

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО Костромская ГСХА

Кафедра ремонта и основ конструирования машин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГотовок, ПОЛУЧЕННЫХ ЛИТЬЕМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

*Для студентов, обучающихся по направлениям подготовки
23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства,
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин
и комплексов очной формы обучения*

КАРАБАЕВО
Костромская ГСХА
2021

УДК 658.512.2

ББК 34.42

П 79

Составители: сотрудники кафедры ремонта и основ конструирования машин Костромской ГСХА канд. техн. наук, доцент *А.Е. Курбатов*, канд. техн. наук, доцент *И.П. Петрюк*.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент кафедры технических систем в агропромышленном комплексе Костромской ГСХА *И.А. Джаббаров*.

Рекомендовано методической комиссией инженерно-технологического факультета в качестве методических указаний по выполнению лабораторно-практической работы для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, всех форм обучения

П 79 Проектирование заготовок, полученных литьем : методические указания по выполнению лабораторно-практической работы / сост. А.Е. Курбатов, И.П. Петрюк. — Караваево : Костромская ГСХА, 2021. — 43 с. ; 20 см. — 20 экз. — Текст непосредственный.

Содержится теоретический материал и практические рекомендации к выполнению лабораторно-практического занятия при изучении дисциплины «Основы конструирования». Изложена методика и основные подходы при проектировании заготовок деталей, получаемых литьем. Приведены сведения из нормативно-технической документации, необходимые для проектирования отливок из металлов и сплавов. Предназначены для контактной и самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, всех форм обучения.

УДК 658.512.2

ББК 34.42

© ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, 2021

© А.Е. Курбатов, И.П. Петрюк, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящей работы является ознакомление с основными подходами при проектировании заготовок деталей, получаемых литьем и их конструктивными особенностями.

Задачами студента является приобретение навыков обоснования заготовки и способа ее получения для литых детали; навыков работы с нормативно-технической документацией и стандартами, необходимыми для проектирования литых деталей и заготовок для них.

Теоретические основы

Литье широко применяют для изготовления фасонных деталей от мелких до самых крупных типа базовых и корпусных. У многих машин (двигатели внутреннего сгорания, турбины, компрессоры, металлорежущие станки и т.д.) масса литых деталей составляет 60...80 % массы машины.

С помощью литья можно получить детали самой сложной конфигурации, невыполнимые другими способами формообразования. Литейный процесс производителен и недорог.

Для литых деталей характерны пониженная прочность, различные механические показатели в разных участках отливки, склонность к образованию дефектов и напряжений. Качество отливки зависит от технологии литья и конструкции детали.

При выборе способа литья необходимо учитывать и качество металла в отливках (наличие дефектов литейного происхождения, плотность, механические свойства и т.д.). Наиболее качественный металл получают при штамповке жидкого металла, при центробежном литье и при литье в кокиль.

При выборе способа изготовления литых заготовок необходимо учитывать возможности имеющегося оборудования, уровень литейной технологии и технологии механической обработки. Технологические возможности некоторых способов литья приведены в табл. 3.1. Точность отливки в целом характеризуют классом размерной точности отливки, степенью коробления, степенью точности поверхностей и шероховатостью для определенной степени точности (табл. 3.2).

ГОСТ 26645-85 устанавливает 22 класса точности размеров и масс (1, 2, 3т, 3, ..., 16) отливок из черных и цветных металлов и сплавов.

Таблица 3.1. Технологические возможности некоторых способов изготовления отливок

Показатель		Способ изготовления отливки					
		ЛПФ	ЛОФ	ЛВМ	ЛК	ЛПД	ЦЛ
Материал отливок		сталь, чугун, цветные сплавы		сталь, чугун, цветные сплавы и специальные сплавы	сталь, чугун, цветные сплавы	цветные сплавы	сталь, чугун, цветные сплавы
Максимальная масса отливки, кг		200000	150		7000 – чугун, 4000 – сталь, 500 – цветные сплавы	100	600
Толщина стенок, мм	min	3,0	2,0	0,5	3,0	5,0	2,0
	max	неограничена	12	6	100	6	4
Максимальный размер отливки, мм		неограничен	1500	1000	2000	1200	6000
Класс размерной точности отливок		6...14	4...11	3...8	4...11	3...7	6...15
Шероховатость поверхности, мкм		320...80	160...40	80...20	160...40	40...10	320...80
Группа сложности		1...6	1...5		1...4	1...5	1...4
Коэффициент использования металла, %		60...70	80...95	90...95	75...80	90...95	70...90
Относительная себестоимость 1 т отливок		1,0	1,5...2,0	2,5...3,0	1,2...1,5	1,8...2	0,6...0,7
Экономически оправданная серийность, шт./год		неограничена	200...500	1000	400...800	1000	100...1000

Условные обозначения: ЛПФ – литье в песчаные формы; ЛОФ – литье в оболочковые формы; ЛВМ – литье по выплавляемым моделям; ЛК – литье в кокиль; ЛПД – литье под давлением; ЦЛ – центробежное литье

Таблица 3.2. Соответствие между шероховатостью и степенями точности поверхностей отливок

Шероховатость поверхности	Значение шероховатости для степеней точности поверхности отливки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Среднее арифметическое отклонение профиля R_a , 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 R_z , 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 R_a , мкм, не более	25,0	32,0	40,0	50,0	63,0	80,0	100,0	–	–	–	–
Высота неровностей профиля R_z , мкм, не более	–	–	–	–	–	–	–	500	630	800	1000

По сложности конфигурации отливки подразделяют на шесть групп. Для отливок, изготавливаемых литьем в песчаные формы и под давлением, предусмотрено 6 групп сложности; литьем в кокиль, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, центробежным способом – 5 групп.

К 1 группе относятся отливки простой геометрической формы: плоские, круглые или полусферические; наружные поверхности – гладкие или плоские с наличием невысоких ребер, бобышек, фланцев, отверстий, выступов и углублений. Наружные поверхности изготавливают без стержней или съемных частей. Внутренние полости неглубокие; выполняются преимущественно "болваном" или простым стержнем; внутренняя поверхность гладкая, без выступов или углублений (рис. 3.1). Типовые детали – различные крышки, плиты, маховики без спиц, рукоятки, диски, балки, барашки, маховички для вентиля и др.

К 2 группе относятся отливки в виде сочетания простых геометрических тел, плоские, круглые или полусферические, открытой коробчатой формы. Наружные поверхности плоские и криволинейные с наличием ребер, буртов, кронштейнов, бобышек, фланцев с отверстиями и углублениями простой конфигурации. Отдельные части выпол-

няются с использованием стержней. Внутренние полости простые, большой протяженности или высокие. Типовые детали – колеса со спицами, колпаки, револьверные головки, подшипники, подпятники, фитинги, барабаны для мельниц, кронштейны и др. (рис. 3.2).

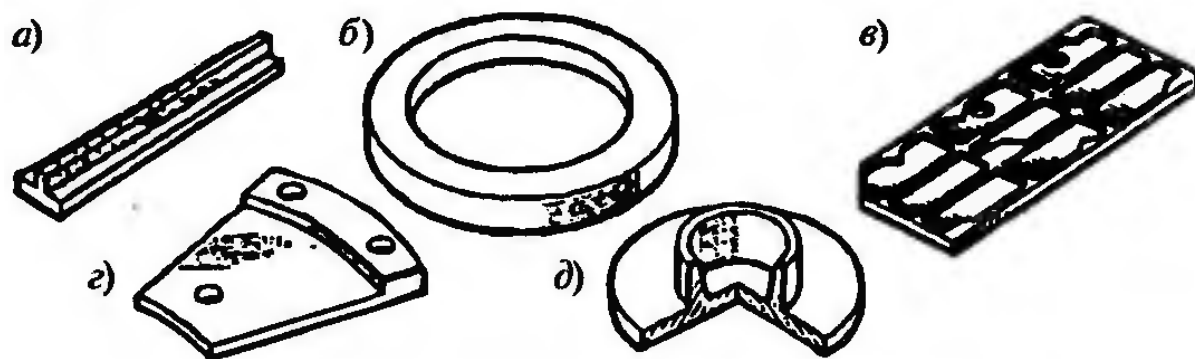


Рис. 3.1. Отливки 1-й группы сложности:
а – балка; б – бандаж; в – плита; г – груз; д – крышка

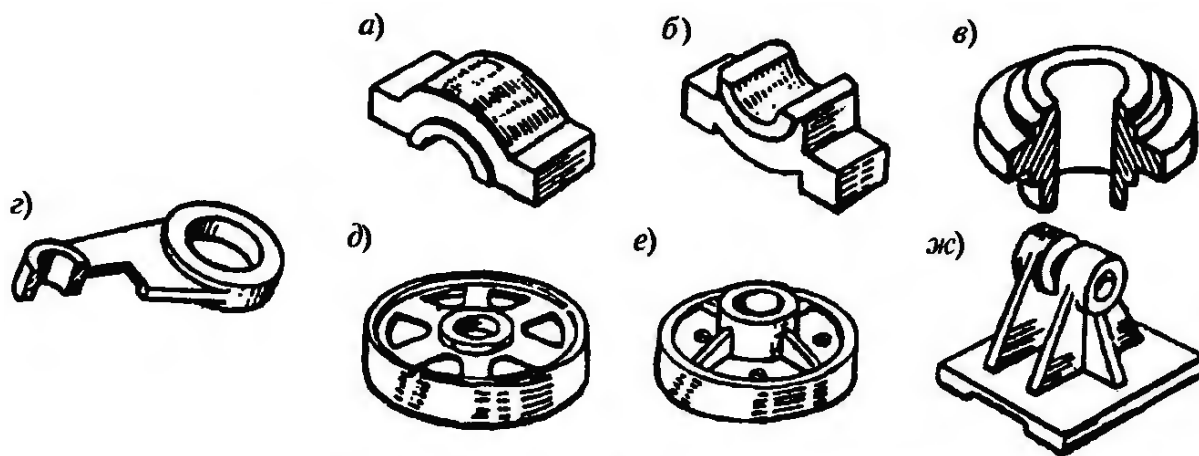
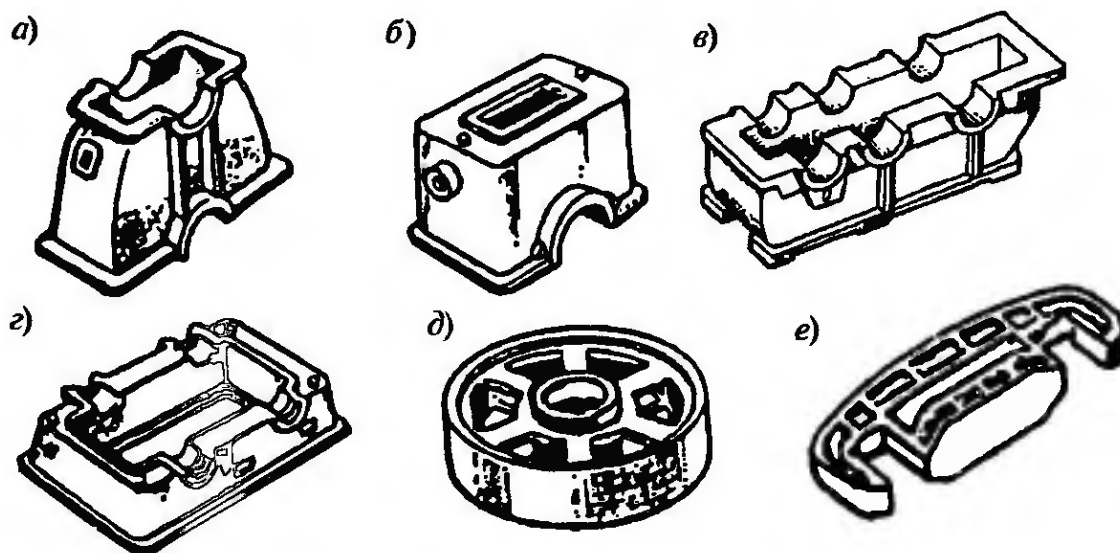


Рис. 3.2. Отливки 2-й группы сложности:
а – крышка подшипника; б – корпус подшипника; в – ступица; г – штанга;
д – колесо; е – ролик; ж – кронштейн

К 3 группе относятся отливки открытой коробчатой, сферической, полусферической, цилиндрической и другой формы. Наружные поверхности – криволинейные и плоские с наличием нависающих частей, ребер, кронштейнов, бобышек, фланцев с отверстиями и углублениями сравнительно сложной конфигурации. Часть отливки выполняют с использованием стержней. Внутренние полости отдельных соединений геометрических фигур большой протяженности или вы-

сокие с незначительными выступами или углублениями, расположенными в одном и двух ярусах со свободными широкими выходами полостей. Типовые детали – корпуса и крышки редукторов, задние бабки, железнодорожные буксы, шкивы диаметром свыше 1 м, зубчатые колеса с литыми нарезными зубьями диаметром до 3 м, люнеты, планшайбы, фигурные кронштейны, тройники и др. (рис. 3.3).



