

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра материаловедения и технологии материалов

И.Ш. Тавтилов, В.И. Юршев, В.С. Репях

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК

Практикум

Рекомендовано к изданию ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение

Оренбург
2018

УДК 621.74
ББК 34.61
Т13

Рецензент – кандидат технических наук, М.А. Корнипаев

Тавтилов, И. Ш.

Т13 Проектирование и производство заготовок: практикум
/ И. Ш. Тавтилов, В.И. Юршев, В.С. Репях; Оренбургский гос.
ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 109 с.

Практикум состоит из 2 работ для проектирования заготовок получаемых литьем и обработкой давлением. Каждая работа включает изложение основных положений теории, методики проведения работы, порядка обработки полученных результатов, а также содержит требования к составлению отчёта и контрольные вопросы для самоподготовки. В приложении приведён весь необходимый для расчётов нормативно-справочный материал.

Издание предназначено для организации самостоятельной работы по выполнению практических заданий обучающимися по дисциплине «Проектирование и производство заготовок».

Материал будет полезен обучающимся в процессе выполнения выпускной квалификационной работы по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение.

УДК 621.74
ББК 34.61

© Тавтилов И. Ш.,
Юршев В.И.,
Репях В.С., 2018
© ОГУ, 2018

Содержание

Введение.....	4
1 Практическая работа №1. Проектирование отливки, получаемой в песчаной литейной форме	5
1.1 Общие сведения	5
1.2 Задание	28
1.3 Порядок выполнения работы	28
1.4 Содержание отчёта	32
1.5 Контрольные вопросы	37
2 Практическая работа №2. Проектирование стальной штампованной поковки	39
2.1 Общие сведения	39
2.2 Задание	74
2.3 Порядок выполнения работы	74
2.4 Содержание отчёта	77
2.5 Контрольные вопросы	79
Список использованных источников	81
Приложение А	83
Приложение Б	84
Приложение В	87
Приложение Г	92
Приложение Д	94
Приложение Е	95
Приложение Ж	99
Приложение И	100
Приложение К	101
Приложение Л	102
Приложение М	103
Приложение Н	104
Приложение О	105
Приложение П	109

Введение

В технологии машиностроения большое внимание уделяется вопросам замены традиционных технологических процессов, основанных на резании металлов, более экономичными методами формообразования деталей, сокращению удельного веса механической обработки резанием за счет повышения точности заготовок и экономичности их изготовления.

В результате практического использования достижений научно-технического прогресса, в технологии машиностроения все более четко формируются следующие основные направления развития: повышение удельного веса непрерывных процессов производительности металлорежущего оборудования, значительное повышение точности на всех стадиях машиностроительного производства; ускорение внедрения комплексной механизации трудоемких работ и повышения уровня автоматизации процессов, усиление контроля за качеством обработки деталей, применение автоматических манипуляторов, внедрение гибких производственных систем; совершенствование структуры технологических процессов, заключающиеся в замене трудоемкого труда обработки прогрессивными видами штамповки, проката и точного литья; снижение уровня удельной материалоемкости деталей, узлов и готовых изделий за счет повышения качественных характеристик конструкционных металлов.

В решении поставленных задач большое место отводится исходной заготовке. Действительно, ни один технологический процесс изготовления продукции машиностроения не может быть поставлен на непрерывный поток производства, если не будут решены вопросы однородности в свойствах и размерах исходных заготовок. Показатели качества изделий так же тесно связаны с точностью и качеством применяемых заготовок. Технологический процесс, построенный на использовании заготовок с большими допусками, припусками, с грубой поверхностью, неоднородной твердостью материала, с большими уклонами может вызвать большие колебания в допусках готовой детали вследствие закона копирования при механической обработке. Влияние качества, себестоимости заготовок так же просматриваются и отображаются на других направлениях развития технологии машиностроения.

Большое разнообразие способов изготовления заготовок вызывает определенные трудности в оценке, в выборе, в проектировании чертежа заготовки, в осуществлении технологической подготовки производства конкретно заданной детали. Решению этих задач поможет практикум «Проектирование и производство заготовок» для выполнения практических работ по дисциплине «Проектирование и производство заготовок» для обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение. Практикум «Проектирование и производство заготовок» может быть полезным при курсовом или дипломном проектировании обучающихся инженерных специальностей, так же для инженерно-технических работников, как машиностроительных, так и литейных специальностей.

