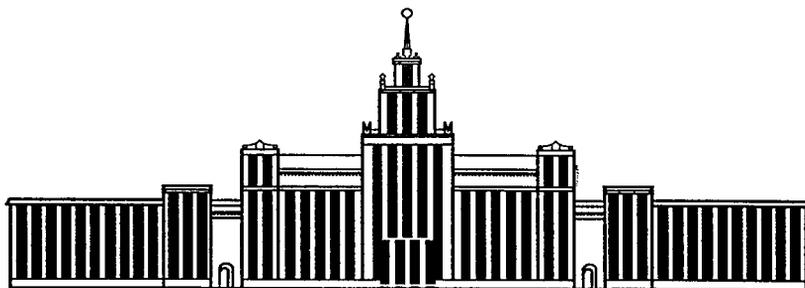

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

621.7(07)
К959

О.Б. Кучина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК

Учебное пособие для практических занятий
и самостоятельной работы студентов

Челябинск
2010

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Филиал ЮУрГУ в г. Миассе
Машиностроительный факультет
Кафедра «Технология производства машин»

621.7(07)

К959

О.Б. Кучина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК

Учебное пособие для практических занятий
и самостоятельной работы студентов

Под редакцией Ю. Г. Микова

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2010

УДК 621.7/.9.002.63(075.8)

К959

Одобрено

*учебно-методической комиссией машиностроительного факультета
филиала ЮУрГУ в г. Миассе*

Рецензенты:

Н.И. Олейник, М.Н. Леонтьев

Кучина, О.Б.

К959 Проектирование заготовок: учебное пособие для практических занятий и самостоятельной работы студентов / О.Б. Кучина; под ред. Ю.Г. Микова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 102 с.

Учебное пособие предназначено для практических занятий и самостоятельной работы студентов специальности 151001 «Технология машиностроения» очной, очно-заочной и заочной форм обучения.

Учебное пособие содержит методику проектирования отливок и штампованных поковок, правила оформления их чертежей, справочные материалы по назначению припусков, допусков и основных конструктивных элементов заготовок. Рекомендуется для использования при выполнении курсовых работ по дисциплине «Проектирование и производство заготовок».

УДК 621.7/.9.002.63(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Выбор заготовки и ее проектирование – ответственная работа, выполняемая на начальной стадии проектирования технологического процесса изготовления детали. Правильное решение этих вопросов оказывает влияние на технико-экономические показатели технологического процесса.

При выборе заготовки для заданной детали назначают метод ее получения, определяют ее конфигурацию, размеры, допуски, припуски на обработку и формируют технические условия на изготовление. Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Себестоимость детали определяется суммированием себестоимости заготовки по калькуляции заготовительного цеха и себестоимости ее последующей обработки до достижения заданных требований по чертежу.

Технологические процессы получения заготовок определяются технологическими свойствами материала, конструктивными формами и размерами детали, программой выпуска. В действующем производстве учитываются возможности заготовительных цехов.

При выборе технологических методов получения заготовок учитываются прогрессивные тенденции развития технологии машиностроения. Решение задачи формообразования деталей целесообразно перенести на стадию изготовления заготовок и тем самым снизить расход материала, уменьшить долю затрат на механическую обработку в себестоимости готовой детали.

В данном учебном пособии приведены методики проектирования отливок, полученных литьем в песчано-глинистые формы и штампованных заготовок.

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТЛИВКИ

1.1. Технология изготовления отливок в песчано-глинистых формах

Литье в песчано-глинистые формы является универсальным и самым распространенным методом изготовления отливок. Этим методом получают разнообразные по конфигурации отливки любых массы и размеров из сталей, чугунов и цветных сплавов. Сущность литья в песчано-глинистые формы заключается в изготовлении отливок свободной заливкой расплава в разовую разъемную литейную форму. Литейная песчано-глинистая форма (рис. 1.1, *a*) состоит из двух полуформ: верхней *б* и нижней *2*, которые получают уплотнением формовочной смеси вокруг соответствующих частей (верхней и нижней) модели в специальных рамках – опоках *3* и *5*. Смещение полуформ друг относительно друга устраняют фиксирующие штыри. Стержень *1* (рис. 1.1, *в*) предназначен для образования внутренней полости (отверстия) в отливке.

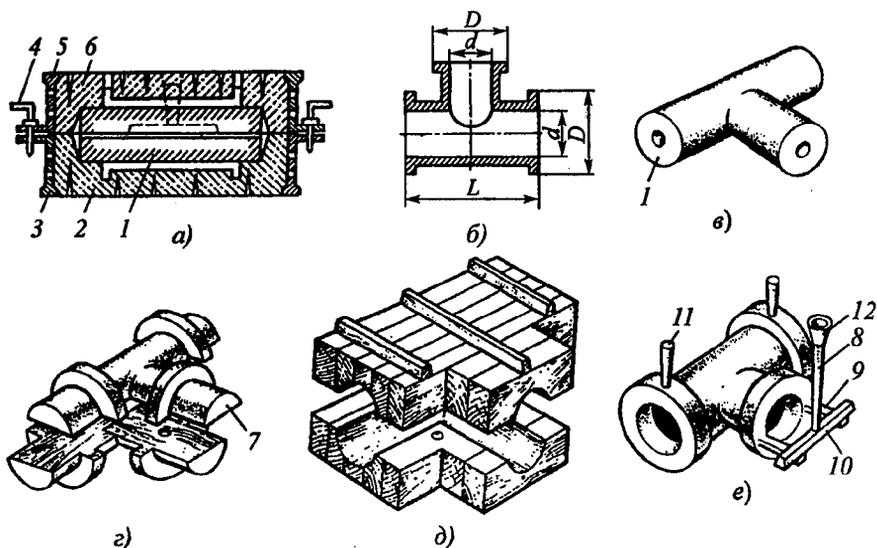


Рис. 1.1. Литейная песчано-глинистая форма и ее элементы:

a – литейная форма; *б* – отливка тройник; *в* – литейный стержень;

г – литейная модель; *д* – стержневой ящик; *е* – отливка с литниковой системой

Модельный комплект – это совокупность технологической оснастки для изготовления литейной формы. В модельный комплект входят литейные модели, модельные плиты, стержневые ящики, сушильные плиты для стержней и другие

приспособления. *Литейная модель* – приспособление, с помощью которого в литейной форме получают полость с формой и размерами, близкими к конфигурации отливки. Модель отличается от отливки увеличенными размерами на величину усадки сплава, наличием формовочных уклонов, облегчающих извлечение модели из формы, наличием плоскости разреза и знаковых частей 7, которые обеспечивают фиксацию стержня в форме (рис. 1.1, з). *Модельная плита* – металлическая плита с закрепленными на ней моделями и элементами литниковой системы. Ее применяют, как правило, при машинной формовке. *Стержневой ящик* – приспособление, служащее для изготовления стержней (рис. 1.1, д). Стержень изготавливают из смеси, например кварцевого песка, отдельные зерна которого скрепляются при сушке или химическом отверждении специальными крепителями (связующими). Модели и стержневые ящики для единичного и среднесерийного производства изготавливают деревянными, а для крупносерийного и массового производства – из чугуна, алюминиевых сплавов, пластмасс. В верхней полуформе с помощью соответствующих моделей выполняется воронка 12 (рис. 1.1, е), каналы стояка 8 и шлакоуловителя 10, а в нижней полуформе каналы питателей 9. В целом воронка и все каналы образуют литниковую систему, по которой из разливочного ковша поступает литейный сплав в полость литейной формы.

Последовательность технологического процесса получения отливок в песчано-глинистой форме приведена на рис. 1.2. Весь цикл изготовления отливки состоит из ряда основных и вспомогательных операций, осуществляемых как параллельно, так и последовательно в различных отделениях литейного цеха. Литейную оснастку изготавливают, как правило, в модельных цехах.

Разработка литейной технологии складывается из следующих основных этапов:

- конструирование модели с учетом усадки литейного сплава, припусков на механическую обработку, напусков, литейных (формовочных) уклонов, галтелей (радиусов скруглений в местах сопряжения поверхностей), назначения плоскости разреза модели;
- конструирования стержня, выполняющего полости или отверстия в будущей отливке с его знаковыми частями;
- конструирование стержневого ящика для изготовления стержня и сушильных плит (драйверов);
- конструирование и расчет элементов литниковой системы, выбор места ее подвода к отливке;
- конструирование всех необходимых приспособлений — шаблонов, кондукторов и т.д.

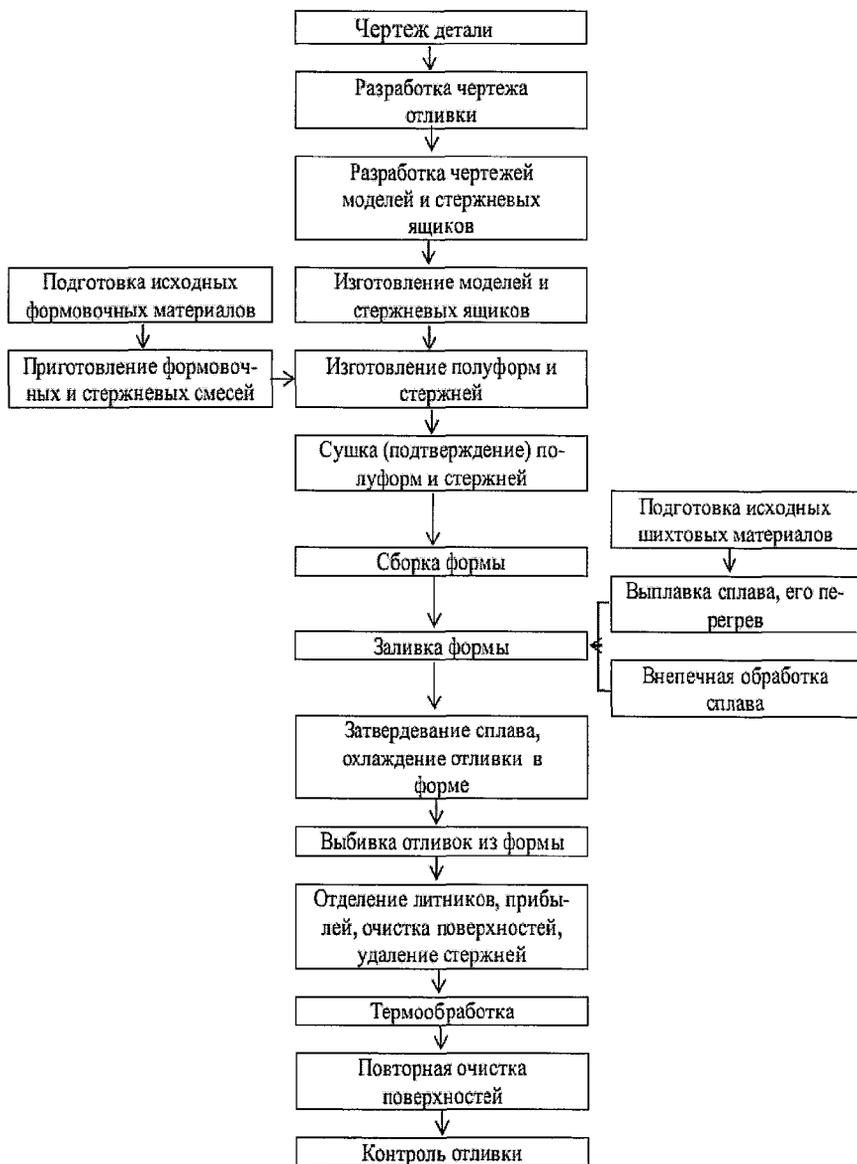


Рис. 1.2. Последовательность технологического процесса литья в песчано-глинистые формы

При конструировании модели сначала разрабатывают технологический чертеж отливки с модельно-литейными указаниями. Для этого на чертеже детали условно наносят технологические указания (припуски, напуски, уклоны, галтели, разъемы, знаковые части, коэффициент усадки литейного сплава), которые необходимо учесть при изготовлении модели. В соответствии с технологическим чертежом отливки модельщик вычерчивает модель по специальному усадочному метру (линейке, учитывающей определенный процент усадки сплава). Пример технологической разработки показан на рис. 1.3.

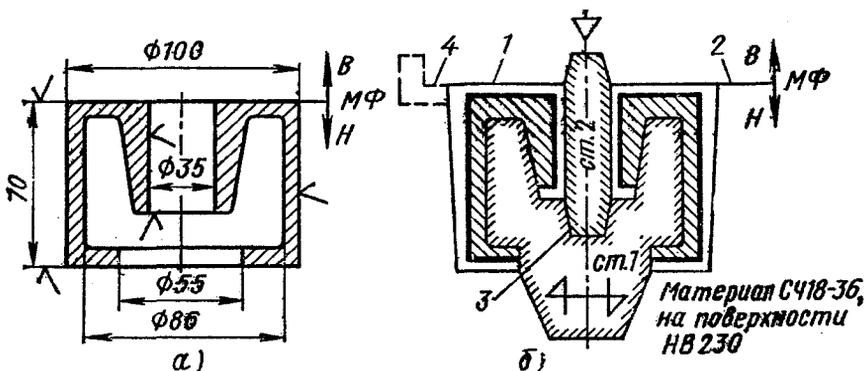


Рис. 1.3. Пример технологической разработки:

a – чертеж детали с указанием сплава, размеров и поверхностей, подлежащих механической обработке; *б* – технологический чертеж отливки с нанесенными технологическими указаниями: 1 – припуск на механическую обработку; 2 – плоскость разъема, *B* и *H* означают соответственно “верх” и “низ” модели и формы; 3 – знаковые части стержня для его фиксации в литейной форме; 4 – место подвода питателя

Выбирая плоскость разъема модели, следует учитывать, что наиболее ответственные поверхности отливки лучше располагать в нижней части формы или вертикально, так как в верхней части формы скапливаются газы, неметаллические и шлаковые включения, что снижает качество поверхности отливок. Разъем модели выбирается с учетом удобства формовки и извлечения модели из формы.

Припуски на механическую обработку наносят на те поверхности, где стоит знак механической обработки ($\sqrt{\quad}$). Припуск зависит от требований чертежа, характера производства, способа изготовления и размеров отливки, а также от положения обрабатываемой поверхности в форме при заливке ее металлом.

Литейные (формовочные) уклоны наносят на вертикальных стенках модели, стержневых знаков и стержневых ящиков по отношению к плоскости разреза. Формовочные уклоны служат для предотвращения разрушения формы и облегчения выема модели из уплотненной формовочной смеси.

Радиусы скругления (галтели) вводят в места сопряжений поверхностей элементов и принимают равными $1/5 \dots 1/3$ средней арифметической толщины двух стенок, образующих угол. Литейная форма в таких скругленных углах после извлечения модели не осыпается, а отливка не приобретает склонности к появлению трещин в углах, так как устраняются концентраторы напряжений.

На технологическом чертеже отливки всегда указывают величину усадки сплава, которая должна быть учтена при изготовлении модели.

Конструкция стержневого ящика (рис. 1.4) может быть различна, но его рабочая полость, образующая стержень, всегда точно соответствует размерам и конфигурации стержня с его знаковыми частями.

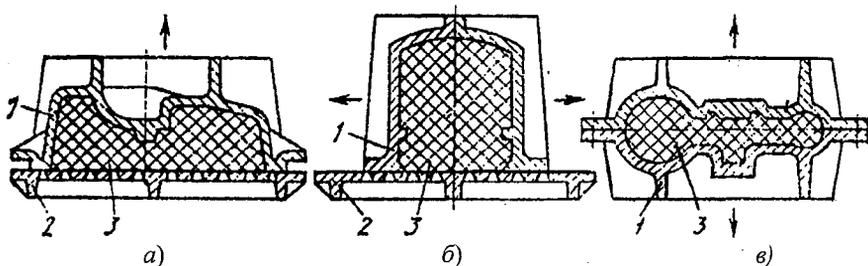


Рис. 1.4. Стержневые ящики:

a – вытряхной; *б* – с вертикальным разрезом; *в* – с горизонтальным разрезом;
 1 – корпус ящика; 2 – сушильная плита (драйер); 3 – песчаный стержень

Конструкция литниковой системы зависит от свойств сплава — его жидкотекучести и усадки (см. рис.1.5). Расход металла на литниковую систему зависит от ее конструкции и обычно составляет 20...40% массы отливки для серого чугуна, 30...60% — для белого чугуна, 60...80% — для стали, 35...80% — цветных сплавов. Основными элементами конструкции литниковых систем являются чаша или литейная воронка 5, стояк 6, шлакоуловитель 7, питатель 8, выпор-канал для вывода газов из формы 4, питающие бобышки 9, закрытые 12 и открытые 11 прибыли, выполняющие одновременно роль выпоров. Прибыли 11 и 12 и питающие бобышки 9 кристаллизуются позже отливки 1 и компенсируют усадку сплава в самой отливке, предотвращая образование усадочных дефектов (раковин, пор). Зумф 10 в виде сферического углубления предотвращает разрушение формы

струей металла и обеспечивает плавный подвод металла в полость формы, состоящей из верхней 3 и нижней 2 полуформ, заполненных уплотненной формочной смесью.

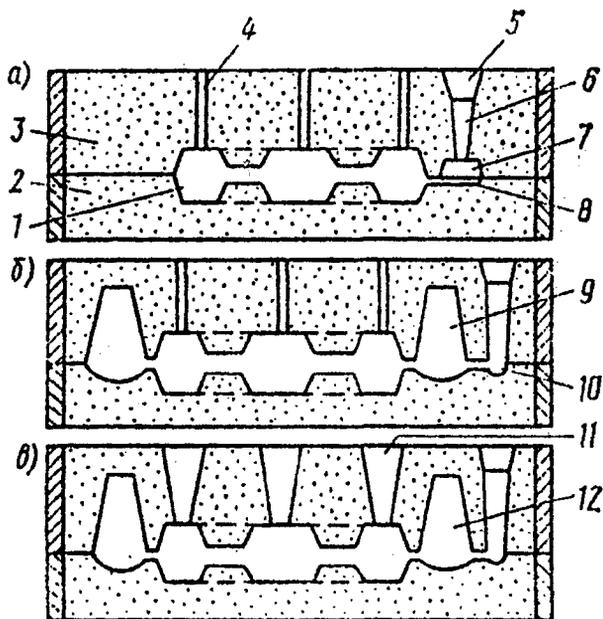


Рис. 1.5. Литниковые системы для отливок из серого чугуна (а), белого чугуна (б), стали (в)

Разовые литейные формы изготавливают машинными способами в серийном и массовом производстве, или ручными способами – в единичном и мелкосерийном производстве.

Последовательность изготовления сырой песчаной литейной формы в опоках ручным способом, показанная на рис.1.6, состоит из ряда операций. Полумодель 2 без выступающих шипов укладывают плоскостью разреза на подмодельный щиток 1, затем на этот же щиток устанавливают верхнюю опоку 3. Полумодель 2 располагается в опоке 3 таким образом, чтобы оставалось место для размещения питателя 4 литниковой системы. К полумодели подводят модель питателя 4 в то место, через которое полость 1б будет заполняться жидким металлом. Поверхность модели предварительно тщательно очищают и протирают разделительным составом (мазут с керосином, графит) для предотвращения прилипания формочной смеси.

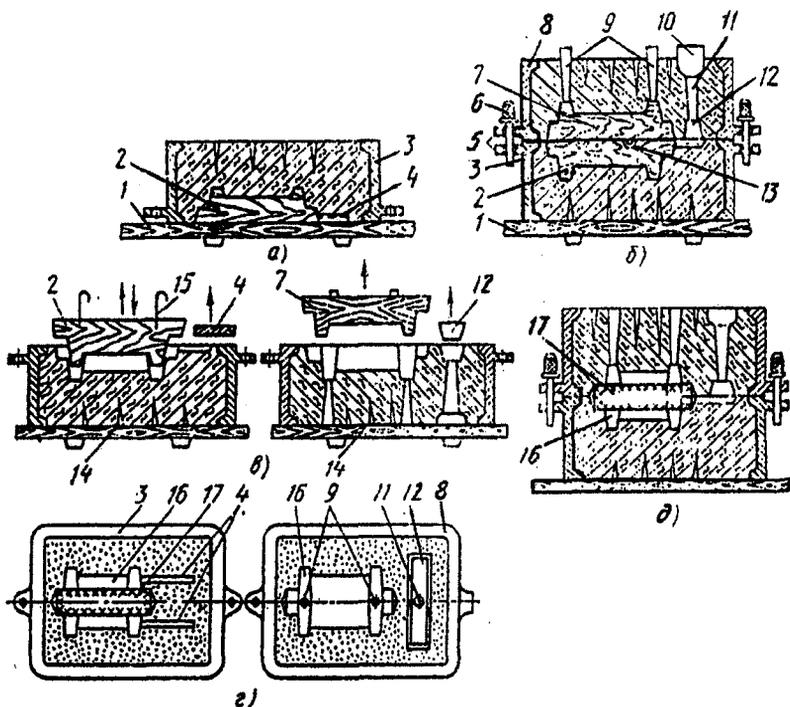


Рис. 1.6. Последовательность изготовления сырой песчаной формы в двух опоках по разъемной модели ручным способом:
а – изготовление нижней полуформы; *б* – изготовление верхней полуформы;
в – извлечение моделей из полуформ; *г* – установка стержня в нижнюю полуформу; *д* – собранная литейная форма

На поверхность полумодели насыпают тонкий слой разрыхленной и просеянной облицовочной формовочной смеси. Затем, постепенно утрамбовывая, насыпают наполнительную смесь. Таким образом получается нижняя полуформа. Нижнюю полуформу поворачивают на 180° вверх плоскостью разреза модели и устанавливают на тот же щиток *1*. Затем на нижнюю полумодель *2* устанавливают верхнюю полумодель *7*, совмещая шипы и впадины *13*. На опоку *3* нижней полуформы устанавливают верхнюю опоку *8* и взаимно их фиксируют с помощью штырей *6*, которые входят во втулки боковых проушин *5* опок. Поверхность нижней полуформы посыпают тонким слоем разделительного песка для предотвращения соединения двух полуформ в процессе уплотнения верхней полуформы. На самую высокую поверхность модели (но не на знаковую часть) устанавливают

модель выпора 9, а над моделью питателя устанавливают модель шлакоуловителя 12 и стояка 11 с чашей 10. Заполнение верхней опоки формовочной смесью производят таким же образом что и нижней опоки. Вокруг модели стояка ланцетом вырезают литниковую воронку, она также может быть выполнена моделью чаши 10. В результате получают верхнюю полуформу. Из нижней и верхней полуформ извлекают полумодели и элементы литниковой системы с предварительной их расчаккой.

В нижнюю полуформу, в знаковые ее части, помещают стержень 17. При большом числе стержней в форме или при неустойчивом их положении часто применяют металлические опорные или распорные вставки, называемые жеребейками. Жеребейки заливаются металлом и остаются внутри стенок отливки.

Для равномерности скорости кристаллизации сплава с целью предотвращения образования усадочных раковин в те части формы, которые образуют утолщенные стенки отливки, вставляют металлические холодильники. Холодильники могут быть наружными, которые удаляются после кристаллизации отливки, или внутренними, которые остаются внутри закристаллизовавшейся отливки.

После установки стержней в нижнюю полуформу ее накрывают верхней, совмещая штыри и втулки проушин опок. Таким образом получается литейная форма, внутри которой имеется полость, по конфигурации соответствующая конфигурации модели. Внутри этой полости расположены стержни, которые образуют в отливке отверстия и полости.

Аналогично изготавливают и сухие литейные песчаные формы, но при этом добавляются операции сушки и, как правило, покраски поверхности формы.

Машинная формовка по сравнению с ручной имеет ряд преимуществ: облегчает труд, повышает его производительность, позволяет получать отливки с более точными размерами. При машинной формовке механизмируют в основном две технологические операции: уплотнение смеси и извлечение модели из формы. На отдельных типах машин механизировано выполнение переворот полуформ на 180° и сталкивание их на сборочный рольганг. При машинном способе изготовления формы обычно применяют металлические модельные плиты, на которых монтируют модели и элементы литниковой системы.