*Рис. 3.3. Отливки 3-й группы сложности:
а – корпус; б – крышка редуктора; в, з – основания;
д – зубчатое колесо; е – рама балансира*

К 4 группе относятся отливки закрытой и частично открытой коробчатой и цилиндрической формы. Наружные поверхности – криволинейные и плоские с примыкающими кронштейнами, фланцами, патрубками и другими конструктивными элементами различной конфигурации. Многие части поверхности или вся поверхность могут выполняться стержнями. Внутренние части имеют сложную конфигурацию со значительными выступами и углублениями и расположены в один – два яруса и имеют один – два свободных выхода (рис. 3.4). Типовые детали – станины, столы, салазки станков; корпуса передней бабки, статоры и полости гидротурбин, основания прессов, корпуса насосов и др.

К 5 группе относятся отливки закрытой коробчатой формы. Наружные поверхности – криволинейные, сложной конфигурации, с примыкающими и пересекающимися кронштейнами, фланцами, патрубками и другими конструктивными элементами. Для получения наружной поверхности могут применяться стержни. Внутренние по-

лости имеют сложную конфигурацию с криволинейными поверхностями, пересекающимися под различными углами, с выемками и выступами. Типовые детали – станины специальных металлорежущих и деревообрабатывающих станков, крыльчатки, камеры всасывания, литые коленчатые валы дизелей и др. (рис. 3.5).

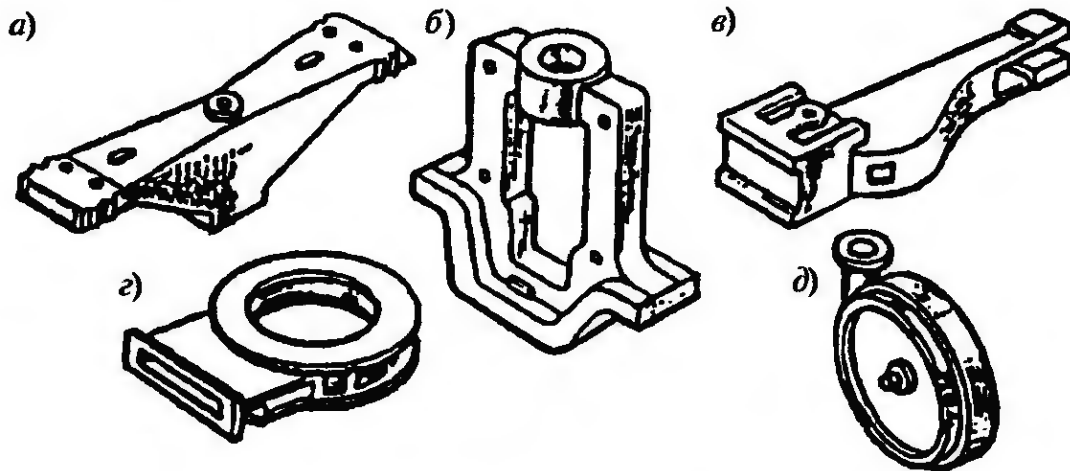


Рис. 3.4. Отливки 4-й группы сложности:
а – шкворневая балка; б – станина станка; в – ползун;
г – корпус шибера; д – улитка

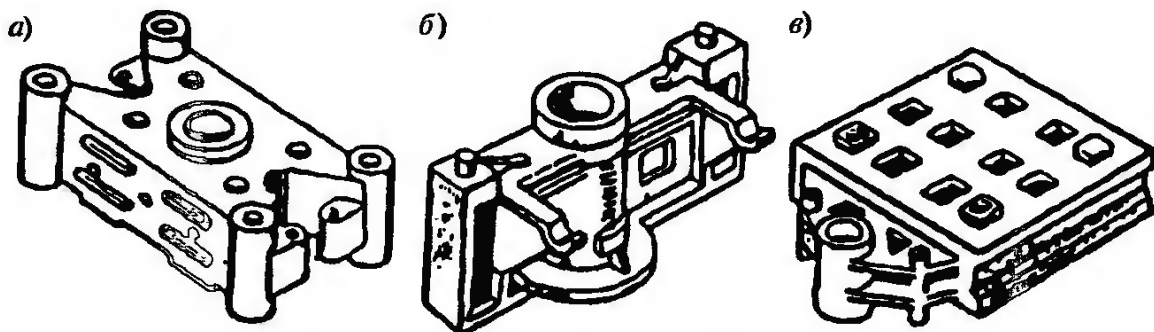


Рис. 3.5. Отливки 5-й группы сложности:
а, б – траверсы; в – станина

К 6 группе относятся отливки закрытой коробчатой, цилиндрической формы. Наружные поверхности образуются сопряжением прямолинейных и криволинейных поверхностей с переходами, тонкими ребрами и выступами. Внутренние полости особо сложной формы с наличием ленточных и кольцевых каналов, расположенных в два яруса и более. Типовые детали – гидравлические коробки нефтебуровых

установок; блоки автомобильных, тракторных и авиационных двигателей; спрямляющие аппараты, станины станков и др. (рис. 3.6).

Основные, наиболее распространенные, способы изготовления литых заготовок и область их применения представлены в табл. 3.3.

Тип производства оказывает большое влияние на выбор методов литья и технологию изготовления отливок, на характер применяемого оборудования и организацию труда в литейном цехе. Различают следующие основные типы литейного производства: единичное, серийное и массовое (табл. 3.4).

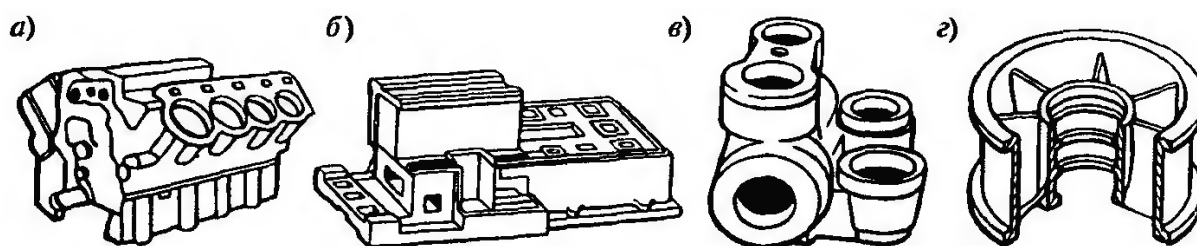


Рис. 3.6. Отливки 6-й группы сложности:
 а – блок цилиндров; б – станина; в – гидравлическая коробка;
 г – спрямляющий аппарат

Таблица 3.3. Наиболее распространенные способы изготовления литых заготовок

Способ изготовления заготовки	Примеры области применения отливок
Литье в песчано-глинистые формы	Станины, шаботы молотов, корпуса кузнечных машин, рукоятки, шестерни, рычаги, муфты, крышки, маховики
Литье в оболочковые формы	Фасонные отливки повышенной точности и чистоты поверхности
Литье по выплавляемым моделям	Лопатки газовых турбин, детали машин, приборов
Литье в кокиль	Поршни, корпуса, диски, коробки передач
Литье под высоким давлением	Детали приборов, блоки двигателей, отливки сложной конфигурации
Литье под низким давлением	Головки блока, поршни, гильзы
Центробежное литье	Отливки тел вращения
Непрерывное литье	Трубы, полосы

Таблица 3.4. Нормы определения серийности производства отливок из чугуна и стали

Распределение отливок по массе, кг	Годовой выпуск отливок одного наименования, шт.				
	единичное, не более	мелко-серийное	серийное	крупносерийное	массовое
До 20	300	300...3000	3000...35000	35000...200000	>200000
Свыше 20 до 100	150	150...2000	2000...15000	15000...100000	>100000
Свыше 100 до 500	75	75...1000	1000...6000	6000...40000	>40000
Свыше 500 до 1000	50	50...600	600...3000	3000...20000	>20000

Рассмотрим основные особенности при проектировании деталей и заготовок, получаемых литьем.

Следует избегать разъема форм по наклонным и ступенчатым плоскостям, осложняющего изготовление форм.

Для формовки рычага со смещенными плечами (рис. 3.7, а) требуется ступенчатый разъем. Формовка упрощается при расположении плеч в одной плоскости (рис. 3.7, б).

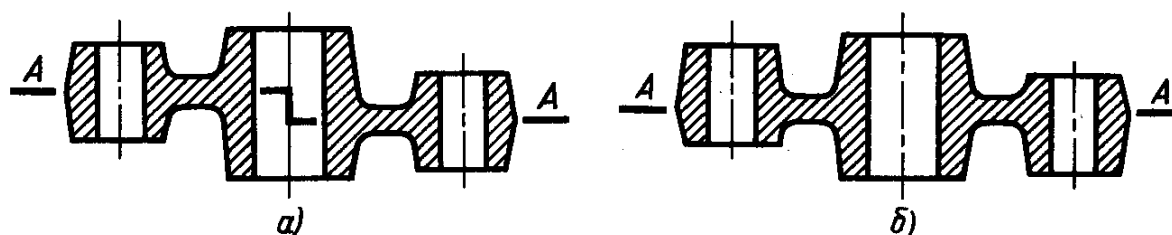


Рис. 3.7. Устранение ступенчатого разъема формы

Кромки отверстий под знаки, как правило, усиливают ребордами (обливками) для компенсации ослабления прочности стенок. В чугунных отливках реборды предупреждают отбел чугуна, вызываемый быстрым остыванием кромок отверстий.

Плоскости соединения знака со стержнем, а также перехода знака в гнездо формы целесообразно выполнять перпендикулярно к оси знака. На рис. 3.8 (вид а-б) показано неправильное, а на рис. 3.8, (вид в) правильное расположение отверстий в наклонных стенках.

Для облегчения выполнения знаков на стержне и во избежание ослабления стенок отливки при случайных смещениях знаков отверстия под знаки следует отдалять от ближайших стенок на расстояние $s = 3 \dots 5$ мм (рис. 3.8, в).

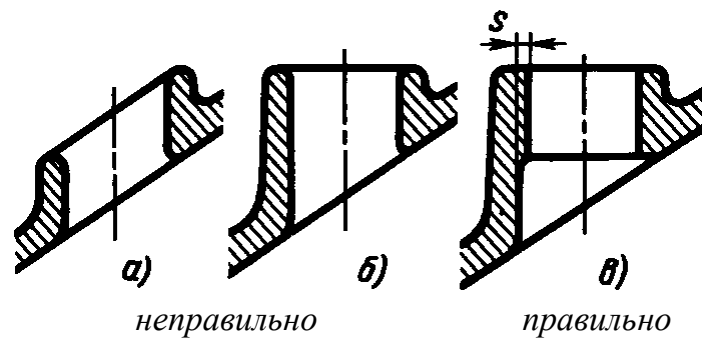


Рис. 3.8. Схема проектирования литейных отверстий

Для облегчения выемки модели из формы поверхностям, перпендикулярным к плоскости разреза, придают формовочные (литейные) уклоны.

В табл. 3.5 приведены стандартные уклоны в зависимости от высоты h поверхности над плоскостью разреза и соответствующее поперечное смещение крайних точек поверхности $h \operatorname{tg} \alpha$.

Таблица 3.5. Стандартные формовочные уклоны

Высота над поверхностью разреза h , мм	Угол наклона стенки α	Уклон ($\operatorname{tg} \alpha$)	$h \operatorname{tg} \alpha$, мм	Высота над поверхностью разреза h , мм	Угол наклона стенки α	Уклон ($\operatorname{tg} \alpha$)	$h \operatorname{tg} \alpha$, мм
до 20	3°	0,052	до 1	200...800	$30'$	0,010	2...8
20...50	$1^\circ 30'$	0,026	0,5...1,25	800...2000	$20'$	0,006	5...12
50...100	1°	0,0175	0,9...1,8	более 2000	$15'$	0,004	более 8
100...200	$45'$	0,013	1,3...2,6				

Величину стандартных уклонов на чертежах не проставляют, и детали вычерчивают без уклонов. Однако уклоны следует учитывать, особенно при конструировании деталей, имеющих большую высоту (в направлении, перпендикулярном к плоскости разреза).

В цилиндрической детали (рис. 3.9, а) фланец обтачивается до диаметра 560 мм, то есть на 10 мм больше диаметра черной (необработанной) поверхности $\varnothing 550$ мм. Такая конфигурация невыполнима, так как при стандартном уклоне (1 : 100) диаметр черной поверхности у основания цилиндра равен $550 + 2 \cdot 750 \cdot 0,01 = 565$ мм и инструмент врезается в стенку (рис. 3.9, б). Необходимо или увеличить диаметр обрабатываемой поверхности до 575 мм, что влечет за собой увеличение диаметра расположения болтов с 600 до 615 мм (рис. 3.9, в), или (если конфигурация фланца задана) уменьшить диаметр верхней части цилиндра до 535 мм (рис. 3.9, г).