1 Практическая работа №1. Проектирование отливки, получаемой в песчаной литейной форме

Целью работы является приобретение навыков проектирования отливки и оформления соответствующего графического документа, согласно действующим нормативам.

1.1 Общие сведения

1.1.1 Термины и пояснения

Заготовкой называется предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь.

Различают три основных вида заготовок: машиностроительные профили, штучные и комбинированные. Машиностроительные профили изготавливают постоянного сечения (например, круглого, шестигранного или трубы) или периодического. В крупносерийном и массовом производстве применяют также специальный прокат. Штучные заготовки получают литьем, ковкой, штамповкой или сваркой. Заготовки характеризуются конфигурацией и размерами, точностью полученных размеров, состоянием поверхности и т.д.

Формы и размеры заготовки в значительной степени определяют технологию, как ее изготовления, так и последующей обработки. Точность размеров заготовки является важнейшим фактором, влияющим на стоимость изготовления детали. При этом желательно обеспечить стабильность размеров заготовки во времени и в пределах изготавливаемой партии. Форма и размеры заготовки, а также состояние ее поверхностей (например, отбел чугунных отливок, слой окалины на поковках) могут существенно влиять на последующую обработку резанием. Поэтому для большинства заготовок необходима предварительная подготовка, заключающаяся в том, что им придается такое состояние или вид, при котором можно производить механическую обработку на металлорежущих станках. Особенно тщательно эта работа выполняется, если дальнейшая обработка осуществляется на автоматических линиях или гибких автоматизированных комплексах. К операциям предварительной обработки относят зачистку, правку, обдирку, разрезание, центрование, а иногда и обработку технологических баз.

Литейным производством называется технологический процесс изготовления фасонных деталей или заготовок путём заливки расплавленного металла в форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки. После затвердевания металл (расплав) принимает очертания формы и называется отливкой.

Литейные сплавы классифицируются в зависимости от их состава, свойств, назначения. Сплавы на основе железа называют черными. К ним относят все разновидности чугунов и сталей. Остальные литейные сплавы на основе алюминия, магния, цинка, олова, свинца, меди, титана, молибдена, никеля, ко-

бальта, бериллия и других металлов, в том числе и благородных (серебра, золота, платины), называют цветными.

Для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств литых деталей, например прочности, твердости, износостойкости, в сплавы в определенном количестве вводят специальные добавки, так называемые легирующие компоненты. По их содержанию сплавы делят на низколегированные (менее 2,5% легирующих компонентов по массе), среднелегированные (от 2,5 до 10%) и высоколегированные (свыше 10%).

Помимо специально вводимых в литейные сплавы компонентов в них обычно присутствуют постоянные примеси, наличие которых связано с особенностями металлургических процессов приготовления сплава и составом исходных металлургических материалов (руд, топлива, флюсов). Часто эти примеси (например, сера и фосфор в сталях) являются вредными и содержание их ограничивают.

Получение качественных отливок без раковин, трещин и других дефектов зависит от литейных свойств сплавов. К основным литейным свойствам сплавов относят жидкотекучесть, усадку сплавов, склонность к образованию трещин, газопоглощение и ликвацию.

Жидкотекучесть – способность расплавленного металла течь по каналам литейной формы, заполнять ее полости и четко воспроизводить контуры отливки. При высокой жидкотекучести литейные сплавы заполняют все элементы литейной формы, при низкой – полость формы заполняется частично, в узких сечениях образуются недоливы.

Усадка – процесс уменьшения объема отливки при охлаждении, начиная с некоторой температуры жидкого металла в литейной форме до температуры окружающей среды. Усадка протекает в жидком состоянии, при затвердевании в процессе кристаллизации и в твердом состоянии. Различают линейную и объемную усадку, которую определяют в процентах.

Напряжения в отливках возникают вследствие неравномерного их охлаждения и механического торможения усадки. Они характерны для отливок с различной толщиной стенок. При затвердевании температура отливки в массивных частях выше, чем снаружи или в тонких сечениях. Поэтому усадка в отдельных местах по величине различна, но так как части одной и той же отливки не могут изменять свои размеры независимо друг от друга, то в ней возникают напряжения, которые могут вызывать образование трещин или коробление. Для предупреждения образования больших напряжений и трещин необходимо в конструкции литой детали предусматривать равномерную толщину стенок, плавные переходы и устранять элементы, затрудняющие усадку сплава, а также использовать литейные формы и стержни повышенной податливости. Трещины довольно часто образуются в отливках из углеродистых и легированных сталей, сплавов магния и многих алюминиевых сплавов.