Для более подробного ознакомления с этой темой можно обратиться к литературе [1, с. 159].

1.2. Технологичность конструкции отливок

Ответственной задачей, которая решается при разработке литейной технологии, является обработка конструкции отливки на технологичность. В полной мере эта задача осуществима при совместной работе технологов и конструкторов. Конструкторы должны хорошо знать технологический процесс изготовления отливок для проектирования наиболее технологичных деталей. Под технологичностью конструкции литой детали понимают совокупность свойств, позволяющих

получать качественные отливки с минимальными затратами труда, средств, материалов, обеспечивая необходимую плотность стенок, точность размеров, механические и эксплуатационные свойства, определяющие функциональное назначение детали, а также отвечающие требованиям технологии механической обработки. Проектирование технологичной литой детали предполагает, прежде всего, выбор таких конструктивных элементов и материала, которые, не снижая основных эксплуатационных свойств, способствуют получению качественных отливок. Технологичные литые детали должны иметь: по возможности простую конфигурацию, рациональную толщину стенок, плавные переходы в сопряжениях различных сечений и конструктивные уклоны. Литые детали не должны иметь тонких выступающих частей, тонкостенных ребер, глубоких впадин, закрытых полостей и внутренних пазов. Выполнение этих требований способствует предотвращению дефектов в отливках, достижению заданной точности и минимальной трудоемкости изготовления отливок. Рассмотрим более подробно положения конструирования литых деталей, получаемых наиболее распространенным методом литья в песчаные формы.

1.2.1. Особенности конструирования отливок с учетом литейных свойств сплава

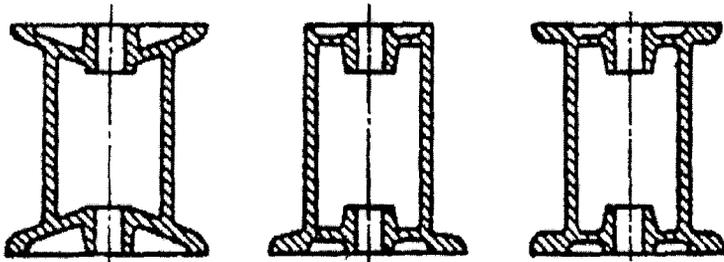
Жидкотекучесть сплава определяет в конструкции детали выбор минимальной толщины стенок необрабатываемых поверхностей. Толщину стенок литых деталей определяют в зависимости от механических и технологических свойств сплава, конфигурации и габаритных размеров, метода ее получения. Правильно выбранная толщина стенок обеспечивает жесткость, герметичность и является одним из важнейших условий получения качественных отливок. Чрезмерно толстые стенки не только увеличивают массу детали, но и вызывают появление усадочной рыхлости и пористости, снижают тем самым прочность. Очень тонкие стенки при литье получить практически невозможно из-за большого количества брака по незаполнению формы, трещинам. Минимальные толщины стенок отливок из различных сплавов, изготавливаемых в песчаных формах, приведены в табл. 1.1 [2, с. 434].

Усадка, как второй показатель литейных свойств сплава, вызывает при кристаллизации сплава появление усадочных раковин, трещин. Для снижения литейных напряжений необходимо обеспечить свободную усадку элементов отливки. На рис. 1.7, *а* приведена конструкция корпусной детали с перегородками, которые затрудняют процесс усадки, что вызывает большие литейные напряжения. Изменение конструкции (рис. 1.7, *б, в*) обеспечивает свободную усадку и снижает усадочные напряжения.

Таблица 1.1

Минимальная толщина стенок отливок при литье в песчаные формы

Материал	Масса отливки, кг	Максимальная длина стенки, мм	Минимальная толщина стенки, мм
Сталь	До 100	До 200	8...10
	100...1000	200...800	12...14
	Св. 1000	Св. 800	20...22
Чугун серый	До 100	До 200	3...4
	100...1000	200...800	6...8
	Св. 1000	Св. 800	10...20
Чугун ковкий	До 100	До 100	2,5...3,5
	100...300	100...200	4...5,5
	Св. 300	Св. 200	6...8
Бронза оловянная	До 10	До 50	3...4
	10...50	50...100	5...6
	Св. 50	Св. 100	7...8
Бронзы и латуни специальные	До 0,25	До 50	6...7
	0,25...4,00	50...100	8...10
Сплавы алюминиевые	До 2,00	До 200	3...5
	2,00...10,00	200...500	6...8
Сплавы магниевые	До 2,00	До 200	3,5...4,5
	2,00...8,00	200...400	6...7
Сплавы цинковые	До 10,00	До 500	3...5



а)

б)

в)

Рис. 1.7. Конструкции литых деталей, снижающих усадочные напряжения в отливках

Получение отливок без усадочных дефектов достигается созданием конструкции с равномерной толщиной стенок без локального скопления металла, так называемых термических узлов. Термический узел дольше остается горячим, дольше кристаллизуется и здесь выше вероятность образования усадочной рыхлости и раковин. Правильность конструкции в этом случае проверяют методом вписанных окружностей: окружность, вписанная в любое сечение отливки, должна беспрепятственно «выкатываться» в направлении прибыли 1 (рис. 1.8). В зависимости от конфигурации детали соотношение диаметров двух рядом лежащих окружностей рекомендуется брать в пределах от 1,0 до 1,5. Такая конструкция обеспечит направленное затвердевание отливки, что важно при проектировании литых деталей с повышенными требованиями к прочности и герметичности, работающих под давлением. При направленном затвердевании верхние слои металла питают нижние слои, а самые верхние сечения питаются от прибылей.

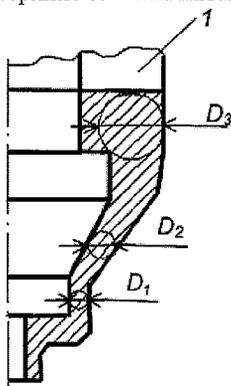


Рис. 1.8. Конструкция литой детали, обеспечивающая направленное затвердевание

В литых деталях со стенками разной толщины, с резкими и неправильно выполненными переходами между сечениями, с большими скоплениями металла возникают значительные внутренние напряжения, приводящие к короблению, трещинам, усадочным раковинам и пористости. На рис. 1.9, а, б дан пример возможного образования брака при нерациональной конструкции: в местах локального скопления металла – усадочные раковины, в местах сопряжения массивных и тонких частей отливки – трещины. Выравнивание сечений достигается уменьшением, с помощью углублений в стенках отливки (рис. 1.9, в); смещением стенки (рис. 1.9, г); если это невозможно, то следует предусмотреть отверстие (рис. 1.9, д).

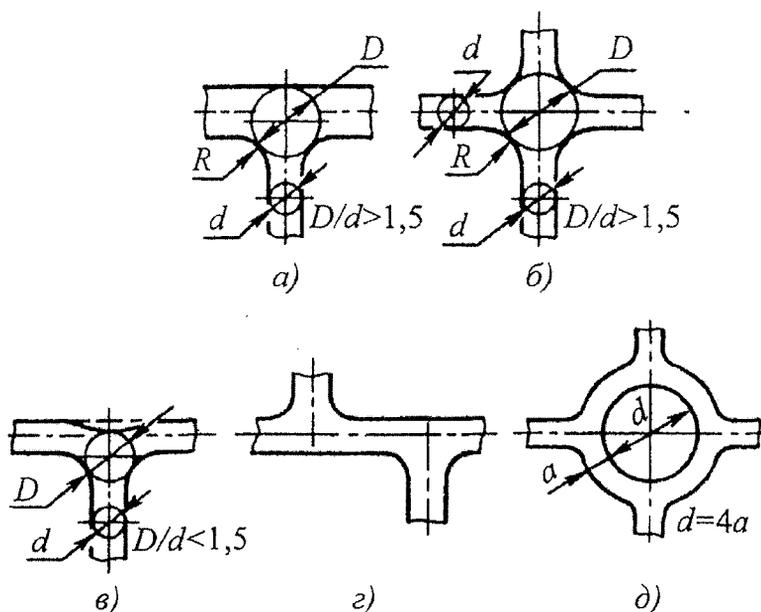


Рис. 1.9. Устранение местного скопления металла в стенках отливки

Ребра жесткости применяют для увеличения жесткости и прочности литых деталей, усиления нагруженных мест без увеличения толщины стенок, предотвращения коробления выступающих тонкостенных элементов. Ребра жесткости позволяют уменьшить сечение отдельных элементов детали, снизить внутренние напряжения в местах сопряжения стенок различной толщины. Толщина наружных ребер жесткости не должна превышать 0,8 толщины сопрягаемой стенки. Внутренние ребра из-за более медленного охлаждения металла выполняют менее массивными: толщина их составляет 0,6...0,7 толщины сопрягаемой стенки. В конструкции деталей типа втулок с фланцами, шкивов, маховиков для выравнивания сечений по толщине вводят кольцевые канавки.

При правильно сконструированной детали отношение толщин стенок при переходе от одного сечения к другому должно быть не больше 4:1. При соотношении сопрягаемых толщин $S : S_1 \leq 2$ переходы от одного сечения к другому выполняются с помощью радиусов скруглений r [2, с. 435]. Для отливок из чугуна, магниевых и алюминиевых сплавов $r = 0,3(S - S_1)$, для отливок из стали и медных сплавов $r = 0,4(S - S_1)$. Такие же радиусы применяют и для деталей, не испытывающих при эксплуатации ударных нагрузок, но имеющих соотношение $S : S_1 > 2$. Если на деталь действуют ударные нагрузки, то при $S : S_1 > 2$ переходы выполняют в виде клиновидного сопряжения (рис. 1.10, а).

Длину участка перехода от одной толщины к другой принимают:
 для отливок из чугуна, магниевых и алюминиевых сплавов

$$L \geq 4 (S - S_1);$$

для отливок из стали и медных сплавов

$$L \geq 5 (S - S_1).$$

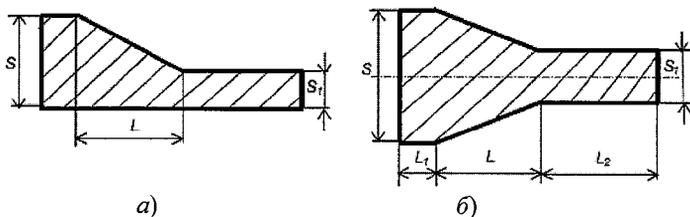


Рис. 1.10. Схемы выполнения односторонних (а) и двусторонних (б) клиновых сопряжений

Переход от толстого сечения к тонкому при $S : S_1 \geq 4$ (рис. 1.10, б) осуществляют с помощью участка, длину которого принимают равной:

для отливок из чугуна и цветных сплавов

$$L \geq \left(\frac{SL_1}{S + L_1} - \frac{S_1L_2}{S_1 + L_2} \right);$$

для стальных отливок

$$L \geq 4 \left(\frac{SL_1}{S + L_1} - \frac{S_1L_2}{S_1 + L_2} \right).$$

При соотношении толщин стенок $S : S_1 > 2 : 3$ при одностороннем сопряжении допускается принимать радиус скругления $r = S$ (рис. 1.11, а), а при двустороннем сопряжении $r = 0,5 S$ (рис. 1.11, б).

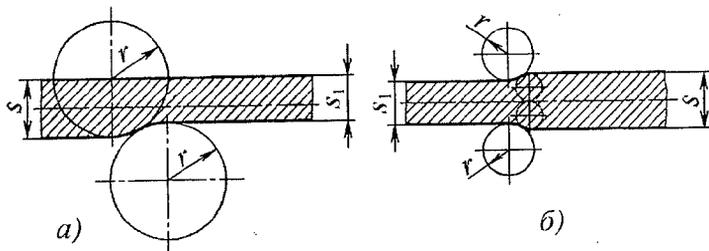


Рис. 1.11. Схемы выполнения односторонних (а) и двусторонних (б) сопряжений при соотношении толщин сопрягаемых стенок $S : S_1 > 2 : 3$

При угловом сопряжении стенок (рис. 1.12) разной толщины с соотношением $S/S_1 \leq 2$ для получения плавного перехода делается закругление с внешним радиусом R и внутренним r . Радиусы закруглений определяют по формулам:

$$r = \left(\frac{1}{5} \dots \frac{1}{3} \right) \frac{S + S_1}{2};$$

$$R = r + \frac{S + S_1}{2}.$$

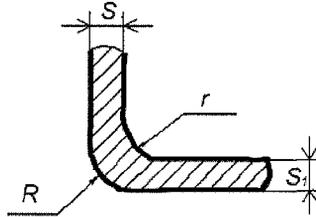


Рис. 1.12. Схема сопряжения стенок отливки

Расчетное значение r округляют до ближайшего стандартного из ряда: 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40. Число значений различных радиусов галтелей, применяемых в одной отливке, должно минимальным. Значения внутренних радиусов при сопряжении стенок разной толщины приведены в табл. 1.2 и 1.3 [3, с.74].

Таблица 1.2

Значения внутренних радиусов r при сопряжении стенок разной толщины

Отношение толщины сопрягае- мых стенок S/S_1	Минимальная толщина стенки, мм							
	до 6	от 6 до 10	от 10 до 15	от 15 до 20	от 20 до 25	от 25 до 35	от 35 до 45	от 45 до 60
	Внутренний радиус, мм							
От 1 до 2	5	8	10	12	15	20	25	30
От 2 до 3	8	10	12	15	20	25	30	40
Св. 3	10	12	15	20	25	30	40	50

Таблица 1.3

Радиусы закруглений для отливок из цветных сплавов

$(S + S_1) / 2$	r , мм	$(S + S_1) / 2$	r , мм
До 12	6	От 35 до 45	20
От 12 до 16	8	От 45 до 60	25
От 16 до 20	10	От 60 до 80	32
От 20 до 27	12	От 80 до 110	36
От 27 до 35	16	От 110 до 150	40

При проектировании литых деталей следует учитывать что, чем ниже технологические свойства сплавов, тем более жесткие требования должны быть предъявлены к их конструкции, особенно к наличию «тепловых узлов», толщине стенок, радиусам и галтелям.

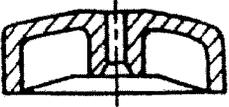
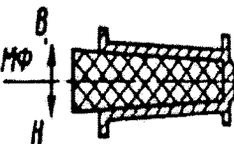
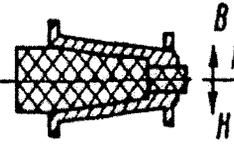
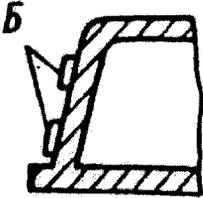
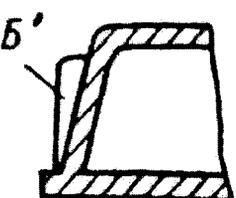
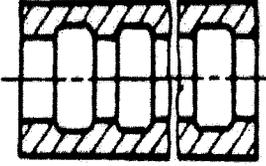
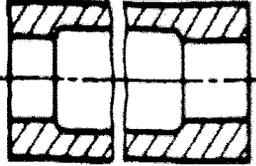
1.2.2. Правила конструирования отливок с учетом технологии изготовления

Конструкция отливки технологична в том случае, если она отвечает требованиям литейного производства и техническим условиям на ее изготовление. К требованиям литейного производства относятся возможность изготовления отливки высокого качества доступными и надежными приемами литейной технологии с учетом имеющегося на предприятии оборудования и действующих технологических процессов. Кроме того необходимо учитывать возможность минимизации затрат на изготовление отливки. При отработке на технологичность конструкции отливки, получаемой методом литья в песчаные формы, стремятся прежде всего обеспечить минимальное число поверхностей разреза модели и формы, исключить съемные части и сократить число стержней. Это снижает трудоемкость изготовления модельного комплекта, процессов формовки и сборки форм, а также повышает точность взаимного расположения отдельных элементов отливки. В табл. 1.4 приведены основные правила проектирования, применяемые при отработке конструкции отливки на технологичность.

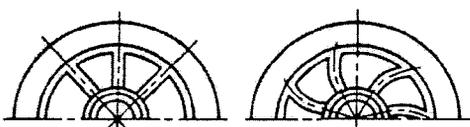
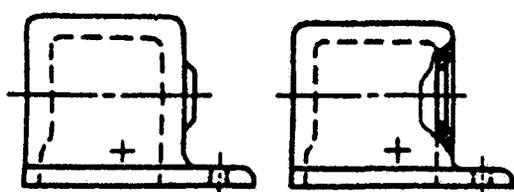
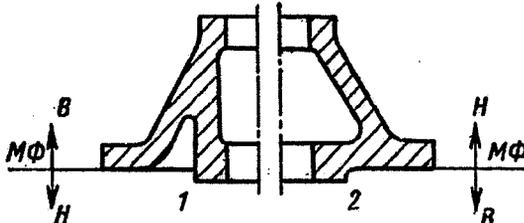
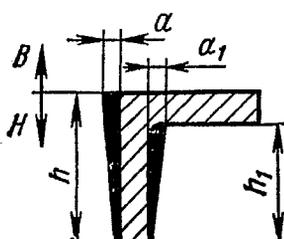
Таблица 1.4

Основные правила проектирования отливок

Правило и цель проектирования	Схема конструкции	
	нетехнологичная	технологичная
1. Для упрощения изготовления модели и формы их разъем следует осуществлять в одной плоскости		
2. Располагать по возможности отливку в одной полуформе (см. эскиз, отливка в нижней полуформе), что обеспечит повышение размерной точности отливки		

Правило и цель проектирования	Схема конструкции	
	нетехнологичная	технологичная
3. Внутренние полости следует выполнять открытыми и без поднутрений для исключения необходимости применения стержней		
4. Конструкция отливки должна обеспечить возможность крепления стержня, оформляющего ее внутреннюю полость, с обоих концов и исключить применение жеребеков		
5. Элементы, выступающие на поверхности детали и выполняемые отъемными (например, бобышки <i>Б</i>), следует объединять в одну выступающую неотъемную часть (<i>Б'</i>), что упростит модель и снизит трудоемкость формовки		
6. Внутренней полости детали, оформляемой стержнем, следует придавать простейшие очертания без поперечных перегородок и глубоких впадин		

Правило и цель проектирования	Схема конструкции	
	нетехнологичная	технологичная
7. Ребра жесткости следует располагать в плоскости разреза формы или перпендикулярно к ней, что исключит применение отъемных частей модели		
8. Двусторонние бобышки на стенке детали, подлежащие сверлению, следует заменить односторонними		
9. При оформлении внутренней полости стержнем и наличии с наружной стороны бобышек и приливов целесообразно переносить их на внутреннюю поверхность, что упростит модель		
10. Для снижения трудоемкости формовки и уменьшения расхода формовочных материалов отливки должны иметь компактную конфигурацию и по возможности небольшие габариты особенно по высоте		

Правило и цель проектирования	Схема конструкции	
	нетехнологичная	технологичная
11. В конструкции крупных шестерен, шкивов и маховиков следует применять изогнутые спицы, также назначать нечетное число спиц, что снизит внутренние напряжения в отливках		
12. Бобышки и приливы, расположенные на наружных стенках и подлежащие обработке, рекомендуется заменять выточками, если это допустимо при заданной толщине стенки отливки, что устранил применение съемных частей модели		
13. Конструкция отливки должна обеспечивать формовку с минимальным количеством стержней и съемных частей модели, что снизит трудоемкость формовки		
14. Поверхности отливки, перпендикулярные к плоскости разреза, должны иметь конструктивные литейные уклоны, облегчающие извлечение модели из формы		
Примечание. На эскизах: МФ – плоскость разреза модели и формы; В (верх) и Н (низ) – положение отливки в форме при заливке.		

Более подробная информация по технологичности конструкции отливок, получаемых различными методами литья, изложена в литературе [2, 3].

Конструкция отливки по ГОСТ 3.1125–88 регламентируется двумя основными документами:

1. Технологический чертеж отливки с модельно-литейными указаниями, который представляет собой чертеж элементов литейной формы и отливки.

2. Чертеж отливки, который отражает информацию о конфигурации, размерах, припусках и параметрах точности отливки.

1.3. Технологический чертеж отливки с модельно-литейными указаниями

1.3.1. Основные положения

Исходным документом для разработки технологического чертежа отливки и элементов литейной формы является чертеж детали, на который наносят следующие указания по изготовлению модели и отливки:

- припуск на механическую обработку;
- технологический припуск;
- технологические указания по изготовлению отливки;
- опознавательные данные, специальные требования к отливке.

Припуск на механическую обработку — дополнительный слой металла (на сторону), который удаляют в процессе механической обработки заготовки, чтобы обеспечить точность и качество поверхности детали. Поверхности, подлежащие механической обработке, обозначают знаком $\sqrt{\quad}$. Припуски на механическую обработку отливок регламентирует ГОСТ 26645–85. (см. приложение 2).

Технологический припуск упрощает и облегчает процесс изготовления отливки. К технологическим припускам относятся: литейные уклоны, напуски, приливы, галтели, усадочные ребра или стяжки.

Литейные уклоны выполняют в направлении извлечения модели из формы. Величину литейных уклонов регламентирует ГОСТ 3212–92 (см. приложение 3).

Напуск служит для упрощения изготовления отливки. Например, отверстия малого диаметра в отливках не выполняют, так как их целесообразнее просверлить при механической обработке. При массовом производстве в отливках обычно выполняют отверстия диаметром более 20 мм, при серийном – более 30 мм, при единичном – более 50 мм. Напуск на верхней горизонтальной поверхности отливки (повышенный припуск) служит для удаления при механической обработке дефектов – подкорковых газовых и шлаковых раковин, которые при заливке всплывают наверх.

Галтели – радиусы закругления внутренних углов отливки и модели для получения плавного перехода сопрягаемых стенок. Радиусы закругления принимают равными $1/5 \dots 1/3$ среднего арифметического толщин двух стенок, образующих прямой угол (см. табл. 1.2, 1.3).

Приливы предусматривают для удобства крепления отливки в приспособлении при механической обработке или для захвата отливки во время транспортировки.

Усадочные ребра и стяжки предусматривают для предохранения отливки от коробления во время затвердевания, охлаждения и термической обработки.

К технологическим указаниям по изготовлению отливки относятся:

- 1) линия разъема модели и формы;
- 2) линия разъема стержня;
- 3) расположение и размеры стержневых знаков;
- 4) место подвода питателя в форме;
- 5) расположение и конструкция прибыли;
- 6) расположение базовой поверхности для разметки;
- 7) точность и шероховатость поверхностей отливки;
- 8) величина усадки литейного сплава.

Существует упрощенная схема технологической проработки без элементов литниковой системы. Размеры и уклоны знаков, величина зазоров, фиксаторов и метки стержней регламентируются ГОСТ 3606–80 (см. приложение 4).

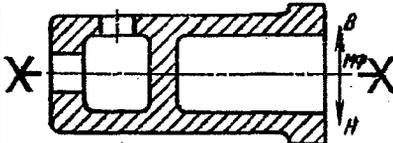
Опознавательные данные (необходимые размеры, марка сплава, масса отливки, место клеймения и др.) наносят на чертеж отливки или около него.

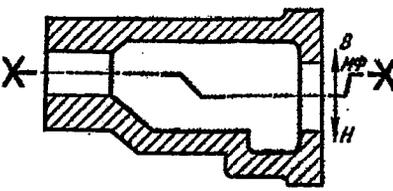
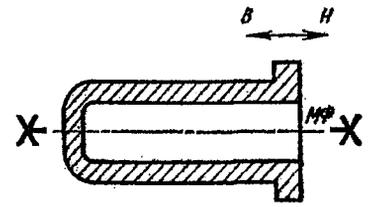
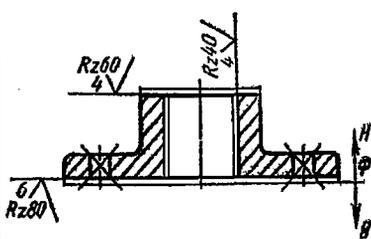
Специальные данные к отливке (технические условия на приемку, твердость и структура на отдельных участках, указания об испытаниях) также наносят на чертеж отливки.