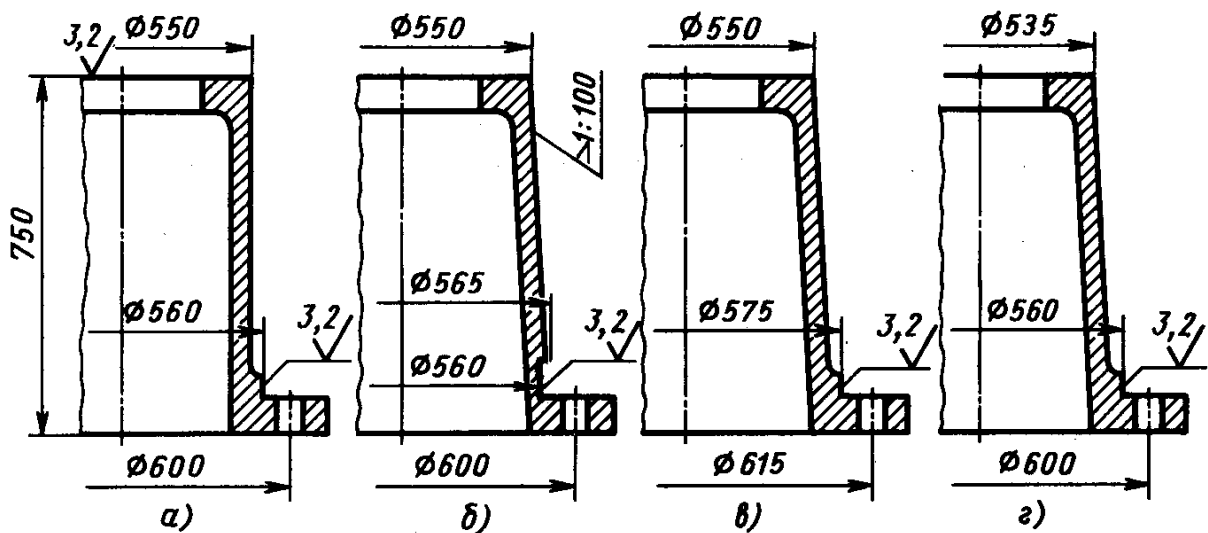


Рис. 3.9. Влияние литейных уклонов на конструкцию (пояснения см. в тексте)

На чертежах крупногабаритных отливок целесообразно указывать уклон или предпочтительнее предусматривать конструктивные уклоны, превышающие формовочные уклоны. Придерживаться стандартных конструктивных уклонов (рис. 3.10) необязательно.

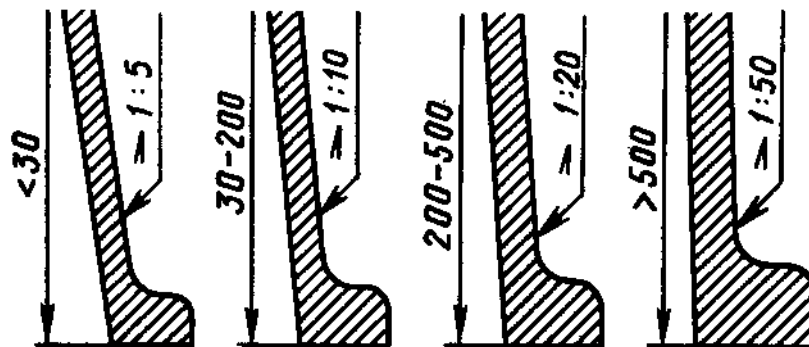


Рис. 3.10. Стандартные конструктивные уклоны

Форму детали следует определять исходя из условия максимальной прочности и жесткости, а также красивого внешнего вида, с учетом условий формовки, литья и механической обработки.

Примеры оформления литой детали в порядке возрастающей жесткости и улучшения условий литья показаны на рис. 3.11, а-в.

Для одновременного затвердевания толщину внутренних стенок рекомендуется делать равной примерно $0,8s$ (где s – толщина наружных стенок).

Переходы от стенки к стенке следует выполнять с галтелями. На рис. 3.12, а-г показаны типовые формы углового сопряжения стенок. При обычном сопряжении радиусами $R = (1,5...2,0)s$ описанными из

одного центра (рис. 3.12, а), возможно утонение стенки на участке перехода вследствие смещения стержня.

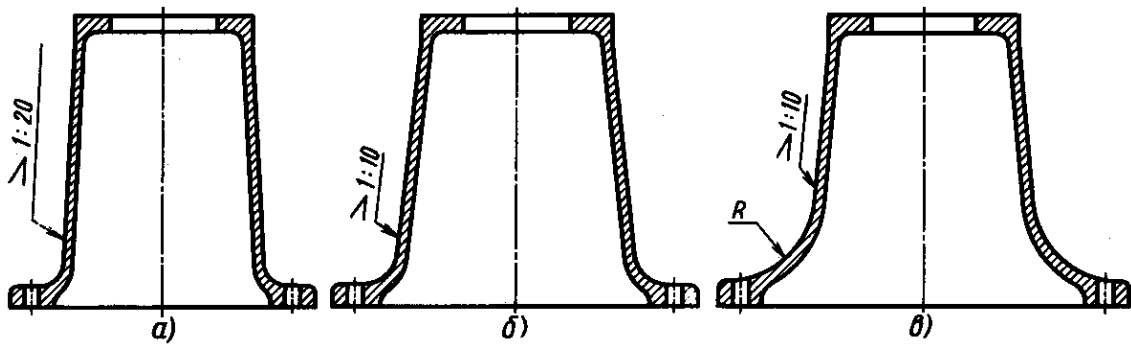


Рис. 3.11. Формы литых деталей

Лучше сопряжение радиусами, описанными из разных центров. Наружный радиус делают равным от 1 (рис. 3.12, б) до 0,7 (вид в) внутреннего радиуса. Для улучшения теплоотдачи, повышения жесткости и предупреждения усадочных трещин на сопряжениях малого радиуса полезно делать внутренние ребра (рис. 3.12, г).

Во всех случаях, когда позволяет конструкция, целесообразно применять максимальные радиусы переходов, допускаемые конфигурацией детали (рис. 3.12, д).

Стенки, сходящиеся под тупым углом (рис. 3.12, е), соединяют радиусами $R = (50 \dots 100)s$. Лучше в таких случаях применять криволинейные стенки, описанные одним большим радиусом (рис. 3.12, ж).

При определении минимальных радиусов сопряжения стенок различной толщины можно пользоваться приведенными выше соотношениями, заменив s средним арифметическим $s_0 = 0,5(S + s)$ толщин сопрягаемых стенок (рис. 3.12, з-и). При небольшой разнице можно принимать $s_0 = S$.

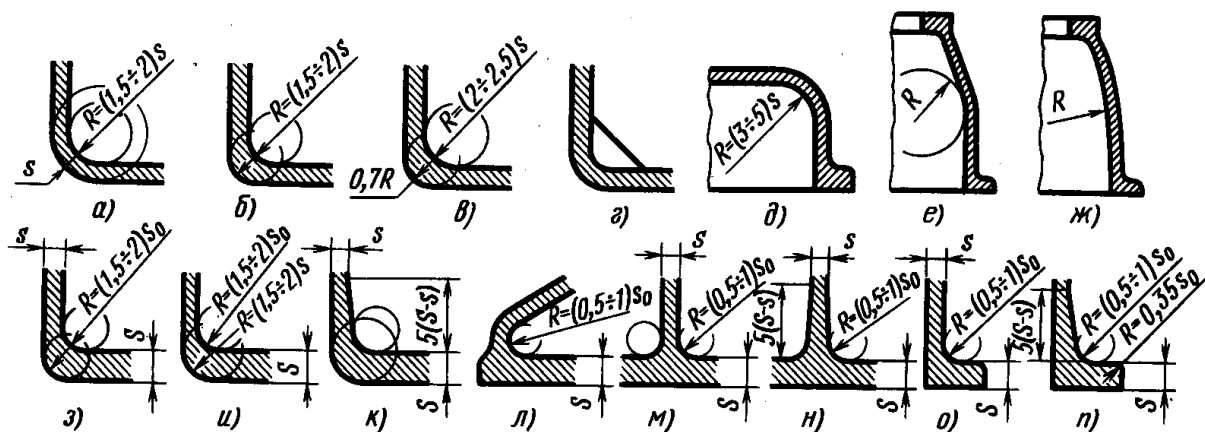


Рис. 3.12. Схема углового сопряжения стенок литых деталей

Стенки с большой разницей сечений целесообразно соединять клиновидным переходным участком $l \geq 5(S - s)$ (рис. 3.12, *к*).

Следует избегать соединения стенок под острым углом (рис. 3.12, *л*). Если это неизбежно, то радиус сопряжения принимают не менее $(0,5 \dots 1)s_0$.

На рис. 3.12, *м-н* показаны рекомендуемые соотношения для Т-образных сопряжений.

На рис. 3.12, *о-п* показаны рекомендуемые соотношения для сопряжений стенок с фланцами.

Стенки различной толщины (рис. 3.13, *а*) следует соединять клиновидными переходами с уклоном от 1 : 5 до 1 : 10 (рис. 3.13, *б-в*). Целесообразно усиливать участок перехода ребрами (рис. 3.13, *з*).

На рис. 3.13, *д-р* показаны формы сопряжения стенок с бобышками. В профильной проекции бобышки соединяют со стенками радиусами $R = 2s$ (виды *д, и*) или уклонами от 1 : 1 до 1 : 5 (виды *е, ж, к, л*) с усилением ребрами (виды *з, м*). В плановой проекции сопряжения выполняются радиусами $R = (3 \dots 5)s$ (виды *н-р*).

Найденные из приведенных ориентировочных соотношений радиусы округляются до ближайших стандартных размеров ($R = 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15, 25, 30, 40$ мм). Так как небольшое изменение радиусов сопряжений мало влияет на качество отливки, то рекомендуется унифицировать радиусы.

Преобладающий радиус переходов на чертеже детали обычно не проставляют, указывая его на поле чертежа (в технических требованиях) надписью, например:

Неуказанные радиусы 6 мм.

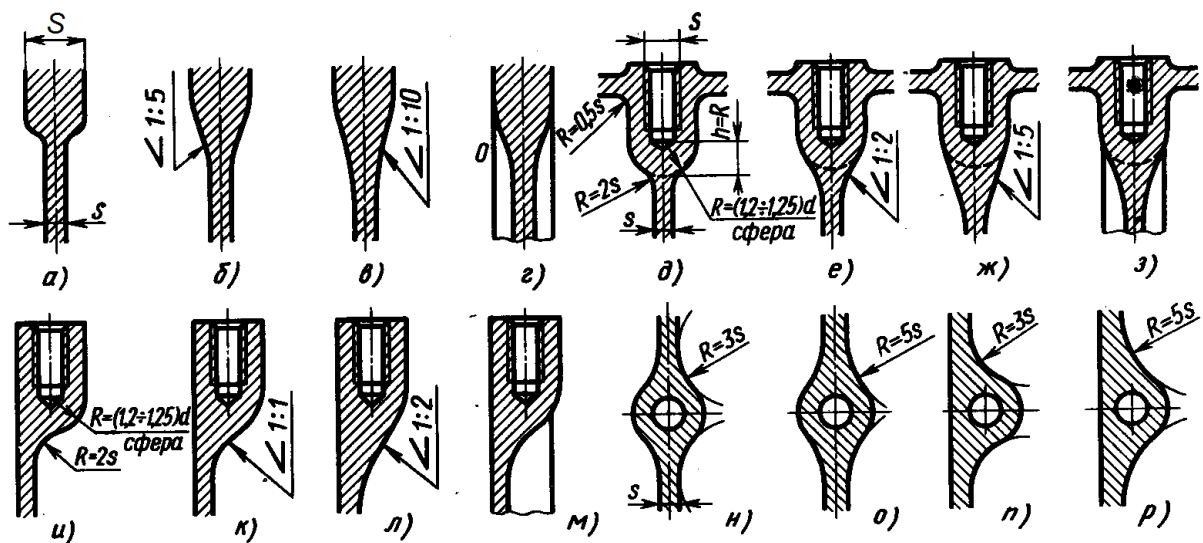


Рис. 3.13. Схема сопряжения участков отливки различной толщины

Для закругленных внешних углов преобладающий радиус указывают надписью, например:

Неуказанные наружные галтели R3.

Внешние обводы литых деталей рекомендуется снабжать рантами (рис. 3.14, *а-б*) с целью увеличения жесткости, повышения равномерности застывания и (у чугунных отливок) предотвращения отбела чугуна.

У стыкуемых по торцам деталей (рис. 3.14, *в*) ранта способствует равномерному распределению сил затяжки. При наличии рантов легче зачистить неровности и уступы, образующиеся на стыках вследствие неточности литья, и добиться совпадения наружных контуров стыков.

Как правило, следует снабжать окантовками облегчающие и технологические отверстия в стенках (рис. 3.14, *г-д*) для повышения прочности и улучшения условий охлаждения отливки.

Ориентировочные размеры рантов приведены на рис. 3.14, *а, г*.