Газопоглощение – способность литейных сплавов в расплавленном состоянии растворять водород, азот, кислород и другие газы. Степень растворимости газов зависит от состояния сплава: с повышением температуры твердого сплава она увеличивается незначительно, несколько возрастает при плавлении и резко

повышается при перегреве расплава. При затвердевании и последующем охлаждении растворимость газов уменьшается, и в результате их выделения в отливке могут образоваться газовые раковины и поры.

Ликвация – неоднородность химического состава в различных частях отливки. Различают ликвацию зональную и дендритную (внутрикристаллитную).

Зональная ликвация – химическая неоднородность сплава по отдельным зонам отливки.

Дендритная ликвация – химическая неоднородность в пределах одного кристалла (дендрита) сплава. Ликвация зависит от химического состава сплава, конфигурации отливки, скорости охлаждения и других факторов.

1.1.2 Основные этапы и последовательность проектирования отливки

Проектирование отливки, получаемой в песчаной литейной форме, состоит из следующих 10 этапов:

- 1) анализ чертежа детали с точки зрения технологичности её конструкции;
- 2) выбор вида песчаной литейной формы, установление положения отливки в форме при заливке и места разъёма модели и формы;
- 3) установление параметров точности отливки по ГОСТ Р 53464-2009 [1];
- 4) установление допусков линейных и угловых размеров, допусков формы и неровности поверхностей отливки;
- 5) назначение припусков на обработку отливки;
- 6) расчёт номинальных размеров отливки;
- 7) проверка совпадения интервалов соответствующих номинальных размеров отливки и детали;
- 8) установление предельных отклонений размеров отливки и назначение формовочных уклонов, галтелей и других технологических напусков;
- 9) расчёт массы детали и отливки, установление класса точности и допуска массы отливки, определение номинальной массы отходов и расчёт коэффициента использования металла;
- 10) разработка и оформление карты проектирования отливки графического документа на отливку.

1.1.3 Анализ чертежа детали с точки зрения технологичности её конструкции

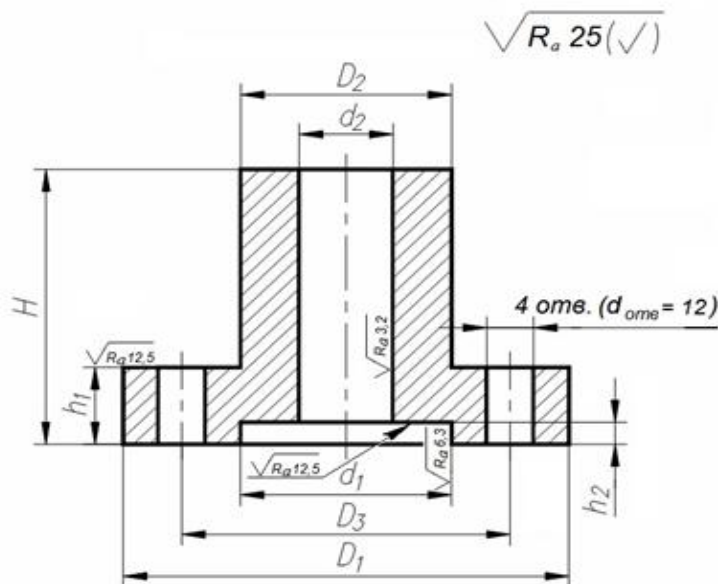
Исходными данными для проектирования отливки являются чертёж готовой детали с техническими условиями и тип производства (единичное, серийное или массовое).

Проектирование отливки начинают с анализа технологичности конструкции детали. Технологичной называют такую конструкцию литой детали, которая обеспечивает оптимальные затраты труда, материалов, энергии и времени при изготовлении детали с заданными показателями качества, объёма выпуска и условий выполнения работ.

Технологичная конструкция литой детали характеризуется простотой компоновки, совершенством форм, учётом особенностей технологии литья и закономерностей кристаллизации металла и охлаждения отливки. У технологичной отливки внешние контуры представляют собой сочетание простых геометрических тел с преобладанием плоских прямолинейных поверхностей, соединяемых плавными переходами, галтелями; полости и окна обеспечивают прочное крепление стержней в форме, удобство их выбивки, минимальное число стержней, отсутствие жеребеек, узких пазов; бобышки, приливы и другие выступающие элементы детали не затрудняют извлечение модели из формы, а усадка не вызывает больших литейных напряжений, короблений, раковин.

