Все отдельно расположенные на плите элементы должны быть забазированы от осей плиты или центрирующего штыря (втулки). Размеры на модельных плитах указываются по нормальному (не усадочному) метру.

В соответствии с приведенными выше указаниями для отливки детали «Кронштейн» на рисунке 34 показаны проекции литейной формы в сборе. Кроме проекций на сборочном чертеже следует указать технические требования, предъявляемые к элементам формы, правила установки стержней, зазоры между ними и знаковыми частями, особенности сборки формы, требования к качеству формы, особенности заливки металла и т. п.

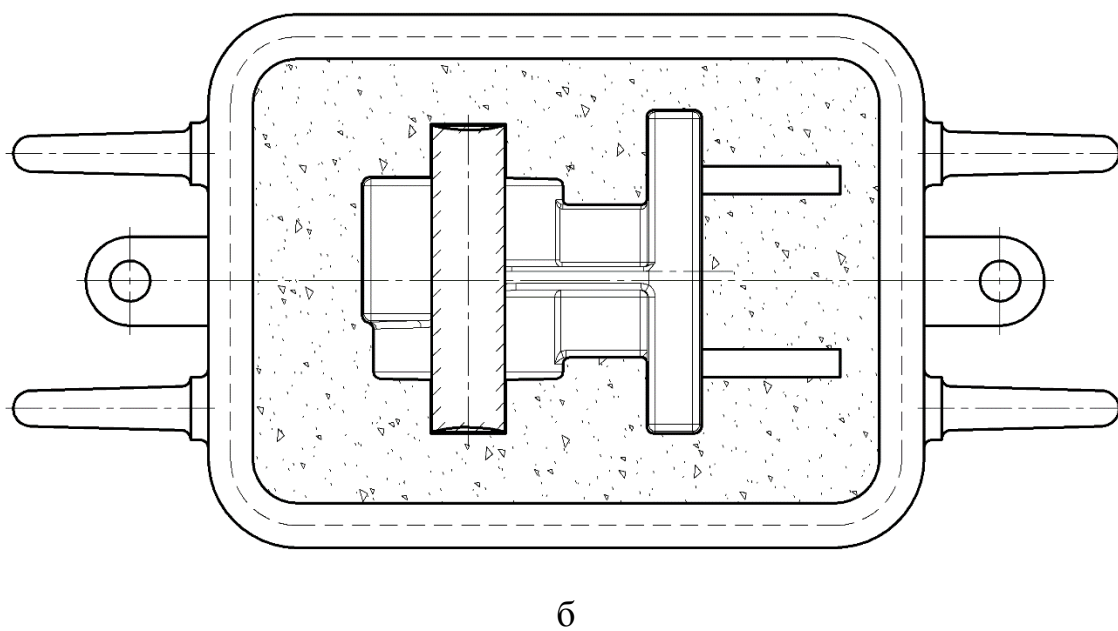
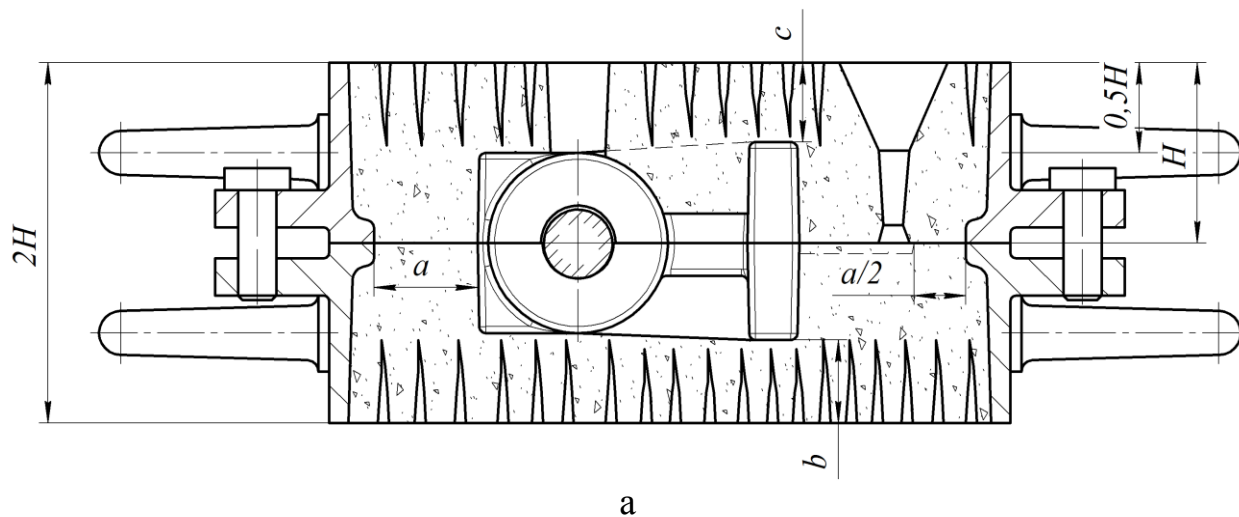