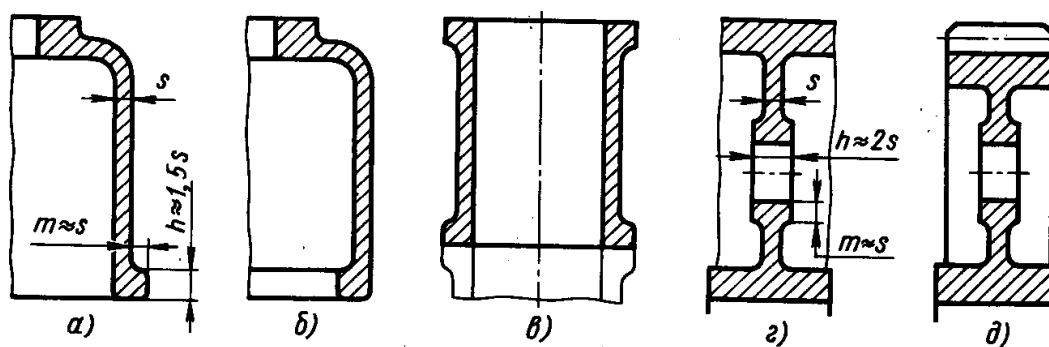


Рис. 3.14. Схема окантовки кромок литых деталей

Толщину фланцев, обрабатываемых с одной стороны, делают в среднем равной $(1,5...1,8)s$ (рис. 3.15, *а*); толщину фланцев, обрабатываемых с двух сторон, — $(1,8...2)s$ (рис. 3.15, *б*), где s — толщина прилегающей стенки.

Для повышения прочности и жесткости фланцы соединяют со стенками ребрами (рис. 3.15, *в*) или придают фланцам коробчатые формы.

При проектировании отверстий следует избегать выполнения в отливках отверстий малого диаметра и большой длины.

Для ориентировочного определения минимального диаметра отверстий можно пользоваться формулой

$$d = d_0 + 0,1l ,$$

где l – длина отверстия, мм (рис. 3.16). Для алюминиевых сплавов и бронз $d_0 = 5$, для чугунов $d_0 = 7$, для сталей $d_0 = 10$ мм. Отверстия меньшего диаметра следует сверлить. Длинные отверстия (типа масляных каналов) лучше выполнять сверлением, заливкой трубок или заменять их трубчатыми съемными магистралями.

Конфигурация литых масляных каналов и маслосодержащих полостей должна допускать полную очистку поверхностей от литейного пригара, песка и прочих засорений. После тщательной зачистки поверхности необходимо покрывать маслом и температуростойкими составами (бакелитом, силиконовыми эмалями).

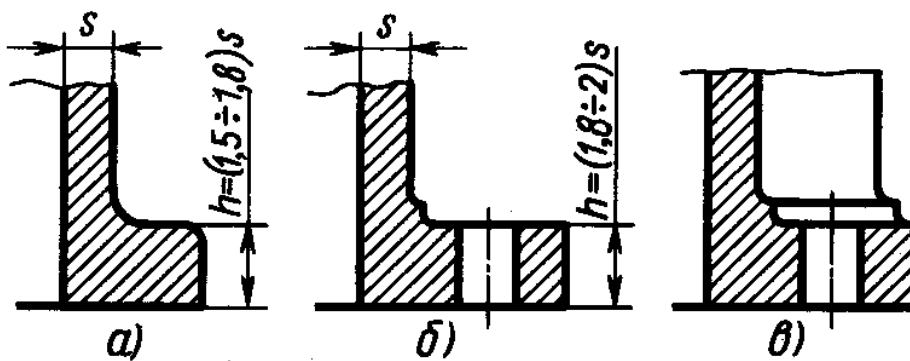


Рис. 3.15. Схема проектирования фланцев

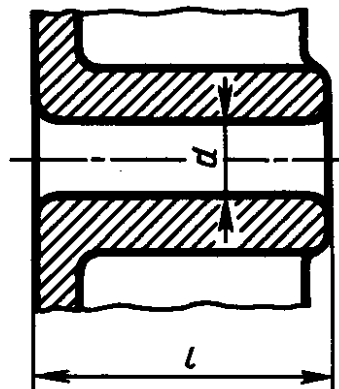


Рис. 3.16. Схема определения диаметра литых отверстий

Для увеличения жесткости и прочности литых деталей и как средство улучшения отливки применяют ребрение. Целесообразное расположение ребер позволяет улучшить питание элементов отливок и предупредить возникновение усадочных раковин и внутренних напряжений.

На рис. 3.17 показаны формы ребер. Ребра, расположенные в плоскости, перпендикулярной к направлению разъема формы, следует выполнять с литейным уклоном.

Основным размером ребра является толщина s у верхушки (рис. 3.17, а). Для ребер высотой 20...80 мм существующие нормы уклонов (см. табл. 3.5) дают практически одинаковое, почти независимое от высоты утолщение ребра к основанию на 2...3 мм (на обе стороны ребра).

У верхушки ребер обязательны галтели радиусом не менее 1 мм.

Верхушки ребер толщиной менее 6...8 мм закругляют радиусом $R = 0,5s$ (рис. 3.17, б). Основание ребер соединяют со стенкой галтелями радиусом $R \approx 0,5s$.

На практике ребра делают высотой $h = (3...6)S$, где S – толщина стенки. Более низкие ребра ослабляют деталь, не увеличивая существенно ее жесткости, более высокие – плохо отливаются.

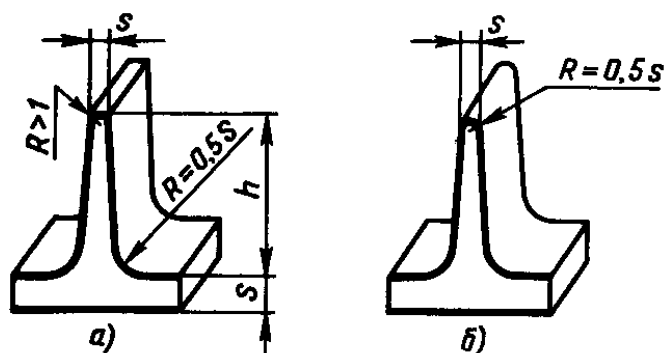


Рис. 3.17. Схема проектирования ребер жесткости литых деталей

Основные этапы проектирования технологии изготовления отливок:

- анализ чертежа детали на соответствие требованиям литейной технологии;
- выбор способа формовки;
- разработка чертежа элементов литейной формы;
- разработка чертежа отливки;
- разработка технологического маршрута изготовления отливки и составление технологической карты;
- разработка чертежа (эскиза) литейной формы;
- разработка чертежей приспособлений, входящих в состав модельного комплекта;
- определение стоимости отливки.

Выбор положения отливки в форме и места разъема модели и формы. Положение отливки в форме зависит от требований, которые предъявляются к отливке по плотности металла и шероховатости поверхностей. В нижней части формы металл получается более плотным и без посторонних включений, в то время как в верхней части могут концентрироваться шлаковые и газовые раковины, пористость и другие дефекты. Поэтому рекомендуется располагать в нижней части формы наиболее ответственные поверхности отливок, подвергающихся в дальнейшем механической обработке.

Отливки – тела вращения, у которых обрабатываются и наружные, и внутренние поверхности, желательно заливать в вертикальном положении, при котором посторонние включения поднимаются вверх и могут быть легко удалены. Не следует располагать вверху большие горизонтальные поверхности, так как здесь могут возникать различные литейные дефекты, скапливаться шлак. Если отливки склонны к образованию усадочных раковин, используют принцип направленного затвердевания – наиболее массивные части отливки располагают вверху с питанием их за счет прибылей.

Разъем модели и формы показывают отрезком или ломаной штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком X– X, над которой указывается буквенное обозначение разъема – МФ. Направление разъема показывают сплошной основной линией, перпендикулярной к линии разъема, ограниченной стрелками и буквами В и Н (рис. 3.18). При применении неразъемных моделей указывают лишь разъем формы.

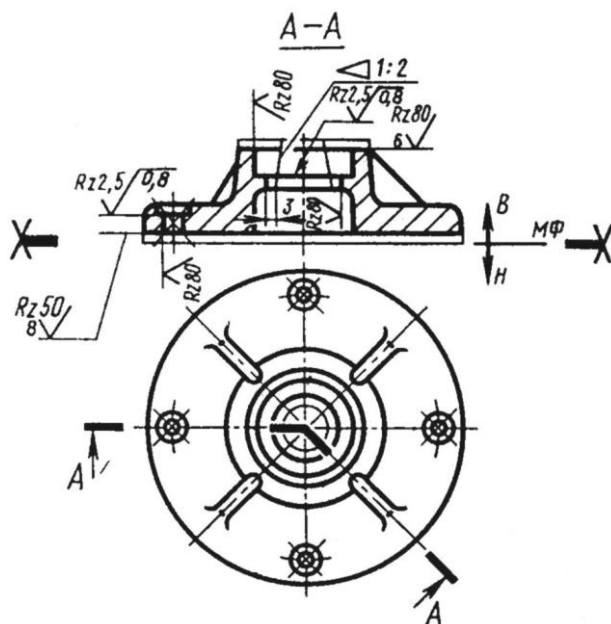


Рис. 3.18. Положение отливки в форме

Пример выполнения

Спроектировать литую заготовку корпуса, рабочий чертеж которого представлен на рис. 3.19. Материал – сталь 30Л ГОСТ 977-88, масса – 2,18 кг. Термообработка – отжиг и нормализация с высоким отпускком. Производство мелкосерийное – годовой выпуск отливок 1000 шт./год. Определить коэффициент использования металла.

Анализ чертежа детали на соответствие требованиям литейной технологии. Исходя из задания, необходимо изготовить стальную отливку средней сложности, группа сложности вторая (см. рис. 3.2). В условиях мелкосерийного типа производства наиболее экономичным способом изготовления является литье в разовые песчаные формы. Способ формовки – машинная формовка по разъемной модели в двух опоках с уровнем уплотнения до твердости формы не ниже 70 единиц.

Анализ технических требований и технологичности конструкции детали показывает, что она является симметричным телом вращения; наружные поверхности диаметром $D = 100$ мм, $D_1 = 75$ мм, переходный конус под углом 45° и нижний торец детали не подлежат механической обработке; наиболее точная поверхность диаметром $d = 56$ мм (база А) выполнена по 9 качеству точности, верхний торец корпуса связан с базой А допуском торцового биения, поверхность внутреннего отверстия $(d + a) = 61$ мм связана с базой А допуском соосности, неуказанные предельные отклонения размеров выполнены по 14 качеству.

Минимальная толщина стенок 7...8 мм может быть получена выбранным способом литья. Восемь отверстий М10 не имеет смысла получать литьем, они являются напуском.

Сталь 30Л имеет низкую жидкотекучесть и большую объемную усадку (до 2 %), склонна к образованию горячих трещин. Поэтому целесообразно всю отливку расположить в нижней полуформе вертикально, совместив плоскость разъёма формы с её верхним торцом; подводить металл к отливке следует сверху, способствуя её направленному затвердеванию и питанию.

На массивных верхних частях отливки для питания расплавом необходимо предусмотреть прибыль.

Стержнем в отливке будут получены две внутренние цилиндрические поверхности под последующее растачивание в размеры $\varnothing 56H9$ и $\varnothing 51H10$.