Если окажется, что конструкция детали не удовлетворяет требованиям технологичности, то потребуется корректировка чертежа детали, замена материала детали и т.д. Конструкция заданной детали (рисунок 1.1), как в этом легко убедиться, является технологичной, и в рамках данной работы корректировка чертежа детали не требуется. Поэтому следует дать лишь краткое обоснование технологичности конструкции данной детали, руководствуясь приведёнными выше положениями и показателями технологичности.

В таблице 1.1 приведены размеры готовой детали для 15 вариантов задания на проектирование отливки и указан тип производства.



Предельные отклонения размеров детали: $D_1, D_2 - h14; d_1, d_2 - H9$, остальных $\pm IT 14/2$ согласно ГОСТ 25346-2013 [2]

Рисунок 1.1 – Чертёж детали «Полумуфта»

Таблица 1.1 – Варианты задания (к рисунку 1.1)

Вариант	Номинальный размер детали, мм								Материал детали: марка сплава, ГОСТ
	D_1	D_2	D_3	d_1	d_2	H	h1	h2	
1 л	340	220	280	220	110	250	70	35	АК9ч (АЛ4) ГОСТ 1583-93
2 л	330	210	270	210	110	250	65	30	МЛ5 ГОСТ 2856-79
3 л	330	200	265	200	110	280	60	25	АК7ч (АЛ9) ГОСТ 1583-93

Продолжение таблицы 1.1

4 л	320	200	260	200	100	230	65	30	МЛ9 ГОСТ 2856-79
5 л	310	200	265	220	90	230	60	30	АК12 (АЛ2) ГОСТ 1583-93
6 л	300	190	250	200	80	220	60	25	СЧ35ГОСТ 1412-85
7 л	300	180	250	200	70	200	50	25	ВЧ 50ГОСТ 7293-85
8 л	300	180	240	180	80	250	40	20	КЧ 30-6 ГОСТ 1215-79
9 л	280	170	230	180	70	170	50	25	Сталь 45ЛГОСТ 977-88
10 л	250	160	205	160	70	160	50	25	Сталь 40ХЛ ГОСТ 977-88
11 л	220	140	180	140	65	150	45	20	ЛЦ40Мц1,5 ГОСТ 1771-93
12 л	190	125	160	125	60	140	40	20	Бр05Ц5С5 ГОСТ 613-79
13 л	170	110	140	110	55	125	36	18	ЛЦ40Мц3Ж ГОСТ 1771-93
14 л	140	100	120	100	50	110	32	15	БрА9Ж3Л ГОСТ 493-79
15 л	130	80	105	80	40	100	30	15	ЛЦ40С ГОСТ 1771-93

Примечания

- 1 Данные о плотности, линейной усадке, твёрдости приведены в приложении И (таблица И.1).
- 2 Считать, что отливки термически обрабатываются.
- 3 Принять тип производства – среднесерийный.
- 4 В скобках указаны прежние (устаревшие) обозначения марок алюминиевых сплавов.

1.1.4 Выбор вида песчаной литейной формы, установление положения отливки в форме при заливке и места разъёма модели и формы

Литьём в разовые песчаные формы получают до 80% (по массе) отливок.

Достоинствами литья в песчаные формы являются его экономичность и универсальность: применяется при любом типе производства, для отливок любых размеров и массы, практически для любых литейных сплавов. К основным недостаткам рассматриваемого способа относятся относительно невысокая размерная точность и повышенная шероховатость поверхности отливок, что вызывает необходимость последующей механической обработки резанием.

При выборе вида песчаной литейной формы учитывают массу, размеры и материал отливки, тип производства, технические требования к изделию, а также конкретные возможности литейного цеха – парк формовочных и стержневых машин, плавильных агрегатов, подъёмно-транспортного оборудования и др.[3].

В зависимости от способа формовки, влажности, прочности песчано-глинистой формовочной смеси и твёрдости песчаной формы, а также вида литейного сплава различают вакуумно-плёночные, сухие, подсушенные и сырые песчаные формы (таблица 1.2).

Выбор положения отливки в форме при заливке зависит от требований, предъявляемых к плотности и шероховатости отдельных элементов отливки. Чтобы обеспечить направленную кристаллизацию металла, наиболее массивные части отливки располагают вверху, ответственные поверхности – внизу или вертикально.

Выбранное положение отливки в форме должно обеспечить удобство изготовления и сборки формы.