Рисунок 34 – Литейная форма в сборе:
 а – полуформы в сборе;
 б – горизонтальная проекция (при снятой верхней полуформе)

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 14.205–83 (СТ СЭВ 2063–79). Технологичность конструкции изделий. Термины и определения. – Введен 01.07.1983. – Москва : Изд-во стандартов, 2009. – 4 с.
2. Клименков, С. С. Технологичность заготовок : курс лекций / С. С. Клименков, В. В. Савицкий. – Витебск : УО"ВГТУ", 2009. – 80 с.
3. ГОСТ 3212–92. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. – Введен 01.07.1993. – Москва : Изд-во стандартов, 1992. – 24 с.
4. ГОСТ 2.308–2011. Единая система конструкторской документации. Указания допусков формы и расположения поверхностей. – Введен 01.01.2012. – Москва : Стандартинформ, 2012. – 25 с.
5. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Введен 01.07.1988. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 40 с.
6. ГОСТ 3.1125-88. Единая система технологической документации. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок. – Введен 01.01.1989. – Москва : Изд-во стандартов, 1988. – 19 с.
7. Галдин, Н. М. Литниковые системы для отливок из легких сплавов / Н.М. Галдин. – Москва : Машиностроение, 1978. – 198 с.
8. Цветное литье: Справочник / Н. М. Галдин [и др.] ; под общ. ред. Н. М. Галдина. – Москва : Машиностроение, 1989. – 528 с.
9. Справочник по чугунному литью. / Н. Г. Гиршович [и др.] ; под ред. Н. Г. Гиршовича. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Машиностроение, 1978. – 758 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

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
Св. 0,06 до 0,08	До 0,02 Св. 0,02 « 0,04 « 0,04 « 0,05 « 0,05 « 0,06 « 0,06 « 0,08 « 0,08 « 0,10 « 0,10 « 0,12 « 0,12 « 0,16	0,08 0,09 0,10 0,11 0,14 0,16 0,18 0,22
Св. 0,08 до 0,10	До 0,02 Св. 0,02 « 0,04 « 0,04 « 0,06 « 0,06 « 0,08 « 0,08 « 0,10 « 0,10 « 0,12 « 0,12 « 0,16 « 0,16 « 0,20	0,10 0,11 0,12 0,14 0,16 0,18 0,22 0,28

Продолжение таблицы

1	2	3
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	0,32
	« 0,16 « 0,20	0,36
	« 0,20 « 0,24	0,28
	« 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
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

Продолжение таблицы

1	2	3
Св. 0,40 до 0,50	« 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
Св. 0,64 до 0,80	« 1,20 « 1,28	1,80
	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
Св. 0,80 до 1,00	« 1,20 « 1,60	2,20
	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
Св. 1,00 до 1,20	« 1,60 « 2,00	2,80
	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
Св. 1,20 до 1,60	« 2,00 « 2,40	3,20
	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
Св. 1,60 до 2,00	« 2,40 « 3,20	4,40
	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
Св. 1,60 до 2,00	« 3,20 « 4,00	5,60

Продолжение таблицы

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

Продолжение таблицы

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

Окончание таблицы

1	2	3
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
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

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Общий припуск на сторону для ряда припусков отливки