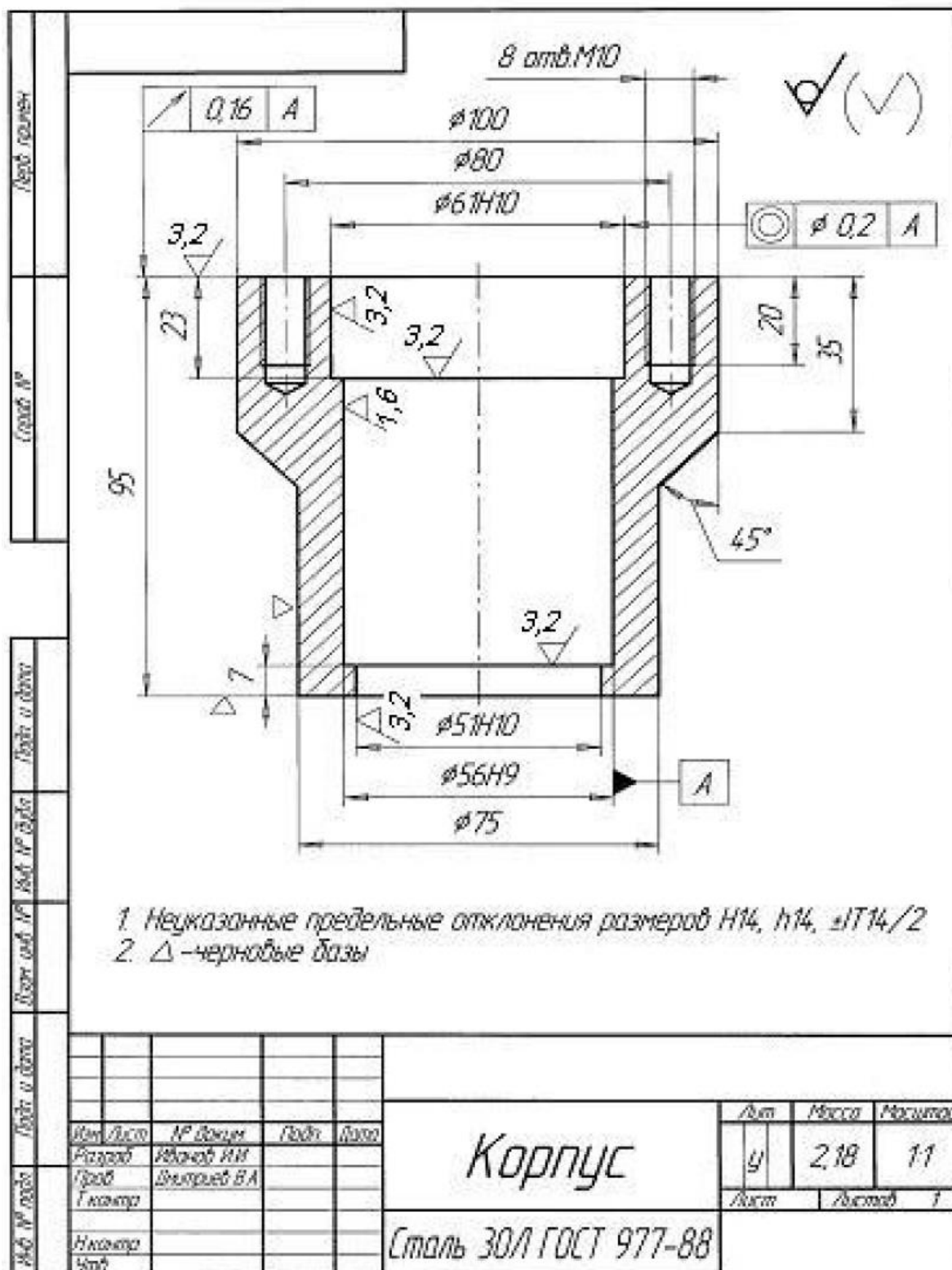


Рис. 3.19. Чертеж детали

Получить стержнем внутреннюю цилиндрическую поверхность глубиной 23 мм под последующее растачивание в размер $\varnothing 61H10$ не представляется возможным, так как на этом участке уменьшается

толщина стенки и затрудняется питание более массивной части отливки, расположенной ниже, что может вызвать образование усадочной раковины.

В качестве черновых баз механической обработки целесообразно принять нижний торец корпуса и цилиндрическую поверхность диаметром $D_1 = 75$ мм, реализуя, таким образом, явную установочную базу по торцу и двойную опорную скрытую базу по цилиндру.

Назначение норм точности отливки. Принимая во внимание следующие данные: средняя сложность отливки, мелкосерийное механизированное производство, материал отливки – сталь термообрабатываемая с наибольшим габаритным размером, лежащим в интервале 100...250 мм, по Приложению 1 выбираем диапазон классов размерной точности – 9...13, а с учетом примечания п. 1 окончательно принимаем 11-й класс размерной точности отливки.

По Приложению 2 определяем диапазон степени точности поверхностей отливки – 12...19, и с учетом примечания окончательно выбираем 15-ю степень точности поверхностей.

По табл. 3.2 определяем значение шероховатости поверхностей отливки. Для 15-й степени точности шероховатость поверхностей проектируемой отливки – $Ra = 50$ мкм. Допуск неровностей для 15-й степени точности составляет 1,2 мкм (табл. 3.6), тогда поля допусков ($\pm 0,6$ мкм).

По Приложению 3 для 15-й степени точности поверхностей отливки, расположенных при заливке снизу или вертикально, принимаем 8-й ряд припусков (примечание п. 1), а для поверхностей, расположенных при заливке сверху, принимаем 10-й ряд припусков (примечание п. 2). Полученные ряды припусков занесем в табл. 3.7.

Таблица 3.6. Допуск неровностей поверхностей отливок

Допуск неровностей поверхностей отливки (мкм, не более) для степеней точности поверхности отливки										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,05	0,05	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50
Допуск неровностей поверхностей отливки (мкм, не более) для степеней точности поверхности отливки										
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4

Допуски элементов отливки при разработке чертежа устанавливаются согласно ГОСТ Р 53464-2009:

– допуски размеров элементов отливки, образованных двумя полуформами или полуформой и стержнем, следует устанавливать соответствующими классу размерной точности отливки;

– допуски размеров, образованных одной частью литейной формы или одним стержнем, следует устанавливать на 1, 2 класса точнее;

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

Элемент отливки L – высота корпуса ($L = 95$ мм) – образован двумя полуформами, и размер L перпендикулярен к плоскости разреза формы. Следовательно, величина допуска размера L в соответствии с принятым 11 классом размерной точности отливки по Приложению 4 равна $T_L = 4,4$ мм. Элемент L расположен в одной части формы, подвергается механообработке, поэтому поле допуска устанавливается симметричным: $\pm 0,5T_L = \pm 2,2$ мм.

Элемент отливки l – буртик ($l = 7$ мм) образован стержнем. Следовательно, допуск размера l на 1, 2 класса точнее класса точности размеров отливки, поэтому принимаем 10-й класс. Тогда по Приложению 4 величина допуска для размера l равна $T_l = 1,6$ мм. Элемент l образован одним стержнем и подвергается механообработке, поэтому поле допуска устанавливается симметричным: $\pm 0,5T_l = \pm 0,8$ мм.

Элементы отливки D и D_1 – наружные цилиндрические поверхности ($D = 100$ мм, $D_1 = 75$ мм). Каждый элемент образован одной частью литейной формы. Следовательно, допуски размеров D и D_1 на 1, 2 класса точнее класса точности размеров отливки, поэтому принимаем 10-й класс. По Приложению 4 величины допусков для размеров D и D_1 равны $T_D = T_{D_1} = 2,8$ мм. Каждый элемент расположен в одной части формы, не подвергается обработке, охватываемый. Поэтому поле допуска установите односторонним «в минус»: $T_D = T_{D_1} = -2,8$ мм.

Элементы отливки d и $(d - b)$ – внутренние цилиндрические поверхности ($d = 56$ мм; $(d - b) = 51$ мм), каждый элемент образован одним стержнем. Следовательно, допуски размеров на 1, 2 класса точнее класса размерной точности отливки, принимаем по 10-й класс. По Приложению 4 величины допусков размеров d и $(d - b)$ равны 2,4 мм (попадают в один интервал размеров). Все элементы подвергаются обработке, поэтому поле допуска установите симметричным: $\pm 1,2$ мм.

Полученные поля допусков основных элементов отливки занесем в табл. 3.7.

Допуск размеров детали определим по отклонениям указанным на чертеже (рис. 3.19) и по Приложению 5. Полученные допуски размеров основных элементов детали занесем в табл. 3.7.

Вид окончательной механической обработки поверхностей детали зависит от соответствующих отношений допусков размеров детали и отливки $T_d/T_{отл}$ и может быть установлен по Приложению 6.

Выбранный вид *наиболее точной* механической обработки каждой поверхности отливки (табл. 3.7) будет учитываться при выборе величины припуска на обработку.

По Приложению 7 определим общий припуск $Z_{общ}$ на сторону на каждую обрабатываемую поверхность. Входными параметрами при этом являются общий допуск элемента поверхности отливки $T_{отл}$, ряд припуска и вид механической обработки.

Общий припуск по ГОСТ Р 53464-2009 является наибольшим суммарным предельным на все переходы обработки: черновую, получистовую, чистовую и тонкую. Следовательно, припуск, соответствующий, например, чистовой обработке, включает припуск на три перехода: черновую, получистовую и собственно чистовую обработку.

Для односторонней обработки заготовок в приспособлениях определение номинальных размеров (для элементов отливки L и l , табл. 3.7) производят по формулам:

$$L = N + Z_{общ} = 95 + 5,8 = 100,8 \text{ мм} ,$$

$$l = N + Z_{общ} = 7 + 2,1 = 9,1 \text{ мм} ,$$

где N – размер по чертежу.

При обработке отливок типа тел вращения, а также противоположных поверхностей, используемых в качестве взаимных баз при их обработке, номинальные размеры отливки с учетом найденных значений припусков рассчитываются по одному из следующих вариантов:

– для симметричных наружных поверхностей при двухсторонней обработке

$$D = N + 2Z_{общ} ;$$

– для симметричных внутренних поверхностей при двухсторонней обработке

$$d = N - 2Z_{общ} .$$

Тогда номинальные размеры для элементов отливки d и $(d - b)$ будут, соответственно, $\varnothing 49,8$ и $\varnothing 45,4$ мм (табл. 3.7).

Таблица 3.7. Определение допусков, припусков и размеров отливки

	Элементы отливки						
	D	D_1	d	$(d - b)$	L	l	L_2
Размер по чертежу N , мм	Ø100	Ø75	Ø56H9	Ø51H10	95h14	7h14	$L - 35 = 60^*$
Класс размерной точности	10	10	10	10	11	10	11
Допуск размера отливки $T_{\text{отл}}$, мм	2,8	2,8	2,4	2,4	4,4	1,6	4,0
Допуск размера детали $T_{\text{д}}$, мм	–	–	0,074	0,12	0,435	0,36	–
Определение вида мехобработки: – отношение $T_{\text{д}}/T_{\text{отл}}$ – вид мехобработки (Приложение 6)	без обработки	без обработки	0,03 чистовая	0,05 чистовая	0,1 полу- чистовая	0,225 черновая	без обработки
Ряд припусков	–	–	8	8	10	8	–
Общий припуск $Z_{\text{общ}}$, мм	–	–	3,1	2,8	5,8	2,1	–
Размер отливки, мм	Ø100	Ø75	Ø49,8	Ø45,4	100,8	9,1	60
Поле допуска размера, мм	–2,8	–2,8	±1,2	±1,2	±2,2	±0,8	±2,0

Примечание: * – размер, который удобно контролировать

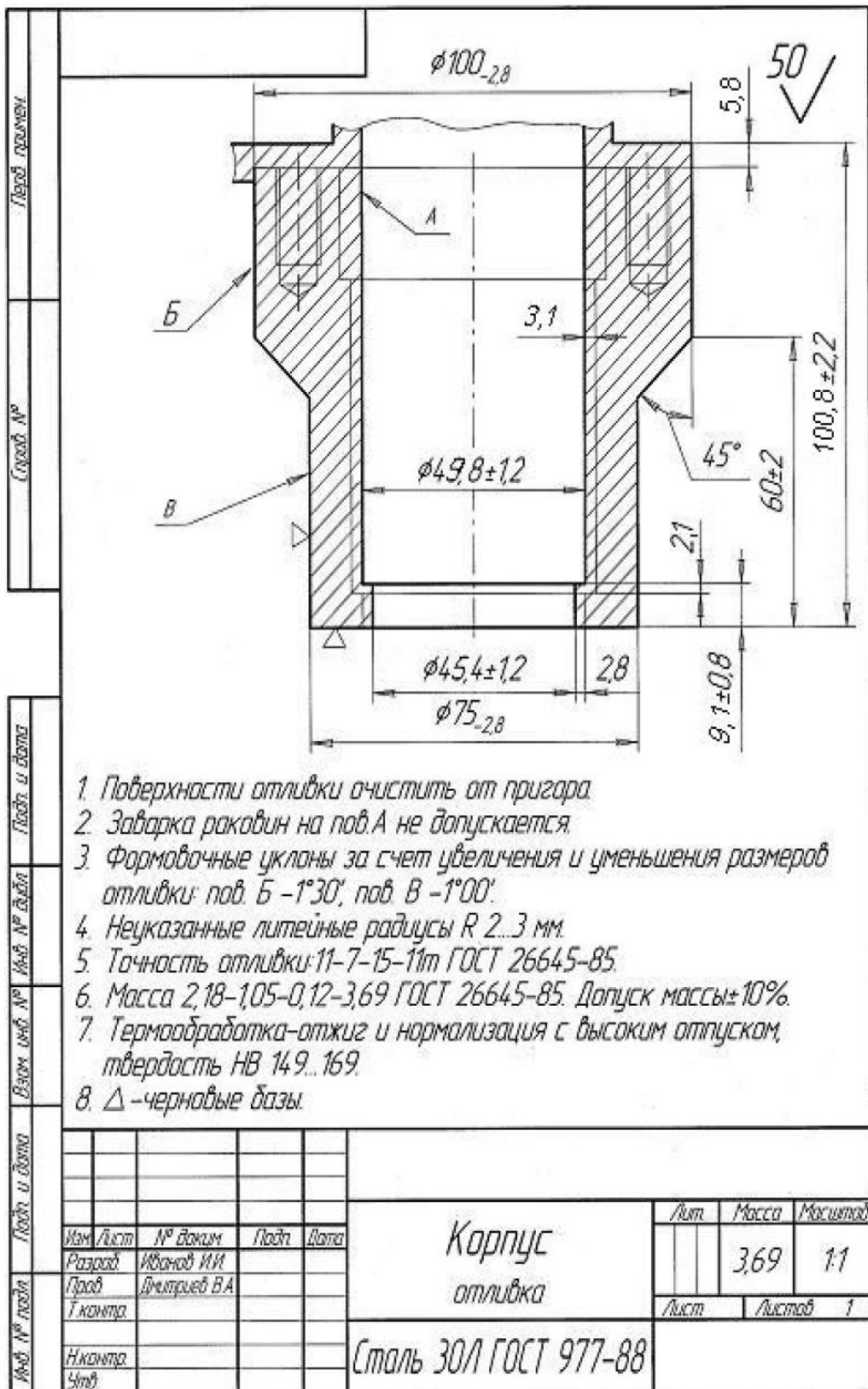


Рис. 3.20. Чертеж отливки

С учетом данных табл. 3.7 возможный вариант рабочего чертежа отливки представлен на рис. 3.20.