Выбор места разъёма модели и формы зависит от размеров литой детали, её конфигурации и типа производства. Расположение разъёма должно обеспечить беспрепятственное удаление модели из формы, исключить отъёмные части модели и по возможности – стержни. Необходимо стремиться к созданию одной плоскости разъёма, используя правило световых теней, согласно которому теневые участки при воображаемом освещении детали параллельными лучами в направлении, перпендикулярном к плоскости разъёма формы или стержневого ящика, должны отсутствовать.

Таблица 1.2 – Виды песчаных литейных форм [1, 3]

Код литейной формы	Песчаная литейная форма	
	Характеристика	Область применения
ПФ1	Вакуумно-плёночная литейная форма	Для отливок из чёрных и цветных сплавов массой от 100 до 10000 кг, в серийном и массовом производстве
ПФ2	Сухая песчаная форма (неокрашенная или окрашенная)	Для отливок массой более 100 кг, высотой свыше 300 мм, сложных – с тонкими выступающими частями, из любых литейных сплавов, в единичном и серийном производстве
ПФ3	Подсушенная песчаная форма (неокрашенная или окрашенная)	Для отливок из любых литейных сплавов массой от 50 до 8000 кг, высотой более 250 мм, сложных, ответственных, при любом типе производства

Продолжение таблицы 1.2

ПФ4	Сырая песчаная форма из низковлажной (до 2,8%) высокопрочной (св. 160 кПа) смеси, с высоким и однородным уплотнением до твёрдости не ниже 90 ед.	Для ответственных отливок любой сложности массой до 100 кг, высотой до 300 мм, из любых литейных сплавов, в массовом и серийном производстве (машинная формовка по металлическим или пластмассовым моделям)
ПФ5	Сырая песчаная форма из смеси влажностью 2,8-3,5 %, и прочностью 120-160 кПа со средним уровнем уплотнения до твёрдости не ниже 80 ед.	Для ответственных отливок средней сложности массой до 100 кг, высотой до 300 мм, из любых литейных сплавов, в массовом и серийном производстве (машинная формовка по металлическим или пластмассовым моделям)
ПФ6	Сырая песчаная форма из смеси влажностью 3,5-4,5%, прочностью 60-120 кПа с уровнем уплотнения до твёрдости не ниже 70 единиц	Для отливок общего и ответственного назначения, простых и средней сложности, массой до 100 кг, высотой до 300 мм, из любых литейных сплавов, при любом типе производства (машинная формовка по металлическим или пластмассовым моделям, ручная – по деревянным моделям)
ПФ7	Сырая песчаная форма из высоковлажной (выше 4,5%), низкопрочной (до 60 кПа) смеси с низким уровнем уплотнения до твёрдости ниже 70 ед.	Для простых толстостенных отливок общего назначения массой до 100 кг, мелких и средних по размерам, преимущественно из чугуна, в серийном и единичном производстве (машинная формовка по металлическим и пластмассовым моделям, ручная формовка – по деревянным моделям)

Для достижения точности размеров отливки и предотвращения смещения одной половины формы по отношению к другой целесообразнее проводить формовку по цельной неразъёмной модели. При этом по возможности всю отливку или большую её часть следует располагать в одной (желательно в нижней) части формы. Плоскость разъёма не должна пересекать ответственные обрабатываемые или базовые поверхности.

При выборе плоскости разъёма необходимо обеспечить правильное питание отливки жидким металлом. Так, при изготовлении массивных, толстостенных деталей из литейных сплавов с большой величиной усадки (сталь, ковкий

чугун) целесообразен подвод металла сверху, а для тонкостенных отливок сложной конфигурации, особенно из лёгких сплавов – подвод металла снизу [3].

1.1.5 Установление параметров точности отливки по ГОСТ Р 53464-2009

Параметры точности отливки – обобщённые характеристики точности размеров, поверхностей или отливки в целом.

Параметры точности размеров и поверхностей отливки включают класс размерной точности $K_{P,T}$, степень коробления C_K элемента отливки, степень точности поверхности C_T , допуск смещения T_{CM} элемента отливки и номер ряда припуска N_Z поверхности отливки.

Параметры точности отливки в целом включают класс $K_{P,T}$ размерной точности, степень коробления C_K , степень точности C_T поверхностей, класс точности массы K_M допуск смещения T_{CM} отливки.