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

Продолжение таблицы

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

Продолжение таблицы

Св. 0,22 до 0,24	Черновая	1,8	2,2	2,6	—	—	—	—	—	—
	Получистовая	1,9	2,4	3,0	—	—	—	—	—	—
	Чистовая	2,1	2,5	3,1	—	—	—	—	—	—
	Тонкая	2,1	2,5	3,3	—	—	—	—	—	—
Св. 0,24 до 0,28	Черновая	1,8	2,2	2,7	—	—	—	—	—	—
	Получистовая	2,0	2,4	3,0	—	—	—	—	—	—
	Чистовая	2,1	2,5	3,2	—	—	—	—	—	—
	Тонкая	2,2	2,6	3,3	—	—	—	—	—	—
Св. 0,28 до 0,32	Черновая	1,8	2,2	2,7	3,3	—	—	—	—	—
	Получистовая	2,1	2,4	3,1	3,6	—	—	—	—	—
	Чистовая	2,2	2,6	3,1	3,6	—	—	—	—	—
	Тонкая	2,3	2,7	3,4	3,9	—	—	—	—	—
Св. 0,32 до 0,36	Черновая	1,9	2,3	2,7	3,3	—	—	—	—	—
	Получистовая	2,1	2,5	3,1	3,6	—	—	—	—	—
	Чистовая	2,3	2,7	3,3	3,8	—	—	—	—	—
	Тонкая	2,3	2,7	3,4	3,9	—	—	—	—	—
Св. 0,36 до 0,40	Черновая	1,9	2,3	2,8	3,3	4,3	—	—	—	—
	Получистовая	2,1	2,5	3,2	3,7	4,8	—	—	—	—
	Чистовая	2,3	2,7	3,3	3,8	5,0	—	—	—	—
	Тонкая	2,4	2,8	3,4	4,0	5,1	—	—	—	—
Св. 0,40 до 0,44	Черновая	1,9	2,3	2,8	3,4	4,3	—	—	—	—
	Получистовая	2,2	2,6	3,1	3,6	4,8	—	—	—	—
	Чистовая	2,4	2,7	3,4	3,9	5,0	—	—	—	—
	Тонкая	2,4	2,8	3,4	4,0	5,1	—	—	—	—
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
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
	Получистовая	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8
	Чистовая	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	1,9
	Тонкая	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0
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
	Получистовая	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	1,9
	Чистовая	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0
	Тонкая	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1
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
	Получистовая	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0
	Чистовая	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1
	Тонкая	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2
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
	Получистовая	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1
	Чистовая	0,9	1,1	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	1,9	2,2
	Тонкая	1,1	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3
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
	Получистовая	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,1
	Чистовая	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	0,8	2,1	2,3
	Тонкая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4
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
	Получистовая	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	2,3
	Чистовая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4
	Тонкая	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4	2,6

Продолжение таблицы

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

Продолжение таблицы

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
	Получистовая	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9
	Чистовая	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1
	Тонкая	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4
Св. 1,60 до 1,80	Черновая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3
	Получистовая	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0
	Чистовая	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1	3,3
	Тонкая	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6
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
	Получистовая	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1
	Чистовая	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6
	Тонкая	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,6	3,8
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
	Получистовая	2,1	2,3	2,4	2,4	2,5	2,7	2,8	3,2	3,4
	Чистовая	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,3	3,6	3,8
	Тонкая	2,9	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,6	3,9	4,1
Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Св. 1,00 до 1,10	Черновая	2,4	2,7	3,3	3,8	4,8	5,8	6,7	8,8	10,5
	Получистовая	2,8	3,1	3,8	4,3	5,3	6,3	7,5	9,5	11,5
	Чистовая	3,1	3,4	4,1	4,6	5,8	6,7	7,8	10,0	12,5
	Тонкая	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	2,4	2,8	3,4	3,8	4,8	5,8	6,9	8,8	11,0
	Получистовая	2,9	3,4	3,9	4,4	5,4	6,5	7,5	9,8	12,0
	Чистовая	3,1	3,6	4,3	4,8	5,8	6,9	8,0	10,0	12,5
	Тонкая	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	2,5	2,9	3,5	3,9	4,9	6,0	6,9	9,0	11,0
	Получистовая	3,1	3,4	4,1	4,6	5,6	6,7	7,8	9,8	12,0
	Чистовая	3,4	3,9	4,5	5,0	6,1	7,1	8,3	10,5	12,5
	Тонкая	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	2,7	3,1	3,6	4,0	5,0	6,0	7,1	9,0	11,0
	Получистовая	3,3	3,6	4,3	4,8	5,8	6,9	8,0	10,0	12,0
	Чистовая	3,6	4,1	4,6	5,1	6,3	7,3	8,5	10,5	13,0
	Тонкая	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	2,7	3,2	3,7	4,1	5,2	6,2	7,1	9,0	11,0
	Получистовая	3,5	3,8	4,4	4,9	6,0	7,1	8,0	10,0	12,5
	Чистовая	3,8	4,3	4,8	5,3	6,5	7,5	8,5	11,0	13,0
	Тонкая	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	2,8	3,3	3,8	4,3	5,1	6,1	7,3	9,3	11,0
	Получистовая	3,6	4,0	4,6	5,0	6,1	7,1	8,3	10,5	12,5
	Чистовая	4,0	4,4	5,0	5,4	6,7	7,8	8,8	11,0	13,0
	Тонкая	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	3,0	3,4	3,9	4,4	5,5	6,3	7,3	9,5	11,5
	Получистовая	3,8	4,1	4,8	5,3	6,3	7,3	8,5	10,5	12,5
	Чистовая	4,3	4,6	5,1	5,8	6,9	8,0	9,0	11,0	13,5
	Тонкая	4,6	5,0	5,6	6,1	7,3	8,3	9,5	12,0	14,0