Номинальную массу отливки вычислим на основе построения 3D-модели и определения массо-центровочных характеристик (МЦХ) в САПР «КОМПАС». Для заданной отливки получена масса 3,69 кг (рис. 3.20).

Для определения коэффициент использования металла необходимо определить норму расхода материала M_H , она будет складываться:

$$M_H = M_{\text{отл}} + M_{\text{приб}} + M_{\text{лпс}} ,$$

где $M_{\text{отл}}$ – масса отливки; $M_{\text{приб}}$ – масса прибыли; $M_{\text{лпс}}$ – масса литниково-питающей системы.

Масса расплава в прибыли должна составлять 0,8...1,5 массы питаемого ею узла. Тогда примем

$$M_{\text{приб}} = 0,8M_{\text{отл}} = 0,8 \cdot 3,69 = 2,95 \text{ кг.}$$

Технологические потери материала на литниковую систему примем 10 %, тогда

$$M_{\text{лпс}} = 0,1M_{\text{отл}} = 0,1 \cdot 3,69 = 0,37 \text{ кг.}$$

Тогда норма расхода материала на единицу продукции:

$$M_H = M_{\text{отл}} + M_{\text{приб}} + M_{\text{лпс}} = 3,69 + 2,95 + 0,37 = 7,01 \text{ кг.}$$

Определим коэффициент использования материала

$$\text{КИМ} = \frac{M_d}{M_H} = \frac{2,18}{7,01} = 0,31.$$

Порядок выполнения работы

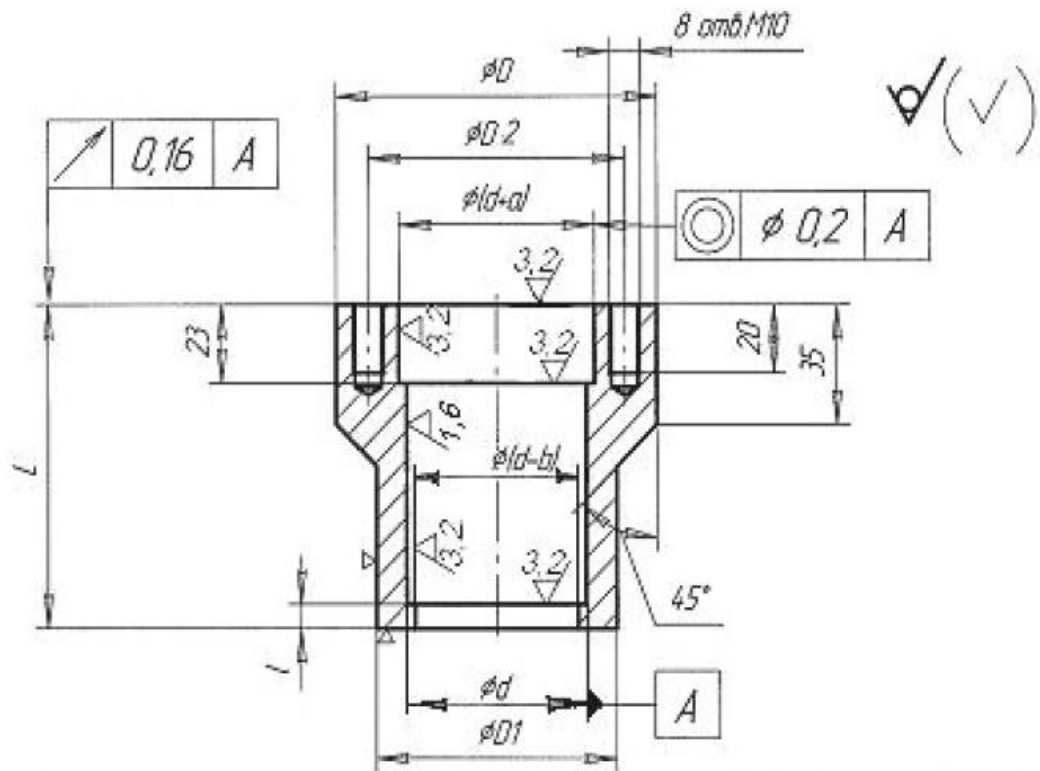
1. По заданию (табл. 3.8) спроектировать литую заготовку корпуса, рабочий чертеж которого представлен на рис. 3.21.

2. Построить в КОМПАС-3D чертеж детали, выполненный в соответствии с вариантом задания.

3. Построить в КОМПАС-3D чертеж спроектированной отливки и определить МЦХ по 3D-модели. Определить коэффициент использования металла.

4* (повышенной трудности). По заданию преподавателя спроектировать литую заготовку детали, рабочий чертеж которой представлен на рис. 3.22-3.26. Построить в КОМПАС-3D чертеж заданной детали и определить МЦХ по 3D-модели. Построить в КОМПАС-3D чертеж спроектированной отливки и определить МЦХ по 3D-модели.

5. Подготовиться к отчету.



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: Н14, h14, ± IT14/2.
2. Δ – черновые базы.
3. Термообработка: (назначать в соответствии с маркой материала отливки).

Рис. 3.21. Схема детали для самостоятельной работы

Таблица 3.8. Варианты заданий

№ варианта	Размеры детали, мм								Материал детали	Масса, кг
	D	D_1	d	$d+a$	$d-b$	D_2	L	l		
1	100	80	60H9	70H10	50H10	85	110	11	Сталь 20Л	2,54
2	95	75	55H7	65H9	45H10	80	105	10,5	Сталь 25Л	2,29
3	96	76	56H8	66H10	46H10	81	106	10,6	СЧ 30	2,18
4	90	70	50H7	60H9	40H10	75	100	10	Сталь 30Л	2,03
5	105	85	65H9	75H10	55H10	90	115	11,5	ВЧ 35	2,59
6	94	74	54H8	64H10	44H10	79	104	10,4	Сталь 20Л	2,23
7	106	86	66H9	76H10	56H10	91	116	11,6	Сплав АК7	0,97
8	102	82	62H7	72H9	52H10	87	112	11,2	СЧ 18	2,44
9	100	80	60H7	70H9	50H10	85	110	11	Бр05Ц5С5	2,86
10	96	76	56H7	66H9	46H10	81	106	10,6	ЛС58-2	2,51
11	104	84	64H7	74H9	54H10	89	114	11,4	КЧ30-6	2,40
12	110	90	70H7	80H9	60H10	95	120	12	Сплав АМг6	1,05

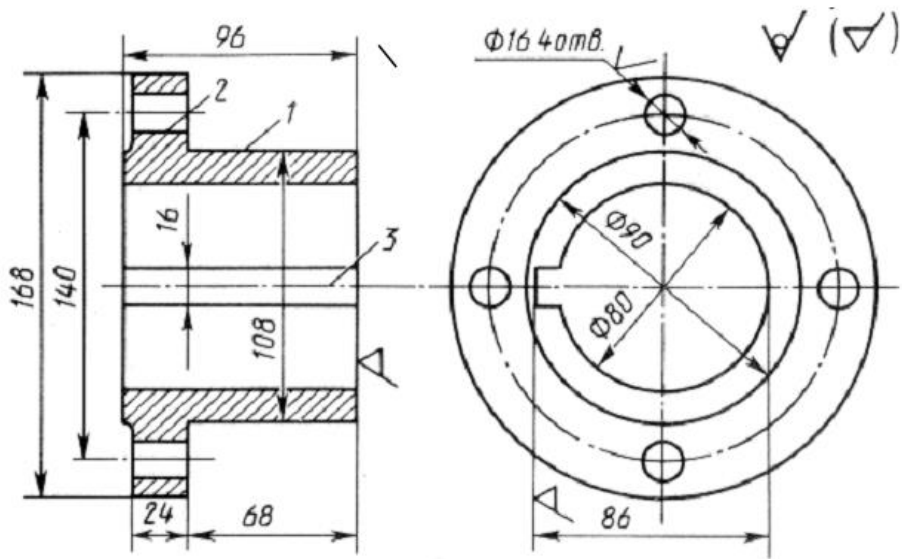


Рис. 3.22. Полумуфта (материал – сталь 30Л)

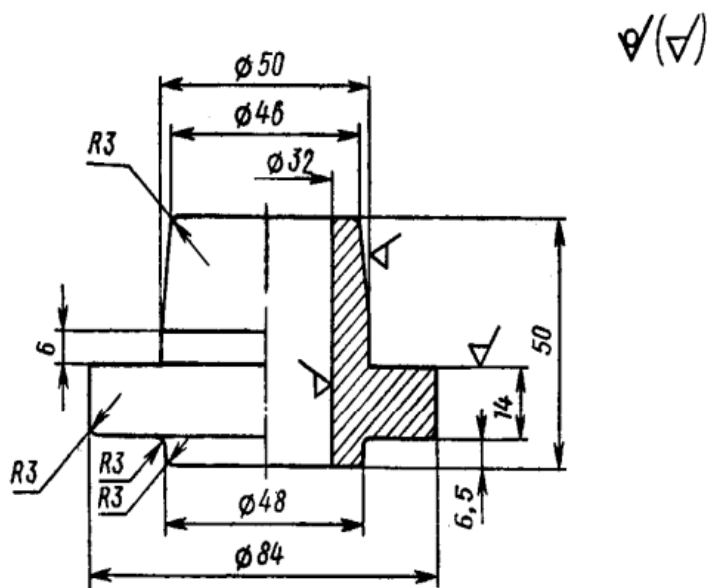


Рис. 3.23. Втулка (материал – бронза Бр05Ц5С5)

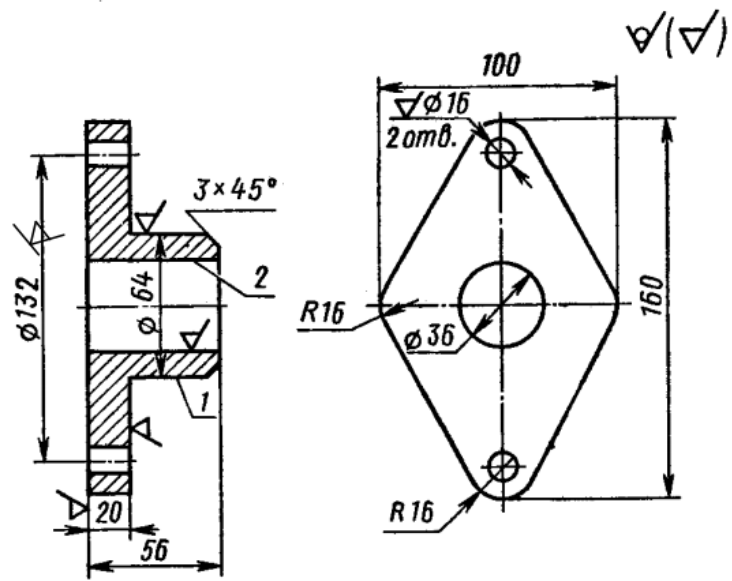


Рис. 3.24. Фланец (материал – чугун КЧ 30-6)

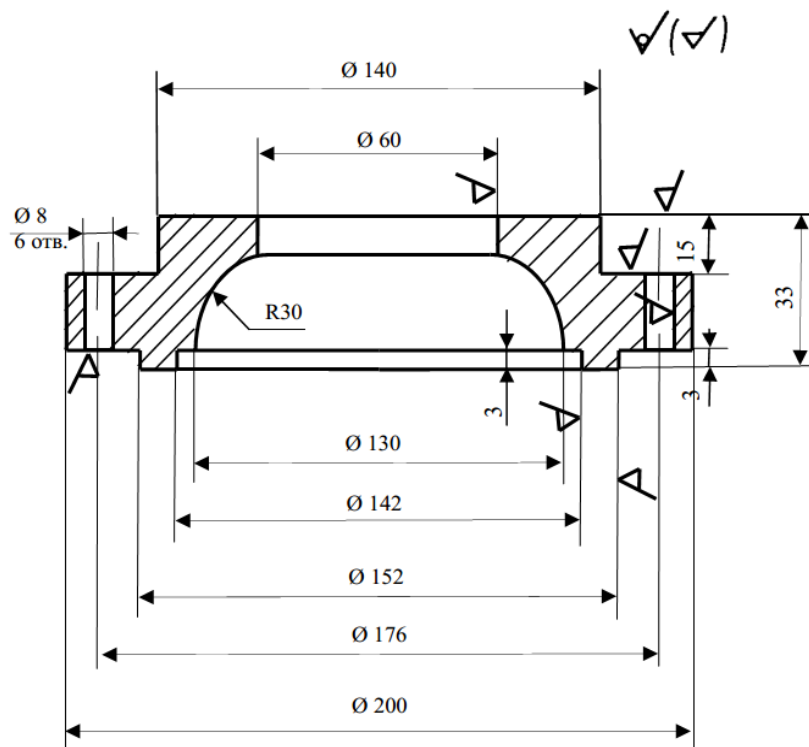


Рис. 3.25. Крышка (материал – чугун СЧ 18)