Нормы точности отливки, т.е. требования к уровню значений параметров регламентированы ГОСТ Р 53464-2009 [1] в зависимости от назначения, конструктивно-технологических особенностей, условий эксплуатации и изготовления отливки. Нормы точности регламентированы на отливку в целом, на её отдельные поверхности и размеры. При этом на отдельные поверхности и размеры допускается устанавливать более жёсткие нормы точности, чем в целом на отливку.

Государственным стандартом [1] установлены 16 основных и шесть промежуточных классов размерной точности, 11 степеней коробления, 22 степени точности поверхностей, 18 рядов припуска отливки и 16 основных и шесть промежуточных классов точности массы (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Диапазоны и направления варьирования параметров точности отливки согласно ГОСТ Р 53464-2009

Класс размерной точности $K_{P,T}$																					
1	2	3 _T	3	4	5 _T	5	6	7 _T	7	8	9 _T	9	10	11	11	12	13 _T	13	14	15	16
Степень коробления C_K																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Степень точности поверхностей C_T																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Номер ряда припуска N_Z																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Класс точности массы K_M																					
1	2	3 _T	3	4	5 _T	5	6	7 _T	7	8	9 _T	9	10	11	11	12	13 _T	13	14	15	16
			Направление уменьшения числовых значений допусков, припусков, классов точности и степеней точности (повышения классов точности, степеней точности)																		
Направление увеличения числовых значений допусков, припусков, классов точности и степеней точности																					

Таким образом, чем меньше номер класса точности или степень точности, тем отливка точнее (допуски и припуски меньше) и, наоборот, чем больше номер класса точности или степень точности, тем допуски и припуски больше, а отливка – грубее, менее точная.

Нормы точности отливки приведены в приложениях Б, Д, К.

1.1.6 Установление допусков линейных и угловых размеров, допусков формы и неровности поверхностей отливки

Допуски линейных размеров отливки, изменяемых и не изменяемых последующей обработкой резанием, должны соответствовать указанным в приложении В

(таблица В.1).

Так как ни диаметральный размеры отливки $D_{1отл}$, $D_{2отл}$, $d_{1отл}$, $d_{2отл}$, ни её высотные размеры $H_{отл}$, $h_{1отл}$, $h_{2отл}$ на данной стадии проектирования пока неизвестны, то для установления допусков размеров отливки по таблице В.1 (соответственно $T_{Di}^{отл}$, $T_{di}^{отл}$, $T_H^{отл}$, $T_{hi}^{отл}$) используют диаметральный D_i , d_i и высотные H , h_i размеры готовой детали по чертежу (см. рисунок 1.1 и таблицу 1.1 для соответствующего варианта), где индекс i принимает значения 1 и 2, соответствующие диаметральному D_1 , D_2 , d_1 , d_2 и высотным h_1 , h_2 размерам. При этом межосевой размер D_3 между отверстиями не рассматривается, т.к. в отливке указанные отверстия отсутствуют (они сверлятся потом в детали).

В дальнейшем (после установления номинальных размеров отливки) допуски при необходимости уточняют.

Допуски размеров элементов отливки, образованных двумя полуформами или полуформой и стержнем, следует устанавливать по таблице В.1 соответствующими классу размерной точности $K_{Р,Т}$ отливки. Допуски размеров, образованных одной частью литейной формы или одним стержнем, следует устанавливать на один или два класса точнее, т.е. по таблице В.1 – считать левее на одну или две ячейки [1].

Допуски угловых размеров в пересчёте на линейные не должны превышать значений, установленных в таблице В.1 для линейных размеров соответствующих классов точности.

Допуски формы поверхностей отливки (отклонения от прямолинейности, плоскостности, параллельности, перпендикулярности, заданного профиля) в диаметральном выражении должны соответствовать указанным в таблице В.2.

Допуски круглости, соосности, симметричности, пересечения осей, позиционные допуски в диаметральном выражении не должны превышать допуски на размеры, установленных в таблице В.1.

Допуск смещения отливки $T_{СМ}$ по плоскости разъёма в диаметральном выражении устанавливают по таблице В.1 на уровне класса размерной точности отливки по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, выходящих на разъём или пересекающих его. Если модель цельная, неразъёмная, то $T_{СМ} = 0$.

Допуск смещения T_C , вызванный перекосом стержня, следует устанавливать в диаметральном выражении по таблице В.1 на 1 или 2 класса точнее класса размерной точности отливки, по номинальному размеру (обозначим его через a) наиболее тонкой из стенок отливки, формируемых с участием стержня. Толщину тонкой стенки (см. рисунок 1.1 и таблицу 1.1) можно определить из соотношения $a = 0,5(D_2 - d_2)$.