Продолжение таблицы

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

Продолжение таблицы

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

Продолжение таблицы

Св. 5,60 до 6,40	Черновая	5,1	5,6	6,2	6,5	7,5	8,5	9,5	11,5	13,5
	Получистовая	6,7	7,1	7,8	8,3	9,3	10,5	11,5	13,5	15,5
	Чистовая	7,8	8,3	8,8	9,3	10,5	11,5	12,5	15,0	17,0
	Тонкая	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	5,4	6,0	6,5	6,9	8,0	9,0	9,8	12,0	14,0
	Получистовая	7,3	7,5	8,3	8,8	9,8	11,0	12,0	14,0	16,0
	Чистовая	8,5	8,8	9,5	9,8	11,0	12,0	13,0	15,5	17,5
	Тонкая	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	6,0	6,5	6,9	7,5	8,5	9,5	10,5	12,5	14,5
	Получистовая	7,8	8,3	8,8	9,3	10,5	11,5	12,5	14,5	17,0
	Чистовая	9,5	9,8	10,5	11,0	12,0	13,0	14,0	16,5	18,5
	Тонкая	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	6,5	6,9	7,5	8,0	9,0	9,8	11,0	13,0	15,0
	Получистовая	8,8	9,0	9,8	10,0	11,0	12,0	13,5	15,5	17,5
	Чистовая	10,5	10,5	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	17,5	19,5
	Тонкая	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	7,1	7,5	8,0	8,5	9,5	10,5	11,5	13,5	15,5
	Получистовая	9,5	9,8	10,5	11,0	12,0	13,0	14,0	16,5	18,5
	Чистовая	11,0	11,5	12,0	12,5	14,0	15,0	16,0	18,0	20,5
	Тонкая	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	7,5	8,0	8,5	9,0	9,8	11,0	12,0	14,0	16,0
	Получистовая	9,8	10,0	10,5	11,0	12,5	13,5	14,5	16,5	18,5
	Чистовая	11,5	12,0	12,5	13,0	14,0	15,0	16,0	18,5	20,5
	Тонкая	12,5	13,0	13,5	14,0	15,5	16,5	17,5	19,5	22,0
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
Св. 11,00 до 12,00	Черновая	—	—	—	—	7,1	7,3	7,5	7,5	7,8
	Получистовая	—	—	—	—	9,3	9,5	9,5	9,8	10,0
	Чистовая	—	—	—	—	11,0	11,0	11,5	11,5	12,0
	Тонкая	—	—	—	—	12,5	12,5	13,0	13,0	13,5
Св. 12,00 до 14,00	Черновая	—	—	—	—	—	8,5	8,5	8,8	9,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	11,0	11,5	11,5	12,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	12,5	13,0	13,0	13,5
	Тонкая	—	—	—	—	—	14,5	14,5	15,0	15,0
Св. 14,00 до 16,00	Черновая	—	—	—	—	—	9,5	9,5	9,8	10,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	12,0	12,5	12,5	13,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	15,0	15,0	15,5	15,5
	Тонкая	—	—	—	—	—	16,5	17,0	17,0	17,5
Св. 16,00 до 18,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	10,5	11,0	11,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	13,5	14,0	14,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	15,5	16,0	16,0
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	18,0	18,0	18,5
Св. 18,00 до 20,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	11,5	11,5	12,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	14,5	15,0	15,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	17,5	17,5	18,0
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	19,5	20,0	20,0
Св. 20,00 до 22,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	13,0	13,5
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	16,5	16,5
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	19,5	19,5
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	21,0	22,0