Технологический чертеж отливки выполняется с соблюдением правил оформления чертежей литейной формы, используя условные графические обозначения элементов литейной технологии (табл. 1.5). Пример технологической разработки приведен в приложении 6.

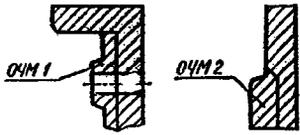
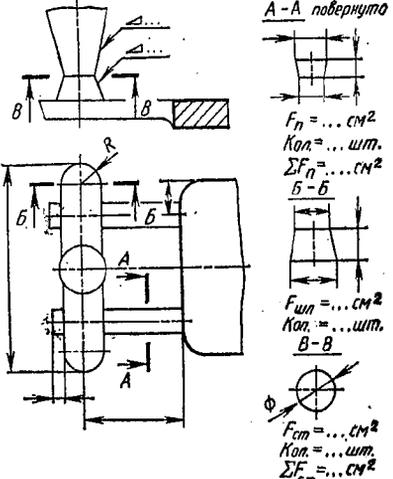
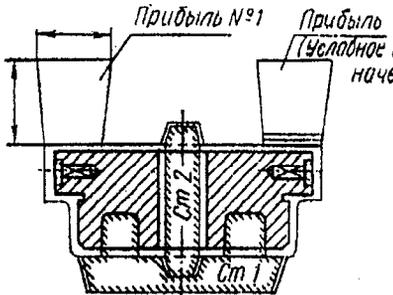
Таблица 1.5

Условные графические обозначения элементов литейной технологии

Правило выполнения условных обозначений	Графическое изображение
<i>Обозначения разъемов и положений модели, формы</i>	
<p>1. Прямую плоскость разъема модели и формы изображают на чертеже прямым отрезком основной линии, над которым проставляют буквенное обозначение разъема – МФ. Направление разъема изображают сплошной основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной линии разъема</p>	

Правило выполнения условных обозначений	Графическое изображение
<p>2. Ломаную плоскость разреза модели и формы изображают на чертеже ломаным отрезком основной линии, над которым проставляют буквенное обозначение разреза – МФ. Направление разреза изображают так же, как и при прямом разрезе (см. п. 1).</p> <p>При использовании неразъемной модели указывают только буквенное обозначение прямого (или ломаного) разреза – Ф.</p> <p>Положение отливки в форме обозначают буквами В (верх), Н (низ). Буквы проставляют у стрелок, указывающих направление разреза модели и формы</p>	
<p>3. Если литейная форма формируется в горизонтальном положении, а заливается в вертикальном, то буквенное обозначение верха и низа у стрелок разреза модели и формы не ставят. Параллельно направлению заливки проводят отрезок основной линии, у стрелок которой проставляют обозначение верха (В) и низа (Н)</p>	
<p><i>Изображение припусков</i></p>	
<p>4. Припуск на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией. Размер припуска указывают цифрой перед знаком шероховатости детали или величиной уклона и линейными размерами. Допускается при несложных отливках припуск не изображать, а указывать только его величину.</p> <p>Отверстия, впадины и т.п., не выполняемые литьем, зачеркиваются сплошной тонкой линией на всех проекциях</p>	

Правило выполнения условных обозначений	Графическое изображение
<i>Изображение и обозначение стержней</i>	
<p>5. Стержень, его знаки и фиксаторы, стержень-перемычку, разделительную диафрагму легкоотделяемой прибыли, знаки модели изображают сплошной тонкой линией в масштабе чертежа. Проставляют размеры знаков и их зазоры. Стержень в разрезе (см. эскиз) штрихуют только у контурных линий и обозначают буквами <i>Ст</i> с указанием порядкового номера, например <i>Ст1</i>.</p> <p>Если расположение проекций на чертеже детали не позволяет изображать знак стержня в масштабе, то его разрывают или изображают не в масштабе.</p> <p>На проекции, которая не дает полного представления о формовочных уклонах стержневого знака (вид в плане, например), проводят только одну линию, соответствующую наибольшему размеру</p>	
<p>6. Направление набивки стержня изображают стрелкой.</p>	
<p>7. Разъем стержневого ящика изображают стрелками.</p>	

Правило выполнения условных обозначений	Графическое изображение
<i>Изображение и обозначение отъемных частей модели</i>	
<p>8. Поверхность соприкосновения отъемной части с моделью изображают сплошной основной линией. Отъемную часть модели обозначают буквами <i>ОЧМ</i> с указанием порядкового номера, например <i>ОЧМ 1</i>, <i>ОЧМ 2</i>.</p>	
<i>Изображения и обозначения литниковой системы</i>	
<p>9. Литниковую систему изображают в масштабе чертежа тонкой сплошной линией с указанием размеров ее расположения относительно отливки (см. эскиз). Если расположение проекций не позволяет изображать литниковую систему в масштабе, то ее вычерчивают не в масштабе чертежа. Сечения элементов литниковой системы изображают на поле чертежа в одном масштабе (предпочтительно 1:1) с указанием их размеров, количества и площади сечений. Площади сечений и соответственно суммарные площади сечений элементов обозначают так: питателей – $F_n, \Sigma F_n$; шлакоуловителей – $F_{шл}, \Sigma F_{шл}$; стояков – $F_{ст}, \Sigma F_{ст}$.</p>	
<p>10. Прибыль на чертеже обозначают словом “Прибыль” с указанием порядкового номера. При наличии нескольких одинаковых прибылей им присваивают один и тот же номер и в обозначении указывают их общее количество (например, прибыль № 1; 2 шт.).</p>	

Проектирование отливки рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Анализ технологичности конструкции отливки;
2. Установление положения отливки в форме и места расположения плоскости разъема;
3. Установление параметров точности отливки по ГОСТ 26645–85;
4. Установление допусков линейных и угловых размеров, допусков формы, расположения и неровностей поверхностей, на данном этапе проектирования определяется по соответствующему номинальному размеру детали;
5. Назначение припусков на обработку отливки;
6. Расчет номинальных размеров отливки и проверка соответствия интервалов номинальных размеров отливки и детали, в случае несоответствия необходимо скорректировать допуск, припуск и пересчитать номинальные размеры отливки;
7. Назначение формовочных литейных уклонов, галтелей и других напусков;
8. Разработка элементов литейной формы.

1.3.2. Установление параметров точности отливки

Точность отливок регламентирует ГОСТ 26645–85. Точность отливки в целом характеризуют классом размерной точности отливки $K_{р.т}$, степенью коробления C_k , степенью точности поверхностей C_T , классом точности массы K_m и допуском смещения $T_{см}$. Для всех видов отливок стандарт предусматривает 22 класса точности размеров и масс отливок, 11 степеней коробления, 22 степени точности поверхностей. В совокупности эти сведения, а также допуск смещения элемента отливки по плоскости разъема представляют собой нормы точности отливки. *Пример условного обозначения отливки 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм:*

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

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

Нормы точности, а также ряды припусков на обработку для различных технологических процессов, условий изготовления и обработки приведены в приложении 2. На отдельные размеры и поверхности отливок допускается устанавливать более жесткие нормы точности, чем на отливку в целом. Допуски размеров элементов отливки, образованных двумя полуформами или полуформой и стержнем, устанавливают в соответствии с классом точности отливки. 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, а также толщины стенок, ребер устанавливают на 1–2 класса грубее.

Допуски линейных размеров отливки, изменяемых и не изменяемых последующей обработкой резанием, назначаются в зависимости от номинального размера в соответствии с классом размерной точности по табл. П2.5. Так как размеры отливки на данной стадии проектирования пока неизвестны, то для установления допусков размеров отливки используют соответствующие размеры готовой детали. В дальнейшем предстоит уточнить интервал номинальных размеров и допуск.

Допуски круглости, соосности, симметричности, пересечения осей позиционные допуски не должны превышать допусков на размеры, установленных по табл. П2.5. Допуск смещения отливки по плоскости разъема в диаметральном выражении по табл. П2.5 на уровне класса размерной точности отливки по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, выходящих на разъем или пересекающих его. Допуск смещения, вызванный перекосом стержня, устанавливают в диаметральном выражении по табл. П2.5 на 1–2 класса точнее класса размерной точности отливки, по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, формируемых с участием стержня.

Допуски формы и расположения поверхностей отливки (наибольшие допускаемые значения отклонений от прямолинейности, плоскостности, параллельности, перпендикулярности, заданного профиля) в диаметральном выражении должны соответствовать указанным в табл. П2.6.

Общий допуск элементов элемента отливки, учитывающий совместное влияние допуска размера от поверхности до базы и допусков формы и расположения поверхности, назначается по табл. П2.7.

Соответствие поверхности отливки заданной степени точности определяют по высоте неровностей поверхности. Неровность поверхности отливки подразделяют на шероховатость (микронеровности) и волнистость (мезонеровности). Параметр шероховатости Ra (среднее арифметическое отклонение профиля, мкм) должен соответствовать указанному в табл. П2.4.

Для обрабатываемых поверхностей отливок установлено симметричное расположение полей допусков размеров, формы и расположения. Для необрабатываемых поверхностей допускается симметричное и несимметричное расположение полей допусков тех же параметров. Установлено симметричное расположение полей допусков неровностей поверхности и допусков массы отливки.

1.3.3. Назначение припусков на обработку отливки

Припуски на обработку (на сторону) назначают дифференцировано на каждую обрабатываемую поверхность отливки. Общий припуск по ГОСТ 26645–85 является суммарным припуском 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. Числовое значение припуска зависит от общего допуска элемента отливки, вида окончательной механической обработки и ряда припуска.

Общий допуск элемента отливки, как отмечено выше, устанавливают по табл. П2.7. Общий допуск при назначении припуска определяют на размеры от обрабатываемой поверхности до базы обработки, при этом допуски размеров отливки, изменяемых обработкой, определяют по номинальным размерам детали. При ненормированных требованиях к точности формы и расположения поверхностей отливки общие припуски устанавливают по допускам размеров отливки от обрабатываемой поверхности до базы обработки.

Общие припуски назначают в соответствии с табл. П2.12 по полным значениям общих допусков во всех случаях кроме поверхностей вращения и противоположных поверхностей, используемых в качестве взаимных баз при их обработке: на них общие припуски назначают по половинным значениям общих допусков отливки на соответствующие диаметры или на расстояния между противоположными поверхностями отливки.

Ряд припуска определяется в зависимости от степени точности поверхности по табл. П2.8. Вид окончательной механической обработки (черновая, получистовая, чистовая, тонкая) определяется по табл. П2.9 по соотношению допуска размера от базы до обрабатываемой поверхности детали T_d после окончательной механической обработки и допуска соответствующего размера отливки T_o или по табл. П2.10 по соотношению допуска формы и расположения поверхности детали $T_{ф.д}$ и общего допуска формы и расположения поверхности отливки $T_{о.ф.общ}$. При этом выбирают больший припуск из двух значений, определенных по соотношению допусков размеров или допусков формы и расположения. Пример определения припусков на отливку отображен в табл. 1.6, обозначение размеров соответствует рис. 1.13.

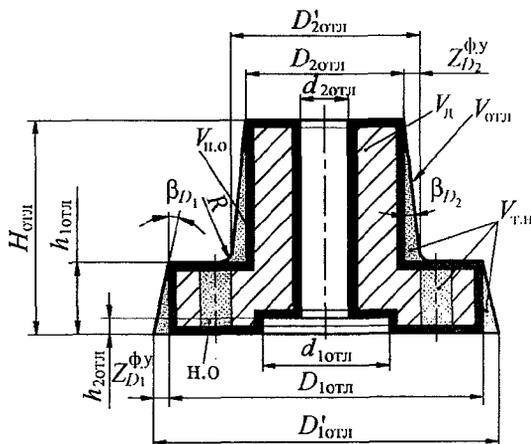


Рис. 1.13. Обозначение размеров и конструктивных элементов отливки, принятые сокращения: отл – отливка; д – деталь; п.о. – припуск на обработку; ф.у – формовочный уклон; т.н – технологические напуски; н.о – непроливаемое отверстие

Таблица 1.6

Пример определения припусков и номинальных размеров отливки

К _{ч,т} 11		Точность отливки			Материал отливки КЧ 35 – 10										
		С _к 8	С _г 13	К _н 11											
По чертежу детали		Допуски размеров и формы, мм						Ряд припуска 8		Размеры отливки, мм					
Размер	Обозначение мм	Ra, мкм	T _i ^{отп}	T _ф ^{отп}	T _ф ^{отп}	T _ф ^{отп}	T _{отп} ^{отп}	T _{Σотп} / 2 для определе- ния припуска	Отношение T _н / T _{отп}	Отношение T _н ^ф / T _{отп} ^ф	Вид окончательной мех. обработки	Общий припуск	Буквенное обозначение	Числовое значение *	Отклонения
D ₁	280 ^{h14}	12,5	1,3	6,4	0,65	1,6	7,0	3,5	0,2	0,4	черн.	3,1	D _{отп.}	285,6	±3,2
D ₂	170 ^{h14}	12,5	1	5,6	0,5	1	6,4	3,2	0,18	0,5	черн.	2,9	D _{отп.}	175,3	±2,8
d ₁	180 ^{H11}	6,3	0,25	5,6	0,125	1,6	7,0	3,5	0,04	0,078	черн.	3,1	d _{отп.}	173,9	±2,8
d ₂	70 ^{H7}	2,5	0,03	4,4	0,015	1	5,0	2,5	0,007	0,015	тонк.	4,4	d _{отп.}	61,2	±2,2
H	170 ^{h14}	12,5	1	5,6	0,5	1	6,4	3,2	0,18	0,5	черн.	2,9	H _{отп.}	175,3	±2,8
h ₁	56 ^{h14}	12,5	0,74	4,0	0,37	1	4,0	-	0,19	0,37	черн.	3,4	h _{отп.}	62,0	±2,0
h ₂	25 ^{js9}	3,2	0,052	3,6	0,026	1	4,0	-	0,014	0,026	тонк.	5,8	h _{отп.}	22,1	±1,8

Примечание. * Числовое значение размеров округлено до первого знака после запятой в сторону увеличения припуска

Номинальный размер отливки согласно ГОСТ 26645–85 следует принимать равным номинальному размеру детали для необрабатываемых поверхностей и сумме среднего размера детали и общего припуска на обработку – для обрабатываемых поверхностей:

$$D_{\text{отл}} = D_i - 0,5T_{Di}^{\text{д}} + 2z_{Di}; \quad d_{\text{отл}} = d_i + 0,5T_{di}^{\text{д}} - 2z_{di}.$$

1.3.4. Литниковые системы

Литниковые системы должны отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать заполнение формы расплавом за установленное время;
- подводить металл в полость формы с малой скоростью для предотвращения размыва частей формы и завихрения расплава при его движении;
- препятствовать засасыванию воздуха в стояк потоком расплава при его заливке в литниковую чашу, задерживать шлак и другие неметаллические включения;
- создавать оптимальный тепловой режим формы и обеспечивать получение качественных отливок (плотных, без трещин, пригара, и т.п.);
- обеспечивать удобства формовки;
- иметь чашу, питатели и другие элементы минимально допустимых размеров;
- легко отделяться от отливки без ее повреждения.

Соотношение площадей сечений основных элементов литниковой системы могут быть последовательно уменьшающимися (запертая, расширяющаяся литниковая система) или последовательно увеличивающимися (открытая, сужающаяся) от стояков к питателю. В первом случае обеспечивается хорошее отделение неметаллических включений, но расплав поступает в форму с повышенными скоростями.

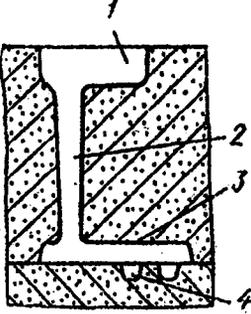
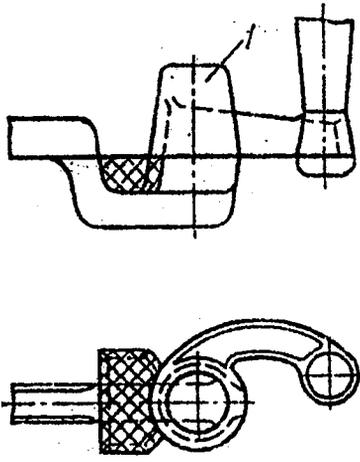
Сужающуюся литниковую систему применяют при изготовлении отливок из легкоокисляющихся сплавов (сталь, алюминий и др.) и крупных литых деталей. Для шлакоотделения в сужающуюся литниковую систему устанавливают фильтровальные сетки или расплав в форму заливают из стопорных ковшей.

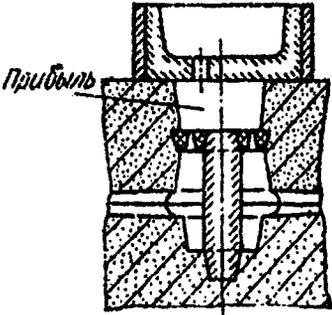
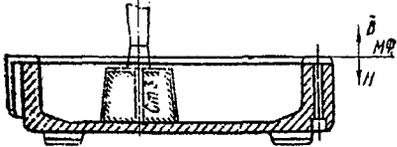
Шлакоуловители могут иметь различную форму: прямую, кольцевую, П-образную и т.д. Сечение шлакоуловителей, а также питателей бывает трапециевидное, круглое, полукруглое и т.д.

Литниковые чаши применяют также различных конструкций. Для заливки средних, крупных и тяжелых чугуновых отливок применяют преимущественно чашу с перегородками, нижним и боковым уступом. Эти чаши хорошо отделяют шлаковые и другие неметаллические включения, способствуют спокойной заливке. Для заливки средних отливок применяют литниковые чаши без перегородок и уступов, для мелких — воронки.

В табл. 1.7 представлены основные типы литниковых систем.

Типы литниковых систем

Особенности и назначение	Графическое изображение
<i>Горизонтальная</i>	
<p>Состоит из чаши 1, стояка 2, шлакоуловителя 3, расположенных в горизонтальной плоскости разреза формы. Возможно применение прибылей, не связанных непосредственно с питателем 4. Применяют при изготовлении широкой номенклатуры отливок из всех сплавов, отливок разнообразной сложности и массы, не имеющих термических узлов.</p>	
<i>Горизонтальные с элементами торможения и питания</i>	
<p>В отличие от предыдущего типа эта литниковая система имеет дополнительные элементы (см. эскиз), увеличивающие гидравлическое сопротивление и улучшающие отделение шлака и других неметаллических включений. К ним относятся центробежная бобышка 1, сетки (кремнийорганические, керамические и др.), перегородки и дроссели. Применяют, как правило, при изготовлении мелких и средних, а также ответственных по назначению отливок, не имеющих термических узлов. Отличительной особенностью горизонтальной литниковой системы с питающими элементами является наличие питающей бобышки. Расплав, находящийся в ней, питает отливку или термический узел при затвердевании. Применяют при изготовлении отливок (кроме стальных) с термическими узлами, для которых использование прибылей нерационально.</p>	

Особенности и назначение	Графическое изображение
<i>Вертикальная</i>	
<p>Вертикальная литниковая система в отличие от горизонтальной имеет питатели, расположенные в вертикальной плоскости разъема формы. Подвод расплава может осуществляться ярусным, дождевым и другими методами. Литниковая система может иметь элементы торможения. Используют при изготовлении отливок с кантовкой форм под заливку на 90°, а также отливок из различных сплавов, любой массы и сложности, с массивными частями или равномерно толстостенных.</p>	
<i>Верхняя</i>	
<p>Вертикальная литниковая система, обеспечивающая подачу расплава в полость литейной формы сверху без кантовки ее на 90°. Применяют при изготовлении мелких и средних отливок из различных сплавов с тонкими стенками.</p>	

Расчет литниковых систем основан на применении уравнений гидравлики для идеальных жидкостей, текущих в газонепроницаемых каналах. Так как жидкий металл не является идеальной жидкостью, а форма газопроницаема, дополнительно используют опытно-экспериментальные данные. Расчет производят после выбора типа литниковой системы. Примерный расчет литниковой системы для чугунных, стальных, цветных сплавов выполняют в следующей последовательности.

Определяют время заполнения полости формы расплавом:

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

где τ – продолжительность заливки, с; s – коэффициент, учитывающий жидкотекучесть сплава и тип литниковой системы (табл. 1.8); δ – преобладающая или средняя толщина стенки отливки, мм; G – общая масса отливки, литников и прибылей, кг.

Значения коэффициента s

Сплавы	Литниковая система	
	Горизонтальная	Вертикальная
Чугуны	2,0 / 3,4	- / 3,9
Стали:		
углеродистые	0,9...1,75 / -	- / -
легированные	0,4...0,8 / -	- / -
Алюминиевые	1,9...2,5 / 2,3...2,7	2,7...3,0 / 3,3 ... 4,0
Магниевые	2,4...2,8 / 2,5...2,9	3,0...4,3 / 3,7...4,2
Медные	1,9...2,1 / -	- / -
Примечания: 1. В числителе приведены значения для песчаной формы, в знаменателе – для кокиля. 2. Меньшие значения принимают для мелких отливок, большие – для крупных.		

Суммарную площадь сечений питателей определяют по формуле:

$$F_{\text{п}} = \frac{G}{\mu \cdot \tau \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{ср}}}},$$

где G – масса отливки, литников и прибылей, кг; μ – общий коэффициент расхода в литниковой системе (табл. 1.9); ρ – плотность сплава, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; $H_{\text{ср}}$ – средний гидростатический напор, м.

Средний гидростатический напор

$$H_{\text{ср}} = H_{\text{ст}} - h_{\text{в}}^2 / (2 h_0),$$

где $H_{\text{ст}}$ – высота стояка от уровня чаши или воронки до питателя, м; $h_{\text{в}}$ – высота части отливки от питателя до ее самой высокой точки, м; h_0 – общая высота отливки, м.

При заливке сверху, когда $h_0 = 0$, $H_{\text{ср}} = H_{\text{ст}}$. При сифонной заливке, когда $h_{\text{в}} \approx h_0$, $H_{\text{ср}} = H_{\text{ст}} - h_0 / 2$. При подводе металла по разъему с частичным свободным падением, когда $h_{\text{в}} = 0,5 h_0$, $H_{\text{ср}} = H_{\text{ст}} - h_0 / 8$.

Таблица 1.9

Значения коэффициента μ

Сплав	Сопротивление формы		
	малое	среднее	высокое
Чугун	0,50 / 0,60	0,42 / 0,48	0,35 / 0,41
Сталь	0,42 / 0,50	0,32 / 0,38	0,25 / 0,30
Примечания: 1. В числителе приведены данные для сырой формы, в знаменателе – для сухой. 2. Малое сопротивление формы – сопротивление без поворота струи; среднее – при одном повороте струи на 90°; высокое – при двух поворотах струи на 90°.			

Площади поперечных сечений шлакоуловителя $F_{ш}$ и стойка $F_{ст}$ определяют из соотношения $F_{п} : F_{ш} : F_{ст}$ (табл. 1.10).

Таблица 1.10

Соотношения площадей питателей, шлакоуловителя и стойка

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

В зависимости от площади поперечного сечения определяют размеры шлакоуловителя (табл. 1.11) и питателя (табл. 1.12). Длину питателя берут в пределах 10...50 мм.

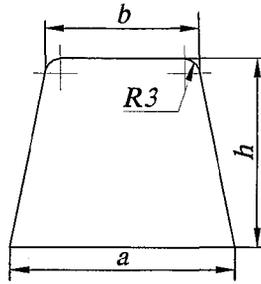


Рис. 1.14. Размеры шлакоуловителей

Таблица 1.11

Размеры шлакоуловителей

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

Примечание. В числителе приведены значения при $h = a$, в знаменателе – при $h = 1,25a$.