Общий допуск элемента поверхности отливки $T_i^{\Sigma_{отл}}$ (комплексный допуск, включающий допуск размера от поверхности до базы и независимо назначенные допуски формы и расположения нормируемого участка поверхности) должен соответствовать указанному в таблице В.3.

Соответствие поверхности отливки заданной степени точности определяют по высоте неровности поверхности. Неровность поверхности отливки – совокупность повторяющихся неровностей средней величины (мезонеровностей), т.е. неровностей поверхности с шагом, превышающим базовую длину, на которой измеряют шероховатость данной поверхности. Базовая длина для измерения неровности поверхностей отливок принимается равной 4-10 базовым длинам для измерения шероховатости, но не менее пяти шагов неровности и не более 100 мм.

Шероховатость поверхностей – совокупность повторяющихся неровностей малой величины (микронеровностей).

Неровность занимает промежуточное положение между шероховатостью и отклонениями формы поверхности (макронеровностями) [1].

Установленный ГОСТ 2789-73 и ГОСТ 25142-82 параметр шероховатости поверхности R_a (среднеарифметическое отклонение микропрофиля поверхностей, мкм) должен соответствовать указанному в таблице В.4.

Допуск неровности поверхности отливки T_W – наибольшая высота, мм, мезонеровностей поверхности отливки, т.е. сумма наибольшей высоты выступа и впадины поверхности. Числовое значение T_W должно соответствовать указанному в таблице В.4. Установлено симметричное расположение полей допусков T_W .

Для обрабатываемых поверхностей отливки установлено симметричное расположение полей допусков, для необрабатываемых поверхностей допускается симметричное и асимметричное (частично или полностью) расположение полей допусков размеров, формы и расположения [1].

1.1.7 Назначение припусков на обработку отливки

1.1.7.1 Припуски на обработку (на сторону) назначают дифференцированно на каждую обрабатываемую поверхность отливки. Числовое значение припуска зависит от уровня точности обработки резанием, общего допуска элемента отливки, вида окончательной механической обработки и номера ряда припуска [1].

Уровень точности обработки УТ, зависящий от степени точности станков для механообработки, устанавливают в соответствии с приложением Г (таблица Г.1).

1.1.7.2 Общий допуск элемента отливки, $T_i^{\Sigma\text{отл}}$ ($T_{D_1}^{\Sigma\text{отл}}$, $T_{D_2}^{\Sigma\text{отл}}$, $T_{d_1}^{\Sigma\text{отл}}$, $T_{d_2}^{\Sigma\text{отл}}$, $T_H^{\Sigma\text{отл}}$, $T_{d_1}^{\Sigma\text{отл}}$, $T_{h_1}^{\Sigma\text{отл}}$, $T_{h_2}^{\Sigma\text{отл}}$), как отмечалось в 1.1.5, устанавливаются согласно таблице В.3.

1.1.7.3 Вид окончательной механической обработки отливки (черновая, получистовая, чистовая или тонкая) зависит от величины отношения допусков размер детали и отливки T_i (T_{D_1} , T_{D_2} , T_{d_1} , T_{d_2} , T_H , T_{h_1} , T_{h_2}) от базы обработки до обрабатываемой поверхности и от отношения допусков формы обработанной поверхности детали и обрабатываемой поверхности отливки $T_{i\phi}$ ($T_{D_1}^{\phi}$, $T_{D_2}^{\phi}$, $T_{d_1}^{\phi}$, $T_{d_2}^{\phi}$, T_H^{ϕ} , $T_{h_1}^{\phi}$, $T_{h_2}^{\phi}$).

Отношение допусков размера детали и отливки определяют по формулам

$$\left. \begin{aligned} T_{D_1} &= T_{D_1}^D / T_{D_1}^{\text{отл}}, T_{D_2} = T_{D_2}^D / T_{D_2}^{\text{отл}}, T_{d_1} = T_{d_1}^D / T_{d_1}^{\text{отл}}, T_{d_2} = T_{d_2}^D / T_{d_2}^{\text{отл}}, \\ T_H &= T_H^D / T_H^{\text{отл}}, T_{h_1} = T_{h_1}^D / T_{h_1}^{\text{отл}}, T_{h_2} = T_{h_2}^D / T_{h_2}^{\text{отл}}, \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