Продолжение таблицы

Св. 22,00 до 24,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	14,0	14,5
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	17,5	18,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	21,0	21,0
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	20,5	24,0
Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Св. 11,00 до 12,00	Черновая	8,3	8,5	9,0	9,5	10,5	11,5	12,5	14,5	16,5
	Получистовая	10,5	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	17,5	19,5
	Чистовая	12,5	12,5	13,5	14,0	15,0	16,0	17,0	19,5	21,0
	Тонкая	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	9,5	9,8	10,5	11,0	12,0	13,0	14,0	16,0	18,0
	Получистовая	12,0	12,5	13,0	13,5	15,0	16,0	17,0	19,0	21,0
	Чистовая	14,0	14,5	15,0	15,5	16,5	17,5	18,5	21,0	23,0
	Тонкая	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	10,5	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	17,0	19,0
	Получистовая	13,5	13,5	14,5	15,0	16,0	17,0	18,0	20,0	22,0
	Чистовая	16,0	16,5	17,0	17,5	19,0	20,0	21,0	23,0	25,0
	Тонкая	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	11,5	12,0	12,5	13,0	14,0	16,0	16,0	18,0	20,0
	Получистовая	14,5	15,0	15,5	16,0	17,0	18,0	19,0	21,0	23,5
	Чистовая	16,5	17,0	17,5	18,0	19,5	20,5	21,0	23,5	26,0
	Тонкая	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	12,5	12,5	13,0	13,5	14,5	15,5	16,5	18,5	20,5
	Получистовая	15,5	16,0	16,5	17,0	18,0	19,0	20,0	22,5	24,0
	Чистовая	18,5	18,5	19,5	20,0	21,0	22,0	23,0	25,0	28,0
	Тонкая	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	13,5	14,0	14,5	15,0	16,0	17,0	18,0	20,0	22,0
	Получистовая	17,0	17,5	18,0	18,5	19,5	20,5	22,0	24,0	26,0
	Чистовая	20,0	20,5	21,0	21,0	22,5	23,5	25,0	27,0	29,0
	Тонкая	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	15,0	15,0	15,5	16,0	17,0	18,0	19,0	21,0	23,0
	Получистовая	18,0	18,5	19,0	19,5	21,0	22,0	23,0	25,0	27,0
	Чистовая	22,0	22,0	22,5	23,0	24,0	25,0	26,5	29,0	30,5
	Тонкая	24,0	25,0	25,0	28,0	27,0	28,0	29,0	31,5	33,5
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
Св. 24,00 до 28,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	16,5
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	20,0
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	23,0
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	25,0
Св. 28,00 до 32,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	19,0
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	23,5
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	26,0
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	30,0
Св. 32,00 до 36,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы

Св. 36,00 до 40,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 40,00 до 44,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 44,00 до 50,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 50,00 до 55,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Чистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Тонкая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Св. 24,00 до 28,00	Черновая	17,0	17,5	18,0	18,5	19,5	20,5	21,0	23,5	25,0
	Получистовая	21,0	21,0	22,0	22,5	23,5	25,0	26,0	28,0	30,0
	Чистовая	24,0	24,0	25,0	25,0	26,5	28,0	29,0	30,5	33,5
	Тонкая	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	19,5	20,0	20,5	22,0	22,5	23,5	26,0	28,0
	Получистовая	23,5	24,0	25,0	25,0	26,5	27,0	28,0	30,5	32,5
	Чистовая	26,5	27,0	28,0	28,0	29,0	30,5	31,5	33,5	35,5
	Тонкая	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
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
Св. 56,00 до 64,00	Черновая	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Получистовая	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Окончание таблицы