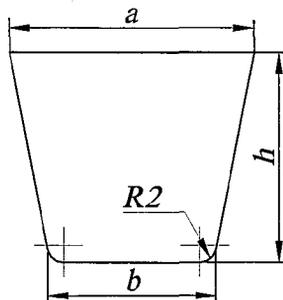


Рис. 1.15. Размеры трапециевидальных питателей

Таблица 1.12

Размеры трапециевидных питателей

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

Сечение выпора в основании принимают равным $1/2 \dots 3/4$ сечения стенки отливки.

Для заливки металла используют нормализованные *воронки* (рис. 1.16) или *литниковые чаши* (рис. 1.17) размеры которых выбирают в зависимости от диаметра стояка и с учетом обеспечения нормальной заливки формы. Нормализованные воронки изготовляют с градуированными сечениями стояка. Для воронок № 1, 2, 3, 4 сечения стояков соответственно равны 18, 23, 27, 30 см^2 .

Для предупреждения образования усадочных раковин в отливках применяют специальные приливы – *прибыли*. Прибыли предусматривают при изготовлении отливок из высокопрочных, высоколегированных чугунов, сталей, цветных сплавов, склонных к образованию усадочных дефектов. Отливки из серого чугуна отливают с прибылями, если литые детали имеют толстостенные сечения или элементы, которые нельзя подпитать с помощью питающих бобышек.

В соответствии с принципом направленной кристаллизации при заливке тонкие элементы отливки располагают внизу, а массивные – наверху. На последние сверху устанавливают прибыли. Когда такая конструкция прибыли не приемлема, для отдельных термических узлов предусматривают боковые прибыли. Их располагают так, чтобы верхний уровень металла в прибыли был выше верхней точки питаемого узла. Для обеспечения направленности затвердевания используют холодильники.

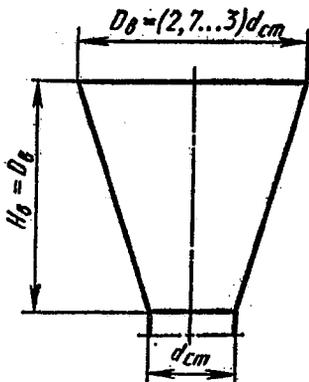


Рис. 1.16. Воронка

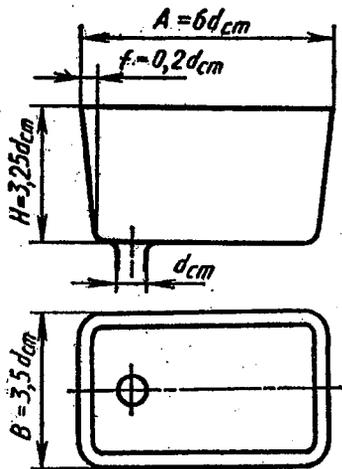


Рис. 1.17. Литниковая чаша

Отсутствие возможностей образования усадочных дефектов в отливке проверяют по чертежу методом вписанных окружностей, которые должны свободно выкатываться из нижних сечений отливки в верхние и далее в прибыль.

Масса расплава в прибыли должна составлять 0,8...1,5 массы питаемого узла отливки. Диаметр прибыли $D_{пр}$ определяют в зависимости от вида отливки. Для равностенных отливок с отношением преобладающих толщин 1,5...2,5:

$$D_{пр} = (0,4 \div 0,45) \cdot \sqrt{V_y} + \delta,$$

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

Для отливок с массивным питаемым узлом:

$$D_{пр} = d_{ок} + (0,1 \div 0,2) \cdot \sqrt[3]{G_y},$$

где $d_{ок}$ – диаметр окружности, вписанной в питаемый узел, мм ; G_y – масса питаемого узла, г .

Эллипсоидные открытые и закрытые, а также прямоугольные открытые прибыли применяют при получении средних и крупных отливок. Их размеры определяют по табл. 1.13.

Размеры закрытых боковых прибылей должны соответствовать соотношениям:

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

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

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

$$n = \frac{L}{(0,8 \div 1,2) \cdot d_{\text{ок}} + D_{\text{пр}}},$$

где L – длина питаемого узла.

Таблица 1.13

Соотношение основных размеров прибылей

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

Примечание: $b_{\text{пр}}$ – ширина основания прибыли; $h_{\text{пр}}$ – высота прибыли.

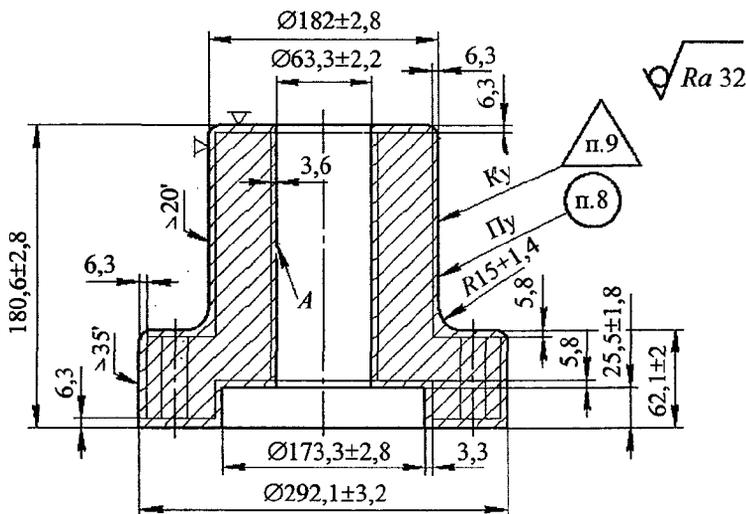
Более подробную информацию по тематике проектирования литейной технологии содержит литература [4].

1.4. Разработка и оформление чертежа отливки

Чертеж отливки с техническими требованиями должен содержать все данные, необходимые для изготовления и контроля отливки. Выполняется чертеж в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и ГОСТ 3.1125–88. Масштаб изображения 1:1. В графе основной надписи чертежа под наименованием детали пишут слово «отливка». При вычерчивании отливки учитывают припуски с указанием их величины. В целях наглядности сплошной тонкой линией изображают контуры готовой детали (обрабатываемые поверхности). Пример разработки чертежа отливки отражен на рис. 1.18.

Отливка на чертеже изображается такой, какой она выдается из литейного цеха. При этом остатки питателей, выпоров и прибылей, если они не удаляются полностью в литейном цехе, изображаются на чертеже отливки. Линия отрезки должна соответствовать способу отрезки: при отрезке резцом, пилой, дисковой

фрезой её выполняют сплошной тонкой линией, при огневой отрезке или обламывании – сплошной тонкой волнистой линией.



- 1 Точность отливки 13Т-7-13-13 ГОСТ 26645-85
- 2 Масса 8,32 – 1,15 – 0,35 – 9,82 ГОСТ 26645-85
- 3 Материал МЛ5 ГОСТ 2856-79
- 4 Неуказанные литейные радиусы $R\ 2..3$
- 5 Поверхность отливки очистить от пригара
- 6 Раковины на поверхности A не допускаются
- 7 Заусенцы и острые кромки не допускаются
- 8 Маркировать номер плавки
- 9 Клеймить: клеймо ОТК (БТК) об окончательной приёмке

Рис. 1.18. Пример оформления чертежа отливки

Номинальный размер отливки согласно ГОСТ 26645–85 следует принимать равным номинальному размеру детали для необрабатываемых поверхностей и сумме среднего размера детали и общего припуска на обработку – для обрабатываемых поверхностей. Размеры всех элементов отливки должны быть указаны с предельными отклонениями. В соответствии с ГОСТ 2.308–79 допуски формы и расположения поверхностей указывают в виде условных обозначений или текстом в технических требованиях. Обозначение шероховатости, одинаковой для всех поверхностей отливки, помещают в правом углу чертежа. На изображении отливки следует указывать черновые технологические базы (базы первой операции мех. обработки). Черновые базы первоначальной обработки указывают на

соответствующих поверхностях специальными значками Δ . Контролируемые размеры рекомендуется указывать от черновых баз.

Технические требования на изготовление отливки составляют на основе требований, предъявляемых к детали, и примечаний, сформулированных на чертеже элементов литейной формы. В них отражают нормы точности отливки; вид термообработки и гарантируемую твердость; сведения о формовочных уклонах и неуказанных радиусах закруглений; перечень мероприятий, выполнение которых обеспечивает требуемое качество поверхностного слоя отливки (очистка от пригара, заварка раковин, удаление заусенцев и острых кромок), информацию о маркировке с указанием места нанесения. Технические требования располагают над основной надписью чертежа без заголовка.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАМПОВАННОЙ ПОКОВКИ

2.1. Основные этапы проектирования технологического процесса горячей объемной штамповки

Приступая к разработке технологического процесса штамповки, технолог анализирует чертеж готовой детали. В первую очередь выясняется ее технологичность (соответствие конструкции возможности применения рационального для данных условий производства технологического процесса изготовления поковки). При обнаружении недостатков конструкции детали, противоречащих условиям технологичности, технолог с конструктором вносят изменения, улучшающие технологичность детали без снижения ее качества. По окончательно согласованному чертежу детали технолог намечает вариант штамповки (на молоте, прессе и т. д.). После выбора эффективного варианта штамповки (обоснованного технико-экономическими расчетами) в продолжение разработки технологического процесса входит: составление чертежа поковки и расчет ее массы; выбор переходов штамповки; расчет объема, размеров и массы исходной заготовки; установление термического режима штамповки и охлаждения поковок; выбор оборудования; указания о завершающих операциях (термообработке, очистке) и методах контроля поковок.

2.2. Анализ технологичности конструкции поковок

Форма поковки определяется конфигурацией детали и принятым способом штамповки. Все элементы штампованной поковки должны иметь простую геометрическую форму и плавно сопрягаться друг с другом. Технологически рациональную форму поковки выбирают с учётом следующих рекомендаций [1, 2, 3]:

- рационально одностороннее расположение рёбер, бобышек и других выступающих элементов;
- следует избегать резких переходов по сечению детали (площадь поперечного сечения по длине детали не должна изменяться более чем в 3 раза);

- толщину полотна не следует делать очень малой во избежание быстрого остывания поковки, ведущего к снижению стойкости штампа;
- при штамповке (высадке) утолщений на концах стержней диаметр высаженной части не должен быть больше 4-х диаметров исходной заготовки, а высота высаженного утолщения должна быть более $0,05 \dots 0,125$ диаметра утолщения;
- деталь не должна иметь длинных, узких отрезков в плоскости полотна.

При отработке конструкции штампованной поковки на технологичность следует проверить возможность изменения конструкции детали или её элементов с целью упрощения конфигурации поковки. К важным технологическим требованиям, предъявляемым к конструкции штампуемых деталей, относится возможность рационального выбора плоскости разреза штампа. Деталь технологична, если ее конструкция обеспечивает легкое извлечение поковки из полости штампа без существенного упрощения формы детали, за счет назначения напусков.

Влияние положения плоскости разреза на конфигурацию повокоек представлено на рис. 2.1.

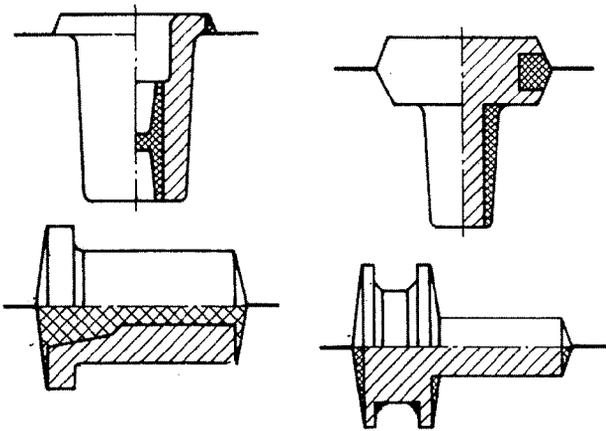


Рис. 2.1. Влияние положения плоскости разреза на конфигурацию поковки: двойной штриховкой показан напуск

Необходимо проверять возможность получения поковки в закрытом ручье вместо открытого или перевода штамповки с молота на другие кузнечные машины, применения комбинированных способов изготовления поковки (вальцовка-штамповка на молоте или прессе и другие).

Для уменьшения расхода металла и упрощения штамповки иногда рационально разбить деталь на две и более частей простой формы для штамповки их порознь с последующей сваркой. Для мелких повокоек более выгодна штамповка двух и более заготовок в одной поковке с последующей разрезкой.

2.3. Выбор штамповочного оборудования и типа штампа

Для изготовления одних и тех же деталей применяют различное оборудование и различные типы штампов, при этом значительно может изменяться конфигурация поковки, размеры напуска, припуска и точность изготовления.

В качестве штамповочного оборудования используются пневматические штамповочные молоты, кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП), гидравлические прессы, горизонтально-ковочные машины (ГКМ), ковочные вальцы, радиально-обжимные машины и другое специализированное оборудование. Подробнее смотри литературу [1, 2, 3, 6].

В зависимости от типа штампа выделяют штамповку в открытых и закрытых штампах. Выбор способа штамповки и типа штамповочного оборудования зависит от типа производства, конструктивных особенностей детали, марки материала, требований к точности и механическим свойствам, условий обеспечения оптимальной макроструктуры детали, экономичности тех. процесса. Например, для цилиндрической детали с фланцем (рис. 2.2) могут быть применены и молот и пресс и оба типа штампа. Однако конфигурация и размеры поковки в каждом случае будут различными. При этом из-за лучшего течения металла вверх при штамповке на молоте формообразование фланцевой части поковки предусматривается в верхней части штампа (рис. 2.2, а, б).

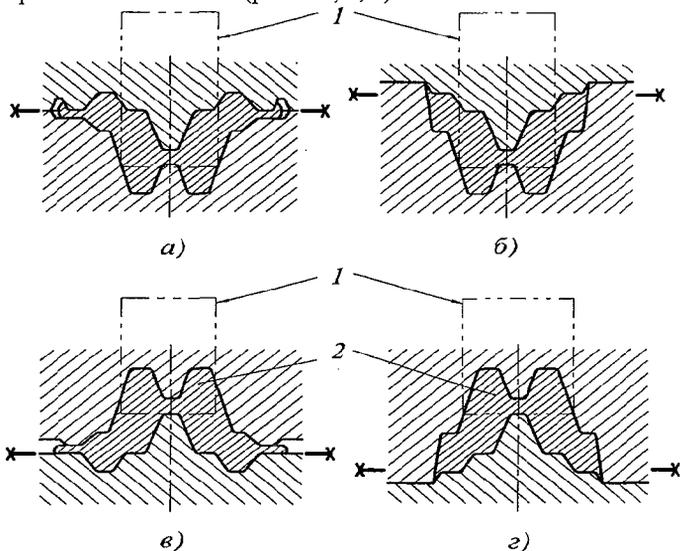


Рис. 2.2. Схемы штамповки: а и б – на молоте соответственно в открытом и закрытом штампах; в и г – на КГШП соответственно в открытом и закрытом штампах; 1 – контур исходной заготовки; 2 – штампованная поковка

Поверхность разъема при открытой штамповке располагают посередине толщины фланца поковки (рис. 2.2, а, в), при штамповке в закрытом штампе разъем совмещают с одной из торцовых поверхностей поковки: верхней для молота (рис. 2.2, б), нижней для КГШП (рис. 2.2, г).

Штамповка в открытых штампах характеризуется переменным зазором между подвижной и неподвижной частями штампа. В этот зазор вытекает часть металла – облой, который закрывает выход из полости ручья штампа и заставляет остальной металл целиком заполнить всю полость. В конечный момент деформирования в облой выжимаются излишки металла, что позволяет не предъявлять высоких требований к точности исходных заготовок по массе. Облой затем обрезается в специальных штампах. Штамповкой в открытых штампах можно получать поковки практически всех типов.

Штамповка в закрытых штампах характеризуется тем, что полость штампа в процессе деформирования остается закрытой, т.е. металл деформируется в закрытом пространстве. Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа постоянный и незначительный по величине – он только предохраняет штамп от заклинивания. Отсутствие заусенца сокращает расход металла, отпадает необходимость в обрезных прессе и штампе. Однако отсутствие заусенца вызывает необходимость использовать точные исходные заготовки из калиброванного проката или предварительно механически обработанные. Данный тип штампа применяется для сравнительно простых деталей, в основном тел вращения. Поковки, полученные в закрытых штампах, имеют более благоприятную структуру, так как волокна обтекают контур поковки, а не перерезаются в месте выхода металла в облой. При штамповке в закрытых штампах металл деформируется в условиях всестороннего неравномерного сжатия при больших сжимающих напряжениях, чем в открытых штампах. Это позволяет получать большие степени деформации и штамповать малопластичные сплавы.

В отличие от штампов молотовых и прессовых штампы для ГКМ имеют две взаимно перпендикулярные плоскости разъема, могут быть открытыми и закрытыми. Наличие двух разъемов в штампе создает лучшие условия для выполнения операции высадки, позволяет значительно снизить напуски и штамповочные уклоны. ГКМ представляет собой механический пресс, расположенный в горизонтальной плоскости. Кроме главного деформирующего ползуна имеется ползун, движение которого перпендикулярно движению главного ползуна, осуществляющего смыкание и размыкание блока матриц. Штамповка на ГКМ обеспечивает экономию металла за счет снижения объема напусков, а также возможностью штамповать от прутка, исключая операции предварительной резки прутков. Следует отметить меньшую жесткость ГКМ, чем КГШП, поэтому поковки, изготавливаемые на ГКМ по величине припусков и допусков ближе к молотовым, чем к прессовым. К недостаткам также относятся следующие факторы: ограниченная номенклатура поволоков, сравнительно небольшая масса поволоков (30...50 кг), более низкая стойкость штампов.

На рис. 2.3 приведены примеры конструкций поковок в зависимости от типа штампа и оборудования.

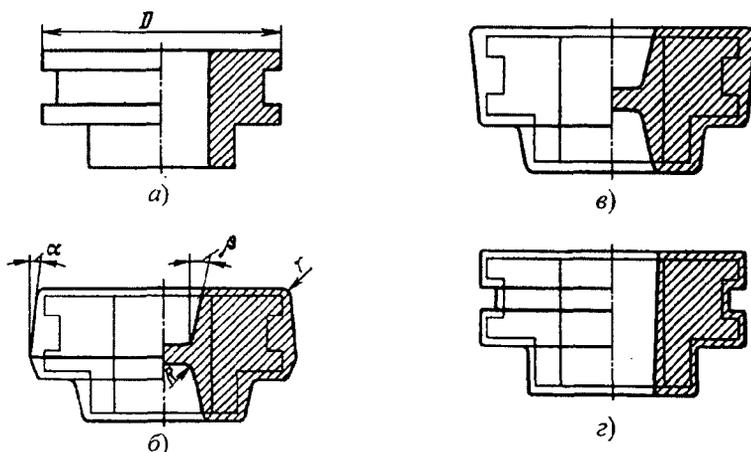


Рис. 2.3. Примеры конструкций поковок: *a* – деталь; *б* – поковка, полученная в открытом штампе на молоте; *в* – поковка, полученная в закрытом штампе на КГШП; *г* – поковка, полученная в закрытом штампе с двумя плоскостями разъема на ГКМ

2.4. Составление чертежа поковки

Чертеж поковки разрабатывают по чертежу готовой детали, при этом следует руководствоваться следующими основными положениями.

1. Волокна металла в поковке должны быть расположены так, чтобы улучшались прочностные свойства ее отдельных элементов. Например, в поковках зубчатых колес требуется радиальное расположение волокон, в кольцеобразных поковках – тангенциальное.

2. Допуски по необрабатываемым элементам детали должны соответствовать допускам, установленным для них на штамповку (ГОСТ 7505–89).

3. Припуски на механическую обработку (ГОСТ 7505–89) должны назначаться на те элементы, чистота поверхности и точность размеров которых не могут быть получены обработкой давлением.

4. На чертеже поковки должна быть установлена база для первой операции механической обработки.

5. На чертеже поковки должны быть указаны штамповочные уклоны, радиусы закруглений и наметки отверстий по ГОСТ 7505–89.

6. Чертеж поковки рекомендуется выполнять в масштабе 1:1.

7. На чертеж поковки наносят основные технические условия (марка материала, масса поковки и т. д.).

8. Следует показывать тонкой (или штрихпунктирной) линией основные контуры готовой детали, что дает наглядное представление о величине напусков и припусков на механическую обработку. Размеры готовой детали проставляют в скобках под размерной линией соответствующих размеров поковки.

9. Размеры на чертеже поковки наносят от исходных баз механической обработки. При ведении отсчета размеров от одной базы точность изготовления выше и улучшаются условия контроля. Кроме того система простановки размеров должна быть построена с учетом того, чтобы было удобно проверить величины припуска сравнением размеров на чертеже поковки с соответствующими размерами готовой детали, проконтролировать размеры и разметить поковки.

10. В технических требованиях к чертежу должны быть даны указания о термообработке и твердости поковки, о неговоренных штамповочных уклонах и радиусах закруглений, о неговоренных допусках на размеры и взаимное положение поверхностей поковки.

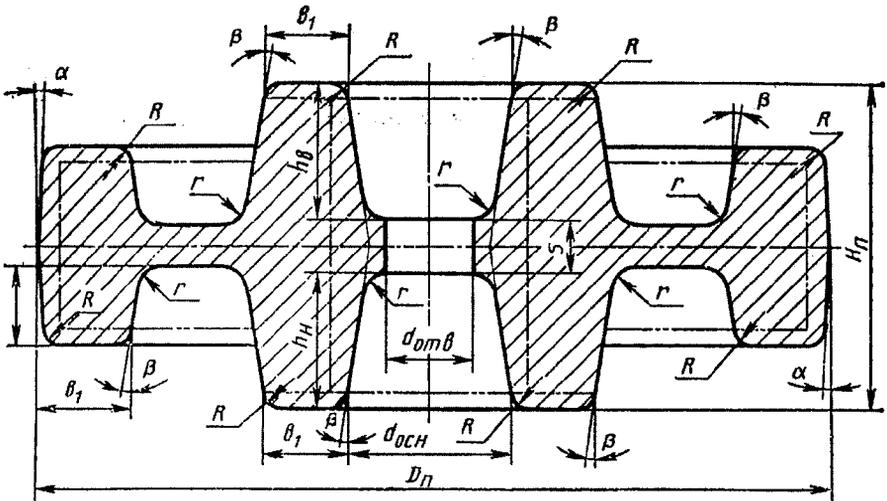


Рис. 2.4. Чертеж поковки: R и r – соответственно радиусы наружных и внутренних закруглений; α и β – соответственно наружный и внутренний штамповочные уклоны; $D_{\text{п}}$ – диаметр поковки; $H_{\text{п}}$ – высота поковки; $h_{\text{н}}$ и $h_{\text{в}}$ – глубина соответственно нижней и верхней наметок под отверстие; $d_{\text{осн}}$ – диаметр основания наметки отверстия; $d_{\text{отв}}$ – диаметр отверстия, пробиваемого в перемычке на обрезном штампе

Составление чертежа поковки проводят в следующей последовательности:

- 1) устанавливают плоскости разъема штампа;
- 2) намечают напуски и припуски на обработку резанием;
- 3) определяются штамповочные уклоны и радиусы закруглений;
- 4) в поковках с отверстием намечаются контуры углублений для последующей прошивки;
- 5) назначают допуски на размеры.

Плоскость разъема. Разъем верхней и нижней половин штампа на чертеже поковки обозначается линией, точное положение которой может быть определено после назначения припусков и установления величины штамповочных уклонов. Линия разъема назначается с учетом свободного извлечения поковки из штампа, упрощения конструкции молотового и обрезного штампов, удобства обрезки облоя, уравнивания сдвигающих усилий, возможности обнаружения сдвига верхней части поковки относительно нижней в результате неправильной установки штампов или их смещения в процессе штамповки, требуемой направленности волокон в поковке.

При штамповке шестерен плоскость разъема штампа должна быть перпендикулярна к оси детали. В этом случае макроструктура получается одинаковой у всех зубьев шестерни и обеспечивает их высокую прочность.

Для молотового штампа предусматривают расположение более глубоких и труднозаполняемых полостей в верхней части, так как при штамповке под молотом металл лучше течет вверх.