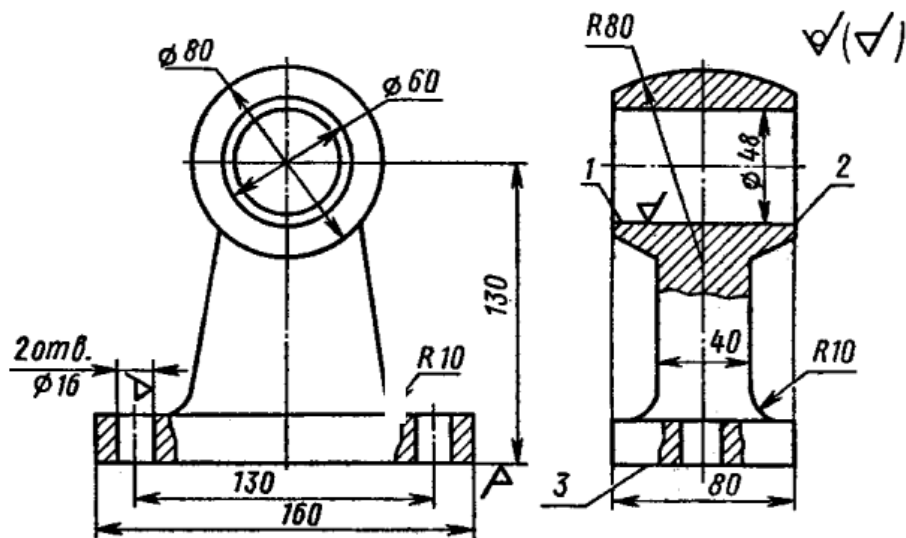


Рис. 3.26. Корпус (материал – чугун ВЧ 60)

Контрольные вопросы

1. Как выбирается положение отливки в форме?
2. Что включает в себя понятие «нормы точности отливки»?
3. От чего зависят и как назначаются припуски на механическую обработку?
4. Какие поверхности отливки следует выбирать в качестве черновых баз?
5. Каковы особенности простановки размеров на чертеже отливки?
6. Как формируют технические требования к чертежу отливки?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руденко, П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач.– Киев: Выща шк., 1991.– 247 с.
2. Орлов, П.И. Основы конструирования : Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 1 / П.И. Орлов.– М.: Машиностроение, 1988.– 560 с.
3. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении / М.Г. Афонькин, М.В. Магницкая.– Л.: Машиностроение, 1987.– 256 с.
4. Дмитриев, В.А. Проектирование заготовок в машиностроении : учеб. пособие / В.А. Дмитриев.– Самара: СамГТУ, 2008.– 174 с.

Приложение 1

Классы размерной точности отливок по ГОСТ Р 53464-2009

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		Цветные легкие нетермообрабатываемые сплавы	Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообрабатываемые цветные легкие сплавы	Термообрабатываемые чугуны и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
Литье под давлением в металлические формы и по выжигаемым моделям с применением малотерморасширяющихся огнеупорных материалов (плавленного кварца, корунда и т. п.)	до 100	3т...6	3...7т	4...7	5т...8
	св. 100 до 250	3...7т	4...7	5т...8	5...9т
	св. 250 до 630	4...7	5т...8	5...9т	6...9
Литье по выжигаемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	до 100	3...7	4...8	5т...9т	5...9
	св. 100 до 250	4...8	5т...9т	5...9	6...10
	св. 250 до 630	5т...9т	5...9	6...10	7т...11т
Литье по выплавляемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	до 100	4...8	5т...9т	5...9	6...10
	св. 100 до 250	5т...9т	5...9	6...10	7т...11т
	св. 250 до 630	5...9	6...10	7т...11т	7...11
Литье под низким давлением и в кокиль без песчаных стержней	до 100	5т...9т	5...9	6...10	7т...11т
	св. 100 до 250	5...9	6...10	7т...11т	7...11
	св. 250 до 630	6...10	7т...11т	7...11	8...12
	св. 630 до 1600	7т...11т	7...11	8...12	9т...13т
	св. 1600 до 4000	7...11	8...12	9т...13т	9...13
Литье в песчано-глинистые сырые формы из низковлажных (до 2,8%) высокопрочных (более 160 кПа или 1,6 кг/см ²) смесей, с высоким и однородным уплотнением до твердости не ниже 90 единиц	до 100	5...10	6...11т	7т...11т	7...12
	св. 100 до 250	6...11т	7т...11	7...11	8...13т
	св. 250 до 630	7т...11	7...12	8...12	9т...13
	св. 630 до 1600	7...12	8...13т	9т...13т	9...13
	св. 1600 до 4000	8...13т	9т...13	9...13	10...14
	св. 4000 до 10000	9т...13	9...13	10...14	11т...14
Литье по газифицированным моделям в песчаные формы Литье в формы, отвержденные в контакте с холодной оснасткой Литье под низким давлением и в кокиль с песчаными стержнями Литье в облицованный кокиль	до 100	5...10	6...11т	7т...11т	7...12
	св. 100 до 250	6...11т	7т...11	7...11	8...13т
	св. 250 до 630	7т...11	7...12	8...12	9т...13
	св. 630 до 1600	7...12	8...13т	9т...13т	9...13
	св. 1600 до 4000	8...13т	9т...13	9...13	10...14
	св. 4000 до 10000	9т...13	9...13	10...14	11т...14

Продолжение приложения 1

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		Цветные легкие нетермообрабатываемые сплавы	Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообрабатываемые цветные легкие сплавы	Термообрабатываемые чугуны и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 2,8 до 3,5% и прочностью от 120 до 160 кПа (от 1,2 до 1,6 кг/см ²), со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц Литье центробежное (внутренние поверхности) Литье в формы, отверждаемые в контакте с горячей оснасткой Литье в вакуумно-пленочные песчаные формы	до 100	6...11т	7т...11	7...12	8...13т
	св. 100 до 250	7т...11	7...12	8...13т	9т...13
	св. 250 до 630	7...12	8...13т	9т...13	9...13
	св. 630 до 1600	8...13т	9т...13	9...13	10...14
	св. 1600 до 4000 св. 4000 до 10000	9т...13 9...13	9...13 10...14	10...14 11т...14	11т...14 11...15
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 3,5 до 4,5% и прочностью от 60 до 120 кПа (от 0,6 до 1,2 кг/см ²) с уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 единиц Литье в оболочковые формы из терморепактивных смесей Литье в формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой без тепловой сушки Литье в формы из жидких самоотвердеющих смесей Литье в песчано-глинистые подсушенные и сухие формы	до 100	7т...14	7...12	8...13т	9т...13
	св. 100 до 250	7...12	8...13т	9т...13	9...13
	св. 250 до 630	8...13т	9т...13	9...13	10...14
	св. 630 до 1600	9т...13	9...13	10...14	11т...14
	св. 1600 до 4000 св. 4000 до 10000	9...13 10...14	10...14 11т...14	11т...14 11...15	11...15 12...15
Литье в песчано-глинистые сырые формы из высоковлажных (более 4,5%) низкопрочных (до 60 кПа или 0,6 кг/см ²) смесей с низким уровнем уплотнения до твердости ниже 70 единиц	до 100	7...12	8...13т	9т...13	9...13
	св. 100 до 250	8...13т	9т...13	9...13	10...14
	св. 250 до 630	9т...13	9...13	10...14	11т...14
	св. 630 до 1600	9...13	10...14	11т...14	11...15
	св. 1600 до 4000 св. 4000 до 10000 св. 10000	10...14 11т...14 11...15	11т...14 11...15 12...15	11...15 12...15 13т...16	12...15 13т...16 13...16

Примечания:

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

2. В таблице к цветным легкоплавким сплавам отнесены сплавы с температурой плавления ниже 700 °С, к цветным тугоплавким – сплавы с температурой плавления выше 700 °С.

3. В таблице к легким отнесены сплавы с плотностью до 3,0 г/см³, к тяжелым – сплавы с плотностью свыше 3,0 г/см³.

Степени точности поверхностей отливок по ГОСТ Р 53464-2009

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		Цветные легкие не-термообрабатываемые сплавы	Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообрабатываемые цветные легкие сплавы	Термообрабатываемые чугуны и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
Литье под давлением в металлические формы	до 100	2...6	3...7	4...8	5...9
	св. 100 до 250	3...7	4...8	5...9	6...10
	св. 250 до 630	4...8	5...9	6...10	7...11
Литье в керамические формы, литье по выжигаемым и выплавляемым моделям	до 100	3...8	4...9	5...10	6...11
	св. 100 до 250	4...9	5...10	6...11	7...12
	св. 250 до 630	5...10	6...11	7...12	8...13
Литье под низким давлением и в кокиль без песчаных стержней, центробежное литье в металлические формы	до 100	4...9	5...10	7...11	7...12
	св. 100 до 250	5...10	6...11	7...12	8...13
	св. 250 до 630	6...11	7...12	8...13	9...14
Литье в оболочковые формы из терморезистивных смесей Литье в облицованный кокиль, литье в вакуумно-пленочные песчаные формы	до 100	6...12	7...13	8...14	9...15
	св. 100 до 250	7...13	8...14	9...15	10...16
	св. 250 до 630	8...14	9...15	10...16	11...17
Литье по газифицируемым моделям в песчаные формы Литье в песчано-глинистые сырые формы из низковлажных (до 2,8%) высокопрочных (более 160 кПа или 1,6 кг/см ²) смесей с высоким и однородным уплотнением до твердости не ниже 90 ед. Литье в песчаные отвержденные, сухие или подсушенные формы, окрашенные покрытиями на водной основе, нанесенными пульверизацией или окунанием Литье в кокиль с песчаными стержнями	до 100	7...14	8...15	9...16	10...17
	св. 100 до 250	8...15	9...16	10...17	11...18
	св. 250 до 630	9...16	10...17	11...18	12...19
	св. 630 до 1600	10...17	11...18	12...19	13...19
	св. 1600 до 4000	11...18	12...19	13...19	14...20

Продолжение приложения 2

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		Цветные легкие не-термообрабатываемые сплавы	Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообрабатываемые цветные легкие сплавы	Термообрабатываемые чугуны и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
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 кгс/см ²) со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц Литье в песчаные отвержденные, сухие или подсушенные формы, окрашенные покрытиями на водной основе, нанесенными кистью или самовысыхающими покрытиями, нанесенными пульверизацией или окунанием	до 100	8...15	9...16	10...17	11...18
	св. 100 до 250	9...16	10...17	11...18	12...19
	св. 250 до 630	10...17	11...18	12...19	13...19
	св. 630 до 1600	11...18	12...19	13...19	14...20
	св. 1600 до 4000	12...19	13...19	14...20	15...20
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 3,5 до 4,5% и прочностью от 60 до 120 кПа (от 0,6 до 1,2 кгс/см ²) с уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 ед. Литье в песчаные отвержденные сухие или подсушенные формы, окрашенные самовысыхающими или самоотвердевающими покрытиями, нанесенными кистью	до 100	9...16	10...17	11...18	12...19
	св. 100 до 250	10...17	11...18	12...19	12...19
	св. 250 до 630	11...18	12...19	13...19	14...20
	св. 630 до 1600	12...19	13...19	14...20	15...20
	св. 1600 до 4000	13...19	14...20	15...20	16...21
св. 4000 до 10000	14...20	15...20	16...21	17...21	

Окончание приложения 2

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		Цветные легкие не-термообрабатываемые сплавы	Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообрабатываемые цветные легкие сплавы	Термообрабатываемые чугуны и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
Литье в песчано-глинистые сырые формы из высоковлажных (выше 4,5%) и низкопрочных (до 60 кПа или 0,6 кгм/см ²) смесей с низким уровнем уплотнения до твердости ниже 70 единиц	до 100	10...17	11...18	12...19	13...19
	св. 100 до 250	11...18	12...19	12...19	14...20
	св. 250 до 630	12...19	13...19	14...20	15...20
	св. 630 до 1600	13...19	14...20	15...20	16...21
	св. 1600 до 4000	14...20	15...20	16...21	17...21
Литье в песчаные отверждаемые, сухие или подсушенные неокрашенные формы	св. 4000 до 10000	15...20	16...21	17...21	18...22
	св. 10000	16...21	17...21	18...22	19...22
Литье в формы из жидких самотвердеющих смесей					

Примечания:

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

Ряды припусков на обработку отливок

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

Примечания:

1. Меньшие значения рядов припусков из диапазонов их значений следует принимать для термообрабатываемых отливок из цветных легкоплавких сплавов, большие значения – для отливок из ковкого чугуна, средние – для отливок из серого и высокопрочного чугуна, термообрабатываемых отливок из стальных и цветных тугоплавких сплавов.