Св. 56,00 до 64,00	Чистовая Тонкая	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Св. 64,00 до 70,00	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —
Св. 70,00 до 80,00	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —
Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки								
		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

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Длина горизонтальных знаков для смесей влажностью выше 2,8 %, (мм)

$a+b/2$ или D	Длина знака l , не более при длине стержня L										
	До 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600	Св. 1600 до 2500	
До 25	20	25	30	35	–	–	–	–	–	–	
Св. 25 до 40				45	50						
Св. 40 до 63				40	50	60	75	95			
Св. 63 до 100			35	45	55	65	85	105			
Св. 100 до 160	35	40	40	50	60	75	95	115	130	–	
Св. 160 до 250				65	80	100	125	145			
Св. 250 до 400	40		45	60	75	85	110	140	160		180
Св. 400 до 630				65	85	100	130	160	180		220
Св. 630 до 1000	–	–	–	–	–	115	150	180	210	260	
Св. 1000 до 1600	–	–	–	–	–	–	–	200	245	300	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Длина горизонтальных знаков для смесей влажностью менее 2,8 %, (мм)

$a+b/2$ или D	Длина знака l , не более при длине стержня L											
	До 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600	Св. 1600 до 2500	Св. 2500 до 4000	Св. 4000
До 25	15	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Св. 25 до 40	20	25	30	35	40	–	–	–	–	–	–	–
Св. 40 до 63						50						
Св. 63 до 100	25	30	35	40	45	55	65	–	–	–	–	–
Св. 100 до 160												
Св. 160 до 250	30	35	40	50	55	60	70	75	–	–	–	–
Св. 250 до 400	35	40	45									
Св. 400 до 630	–	45	50	55	60	65	75	90	110	120	130	–
Св. 630 до 1000		55	60	65	70	80	100	130	150	160	170	
Св. 1000 до 1600		65	70	80	90	120	150	180	200	220		
Св. 1600 до 2500		75	90	100	130	170	210	240	270			
Св. 2500 до 4000		–	95	120	145	180	220	250	300			
Св. 4000		–	125	150	190	230	270	320				

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Длина горизонтальных знаков для смесей, твердеющих в контакте с оснасткой,
(мм)

$a + b/2$ или D	Длина знака l , не более при длине стержня L															
	До 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600	Св. 1600 до 2500	Св. 2500 до 4000	Св. 4000				
До 25	10	15	20	25	–	–	–	–	–	–	–	–				
Св. 25 до 40					30	35	–									
Св. 40 до 63					40	–	–									
Св. 63 до 100	15	20	30	30	35	40	45	50	–	–	–	–				
Св. 100 до 160													35	40	45	50
Св. 160 до 250													20	25	35	40
Св. 250 до 400	25	30	35	40	45	50	55	60	70	–	–	–				
Св. 400 до 630			40	45	50	55	60	70	90	100	120	–				
Св. 630 до 1000						60	65	80	105	130	145	160				
Св. 1000 до 1600						55	65	75	90	110	150	165	185			
Св. 1600 до 2500			50	60	70	80	95	135	165	185	205					
Св. 2500 до 4000			75	85	105	140	180	210	230							
Св. 4000						95	110				–					

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Высота нижних вертикальных знаков, (мм)

$a + b/2$ или D	Высота знака h , не более при высоте стержня H										
	До 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600	Св. 1600 до 2500	Св. 2500
До 25	20	30	30	30	–	–	–	–	–	–	–
Св. 25 до 40					50	60					
Св. 40 до 63	25	35	35	35	40	50	80	110	130	–	–
Св. 63 до 100					40		70	100	130		
Св. 100 до 160	30	35	35	35	40	40	60	80	120	180	190
Св. 160 до 250					40				40	60	
Св. 250 до 400	40	40	40	40	40	40	50	80	120	170	180
Св. 400 до 630	50	50	50	50	50	50	50	70	110	150	160
Св. 630 до 1000	70	70	70	70	70	70	70	70	100	130	140
Св. 1000 до 1600	100	100	100	100	100	100	100	100	100	110	120
Св. 1600 до 2500	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110