В открытом ручье разъем следует устанавливать в плоскости двух наибольших взаимно перпендикулярных размеров поковки.

При штамповке в закрытом ручье линию разъема устанавливают на боковой поверхности поковки у верхней или нижней ее кромки так, что штамповочные уклоны идут от нее только в одну сторону, т. е. вниз или вверх.

Допуски и припуски на механическую обработку стальных штампованных повок массой до 250 кг, изготовленных горячей объемной штамповкой установлены ГОСТ 7505–89 с учетом следующих факторов: массы поковки, требуемой точности ее изготовления, группы стали, степени сложности поковки, ее размеров и качества поверхности.

Расчетная масса поковки определяется исходя из ее номинальных размеров. Ориентировочную величину расчетной массы поковки вычисляют по следующей формуле

$$M_{п.р} = M_{д} K_p,$$

где $M_{д}$ – масса детали, кг; K_p – расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с приложением 5 по табл. П5.2.

Масса детали может быть определена по формуле:

$$M_{д} = V \rho,$$

где ρ – плотность материала детали, кг/мм³; V – объем детали, мм³, вычисляемый на основании её чертежа путём разбивки на элементарные геометрические фигуры.

Класс точности поковки устанавливают в зависимости от применяемого оборудования для ее изготовления и типа штампа (табл. П5.1).

В зависимости от средней массовой доли углерода и суммарной массовой доли легирующих элементов установлены три группы стали:

- М1 – сталь с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2,0 % включительно;
- М2 – сталь с массовой долей углерода свыше 0,35 % до 0,65 % включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 % до 5,0 %;
- М3 – сталь с массовой долей углерода свыше 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 %.

При назначении группы стали определяющим является среднее массовое содержание углерода и легирующих элементов :Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, V

Например, к группе М1 относится сталь марок 15ХМ, 5сп, 12ХМ, 20ГС, 20Х, 25ГС; к группе М2 – стали 38ХГН, 35ХМ, 40Х, 50Г2, 45, 30ХГСА; к группе М3 – стали 12Х18Н9; 10Х11Н20Т2Р.

Степень сложности является одной из конструктивных характеристик формы поковки, которая используется при назначении припусков и допусков. Степень сложности определяют путем вычисления отношения массы (объема) M_n поковки к массе (объему) M_ϕ геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром, призмой (см. рис. 2.5).

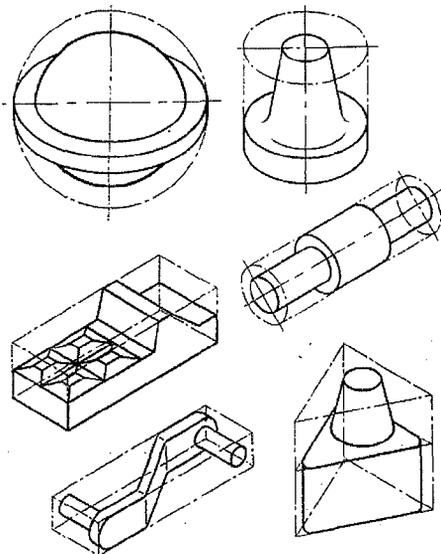


Рис. 2.5. Форма геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки

При вычислении отношения M_n / M_ϕ принимают ту из геометрических фигур, масса (объем) которой наименьший. При определении размеров описывающей поковку геометрической фигуры допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение ее обработанных поверхностей.

Степень сложности повок соответствует следующие численные значения отношения M_n / M_ϕ :

- С1 – св. 0,63
- С2 – св. 0,32 до 0,63 включ.
- С3 – св. 0,16 до 0,32 включ.
- С4 – до 0,16 включ.

Степень сложности С4 устанавливается для поковок с тонкими элементами, например в виде диска, фланца, кольца.

Для поковок, полученных на горизонтально-ковочных машинах, допускается определять степень сложности формы в зависимости от числа переходов:

С1 – не более чем при двух переходах;

С2 – при трех переходах;

С3 – при четырех переходах;

С4 – более чем при четырех переходах.

Исходный индекс для последующего назначения припусков, допусков определяется в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности поковки по табл. 2.1.

Таблица 2.1

Определение исходного индекса поковки

Исходный индекс = G + M + C + T									
Масса, кг	G	Группа стали	M	Степень сложности	C	Класс точности	T		
До 0,5	1	M1	0	C1	0	T1	0		
Св.0,5 до 1,0	2						T2	2	
Св.1,0 до 1,8	3					C2	1	T3	4
Св.1,8 до 3,2	4								
Св.3,2 до 5,6	5	M2	1			T3	4		
Св.5,6 до 10,0	6								
Св.10,0 до 20,0	7					C3	2	T4	6
Св.20,0 до 50,0	8	M3	3						
Св.50,0 до 125,0	9							T5	8
Св.125,0 до 250,0	10					C4	3		

По ГОСТ 7505–89 различают суммарный, основной и дополнительный припуски на мех. обработку.

Основные припуски на механическую обработку поковок в зависимости от исходного индекса, устанавливаются по табл. П5.3 приложения 5. При назначении величины припуска на поверхность, положение которой определяется двумя и более размерами поковки, устанавливается наибольшее значение припуска для данной поверхности.

Дополнительные припуски, учитывающие смещение поковки по поверхности разреза штампа или отклонение от плоскостности, устанавливают по табл. П5.4, П5.5.

Суммарный припуск на сторону включает в себя основной и дополнительный припуски. Для установления суммарного припуска на цилиндрическую поверхность применяют дополнительный припуск, учитывающий смещение поковки по поверхности разреза штампа Z_c :

$$Z_{Di\Sigma} = Z_{Di} + Z_c.$$

Для установления суммарного припуска на плоскую поверхность применяют дополнительный припуск, учитывающий отклонение от плоскостности $Z_{o.п.}$:

$$Z_{Hi\Sigma} = Z_{Hi} + Z_{o.п.}$$

Номинальные значения размеров поковки определяют, исходя из номинальных значений размеров детали и соответствующих суммарных припусков. Например, для наружной цилиндрической поверхности:

$$D_{in} = D_i + 2 Z_{Di\Sigma}.$$

Разрешается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0,5 мм.

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок назначаются в зависимости от исходного индекса и размеров поковки по табл. П5.6 приложения 5. Допускаемые отклонения внутренних размеров поковок должны устанавливаться с обратными знаками.

В табл. 2.2 приведен пример определения припусков, размеров поковки и их отклонений. Обозначение размеров соответствует рис. 2.6.

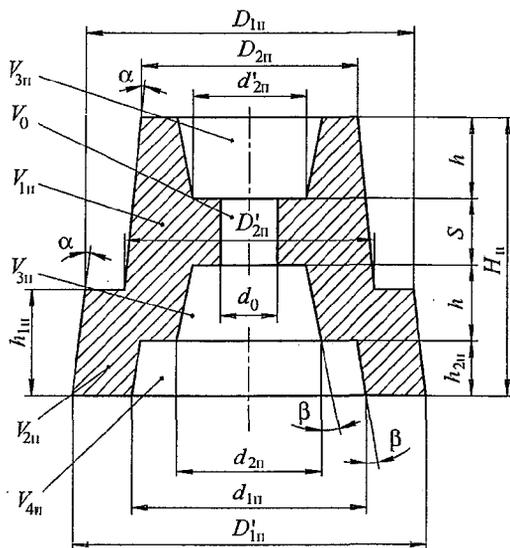


Рис. 2.6. Обозначение конструктивных элементов поковки

Таблица 2.2

Пример определения припусков, размеров поковки и их отклонений

Исходные данные			Параметры поковки						Исходный индекс	
Оборудование	Тип штампа	Материал заготовки	Масса детали, кг	Расчетный коэффициент K_p	Масса поковки, кг	Группа стали	Степень сложности	Класс точности		
КТШП	закр.	Сталь 20Х	4,35	1,7	7,4	М1	С1	Т2	8	
По чертежу детали			Припуск, мм						Размеры поковки	
Размер	Числовое значение	Параметр шероховатости R_a , мкм	Основной Z_i	Дополнительный		Общий $Z_{i\Sigma}$	Обозначение	Числовое значение	Пределные отклонения	
				смещение Z_c	плоскостн. $Z_{o,л}$				верхнее	нижнее
D_1	130	12,5	1,1	0,3	—	1,4	D_{II}	132,8	+ 0,9	- 0,5
D_2	80	12,5	1,0	0,3	—	1,3	D_{2II}	82,6	+ 0,8	- 0,4
d_1	80	6,3	1,3	0,3	—	1,6	d_{II}	76,8	+ 0,4	- 0,8
d_2	40	2,5	1,1	0,3	—	1,4	d_{2II}	37,2	+ 0,3	- 0,7
H	100	12,5	1,0	—	0,2	1,2	H_{II}	102,4	+ 0,9	- 0,5
h_1	30	12,5	0,9	—	0,2	1,1	h_{II}	32,3	+ 0,7	- 0,3
h_2	15	12,5	0,9	—	0,2	1,1	h_{2II}	15,1	+ 0,7	- 0,3

Штамповочные уклоны. При изготовлении поковок на молотах и кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) штамповочные уклоны должны предусматриваться на всех поверхностях деталей, расположенных параллельно движению верхнего штампа. Наличие штамповочного уклона облегчает удаление поковок из полости ручья штампа. Штамповочные уклоны представляют собой напуски, увеличивающие фактические припуски и массу поковки. Уклоны α (см. рис. 2.4) назначают на наружные поверхности поковки, которые при остывании отходят от стенок ручья; уклоны β назначают на поверхности, охватывающие выступающие части ручья. Максимально допустимые штамповочные уклоны установлены ГОСТ 7505–89 (см. табл. 2.3).

Таблица 2.3

Штамповочные уклоны

Оборудование	Штамповочные уклоны на наружной поверхности, град.	Штамповочные уклоны на внутренней поверхности, град.
Штамповочные молоты, прессы без выталкивателей	7	10
Прессы с выталкивателями, горизонтально-ковочные машины	5	7
Горячештамповочные автоматы	1	2

При изготовлении штампованных поковок на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) должны быть предусмотрены уклоны на всех поверхностях, замкнутых штампом, которые расположены перпендикулярно движению высадочного ползуна (исключение составляют плоскости, соприкасающиеся с пуансоном); на всех поверхностях выступов и углублений поковок, расположенных параллельно движению высадочного ползуна и выполняемых пуансонами; на поверхностях сквозных отверстий или глубоких впадин, выполняемых формовочными или прошивными пуансонами и расположенных параллельно движению высадочного ползуна. Максимальные значения штамповочных уклонов оговорены ГОСТ 7505–89. Штамповочные уклоны поверхностей поковок, параллельных и перпендикулярных перемещению ползуна, определяют по табл. П5.7 приложения 5.

Радиусы закруглений назначают между пересекающимися поверхностями поковок в переходах с одной на другую. Радиусы закруглений подразделяют на наружные и внутренние (рис. 2.7). Решая вопрос, какие закругления относить к наружным, а какие – к внутренним, следует придерживаться простого правила: закругления радиусами R , центры которых находятся внутри контура поковки, относятся к наружным, а радиусами r с центрами вне контура поковки – к внутренним. Наружные радиусы закруглений поковок облегчают заполнение металлом

углов ручья штампа. Закругления соответствующих углов полости штампа необходимы также во избежание образования трещин в местах пересечения поверхностей ручья при термообработке и в процессе его эксплуатации. Недостаточные радиусы закруглений внутренних углов ухудшают условия штамповки и ускоряют износ штампа.

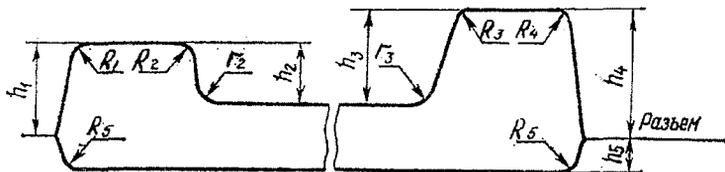


Рис. 2.7. Радиусы наружных и внутренних закруглений

Минимальная величина радиусов закруглений наружных углов установлена ГОСТ 7505–89 в зависимости от глубины полости ручья штампа h_i (h_1, h_2, \dots, h_n) и массы поковки (см. табл. 2.4). Радиусы внутренних закруглений должны быть в 3–4 раза больше наружных радиусов. Следует унифицировать значения радиусов закруглений одной поковки.

Таблица 2.4

Минимальная величина радиусов закруглений

Масса поковки, кг	Минимальная величина радиусов закруглений, мм при глубине полости ручья штампа, мм			
	До 10 включ.	10 ... 25	25 ... 50	Св. 50
До 1,0 включ.	1,0	1,6	2,0	3,0
Св. 1,0 до 6,3	1,6	2,0	2,5	3,6
Св. 6,3 до 16,0	2,0	2,5	3,0	4,0
Св. 16,0 до 40,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Св. 40,0 до 100,0	3,0	4,0	5,0	7,0
Св. 100,0 до 250,0	4,0	5,0	6,0	8,0

Наметка отверстий и пленки под прошивку. При проектировании поволоков, изготавливаемых на молоте или КГШП, и имеющих отверстия более 30 мм с осью, совпадающей с направлением движения верхнего штампа, предусматривают выполнение наметки отверстий. Получение сквозных отверстий в поковках, штампуемых на этом оборудовании, невозможно. Наметка отверстий (выполнение углублений на месте положения отверстия с двух сторон с образованием между ними перемычки) способствует экономии металла за счет снижения отходов в стружку при обработке резанием и снижает трудоемкость дальнейшей обработки. В целях экономии металла перемычки (пленки), как напуски, должны иметь возможно меньшую толщину. Кроме того, чрезмерно толстая пленка затрудняет ее пробивку, выполняемую на обрезном штампе. Ниже даны рекомендации по вы-

бору перемычек рациональных форм и размеров. Наметки под прошивку бывают: плоские; с раскосом (утолщенная пленка по контуру); с магазином (утолщенная пленка в центре); с карманом (сферическая пленка, утолщенная к центру) (рис. 2.8).

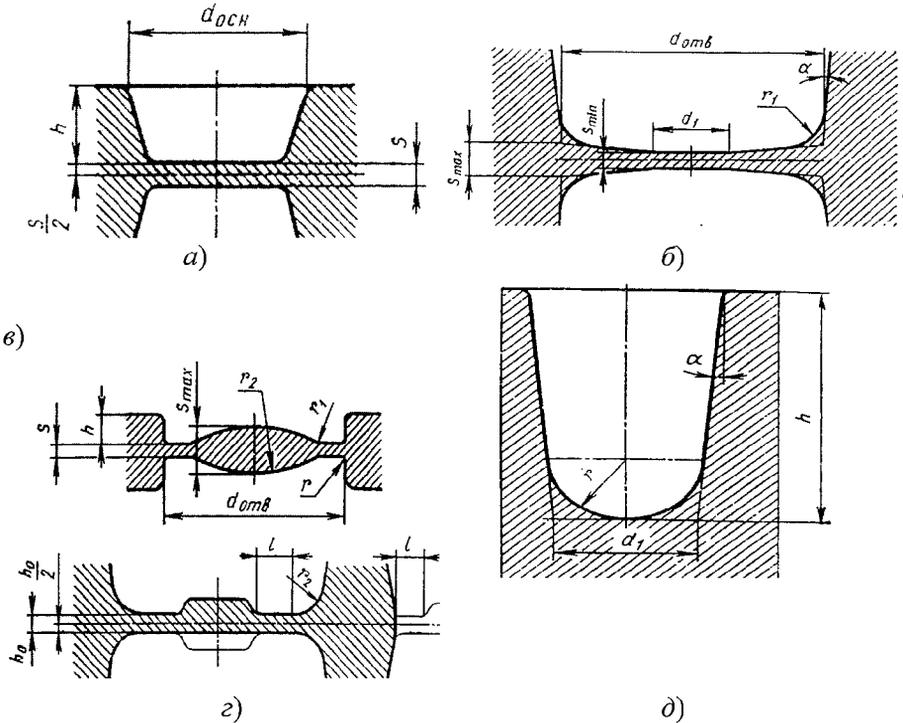


Рис.2.8. Наметки отверстий в поковках и перемычки:

а – плоская; б – с раскосом; в – с карманом; г – с магазином; д – глухая

Практически возможно получение наметок отверстий (см. рис. 2.4) с диаметром основания:

$$d_{\text{осн min}} = 24 + 0,0625 D_{\text{п}},$$

где $D_{\text{п}}$ – диаметр поковки, мм.

Наметка верхним знаком делается глубиной $h_{\text{в}} \leq d_{\text{осн}}$; нижним знаком – $h_{\text{н}} \leq 0,8 d_{\text{осн}}$.

Минимальная ширина кольцевого выступа поковки определяется размером (см. рис. 2.4):

$$b_{\text{1min}} = 10 + 0,0625 D_{\text{п}}.$$

В практике чаще применяют наметку с плоской пленкой, толщина которой (см. рис. 2.8, а) определяется по формуле:

$$S = 0,45 \cdot \sqrt{d_{\text{очн}} - 0,25 \cdot h' - 5} + 0,6 \cdot \sqrt{h'} \text{ мм,}$$

где предварительная величина глубины наметки $h' = 0,5H_{\text{п}} - 2$.

При $\frac{h}{d} < 0,4$ вместо плоских наметок рекомендуется использовать наметки с раскосом (см. рис. 2.8, б), при этом толщина перемычки S определяется так же, как и для плоской перемычки; $S_{\text{min}} = 0,65 S$; $S_{\text{max}} = 1,35 S$; $d_1 \approx (0,12 d + 3)$ мм.

Радиусы закруглений вершин наметок в черновом ручье, а также в чистовом ручье, если штамповку производят без черного ручья, рекомендуется определять по формуле:

$$r_1 = r + 0,1h + 2 \text{ мм,}$$

где r – внутренний радиус закругления, принятый для данной поковки, мм; h – глубина наметки, мм.

При штамповке с применением предварительного ручья, в котором имеется наметка, выполненная с раскосом, в окончательном (чистовом) ручье можно сделать наметку плоскую или наметку с магазином (см. рис. 2.8, в), причем радиус закругления r берут вдвое меньше соответствующего радиуса в предварительном ручье, а размеры $h_2/2$ и канавки под перемычку определяют так же, как и для нормальной облойной канавки штампа для данной поковки.

Для низких поковок при $h/d < 0,07$ после штамповки в предварительном ручье с плоской наметкой для снижения усилия и повышения стойкости знаков окончательного ручья рекомендуются наметки с карманом (рис. 2.8, в). После штамповки в окончательном ручье карман должен оставаться немного незаполненным. При этом толщина перемычки $S = 0,4 \cdot \sqrt{d}$, глубина кармана равна $5 S$, радиус скругления $r_1 = 5 h$, а радиус r_2 находят графически.

Если при конструировании плоской наметки обнаружится, что при радиусе, определенном по формуле $r_1 = (r + 0,1 h + 2)$ мм, не останется плоского участка, то от прошивки следует отказаться и ограничиться применением глухих наметок (см. рис. 2.8, д). Практически это бывает, когда общая высота $2 h$ прошиваемой поковки в 1,7 раза превышает диаметр d основания отверстия. Если глубина глухой наметки не ограничена глубиной выемки готовой детали, то полное скругление вершины рекомендуется производить одним радиусом, вычисляемым по формуле:

$$r = \frac{d}{2 \cdot \text{tg} \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2} \right)}.$$

Для двусторонней наметки рекомендуется смещать поверхность внутреннего разреза, а с ним и перемычку по отношению к поверхности внешнего разреза, что значительно облегчает центрирование поковки в окончательном ручье.

2.5. Облой и облойные канавки

Для облоя в окончательном ручье открытых штампов предусматриваются различного типа канавки. Наиболее часто в открытых молотовых штампах применяют канавку типа 1, форма которой показана на рис. 2.9.

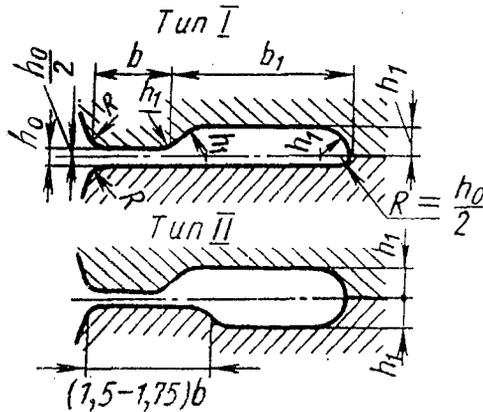


Рис. 2.9. Схемы облойных канавок молотового штампа

Канавка состоит из мостика и магазина. Мостик, формирующий тонкую часть облоя, создает в процессе деформирования заготовки перемычку, играющую роль пояса, ограничивающего преждевременный выход металла за пределы полости окончательного ручья, способствуя тем самым получению полноценного оттиска поковки. Магазин выполняет функцию сборника вытесняемого избыточного металла. Заполнение магазина происходит в окончательной стадии формования поковки. Отходы в облой являются весомым слагаемым в норме расхода металла, поэтому в целях экономии металла облой должен иметь минимальные размеры. Однако заниженные размеры облоя (толщины мостика) являются одной из причин недоштамповки, обуславливают повышение сопротивления металла деформированию, увеличивают число необходимых для штамповки ударов молота, что приводит к излишнему расходу энергии, снижению производительности и стойкости штампов.

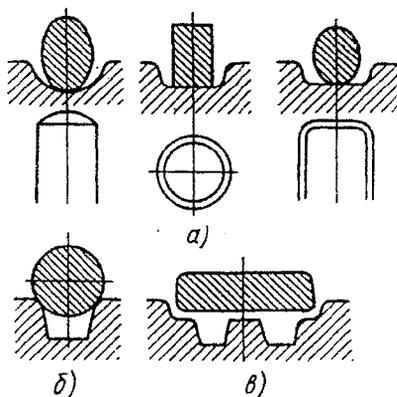


Рис. 2.10. Штамповка осаживанием (а) и выдавливанием (б и в)

В табл. 2.5 в соответствии с рис.2.10 приведены рекомендуемые размеры и площади поперечного сечения $S_{0.к.}$ для облойной канавки типа 1.

Толщину облоя на мостике h_0 рекомендуется определять в зависимости от формы поковки в плане.

Для поковок произвольной формы с площадью поперечного сечения F_n :

$$h_0 = 0,015 \cdot \sqrt{F_n}.$$

Для поковок квадратных в плане со стороны квадрата A_n : $h_0 = 0,015 A_n$.

Для поковок круглых в плане диаметром D_n : $h_0 = 0,015 D_n$.

Округлив результат, подбирают по табл. 2.4 ближайшее значение h_0 и определяют номер канавки, а следовательно и другие размеры канавки: h_1, R, b, b_1 (см. рис. 2.9).

Объем облоя V_0 при штамповке на молоте может быть определен по приближенной формуле:

$$V_0 = S_0 \cdot P_n,$$

где S_0 – средняя площадь поперечного сечения облоя; P_n – периметр поковки по линии разреза.

Для поковок массой менее 3 кг вместо периметра P_n в расчетах следует использовать периметр по центру тяжести облоя, находящегося на расстоянии $(b + b_1) / 2$ от крайней точки контура поковки, т. е. от P_n .

Средняя площадь поперечного сечения облоя:

$$S_0 = \xi \cdot S_{0.к.},$$

где ξ – коэффициент, учитывающий степень заполнения облойной канавки; в зависимости от формы и сложности поковки он определяется по табл. 2.6 при условии что размеры канавки соответствуют табл. 2.5.