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

Приложение 4

Допуски линейных размеров отливок

Интервал номинальных размеров, мм	Допуски размеров отливок для классов точности, мм											
	5	6	7Т	7	8	9Т	9	10	11Т	11	12	13Т
св. 4 до 6	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	–
св. 6 до 10	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0
св. 10 до 16	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4
св. 16 до 25	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0
св. 25 до 40	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6
св. 40 до 63	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4
св. 63 до 100	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0
св. 100 до 160	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0
св. 160 до 250	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0
св. 250 до 400	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0
св. 400 до 630	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0
св. 630 до 1000	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0

Приложение 5

Допуски для размеров до 500 мм в миллиметрах

Номинальные размеры, мм	Квалитеты											
	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
До 3	0,004	0,006	0,010	0,014	0,025	0,04	0,060	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6
Свыше 3 до 6	0,005	0,006	0,012	0,018	0,030	0,048	0,075	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75
" 6 " 10	0,006	0,009	0,015	0,022	0,036	0,058	0,090	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9
" 10 " 18	0,008	0,011	0,018	0,027	0,043	0,070	0,11	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1
" 18 " 30	0,009	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084	0,13	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3
" 30 " 50	0,011	0,016	0,025	0,039	0,062	0,1	0,16	0,25	0,39	0,62	1,0	1,6
" 50 " 80	0,013	0,019	0,030	0,046	0,074	0,12	0,19	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9
" 80 " 120	0,015	0,022	0,035	0,054	0,087	0,14	0,22	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2
" 120 " 180	0,018	0,025	0,040	0,063	0,1	0,16	0,25	0,4	0,63	1,0	1,6	2,5
" 180 " 250	0,020	0,029	0,046	0,072	0,115	0,185	0,29	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9
" 250 " 315	0,023	0,032	0,052	0,081	0,13	0,21	0,32	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2
" 315 " 400	0,025	0,036	0,057	0,089	0,14	0,23	0,36	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6
" 400 " 500	0,027	0,040	0,063	0,097	0,155	0,25	0,4	0,63	0,97	1,55	2,5	4,0

Влияние погрешностей размеров детали и отливки на выбор метода окончательной механической обработки миллиметрах

Допуск размера отливки, мм	Соотношение между допусками размеров детали и отливки	Вид окончательной механической обработки
до 0,5	св. 0,4 св. 0,15 до 0,4 св. 0,10 до 0,15 до 0,10	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
св. 0,5 до 1,0	св. 0,3 св. 0,1 до 0,3 св. 0,05 до 0,1 до 0,05	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
св. 1,0 до 2,0	св. 0,2 св. 0,1 до 0,2 св. 0,05 до 0,1 до 0,05	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
св. 2,0 до 5,0	св. 0,15 св. 0,05 до 0,15 св. 0,02 до 0,05 до 0,02	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая

Общие припуски на сторону, соответствующие виду окончательной механической обработки поверхности отливки

Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск на сторону для ряда припуска отливки, не более, мм									
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
св. 0,5 до 0,56	черновая	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,4	2,9	3,4	4,4
	получистовая	1,1	1,2	1,3	1,6	1,8	2,3	2,7	3,3	3,8	4,9
	чистовая	1,2	1,3	1,4	1,7	1,9	2,5	2,9	3,4	4,0	5,1
	тонкая	1,3	1,4	1,5	1,8	2,0	5,6	3,0	3,6	4,3	5,5
св. 0,56 до 0,64	черновая	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	2,1	2,4	2,9	3,5	4,4
	получистовая	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0	2,4	2,8	3,4	3,9	5,0
	чистовая	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1	2,6	3,0	3,6	4,1	5,3
	тонкая	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,7	3,1	3,8	4,3	5,4
св. 0,64 до 0,70	черновая	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	2,1	2,5	3,0	3,4	4,5
	получистовая	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4	2,8	3,5	3,9	5,0
	чистовая	1,4	1,4	1,6	1,9	2,2	2,6	3,1	3,6	4,1	5,3
	тонкая	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,8	3,1	3,9	4,4	5,6
св. 0,70 до 0,80	черновая	1,1	1,1	1,4	1,6	1,8	2,2	2,6	3,1	3,6	4,6
	получистовая	1,4	1,5	1,7	2,0	2,1	2,5	2,9	3,6	4,0	5,2
	чистовая	1,5	1,6	1,8	2,1	2,3	2,8	3,1	3,8	4,3	5,4
	тонкая	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4	2,9	3,4	4,0	4,5	5,8
св. 0,80 до 0,90	черновая	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,6	3,2	3,7	4,6
	получистовая	1,5	1,6	1,8	2,1	2,3	2,7	3,1	3,7	4,1	5,3
	чистовая	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	5,6
	тонкая	1,8	1,9	2,1	2,4	2,6	3,1	3,4	4,1	4,6	5,8
св. 0,90 до 1,00	черновая	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,3	2,7	3,1	3,6	4,8
	получистовая	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	3,2	3,8	4,3	5,3
	чистовая	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,8
	тонкая	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,6	4,3	4,8	6,0
св. 1,00 до 1,10	черновая	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,7	3,3	3,8	4,8
	получистовая	1,6	1,6	1,9	2,2	2,4	2,8	3,1	3,8	4,3	5,3
	чистовая	1,8	1,9	2,1	2,4	2,6	3,1	3,4	4,1	4,6	5,8
	тонкая	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,3	3,7	4,4	4,9	6,0
св. 1,10 до 1,20	черновая	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,4	3,8	4,8
	получистовая	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5	2,9	3,4	3,9	4,4	5,4
	чистовая	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,6	4,3	4,8	5,8
	тонкая	2,1	2,1	2,4	2,7	2,8	3,4	3,8	4,4	4,9	6,2
св. 1,20 до 1,40	черновая	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,5	2,9	3,5	3,9	4,9
	получистовая	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,4	4,1	4,6	5,6
	чистовая	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0	3,4	3,9	4,5	5,0	6,1
	тонкая	2,3	2,4	2,6	2,9	3,2	3,7	4,0	4,8	5,1	6,5

Продолжение приложения 7

Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск на сторону для ряда припуска отливки, не более, мм									
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
св. 1,40 до 1,60	черновая	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,1	3,6	4,0	5,0
	получистовая	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,3	3,6	4,3	4,8	5,8
	чистовая	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	6,3
	тонкая	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,9	4,3	5,0	5,4	6,7
св. 1,60 до 1,80	черновая	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,2	3,7	4,1	5,2
	получистовая	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0	3,5	3,8	4,4	4,9	6,0
	чистовая	2,5	2,6	2,8	3,1	3,3	3,8	4,3	4,8	5,3	6,5
	тонкая	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6	4,0	4,4	5,2	5,6	6,9
св. 1,80 до 2,00	черновая	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,3	3,8	4,3	5,1
	получистовая	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1	3,6	4,0	4,6	5,0	6,1
	чистовая	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6	4,0	4,4	5,0	5,4	6,7
	тонкая	3,0	3,1	3,3	3,6	3,8	4,3	4,8	5,5	5,8	7,1
св. 2,00 до 2,20	черновая	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	3,0	3,4	3,9	4,4	5,5
	получистовая	2,5	2,7	2,8	3,2	3,4	3,8	4,1	4,8	5,3	6,3
	чистовая	2,9	3,0	3,3	3,6	3,8	4,3	4,6	5,1	5,8	6,9
	тонкая	3,3	3,4	3,6	3,9	4,1	4,6	5,0	5,6	6,1	7,3
св. 2,20 до 2,40	черновая	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1	3,4	4,0	4,5	5,4
	получистовая	2,8	2,9	3,1	3,4	3,6	4,0	4,4	5,0	5,4	6,5
	чистовая	3,2	3,3	3,5	3,8	3,9	4,4	4,9	5,5	6,0	7,1
	тонкая	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,8	5,1	5,8	6,3	7,5
св. 2,40 до 2,80	черновая	2,2	2,3	2,5	2,6	2,9	3,3	3,6	4,1	4,6	5,6
	получистовая	3,0	3,1	3,3	3,6	3,8	4,3	4,6	5,1	5,6	6,7
	чистовая	3,5	3,6	3,8	4,0	4,3	4,8	5,2	5,8	6,1	7,5
	тонкая	3,8	3,9	4,1	4,4	4,6	5,2	5,4	6,1	6,7	8,0
св. 2,80 до 3,20	черновая	2,4	2,5	2,6	2,9	3,1	3,4	3,9	4,4	4,9	5,8
	получистовая	3,4	3,4	3,6	4,0	4,1	4,6	5,0	5,6	6,0	7,1
	чистовая	3,9	4,0	4,1	4,5	4,6	5,1	5,6	6,1	6,7	7,8
	тонкая	4,3	4,3	4,5	4,8	5,0	5,4	5,8	6,5	7,1	8,3
св. 3,20 до 3,60	черновая	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6	4,1	4,6	5,2	6,2
	получистовая	3,6	3,8	4,0	4,3	4,5	4,9	5,3	5,8	6,3	7,5
	чистовая	4,3	4,4	4,6	4,9	5,2	5,6	6,0	6,5	7,1	8,3
	тонкая	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5	6,0	6,3	7,1	7,5	8,8
св. 3,60 до 4,00	черновая	2,8	2,9	3,2	3,4	3,6	3,9	4,3	4,8	5,3	6,3
	получистовая	4,1	4,3	4,4	4,8	4,9	5,3	5,6	6,3	6,7	8,0
	чистовая	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5	6,0	6,3	6,9	7,5	8,8
	тонкая	5,1	5,3	5,4	5,8	6,0	6,5	6,9	7,5	8,0	9,3
св. 4,00 до 4,40	черновая	2,9	3,0	3,3	3,5	3,7	4,0	4,4	4,9	5,5	6,5
	получистовая	4,3	4,3	4,5	4,8	5,0	5,5	5,8	6,3	6,9	8,0
	чистовая	4,9	5,0	5,1	5,4	5,8	6,1	6,7	7,3	7,8	9,0
	тонкая	5,3	5,5	5,6	6,0	6,2	6,7	7,1	7,8	8,3	9,5

Окончание приложения 7

Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск на сторону для ряда припуска отливки, не более, мм									
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
св. 4,40 до 5,00	черновая	3,3	3,4	3,6	3,8	4,0	4,4	4,8	5,3	5,8	6,7
	получистовая	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5	5,8	6,3	6,9	7,3	8,5
	чистовая	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3	6,7	7,1	7,8	8,3	9,5
	тонкая	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9	7,3	7,8	8,5	9,0	10,0
св. 5,00 до 5,60	черновая	3,6	3,6	3,9	4,1	4,3	4,8	5,2	5,6	6,2	7,1
	получистовая	5,1	5,3	5,4	5,8	6,0	6,3	6,7	7,3	8,0	9,0
	чистовая	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9	7,3	7,8	8,3	8,8	10,0
	тонкая	6,7	6,7	6,9	7,3	7,5	8,0	8,3	9,0	9,5	11,0
св. 5,60 до 6,40	черновая	4,1	4,3	4,4	4,6	4,8	5,1	5,6	6,2	6,5	7,5
	получистовая	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3	6,7	7,1	7,8	8,3	9,3
	чистовая	6,5	6,5	6,7	7,1	7,3	7,8	8,3	8,8	9,3	10,5
	тонкая	7,3	7,3	7,5	7,8	8,0	8,5	9,0	9,8	10,0	11,5

Учебно-методическое издание

Проектирование заготовок, полученных литьем : методические указания по выполнению лабораторно-практической работы / сост. А.Е. Курбатов, И.П. Петрюк. — Караваево : Костромская ГСХА, 2021. — 44 с. ; 20 см. — 20 экз. — Текст непосредственный.

Методические указания издаются в авторской редакции

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия" 156530, Костромская обл., Костромской район, пос. Караваево, уч. городок, д. 34

Компьютерный набор. Подписано в печать 12/05/2021. Заказ № 329.
Формат 60x84/16. Тираж 50 экз. Усл. печ. л. 2,88. Бумага офсетная.
Отпечатано 12/05/2021. Цена 64.00 руб.

вид издания: первичное (электронная версия)
(редакция от 05.05.2021 № 329)

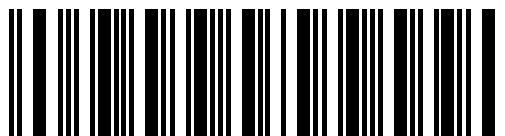
Отпечатано с готовых оригинал-макетов в академической типографии на цифровом дубликаторе. Качество соответствует предоставленным оригиналам.

(Электронная версия издания - I:\подразделения \рио\издания\2021\329.pdf)



Цена 64,00 руб.

ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА



2021*329

(Электронная версия издания - I:\подразделения \рио\издания\2021\329pdf)