Таблица 2.5

Размеры облойных канавок типа 1

№	h_0 , мм	h_1 , мм	R при глубине ручья, мм			Номер канавки в зависимости от Формоизменения при штамповке								
						1; штамповка осаживанием или осаживани- ем с элемента- ми выдавлива- ния (рис. 2.10, а)			2; штамповка выдавливани- ем поволо- чек не- сложной фор- мы (рис. 2.10, б)			3; штамповка поволо- чек слож- ной формы с труднозапол- няемыми глу- бокими поло- сками (рис. 2.10, в)		
			до 20	20 ... 40	св.40	b , мм	b_1 , мм	$S_{0,83}$ мм ²	b , мм	b_1 , мм	$S_{0,83}$ мм ²	b , мм	b_1 , мм	$S_{0,83}$ мм ²
1	0,6	3	1	1	1,5	6	18	52	6	20	61	8	22	74
2	0,8	3	1	1,5	1,5	6	20	69	7	22	77	9	25	88
3	1	3	1	1,5	2,0	7	22	80	8	25	91	10	28	104
4	1,6	3,5	1	1,5	2,0	8	22	102	9	25	113	11	30	155
5	2	4	1,5	2	2,5	9	25	136	10	28	153	12	32	177
6	3	5	1,5	2	2,5	10	28	201	12	32	233	14	38	278
7	4	6	2	2,5	3	11	30	268	14	38	344	16	42	385
8	5	7	2	2,5	3	12	32	343	15	40	434	18	46	506
9	6	8	2,5	3	3,5	13	35	435	16	42	530	20	50	642
10	8	10	3	3,5	4	14	38	601	18	46	745	22	55	903
11	10	12	3	3,5	4	15	40	768	20	50	988	25	60	1208

Таблица 2.6

Значения коэффициента ξ заполнения облойной канавки

Группа поковки	Масса поковки, кг	Номер канавки по ширине (см. табл.2.5)		
		1	2	3
I; поковки, штампуемые перпендикулярно оси заготовки (штамповка плашмя)	до 1	0,4	0,5	0,6
	1...5	0,5	0,6	0,7
	св.5	0,6	0,7	0,8
II; поковки, штампуемые вдоль оси заготовки (штамповка осадкой в торец)	до 1	0,3	0,4	0,5
	1...5	0,4	0,5	0,6
	св.5	0,5	0,6	0,7

Конструкция облойной канавки открытого штампа, используемого при штамповке на КГШП, иная чем рассмотренная выше. Для устранения возможности перегрузки (работы в распор) прессы в конечный момент штамповки части прессы не смыкаются. Предусмотренный между ними зазор обуславливает толщину мостика для облоя h_0 с учетом упругих деформаций прессы. Для получения поковки с требуемыми размерами по высоте глубина полостей ручьев в сомкнутом виде должна быть меньше на величину h_0 .

Один из основных вариантов канавки для облоя, применяемых в штампах КГШП, и ее размеры в зависимости от номинальных усилий, развиваемых прессами даны на рис. 2.11 и в табл. 2.7.

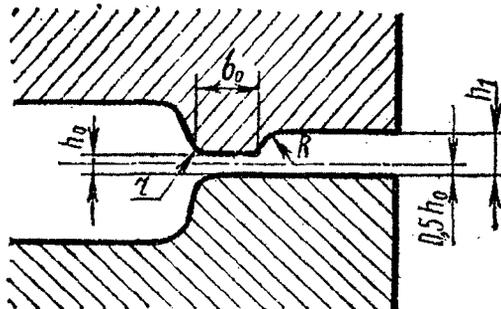


Рис. 2.11. Схема облойной канавки штампа КГШП

Объем облоя при штамповке на КГШП из-а отсутствия в штампе прессы магазина нормированной ширины определяют иначе, чем при штамповке на молотах, используя формулу:

$$V_0 = V_{\text{мост}} + V_{\text{маг}} = p \cdot (b_0 \cdot h_0 + h_2 \cdot B),$$

где $V_{\text{маг}}$ – объем металла в магазине облоя; p – периметр поковки, мм; b_0 – ширина мостика, мм; h_0 – толщина мостика, мм; h_2 – средняя толщина облоя по магазину, мм; B – ширина облоя в магазине, мм.

Значения h_0 и b_0 определяются по табл. 2.7 $h_2 = 2 h_0$.

Для поковок массой до 0,5 кг принимают $B = 10$ мм, массой до 2 кг – $B = 15$ мм, при массе более 2 кг – $B = 20$ мм. Если поковки имеют сложную форму, а облой образуется в предварительном штамповочном ручье значение B удваивают.

Таблица 2.7

Размеры облойной канавки штампов КГШП

Усилие прессы, МН	Размеры, мм				
	h_0	H_1	B_0	R	R
6,3	1...1,5	5	5...6	15	0,5
10	1,5...2	6	6...7	15	1
16	2...2,5	6	6...7	20	1,5
20	2,5...3	6...8	6...8	20	2
25	2,5...3	6...8	6...8	20	2,5
31,5	3,5...4	8	8...10	25	3
40	3,5...4	8	8...10	25	4
63	4...5	10	9...11	25	5
80	5...6	12	11...12	30	6
100	6...7	15	12...14	30	8

2.6. Объем и размеры исходной заготовки

В качестве исходной заготовки применяют сортовой прокат круглого или квадратного профиля, калиброванный прокат (для закрытых штампов), периодический прокат.

Определению размеров исходной заготовки должен предшествовать расчет ее объема по формуле:

$$V_{3\text{ аз}} = (V_n + V_0) \cdot \frac{100 + \chi}{100},$$

где V_n – объем поковки, определяемый как сумма объемов элементарных геометрических фигур, из которых состоит поковка, при чем размеры в расчет принимаются с учетом верхних предельных отклонений; V_0 – объем облоя; χ – угар металла в % от массы поковки с облоем (при нагреве заготовок в индукционных и пламенных безокислительных печах угар составляет 0,5...1,0 %, в пламенных печах – 2 ...3%).

Массу исходной заготовки $M_{3\text{ аз}}$ (кг) определяют по формуле:

$$M_{3\text{ аз}} = V_{3\text{ аз}} \cdot \rho,$$

где $V_{3\text{ аз}}$ – объем исходной заготовки, мм³; ρ – плотность металла, кг/мм³.

Размеры исходной заготовки можно определить по нижеизложенной методике, исходя из рассчитанного объема.

В случае *штамповки в торец* размеры заготовки рассчитывают из условия:

$$1.5 < \frac{l_{3\text{ аз}}}{d_{3\text{ аз}}} < 2.8,$$

где $l_{3\text{ аз}}$ – длина заготовки; $d_{3\text{ аз}}$ – диаметр заготовки.

При меньшей величине этого отношения затрудняется отрезка заготовок, а при большей возможен продольный изгиб.

Расчетный диаметр исходной заготовки определяют по формуле:

$$d_p = 1.08 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{3\text{ аз}}}{m}},$$

Расчетная сторона квадрата исходной заготовки:

$$a_p = \sqrt[3]{\frac{V_{3\text{ аз}}}{m}},$$

где m – значение отношения длины к диаметру или стороне квадрата (рекомендуется брать 1,6...2,2).

Далее по сортаменту подбирают заготовку с размерами ближайшими к полученным расчетом, рассчитывают площадь поперечного сечения заготовки $S_{3\text{ аз}}$ и определяют длину заготовки по формуле:

$$l_{3\text{ аз}} = \frac{V_{3\text{ аз}}}{S_{3\text{ аз}}}.$$

Размеры исходной заготовки при *штамповке поковок удлиненной формы* (штамповка плашмя), у которых *незначительно отличаются размеры площадей поперечных сечений* определяют исходя из первоначального назначения длины заготовки. Длину заготовки следует выбирать исходя из того, чтобы она хорошо укладывалась в ручей штампа и перекрывала отдельные впадины, но была бы меньше длины штамповочного ручья.

Площадь сечения исходной заготовки определяют по формуле:

$$S_{з.аг} = \frac{V_{з.аг}}{l_{з.аг}}.$$

При штамповке плашмя *поковок удлиненной формы со значительной разницей площадей поперечных сечений* применяют протяжные и подкатные ручки. В этом случае расчет размеров исходной заготовки производят исходя из первоначального назначения площади поперечного сечения $S_{з.аг}$ равным или несколько меньшим максимальной площади поперечного сечения поковки. Длину заготовки определяют по приведенной выше формуле, исходя из требуемого объема.

2.7. Коэффициент использования металла.

Коэффициент использования металла на штампованную заготовку:

$$K_{ин} = \frac{M_{д.}}{M_{з.п.}},$$

где $M_{д.}$ – масса готовой детали; $M_{з.п.}$ – расход металла на одну деталь, определяется с учетом неизбежных технологических потерь (угар, облой и т. д.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология конструкционных материалов: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова Л.Н. Бухаркин и др.; под общей ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2003. – 512 с.
2. Машиностроение. Энциклопедия / ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. ТПШ–2. Технологии заготовительных производств. / И.Л. Акаро, Р.А. Андриеский, А.Ф.Аржанов и др.; под общ. ред. В.Ф. Мануйлова. – М.: Машиностроение, 1996. – 736 с.
3. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении / М.Г. Афонькин, М.В. Магницкая. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 256 с.
4. Технология литейного производства: Литье в песчаные формы: учебник для студ. высш. учебн. заведений / А.П. Трухов, Ю.А. Сорокин, М.Ю. Ершов и др.; под ред. А.П. Трухова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 528 с.
5. ГОСТ 26645–85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
6. Ковка и штамповка: справочник. В 4-х т. / ред. совет Е.И. Семёнов (пред.) и др. Т. 2: Горячая штамповка / под ред. Е.И. Семенова. – М.: Машиностроение, 1986. – 592 с.
7. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Свойства литейных сплавов

Таблица П1.1

Значения литейной усадки сплавов для отливок различной сложности и размеров

Материал	Характеристика отливок	Основные размеры отливки, мм		Литейная усадка, %
		толщина стенки	длина	
Углеродистая сталь	Простые (без стержней)	30...100	до 500	2,0
		более 100	500 ...2000	1,8
	Средней сложности (с ребрами, выступами, полостями, выполняемыми стержнями)	30...100	500...3000	1,5
		более 100	5000...6500	1,2
		30...65	5000...6500	0,9
		65 ...100	6500...10000	0,8
	Сложные типа решеток	65...100	более 10000	0,7
		20...40	До 2000	0,8
20...40		2000...6000	0,5	
	30...50	10000...15000	0,3	
Серый чугун	Простые (без стержней)	20... 40	до 500	1,0
		50...100	500...1000	0,9
		более 100	более 1000	0,7...0,8
	Сложные коробчатой формы	20...65	до 500	0,8...0,9
20...65		более 500	0,5...0,7	
Медные сплавы	Простые	до 20	до 100	1,2...1,5
	Сложные	20...40	более 100	1,0...1,3
Алюминиевые сплавы	Простые	до 15	до 100	1,4...1,6
	Сложные	15...35	более 100	0,8...1,2

Таблица П1.2

Основные свойства литейных сплавов

Литейные сплавы	Плотность, г/см ³	Линейная усадка сплава, %	Температура плавления, °С	Температура заливки в литейные формы, °С	Твердость по Бринеллю, НВ
Серый чугун	7,1...7,3	0,9...1,3	1150...1260	1260...1400	143...289
Белый чугун	7,4 ...7,7	1,5...2,0	1150...1260	1240...1300	300...700
Ковкий чугун	7,2...7,4	1,4...1,7	1150...1350	1380...1450	100...320
Высокопрочный чугун	7,1...7,2	0,5...1,0	1150...1260	1280...1400	140...369
Сталь литая углеродистая	7,8	2,0	1420...1520	1500...1600	149...169
Бронза	8,6	1,5	1000 ... 1050	1100 ...1150	100
Латунь	8,6	1,5	900 ...1050	1000 ...1100	80
Алюминиевые сплавы	2,55 ... 2,83	0,5 ... 1,4	610 ... 660	700 ... 780	40 ... 100
Магниеые сплавы	1,8 ...1,83	1,0 ... 1,5	100 ... 650	680 ... 780	30 ... 65

Приложение 2

Параметры точности и припуски отливок по ГОСТ 26645–85

Таблица П2.1

Классы размерной точности отливок (ГОСТ 26645–85)

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

Окончание табл. П2.1

1	2	3	4	5	6
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).	До 100	6-11т	7т-11	7-12	8-13т
	100...250	7т-11	7-12	8-13т	9т-13
Литье в формы, отверждаемые в контакте с горячей оснасткой	250...630	7-12	8-13т	9т-13	9-13
	630...1600	8-13т	9т-13	9-13	10-14
Литье в вакуумно-пленочные песчаные формы	1600...4000	9т-13	9-13	10-14	11т-14
	4000...10000	9-13	10-14	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.	До 100	7-11	7-12	8-13т	9т-13
	100...250	7т-12	8-13т	9т-13	9-13
Литье в оболочковые формы из термореактивных смесей.	250...630	8-13т	9т-13	9-13	10-14
	630...1600	9т-13	9-13	10-14	11т-14
Литье в формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой без тепловой сушки.	1600...4000	9-13	10-14	11т-14	11-15
	4000...10000	10-14	11т-14	11-15	12-15
Литье в формы из жидких самотвердеющих смесей.					
Литье в песчано-глинистые подсушенные и сухие формы					
Литье в песчано-глинистые сырые формы из высокопрочных (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
	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
	Св. 10000	11-15	12-15	13т-16	13-16
<p>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.</p> <p>2. В таблице к цветным легкоплавким сплавам отнесены сплавы с температурой плавления ниже 700 °С (973 К), к цветным тугоплавким – сплавы с температурой плавления выше 700 °С (973 К).</p> <p>3. В таблице к легким отнесены сплавы с плотностью до 3,0 г/см³, к тяжелым – сплавы с плотностью свыше 3,0 г/см³.</p>					

Таблица П2.2

Степень коробления элементов отливок (ГОСТ 26645–85)

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

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

Таблица П2.3

Степень точности поверхностей отливок (ГОСТ 26645–85)

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		
					3	4	5
1	2	Степень точности поверхностей				6	
Литье под давлением в металлические формы	До 100	2–6	3–7	4–8	5–9	6–10	
	100...250	3–7	4–8	5–9	6–10	7–11	
	250...630	4–8	5–9	6–10	7–11	8–12	
Литье в керамические формы, литье по выжигаемым и выплавляемым моделям	До 100	3–8	4–9	5–10	6–11	7–12	
	100...250	4–9	5–10	6–11	7–12	8–13	
	250...630	5–10	6–11	7–12	8–13	9–14	
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	8–13	
	100...250	5–10	6–11	7–12	8–13	9–14	
	250...630	6–11	7–12	8–13	9–14	10–15	

Продолжение табл. П2.3

1	2	3	4	5	6
Литье в оболочковые формы из терморезистивных смесей.	До 100	6–12	7–13	8–14	9–15
Литье в облицованный кокиль, литье в вакуумно-плечные песчаные формы	100...250 250...630	7–13 8–14	8–14 9–15	9–15 10–16	10–16 11–17
Литье по газифицируемому модели в песчаные формы. Литье в песчано-глинистые сырые формы из низковлажных (до 2,8%) высокопрочных (более 160 кПа или 1,6 кг/см ²) смесей с высоким и однородным уплотнением до твердости не ниже 90 единиц.	До 100 100...250 250...630 630...1600	7–14 8–15 9–16 10–17	8–15 9–16 10–17 11–18	9–16 10–17 11–18 12–19	10–17 11–18 12–19 13–19
Литье в песчаные отвержденные, сухие или подсушенные формы, окрашенные покрытиями на водной основе, нанесенными пульверизацией или окунанием. Литье в кокиль с песчаными стержнями	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 100 100...250 250...630 630...1600	8–15 9–16 10–17 11–18	9–16 10–17 11–18 12–19	10–17 11–18 12–19 13–19	11–18 12–19 13–19 14–20
Литье в песчаные отвержденные, сухие или подсушенные формы, окрашенные покрытиями на водной основе, нанесенными кистью или самовысыхающими покрытиями, нанесенными пульверизацией или окунанием	1600...4000 4000...10000	12–19 13–19	13–19 14–20	14–20 15–20	15–20 16–21
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 3,5 до 4,5% и прочностью от 60 до 120 кПа (от 0,6 до 1,2 кг/см ²) с уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 единиц.	До 100 100...250 250...630 630...1600	9–16 10–17 11–18 12–19	10–17 11–18 12–19 13–19	11–18 12–19 13–19 14–20	12–19 12–19 14–20 15–20
Литье в песчаные отвержденные сухие или подсушенные формы, окрашенные самовысыхающими или самоотвердевающими покрытиями, нанесенными кистью	1600...4000 4000...10000	13–19 14–20	14–20 15–20	15–20 16–21	16–21 17–21

1	2	3	4	5	6
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
	100...250	11–18	12–19	12–19	14–20
	250...630	12–19	13–19	14–20	15–20
	630...1600	13–19	14–20	15–20	16–21
	1600...4000	14–20	15–20	16–21	17–21
	4000...10000	15–20	16–21	17–21	18–22
Литье в песчаные отверждаемы, сухие или подсушенные неокрашенные формы.					
Литье в формы из жидких самотвердеющих смесей					

Примечание. 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.

Таблица П2.4

Шероховатость поверхностей отливок

Шероховатость поверхности	Значение шероховатости для степеней точности поверхности отливок										
	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 отливок										
	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	63,0	80,0	100	–	–	–	–
Высота неровностей профиля Rz , мкм, не более	–	–	–	–	–	–	–	500	630	800	1000

Таблица П.2.5

Допуски 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 до 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70
Св. 6 до 10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
Св. 10 до 16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
Св. 16 до 25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
Св. 25 до 40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10
Св. 40 до 63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
Св. 63 до 100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
Св. 100 до 160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
Св. 160 до 250	—	—	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80
Св. 250 до 400	—	—	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
Св. 400 до 630	—	—	—	—	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20
Св. 630 до 1000	—	—	—	—	—	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40

Интервал номинальных размеров, мм	Допуски размеров отливок, мм не более, для классов точности															
	9г	9	10	11г	11	12	13г	13	14	15	16					
До 4	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 4 до 6	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 6 до 10	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,2	4,0	5,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 10 до 16	1,10	1,40	1,80	2,20	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	—	—	—	—	—	—	—
Св. 16 до 25	1,20	1,60	2,00	2,40	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	—	—	—	—	—
Св. 25 до 40	1,40	1,80	2,20	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	—	—	—	—	—
Св. 40 до 63	1,60	2,00	2,40	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	—	—	—	—	—
Св. 63 до 100	1,80	2,20	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	—	—	—	—	—
Св. 100 до 160	2,00	2,40	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	—	—	—	—	—
Св. 160 до 250	2,20	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	—	—	—	—	—
Св. 250 до 400	2,40	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	—	—	—	—	—
Св. 400 до 630	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0	—	—	—	—	—
Св. 630 до 1000	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	—	—	—	—	—

Примечание. Допускается устанавливать симметричные и несимметричные предельные отклонения размеров: несимметричное одностороннее «в тело» — для размеров элементов отливки (кроме толщин стенок), расположенных в одной полуформе и неподвергаемых механической обработке, при этом для охватывающих элементов (отверстие) поле допуска распространяют «в плюс», а для охватываемых (вал) — «в минус»; симметричное — для размеров всех остальных элементов отливок, неподвергаемых и подвергаемых механической обработке.

Таблица П.2.6

Допуски формы и расположения элементов отливки

Номинальный размер нормируемого участка, мм	Допуск формы и расположения элементов отливки, мм не более, для степеней коробления										
	1	2	3	4т	5	6	7	8	9	10	11
До 125	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
Св. 125 до 160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
Св. 160 до 200	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
Св. 200 до 250	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
Св. 250 до 315	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20
Св. 315 до 400	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00
Св. 400 до 500	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00
Св. 500 до 630	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40
Св. 630 до 800	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00
Св. 800 до 1000	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,00
Св. 1000 до 1200	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,00	12,00

Примечание. За номинальный размер нормируемого участка при определении допусков формы и расположения следует принимать наибольший из размеров нормируемого участка элемента отливки. Для которого регламентируются отклонения формы и расположения поверхности.

Таблица П2.7

Общие допуски элементов отливок, мм

Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элемента отливки, не более	Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элемента отливки, не более
0,64...0,80	До 0,2	0,80	2,40...3,20	До 0,8	3,20
	0,2...0,4	0,90		0,80...1,60	3,60
	0,40...0,50	1,00		1,60...2,00	4,00
	0,50...0,64	1,10		2,00...2,40	4,40
	0,64...0,80	1,20		2,40...3,20	5,00
	0,80...1,00	1,40		3,20...4,00	5,60
	1,00...1,20	1,80		4,00...5,00	7,00
	1,20...1,60	2,20		5,00...6,40	9,00
0,8...1,00	До 0,24	1,00	3,20...4,00	До 1,00	4,00
	0,24...0,40	1,10		1,00...1,60	4,40
	0,40...0,64	1,20		1,60...2,40	5,00
	0,64...0,80	1,40		2,40...3,20	5,60
	0,80...1,00	1,60		3,20...4,00	6,40
	1,00...1,20	1,80		4,00...5,00	7,00
	1,20...1,60	2,20		5,00...6,40	9,00
	1,60...2,00	2,80		6,40...8,00	11,00
1,00...1,20	До 0,32	1,20	4,00...5,00	До 1,20	5,00
	0,32...0,64	1,40		1,20...2,40	5,60
	0,64...0,80	1,60		2,40...3,20	6,40
	0,80...1,00	1,80		3,20...4,00	7,00
	1,00...1,20	2,00		4,00...5,00	8,00
	1,20...1,60	2,40		5,00...6,40	9,00
	1,60...2,00	2,80		6,40...8,00	11,00
	2,00...2,40	3,20		8,00...10,00	14,00
1,20...1,60	До 0,40	1,60	5,00...6,40	До 1,20	6,40
	0,40...0,80	1,80		1,20...2,40	7,00
	0,80...1,00	2,00		2,40...4,00	8,00
	1,00...1,20	2,20		4,00...5,00	9,00
	1,20...1,60	2,40		5,00...6,40	10,00
	1,60...2,00	2,80		6,40...8,00	12,00
	2,00...2,40	3,60		8,00...10,00	14,00
	2,40...3,20	4,40		10,00...12,00	16,00
				12,00...12,80	18,00

Окончание табл. П2.7

Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элемента отливки, не более	Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элемента отливки, не более
1,60...2,00	До 0,40	2,00	6,40...8,00	До 2,00	8,00
	0,40...0,80	2,20		2,00...4,00	9,00
	0,80...1,20	2,40		4,00...5,00	10,00
	1,20...1,60	2,80		5,00...6,40	11,00
	1,60...2,00	3,20		6,40...8,00	12,00
	2,00...2,40	3,60		8,00...10,00	14,00
	2,40...3,20	4,40		10,00...12,00	18,00
2,00...2,40	3,20...4,00	5,60	8,00...10,00	12,00...16,00	22,00
	До 0,60	2,40		До 2,40	10,00
	0,60...1,20	2,80		2,40...4,00	11,00
	1,20...1,60	3,20		4,00...6,40	12,00
	1,60...2,00	3,60		6,40...8,00	14,00
	2,00...2,40	4,00		8,00...10,00	16,00
	2,40...3,20	4,40		10,00...12,00	18,00
3,20...4,00	5,60	12,00...16,00	22,00		
4,00...4,80	6,40	16,00...20,00	28,00		

Таблица П2.8

Ряды припусков на обработку отливок

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

Таблица П2.9

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

Допуск размера отливки	Соотношение между допусками размера детали и отливки от базы обработки до обрабатываемой поверхности	Вид окончательной механической обработки
До 0,5	Св.0,4 0,15...0,4 0,10...0,15 До 0,10	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
0,5...1,0	Св. 0,3 0,1...0,3 0,05...0,1 До 0,05	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
1,0...2,0	Св. 0,2 0,1...0,2 0,05...0,1 До 0,05	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
2,0...5,0	Св. 0,15 0,05...0,15 0,02...0,05 До 0,02	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
Св.5,0	Св. 0,10 0,05...0,10 0,02...0,05 До 0,02	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая

Таблица П2.10

Влияние погрешностей формы и расположения поверхностей
детали и отливки на выбор метода окончательной механической обработки

Допуск размера отливки	Соотношение между допусками формы расположения обработанной поверхности детали и обрабатываемой поверхности отливки	Вид окончательной механической обработки
До 0,5	Св.0,4 0,10...0,4 0,02...0,10 До 0,02	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
0,5...1,0	Св. 0,3 0,10...0,3 0,02...0,10 До 0,02	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая

Окончание табл. П2.10

Допуск размера отливки	Соотношение между допусками формы расположения обработанной поверхности детали и обрабатываемой поверхности отливки	Вид окончательной механической обработки
1,0...2,0	Св. 0,20 0,05...0,20 0,01...0,05 До 0,01	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
2,0...5,0	Св. 0,10 0,02...0,10 0,005...0,02 До 0,005	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
Св.5,0	Св. 0,05 0,01...0,05 0,002...0,01 До 0,002	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая

Примечания: 1. При неуказанных допусках формы и расположения обрабатываемой поверхности отливки их суммарное значение принимают равным 25% допуска размера от базы до обрабатываемой поверхности отливки.

2. При неуказанных допусках формы и расположения обработанной поверхности детали их суммарное значение принимают равным 50% допуска размера от базы до обработанной поверхности детали.

Таблица П2.11

Допуски размеров детали, мм

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
До 3	0,006	0,010	0,014	0,025	0,04	0,060	0,1	0,14	0,25
Св. 3 до 6	0,006	0,012	0,018	0,030	0,048	0,075	0,12	0,18	0,3
Св. 6 до 10	0,009	0,015	0,022	0,036	0,058	0,090	0,15	0,22	0,36
Св. 10 до 18	0,011	0,018	0,027	0,043	0,070	0,11	0,18	0,27	0,43
Св. 18 до 30	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084	0,13	0,21	0,33	0,52
Св. 30 до 50	0,016	0,025	0,039	0,062	0,1	0,16	0,25	0,39	0,62
Св. 50 до 80	0,019	0,030	0,046	0,074	0,12	0,19	0,3	0,46	0,74
Св. 80 до 120	0,022	0,035	0,054	0,087	0,14	0,22	0,35	0,54	0,87
Св. 120 до 180	0,025	0,040	0,063	0,1	0,16	0,25	0,4	0,63	1,0
Св. 180 до 250	0,029	0,046	0,072	0,115	0,185	0,29	0,46	0,72	1,15
Св. 250 до 315	0,032	0,052	0,081	0,13	0,21	0,32	0,52	0,81	1,3
Св. 315 до 400	0,036	0,057	0,089	0,14	0,23	0,36	0,57	0,89	1,4
Св. 400 до 500	0,040	0,063	0,097	0,155	0,25	0,4	0,63	0,97	1,55

Общий припуск на огливку

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

Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончатальной механической обработки	Общий припуск на сторону, мм не более, для ряда припуска отливки																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Св. 1,10 до 1,20	Черновая	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,8	3,4	3,8	4,8	5,8	6,9	8,8	11,0
	Получистовая	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,9	3,4	3,9	4,4	5,4	6,5	7,5	9,8	12,0
	Чистовая	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,6	4,3	4,8	5,8	6,9	8,0	10,0	12,5	
	Тонкая	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1	2,4	2,7	2,8	3,4	3,8	4,4	4,9	6,2	7,1	8,3	10,5	12,5	
Св. 1,20 до 1,40	Черновая	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,5	2,9	3,5	3,9	4,9	6,0	6,9	9,0	11,0	
	Получистовая	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,4	4,1	4,6	5,6	6,7	7,8	9,8	12,0	
	Чистовая	1,8	1,9	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0	3,4	3,9	4,5	5,0	6,1	7,1	8,3	10,5	12,5	
	Тонкая	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,9	3,2	3,7	4,0	4,8	5,1	6,5	7,5	8,5	11,0	13,0	
Св. 1,40 до 1,60	Черновая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,1	3,6	4,0	5,0	6,0	7,1	9,0	11,0	
	Получистовая	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,3	3,6	4,3	4,8	5,8	6,9	8,0	10,0	12,0	
	Чистовая	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	6,3	7,3	8,5	10,5	13,0	
	Тонкая	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,9	4,3	5,0	5,4	6,7	7,8	8,8	11,0	13,5	
Св. 1,60 до 1,80	Черновая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,2	3,7	4,1	5,2	6,2	7,1	9,0	11,0	
	Получистовая	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0	3,5	3,8	4,4	4,9	6,0	7,1	8,0	10,0	12,5	
	Чистовая	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1	3,3	3,8	4,3	4,8	5,3	6,5	7,5	8,5	11,0	13,0	
	Тонкая	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6	4,0	4,4	5,2	5,6	6,9	7,8	9,0	11,0	13,5	
Св. 1,80 до 2,00	Черновая	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,3	3,8	4,3	5,1	6,1	7,3	9,3	11,0	
	Получистовая	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1	3,0	3,0	4,0	5,0	6,1	7,1	8,3	10,5	12,5	
	Чистовая	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6	4,0	4,4	5,0	5,4	6,7	7,8	8,8	11,0	13,0	
	Тонкая	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,6	3,8	4,3	4,8	5,5	5,8	7,1	8,0	9,3	11,5	13,5	

Продолжение табл. П2.12

Общий допуск элемента поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск на сторону, мм не более, для ряда припуска отливки																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Св. 2,00 до 2,20	Черновая	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,4	2,6	3,0	3,4	3,9	4,4	5,5	6,3	7,3	9,5	11,5
	Получистовая	2,1	2,3	2,4	2,4	2,5	2,7	2,8	3,2	3,4	3,8	4,1	4,8	5,3	6,3	7,3	8,5	10,5	12,5		
	Чистовая	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,3	3,6	3,8	4,3	4,6	5,1	5,8	6,9	8,0	9,0	11,0	13,5		
	Тонкая	2,9	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,6	3,9	4,1	4,6	5,0	5,6	6,1	7,3	8,3	9,5	12,0	14,0		
Св. 2,20 до 2,40	Черновая	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,6	2,7	3,1	3,4	4,0	4,5	5,4	6,5	7,6	9,5	11,5		
	Получистовая	2,4	2,5	2,6	2,6	2,8	2,9	3,1	3,4	3,6	4,0	4,4	5,0	5,4	6,6	7,5	8,8	11,0	13,0		
	Чистовая	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,5	3,8	3,9	4,4	4,9	5,5	6,0	7,1	8,3	9,3	11,5	13,5		
	Тонкая	3,1	3,1	3,3	3,4	3,4	3,6	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,8	6,3	7,5	8,5	9,8	12,0	14,0		
Св. 2,40 до 2,80	Черновая	1,8	1,9	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,9	3,3	3,6	4,1	4,6	5,6	6,7	7,8	9,8	11,5		
	Получистовая	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,6	3,8	4,3	4,6	5,1	5,6	6,7	7,8	9,0	11,0	13,0		
	Чистовая	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,8	4,0	4,3	4,8	5,2	5,8	6,1	7,5	8,5	9,5	11,5	14,0		
	Тонкая	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,1	4,4	4,6	5,2	5,4	6,1	6,7	8,0	9,0	10,0	12,5	14,5		
Св. 2,80 до 3,20	Черновая	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,9	3,1	3,4	3,9	4,4	4,9	5,8	6,9	7,8	9,8	12,0		
	Получистовая	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,4	3,6	4,0	4,1	4,6	5,0	5,6	6,0	7,1	8,3	9,3	11,5	13,5		
	Чистовая	3,4	3,6	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,5	4,6	5,1	5,6	6,1	6,7	7,8	8,8	9,8	12,0	14,5		
	Тонкая	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,5	4,8	5,0	5,4	5,8	6,5	7,1	8,3	9,3	10,5	12,5	15,0		
Св. 3,20 до 3,60	Черновая	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6	4,1	4,6	5,2	6,2	7,1	8,0	10,0	12,0		
	Получистовая	3,3	3,4	3,4	3,6	3,6	3,8	4,0	4,3	4,5	4,9	5,3	5,8	6,3	7,5	8,5	9,5	11,5	14,0		
	Чистовая	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,4	4,6	4,9	5,2	5,6	6,0	6,5	7,1	8,3	9,3	10,5	12,5	15,0		
	Тонкая	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5	6,0	6,3	7,1	7,5	8,8	9,8	11,0	13,0	15,5		
Св. 3,60 до 4,00	Черновая	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,2	3,4	3,6	3,9	4,3	4,8	5,3	6,3	7,3	8,3	10,5	12,5		
	Получистовая	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,4	4,8	4,9	5,3	5,6	6,3	6,7	8,0	9,0	9,8	12,0	14,0		
	Чистовая	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5	6,0	6,3	6,9	7,5	8,8	9,8	10,5	13,0	15,0		
	Тонкая	4,8	4,9	5,0	5,2	5,1	5,3	5,4	5,8	6,0	6,5	6,9	7,5	8,0	9,3	10,5	11,5	13,5	16,0		

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

Приложение 3

Формовочные уклоны отливок по ГОСТ 3212-92

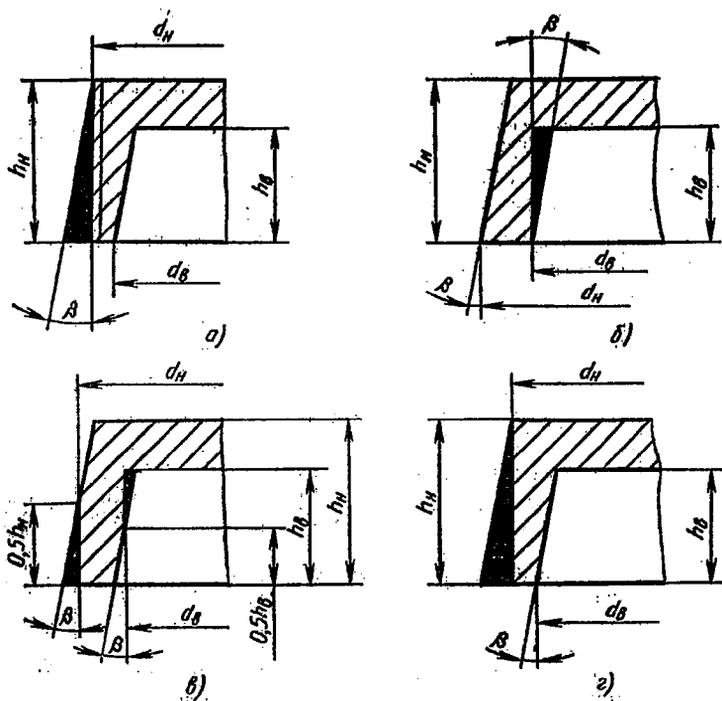


Рис. ПЗ.1. Формовочные уклоны

В зависимости от требований, предъявляемых к поверхности отливки, формовочные уклоны следует выполнять:

на обрабатываемых поверхностях отливки сверх припуска на механическую обработку за счет увеличения размеров отливки (см. рис. ПЗ.1, а);

на необрабатываемых поверхностях отливки, не сопрягаемых по контуру с другими деталями, за счет увеличения и уменьшения размеров отливки (см. рис. ПЗ.1, в);

на необрабатываемых поверхностях отливки, сопрягаемых по контуру с другими деталями, за счет уменьшения (см. рис. ПЗ.1, б) или увеличения (см. рис. ПЗ.1, г) размеров отливки в зависимости от поверхности сопряжения.

Таблица ПЗ.1

Формовочные уклоны модельного комплекта (ГОСТ 3212 – 92)

Высота основной формообразующей поверхности h_n или h_b , мм (см. рис. П 3.1)	Формовочный уклон						
	при применении песчано-глинистых смесей и комплекта				при применении смесей, твердеющих в контакте с оснасткой, и комплекта		
	металлического, пластмассового		деревянного		металлического для оболочковой формы	металлического, пластмассового	деревянного
	$d \leq h$	$d > h$	$d \leq h$	$d > h$			
До 10	2°17'	4°34'	2°54'	5° 45'	1° 43'	3° 26'	4° 00'
10...80	1°36'	3°11'	1°54'	3° 49'	1° 16'	2° 32'	2° 52'
19...30	1°09'	2°40'	1°31'	3° 03'	0° 57'	1° 54'	2° 17'
31...50	0°48'	1°42'	1°02'	2° 05'	0° 41'	1° 16'	1° 29'
51...80	0°34'	1°13'	0°43'	1° 26'	0° 30'	0° 54'	1° 04'
81...120	0°26'	0°54'	0°32'	1° 03'	0° 23'	0° 40'	0° 46'
121...180	0°19'	0°38'	0°23'	0° 46'	0° 17'	0° 29'	0° 34'
181...250	0°19'	0°37'	0°22'	0° 44'	0° 14'	0° 28'	0° 33'
251...315	0°19'	0°37'	0°22'	0° 44'	0° 14'	0° 27'	0° 33'
316...400	0°18'	0°36'	0°21'	0° 43'	–	0° 26'	0° 32'
401...500	0°17'	0°35'	0°21'	0° 41'	–	0° 26'	0° 31'
501...630	0°17'	0°33'	0°19'	0° 38'	–	0° 24'	0° 29'
630...800	0°16'	0°32'	0°19'	0° 38'	–	0° 24'	0° 29'

Размеры знаков стержней по ГОСТ 3606-80

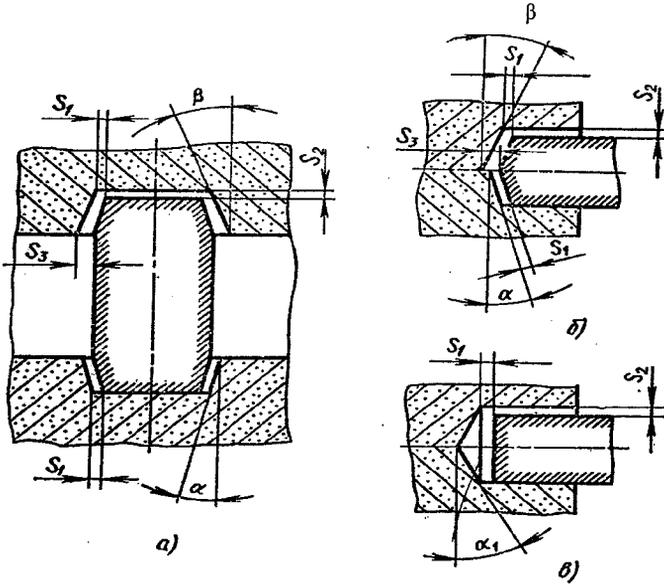


Рис. П4.1. Знаки стержней: а) при вертикальном расположении стержня; б) при горизонтальном расположении стержня с четкой фиксацией в осевом направлении; в) при горизонтальном расположении стержня

Таблица П4.1

Высота нижних вертикальных знаков стержней для сырых, сухих и твердеющих в контакте с оснасткой форм

Диаметр или половина периметра стержня, мм	Высота знака, мм, не более, при длине стержня, мм						
	До 50	50...80	81...120	121...180	181...250	251...315	316...400
До 30	20	30	30	—	—	—	—
30...50	20	35	35	35	50	60	60
51...80	25	35	35	35	40	50	60
81...120	25	35	35	35	40	50	60
121...180	30	35	35	35	35	40	50
181...250	30	35	35	35	35	40	50
251...315	35	35	35	35	35	40	50
316...400	40	40	40	40	40	40	40

Таблица П4.2

Длина горизонтальных знаков стержней

Диаметр или половина периметра стержня, мм	Тип формы	Длина знака, мм, не более, при длине стержня, мм							
		До 50	50...80	81...120	121...180	181...250	251...315	316...400	401...500
До 30	Φ_1	20	25	30	35	–	–	–	–
	Φ_2	15	20	30	35	–	–	–	–
	Φ_3	10	15	20	35	–	–	–	–
30...50	Φ_1	20	25	30	35	45	50	–	–
	Φ_2	20	25	30	35	40	45	–	–
	Φ_3	10	15	20	30	35	–	–	–
51...80	Φ_1	20	25	30	40	50	55	60	70
	Φ_2	20	25	30	35	40	45	–	–
	Φ_3	10	15	20	25	30	35	35	40
81...120	Φ_1	20	25	35	45	55	60	70	80
	Φ_2	25	30	35	40	45	50	55	60
	Φ_3	15	20	30	30	35	40	40	45

Примечание. Φ_1 – сырая форма, Φ_2 – сухая, Φ_3 – твердеющая в контакте с оснасткой.

Таблица П4.3

Формовочные уклоны знаковых частей стержня (см. рис. П4.1)

Высота знака, мм	α	β	α_1	Высота знака, мм	α	β	α_1
	градусы				градусы		
До 30	10	15	4	81...120	6	8	2
30...50	7	10	3	121...180	5	6	1
51...80	6	8	2	181...250	5	6	0

Таблица П4.4

Зазоры между знаковыми поверхностями формы и стержня
(см. рис. П4.1)

Высота знака, мм	Тип модельного комплекта	Зазор S_1 , мм, при длине стержня, мм						
		До 50	50...80	81...120	121...180	181...250	251...315	316...400
До 30	K1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
	K2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7
	K3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
	K4	0,8	0,9	0,1	1,2	1,4	1,06	1,8
30...50	K1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
	K2	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8
	K3	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4
	K4	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2
51...80	K1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
	K2	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
	K3	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
	K4	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3
81...210	K1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
	K2	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
	K3	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5
	K4	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3
Зазор S_2	K1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7
	K2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
	K3	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8
	K4	1,2	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	2,8

Примечания: 1. K1 – модельный комплект I и II классов точности из металла и пластмассы; K2 – III класса точности из металла и пластмассы и I класса точности из дерева; K3 – II класса точности из дерева; K4 – III класса точности из дерева.

2. $S_3 = 1,5S_1$.

Приложение 5
Допуски, припуски, кузнечные напуски стальных поковок по ГОСТ 7505–89

Таблица П5.1

Класс точности поковок

Основное деформирующее оборудование	Класс точности поковок				
	T1	T2	T3	T4	T5
Штамповочные молоты				+	+
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Кривошипные горячештамповочные прессы: открытая облойная штамповка; выдавливание; закрытая штамповка			+	+	+
Горячештамповочные автоматы	+				
Прецизионная штамповка	+				

Таблица П5.2

Определение коэффициента K_p

Группа	Характеристика детали	Типовые представители	K_p
1	Удлиненной формы		
1.1	С прямой осью	Валы, оси, цапфы, шатуны	1,3...1,6
1.2	С изогнутой осью	Рычаги, сошки рулевого управления	1,1...1,4
2	Круглые и многогранные в плане		
2.1	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	1,5...1,8
2.2	Квадратные, прямоугольные, многогранные	Фланцы, ступицы, гайки	1,3...1,7
2.3	С отрезками	Крестовины, вилки	1,4...1,6
3	Комбинированной конфигурации (сочетающей элементы 1-й и 2-й групп)	Кулаки поворотные, коленчатые валы	1,3...1,8
4	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки	1,1...1,3
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, не оформляемыми в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8 ...2,2

Таблица П.5.3

Основные припуски на механическую обработку поковок

Исходный индекс	Толщина детали											
	До 25			25...40			40...63			63...100		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали, мм											
	До 40			40...100			100...160			160...250		
	<i>Ra</i> 12,5...100	<i>Ra</i> 1,6...10	<i>Ra</i> 1,25	<i>Ra</i> 12,5...100	<i>Ra</i> 1,6...10	<i>Ra</i> 1,25	<i>Ra</i> 12,5...100	<i>Ra</i> 1,6...10	<i>Ra</i> 1,25	<i>Ra</i> 12,5...100	<i>Ra</i> 1,6...10	<i>Ra</i> 1,25
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2

Толщина детали												Исходный ин- декс
100...160			160... 250			Св. 250						
Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали, мм												
250...400			400 ...630			630...1000			1000 ...1500			
<i>Ra</i> 12,5...100	<i>Ra</i> 1,6...10	<i>Ra</i> 1,25	<i>Ra</i> 12,5...100	<i>Ra</i> 1,6...10	<i>Ra</i> 1,25	<i>Ra</i> 12,5...100	<i>Ra</i> 1,6...10	<i>Ra</i> 1,25	<i>Ra</i> 12,5...100	<i>Ra</i> 1,6...10	<i>Ra</i> 1,25	
0,6	0,8	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	-	-	-	-	-	-	2
0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	-	-	-	3
0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	-	-	-	4
1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	5
1,1	1,1	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	6
1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	7
1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	8
1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	9
1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	10
1,7	2,0	2,0	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	11
1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	12
2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	13
2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	14
2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	15
2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	16
2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	17
3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	18
3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	19
3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,7	20
4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	21
4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	22
4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7	23

Таблица П15.4

Дополнительный припуск, учитывающий смещение поковки
по поверхности разъёма

Масса поковки, кг	Припуска для классов точности, мм									
	Плоская поверхность разъёма (П)									
	T1	T2	T3	T4	T5					
	Симметрично изогнутая поверхность разъёма (И _с)									
	T1	T2	T3	T4	T5					
Несимметрично изогнутая поверхность разъёма (И _н)										
				T1	T2	T3	T4	T5		
До 0,5 вкл.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3		
Св. 0,5 до 1,0				0,2		0,3				
Св. 1,0 до 1,8				0,2	0,4					
Св. 1,8 до 3,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6		
Св. 3,2 до 5,6									0,4	0,5
Св. 5,6 до 10,0									0,5	0,6
Св. 10,0 до 20,0	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9		
Св. 20,0 до 50,0									0,5	0,6
Св. 50,0 до 125,0									0,6	0,7
Св. 125,0 до 250,0	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0		

Таблица П15.5

Дополнительный припуск, учитывающий отклонение от плоскостности

Наибольший размер поковки	Припуски для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 вкл.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Св. 100 до 160	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
» 160 » 250 »	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
» 250 » 400 »	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
» 400 » 630 »	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
» 630 » 1000 »	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
» 1000 » 1600 »	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
» 1600 » 2500 »	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

Таблица П5.6

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок, мм

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки, мм																	
	до 40			40...63			63...100			100...160			160...250			св. 250		
	Длина, ширина, диаметр и высота поковки, мм																	
1	0,3 +0,2 -0,1	0,4 +0,3 -0,1	0,5 +0,3 -0,2	0,6 +0,4 -0,2	0,7 +0,5 -0,3	0,8 +0,6 -0,4	0,9 +0,7 -0,5	1,0 +0,8 -0,5	1,2 +0,9 -0,5	1,4 +1,1 -0,7	1,6 +1,3 -0,7	2,0 +1,4 -0,8	2,2 +1,6 -0,9	2,5 +1,8 -1,0	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1		
																	0,3 +0,2 -0,1	0,4 +0,3 -0,1
2	0,4 +0,3 -0,1	0,5 +0,3 -0,2	0,6 +0,4 -0,2	0,7 +0,5 -0,2	0,8 +0,6 -0,3	0,9 +0,7 -0,4	1,0 +0,8 -0,5	1,2 +0,9 -0,5	1,4 +1,1 -0,7	1,6 +1,3 -0,7	2,0 +1,4 -0,8	2,2 +1,6 -0,9	2,5 +1,8 -1,0	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1			
																0,3 +0,2 -0,1	0,4 +0,3 -0,2	0,5 +0,3 -0,2
3	0,5 +0,3 -0,2	0,6 +0,4 -0,2	0,7 +0,5 -0,2	0,8 +0,6 -0,3	0,9 +0,7 -0,4	1,0 +0,8 -0,5	1,2 +0,9 -0,5	1,4 +1,1 -0,7	1,6 +1,3 -0,7	2,0 +1,4 -0,8	2,2 +1,6 -0,9	2,5 +1,8 -1,0	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1				
															0,3 +0,2 -0,1	0,4 +0,3 -0,2	0,5 +0,3 -0,2	0,6 +0,4 -0,2
4	0,6 +0,4 -0,2	0,7 +0,5 -0,2	0,8 +0,6 -0,3	0,9 +0,7 -0,4	1,0 +0,8 -0,5	1,2 +0,9 -0,5	1,4 +1,1 -0,7	1,6 +1,3 -0,7	2,0 +1,4 -0,8	2,2 +1,6 -0,9	2,5 +1,8 -1,0	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1					
														0,3 +0,2 -0,1	0,4 +0,3 -0,2	0,5 +0,3 -0,2	0,6 +0,4 -0,2	0,7 +0,5 -0,3
5	0,7 +0,5 0,2	0,8 +0,6 -0,3	0,9 +0,7 -0,4	1,0 +0,8 -0,5	1,2 +0,9 -0,5	1,4 +1,1 -0,7	1,6 +1,3 -0,7	2,0 +1,4 -0,8	2,2 +1,6 -0,9	2,5 +1,8 -1,0	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1						
													0,3 +0,2 -0,1	0,4 +0,3 -0,2	0,5 +0,3 -0,2	0,6 +0,4 -0,2	0,7 +0,5 -0,3	0,8 +0,6 -0,4
6	0,8 +0,5 -0,3	0,9 +0,6 -0,3	1,0 +0,7 -0,4	1,2 +0,8 -0,4	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	2,0 +1,3 -0,7	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1							
												0,3 +0,2 -0,1	0,4 +0,3 -0,2	0,5 +0,3 -0,2	0,6 +0,4 -0,2	0,7 +0,5 -0,3	0,8 +0,6 -0,4	0,9 +0,7 -0,5
7	0,9 +0,6 -0,3	1,0 +0,7 -0,3	1,2 +0,8 -0,4	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	2,0 +1,3 -0,7	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1								
											0,3 +0,2 -0,1	0,4 +0,3 -0,2	0,5 +0,3 -0,2	0,6 +0,4 -0,2	0,7 +0,5 -0,3	0,8 +0,6 -0,4	0,9 +0,7 -0,5	1,0 +0,8 -0,5
8	1,0 +0,7 -0,3	1,2 +0,8 -0,4	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	2,0 +1,3 -0,7	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1									
										0,3 +0,2 -0,1	0,4 +0,3 -0,2	0,5 +0,3 -0,2	0,6 +0,4 -0,2	0,7 +0,5 -0,3	0,8 +0,6 -0,4	0,9 +0,7 -0,5	1,0 +0,8 -0,5	1,2 +0,9 -0,5

Продолжение табл. П5.6

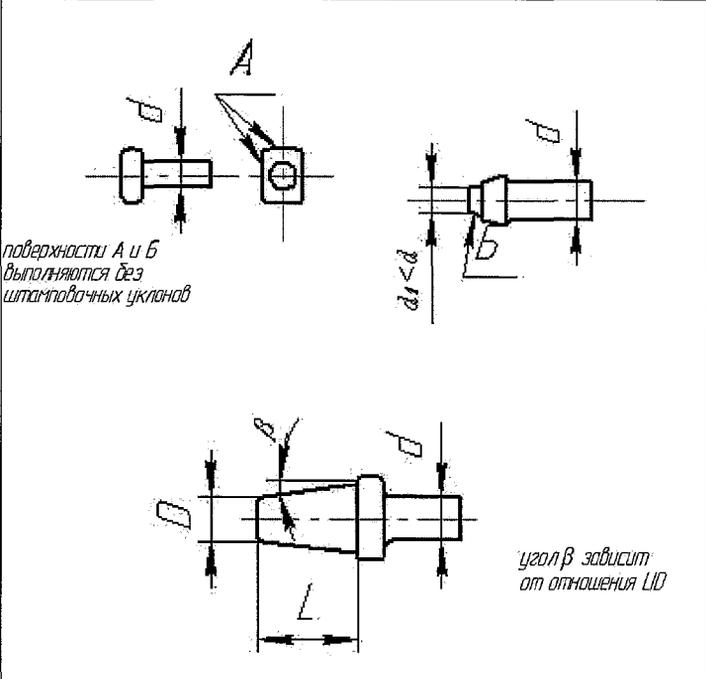
Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки, мм											
	св. 250											
	до 40	40...63	63...100	100...160	160...250	250...400	400...630	630...1000	1000...1600	1600...2500		
Длина, ширина, диаметр и высота поковки, мм												
до 40	40...100	100...160	160...250	250...400	400...630	630...1000	1000...1600	1600...2500	1600...2500	1600...2500	1600...2500	
9	1,2 +0,8 -0,4	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	2,0 +1,3 -0,7	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -2,2	4,0 +2,7 -2,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7
10	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	2,0 +1,3 -0,7	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -2,2	4,0 +2,7 -2,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9
11	1,6 +1,1 -0,5	2,0 +1,3 -0,7	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -2,2	4,0 +2,7 -2,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1
12	2,0 +1,3 -0,7	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -2,2	4,0 +2,7 -2,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7,1 +4,7 -2,4
13	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -2,2	4,0 +2,7 -2,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7,1 +4,7 -2,4	
14	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -2,2	4,0 +2,7 -2,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7,1 +4,7 -2,4		
15	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -2,2	4,0 +2,7 -2,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7,1 +4,7 -2,4			

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки, мм																
	до 40		40...63		63...100		100...160		160...250		св. 250						
	Длина, ширина, диаметр и высота поковки, мм																
	до 40	40...100	100...160	160...250	250...400	400...630	630...1000	1000...1600	1600...2500								
16	3,2	+2,1 -1,1	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7
17	3,6	+2,4 -1,2	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0
18	4,0	+2,7 -1,3	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3
19	4,5	+3,0 -1,5	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6
20	5,0	+3,3 -1,7	+3,7 -1,0	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0
21	5,6	+3,7 -1,9	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4
22	6,3	+4,2 -2,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8
23	7,1	+4,7 -2,4	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8	16,0	+10,0 -6,0

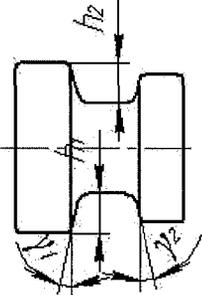
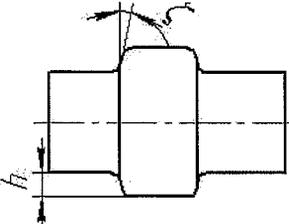
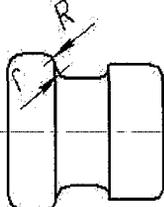
Примечание. Допускаемые отклонения внутренних размеров повок должны устанавливаться с обратным знаком.

Таблица П5.7

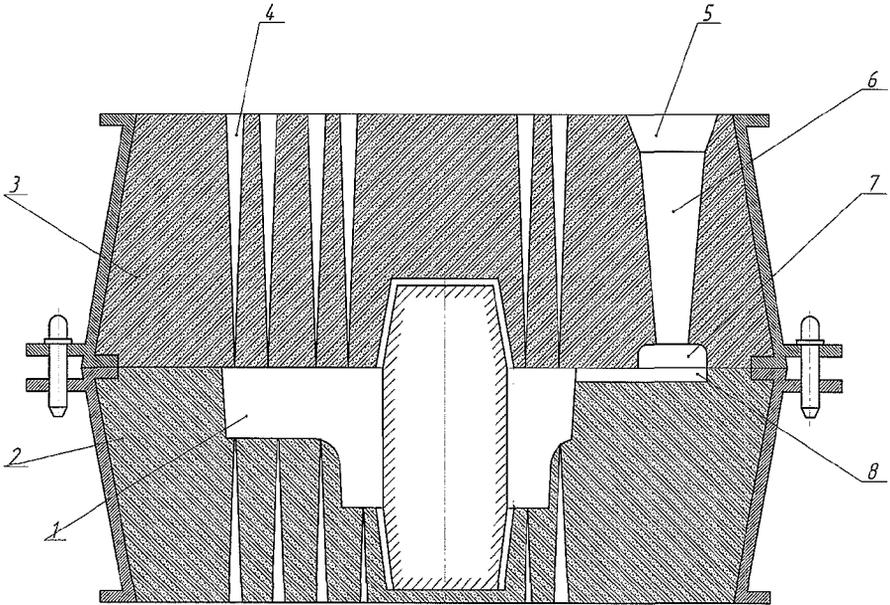
Штамповочные уклоны поверхностей поковок,
изготовленных штамповкой на ГКМ

Поверхности поковки	Штамповочные уклоны, эскизы поковок, пояснения к выбору уклонов					
<i>I. Поверхности поковок параллельны перемещению ползуна</i>						
Наружные, в том числе оформляемые в матрицах выдавливанием в пуансоне	 <p data-bbox="277 622 469 694"><i>поверхности А и Б выполняются без штамповочных уклонов</i></p> <p data-bbox="786 925 944 981"><i>угол β зависит от отношения L/D</i></p>					
	L/D	До 0,3	Св. 0,3 до 1,2	Св. 1,2 до 2,2	Св. 2,2 до 3,2	Св. 3,2 до 4,2
	β	0	15'	30'	45'	1°

Поверхности поковки	Штамповочные уклоны, эскизы поковок, пояснения к выбору уклонов					
<i>I. Поверхности поковок параллельны перемещению ползуна</i>						
<p>Внутренние в сквозных и глухих отверстиях, выполняемых пуансоном</p>			<p>максимальное значение штамповочного уклона $\alpha_{\max} \leq 3^\circ$; минимальное значение α (α_1, α_2) зависит от отношения l/d_1 ($l_1/d_2; l_2/d_3$)</p>			
	$\frac{l}{d_1} \left(\frac{l_1}{d_2}; \frac{l_2}{d_3} \right)$	До 0,5	Св. 0,5 до 1,5	Св. 1,5 до 2,5	Св. 2,5 до 3,5	Св. 3,5 до 4,5
	α ($\alpha_1; \alpha_2$)	0	15'	30'	45'	1°
	$\frac{l}{d_1} \left(\frac{l_1}{d_2}; \frac{l_2}{d_3} \right)$	св. 4,5 до 5,5	св. 5,5 до 6,5	св. 6,5 до 7,5	св. 7,5 до 8,5	
	α ($\alpha_1; \alpha_2$)	1°15'	1°30'	1°45'	2°	
		<p>Глубокие полости для уменьшения угла α разделяют по высоте на несколько участков</p>				

Поверхности поковки	Штамповочные уклоны, эскизы поковок, пояснения к выбору уклонов					
<i>II. Поверхности поковок перпендикулярны перемещению ползуна</i>						
Штамповочные уклоны для замкнутых штампов поверхностей ступенчатых поковок, оформляемых в матрицах						
с внутренними уклонами	 <p data-bbox="554 470 960 558">Максимальное значение внутреннего уклона $\gamma_{\max} \leq 7^\circ$. Угол γ ($\gamma_1; \gamma_2$) зависит от h</p>					
	h , мм	До 10	Св. 10 до 16	Св. 16 до 25	Св. 25 до 40	Св. 40
	γ , °	1	2	3	5	7
с внешними уклонами	 <p data-bbox="584 837 971 1061">Максимальное значение внешнего уклона $\zeta_{\max} \leq 5^\circ$. Угол ζ можно выбрать в зависимости от h, основываясь на данных для внутреннего угла γ и с учетом того, что при равных значениях h следует принимать $\zeta < \gamma$</p>					
с большими радиусами переходов	 <p data-bbox="458 1204 922 1300">Штамповочные уклоны не требуются, если поверхность образована сопряжением дуг радиусов R и r</p>					

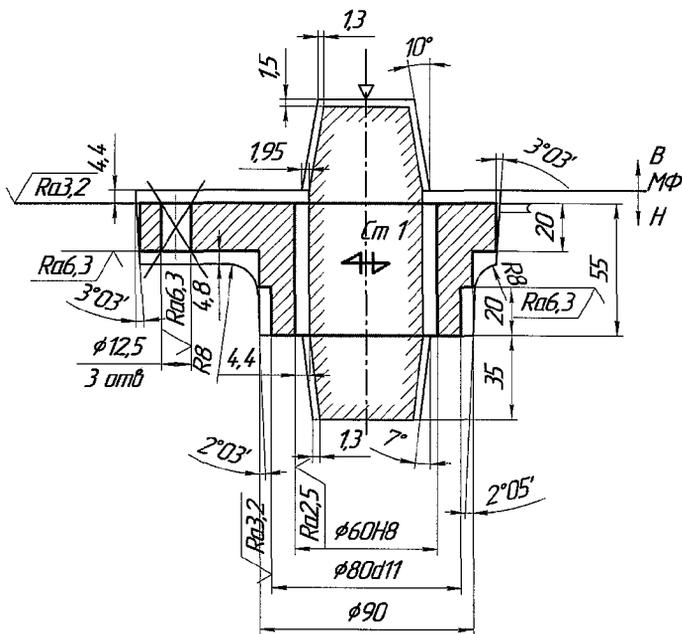
Пример технологической разработки отливки



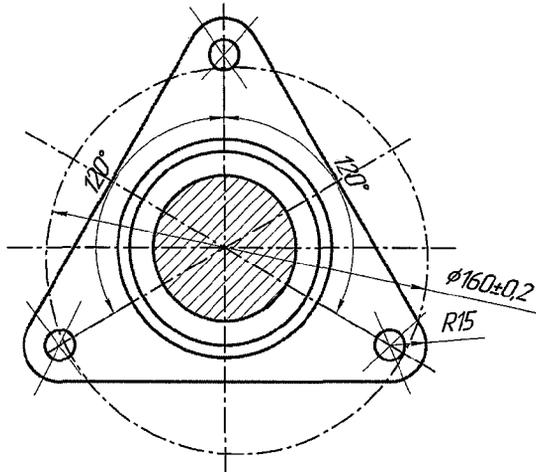
1 Отливка; 2 Нижняя полуформа; 3 Верхняя полуформа;
4 Выпар-канал; 5 Литейная воронка; 6 Стояк
7 Шлакоулавнитель; 8 Питатель

Рис. Пб.1. Эскиз литейной формы

Деталь кронштейн изготавливается в условиях мелкосерийного производства.
Материал детали – СЧ 20.

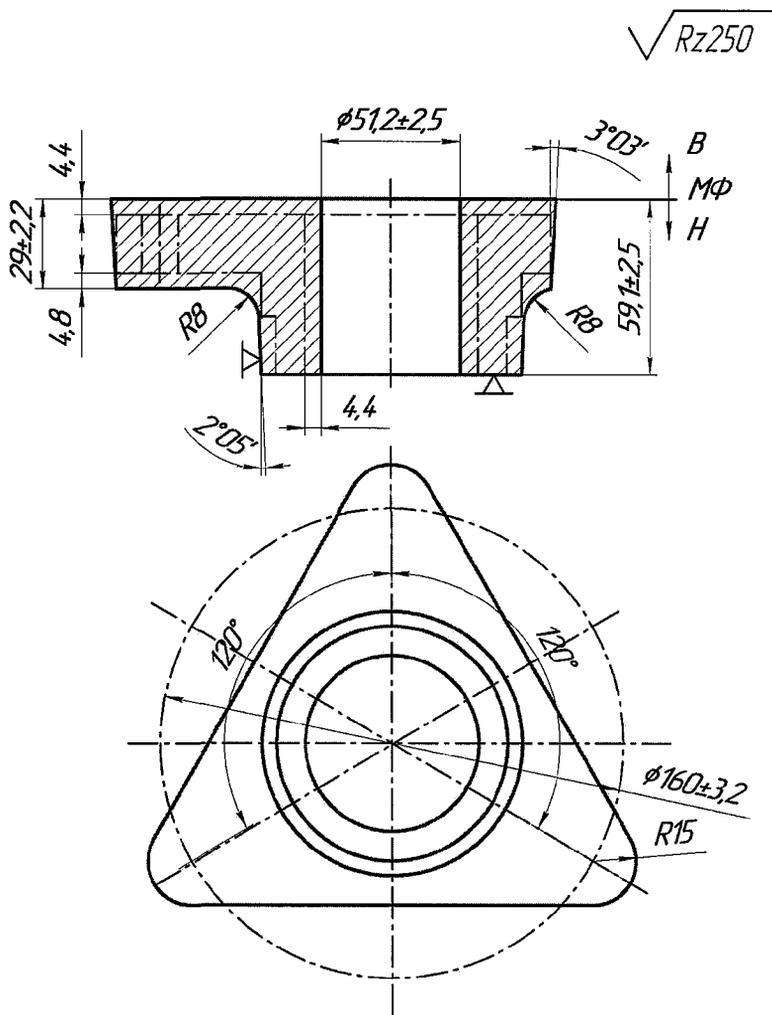


✓/✓/



Точность отливки 12–8–15–12 ГОСТ 26645–85
 Материал отливки СЧ 20
 Литейная усадка 1%

Рис. Пб.2. Технологический чертеж отливки с модельно-литейными указаниями



Точность отливки 12–8–15–12 ГОСТ 26645–85
 Неуказанные наружные радиусы 2...3 мм

Рис. Пб.3. Чертеж отливки

Примеры оформления чертежей поковок

Пример 1. Наименование детали – фланец (рис. П7.1). Тип штампа – закрытый. Штамповочное оборудование – ГКМ. Материал поковки – сталь 20Х. Масса детали – 1,93 кг. Расчетная масса поковки: $M_{п.р.} = M_d K_p = 1,93 \cdot 1,6 = 3,1$ кг. Класс точности Т4. Группа стали – М1 (средняя массовая доля углерода в стали 20Х – 0,2%; легирующих элементов – 0,95 % Cr). Степень сложности – С1. Конфигурация поверхности разъема штампа плоская. Исходный индекс – 10.

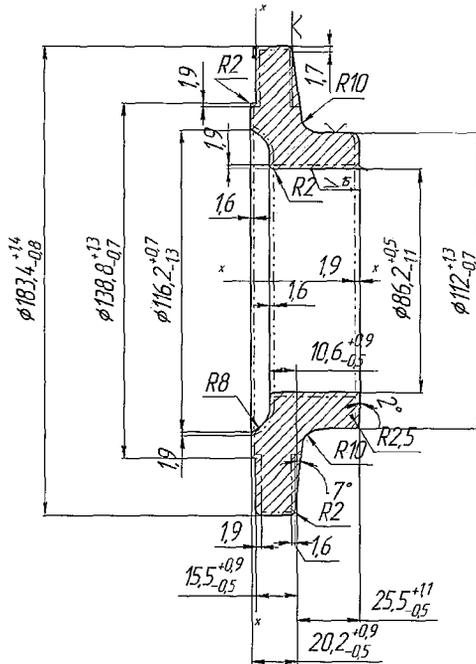


Рис. П7.1.Чертеж поковки фланца

Пример 2. Наименование детали – шестерня (рис. П7.2). Тип штампа – открытый. Штамповочное оборудование – КГШП. Материал поковки – сталь 30ХМА. Масса детали – 1,83 кг. Расчетная масса поковки: $M_{п.р.} = M_d K_p = 1,83 \cdot 1,8 = 3,3$ кг. Класс точности Т4. Группа стали – М1 (средняя массовая доля углерода в стали 30ХМА – 0,3%; суммарная массовая доля легирующих элементов – 1,9% (0,27% Si; 0,55 % Mn; 0,95 % Cr; 0,25 % Mo;)). Степень сложности – С1. Конфигурация поверхности разъема штампа плоская. Исходный индекс – 10.

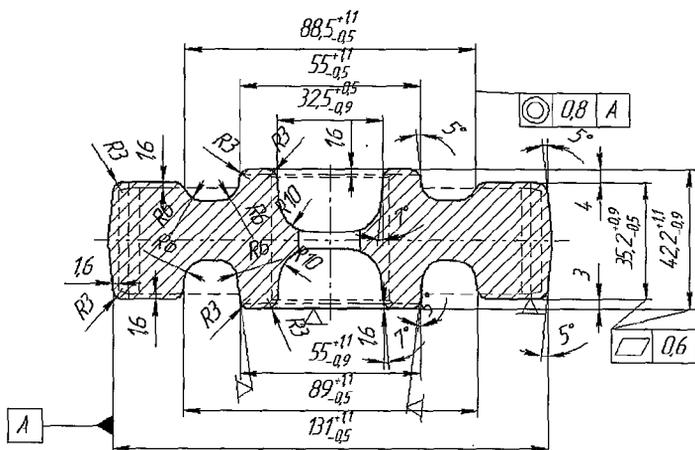


Рис. П7.2. Чертеж поковки шестерни

Пример 3. Наименование детали – вал-шестерня (рис.П7.3). Штамповочное оборудование – горизонтально-ковочная машина. Материал поковки – сталь 15ХГН2ГА, группа стали – М2. Масса детали – 5,2кг. Расчетная масса поковки: $M_{п.р.} = M_{д} K_p = 5,2 \cdot 1,5 = 7,8$ кг. Класс точности Т5. Степень сложности – С3. Конфигурация поверхности разреза штампа плоская. Исходный индекс – 17.

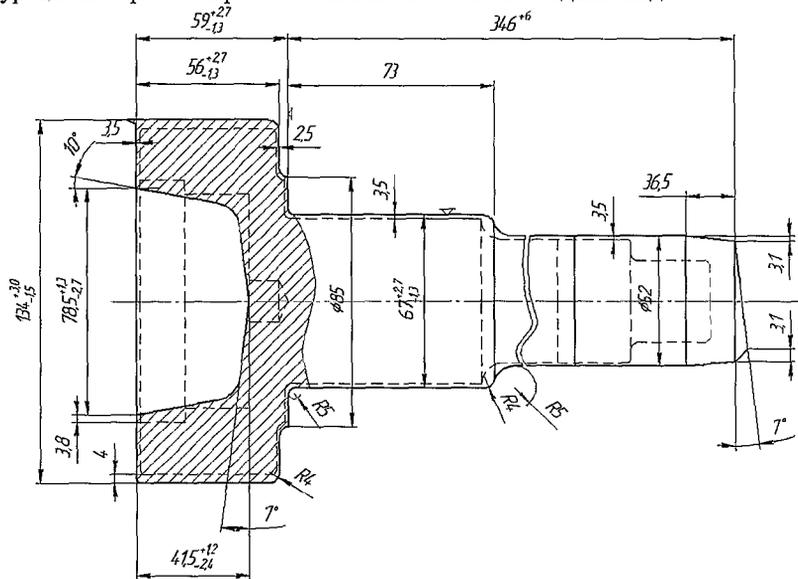


Рис. П7.3. Чертеж поковки вала-шестерни

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТЛИВКИ	
1.1. Технология изготовления отливок в песчано-глинистых формах.....	3
1.2. Технологичность конструкции отливок.....	11
1.2.1. Особенности конструирования отливок с учетом литейных свойств сплава.....	12
1.2.2. Правила конструирования отливок с учетом технологии изготовления.....	18
1.3. Технологический чертеж отливки с модельно-литейными указаниями	
1.3.1. Основные положения.....	22
1.3.2. Установление параметров точности отливки.....	27
1.3.3. Назначение припусков на обработку отливки.....	28
1.3.4. Литниковые системы.....	31
1.4. Разработка и оформление чертежа отливки.....	39
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАМПОВАННОЙ ПОКОВКИ	
2.1. Основные этапы проектирования технологического процесса горячей объемной штамповки.....	41
2.2. Анализ технологичности конструкции поковок.....	41
2.3. Выбор штамповочного оборудования и типа штампа.....	43
2.4. Составление чертежа поковки.....	45
2.5. Облой и облойные канавки.....	56
2.6. Объем и размеры исходной заготовки.....	60
2.7. Коэффициент использования металла.....	62
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	63
ПРИЛОЖЕНИЯ	
Приложение 1. Свойства литейных сплавов.....	64
Приложение 2. Параметры точности и припуски отливок по ГОСТ 26645–85...	66
Приложение 3. Формовочные уклоны отливок по ГОСТ 3212–92.....	82
Приложение 4. Размеры знаков стержней по ГОСТ 3606–80.....	84
Приложение 5. Допуски, припуски, кузнечные напуски стальных поковок по ГОСТ 7505–89.....	87
Приложение 6. Пример технологической разработки отливки.....	97
Приложение 7. Примеры оформления чертежей поковок.....	100

Ольга Борисовна Кучина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК

Учебное пособие для практических занятий
и самостоятельной работы студентов

Под редакцией Ю.Г. Микова

Техн. редактор А.В.Миних

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 29.11.2010. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 6,04. Тираж 60 экз. Заказ 478/464. Цена С.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.