а отношение допусков формы их поверхностей – по формулам

$$\left. \begin{aligned} T_{D_1}^{\phi} &= T_{D_1}^{\phi/D} / T_{D_1}^{\phi/\text{отл}}, T_{D_2}^{\phi} = T_{D_2}^{\phi/D} / T_{D_2}^{\phi/\text{отл}}, T_{d_1}^{\phi} = T_{d_1}^{\phi/D} / T_{d_1}^{\phi/\text{отл}}, T_{d_2}^{\phi} = T_{d_2}^{\phi/D} / T_{d_2}^{\phi/\text{отл}}, \\ T_H^{\phi} &= T_H^{\phi/D} / T_H^{\phi/\text{отл}}, T_{h_1}^{\phi} = T_{h_1}^{\phi/D} / T_{h_1}^{\phi/\text{отл}}, T_{h_2}^{\phi} = T_{h_2}^{\phi/D} / T_{h_2}^{\phi/\text{отл}}, \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

где T_i^D ($T_{D_1}^D$, $T_{D_2}^D$, $T_{d_1}^D$, $T_{d_2}^D$, T_H^D , $T_{h_1}^D$, $T_{h_2}^D$) и $T_i^{\text{отл}}$ ($T_{D_1}^{\text{отл}}$, $T_{D_2}^{\text{отл}}$, $T_{d_1}^{\text{отл}}$, $T_{d_2}^{\text{отл}}$, $T_H^{\text{отл}}$, $T_{h_1}^{\text{отл}}$, $T_{h_2}^{\text{отл}}$) – допуски диаметральных и высотных размеров соответственно детали и отливки;

$T_H^{\phi/\text{отл}}$, $T_{h_1}^{\phi/\text{отл}}$, $T_{h_2}^{\phi/\text{отл}}$) – соответственно допуски формы обработанной поверхности детали и обрабатываемой поверхности отливки.

Допуски размеров детали $T_{D_1}^D$, $T_{D_2}^D$, $T_{d_1}^D$, $T_{d_2}^D$, T_H^D , $T_{h_1}^D$, $T_{h_2}^D$ устанавливаются по таблице В.5 приложения В для заданных чертежом (см. рисунок 1.1 и таблицу 1.1) номинальных размеров детали с учётом их квалитетов. Допуски размеров отливки $T_{D_1}^{\text{отл}}$, $T_{D_2}^{\text{отл}}$, $T_{d_1}^{\text{отл}}$, $T_{d_2}^{\text{отл}}$, $T_H^{\text{отл}}$, $T_{h_1}^{\text{отл}}$, $T_{h_2}^{\text{отл}}$ были установлены ранее в 1.1.6 по таблице В.1.

Допуски формы и расположения поверхностей деталей устанавливаются ГОСТ 24643-81, на который должна быть ссылка в технических требованиях чертежа детали. При неуказанных допусках формы и расположения обработан-

ной поверхности детали их суммарное значение принимают равным 50 % допуска размера от базы до обработанной поверхности детали [1].

В рамках данной работы неуказанные допуски можно вычислять по формулам:

$$\left. \begin{aligned} T_{D_1}^{\phi/D} &= 0,5T_{D_1}^D, T_{D_2}^{\phi/D} = 0,5T_{D_2}^D, T_{d_1}^{\phi/D} = 0,5T_{d_1}^D, T_{d_2}^{\phi/D} = 0,5T_{d_2}^D, \\ T_H^{\phi/D} &= 0,5T_H^D, T_{h_1}^{\phi/D} = 0,5T_{h_1}^D, T_{h_2}^{\phi/D} = 0,5T_{h_2}^D. \end{aligned} \right\} \quad (1.3)$$

Допусков формы обрабатываемой поверхности отливки $T_{D_1}^{\phi/отл}$, $T_{D_2}^{\phi/отл}$, $T_{d_1}^{\phi/отл}$, $T_{d_2}^{\phi/отл}$, $T_H^{\phi/отл}$, $T_{h_1\phi/}$, $T_{h_2}^{\phi/отл}$ были установлены ранее в 1.1.5 по таблице В.2.

Вид окончательной механической обработки отливки устанавливают по таблице Г.2 в следующем порядке. Сначала, используя графы 1, 2, 3 и 4, по значению допуска размера отливки $T_i^{отл}$ (см. п. 1.1.6) и вычисленному по формуле (1.1) отношению T_i допусков размера детали и отливки, перемещаются по найденной строке до пересечения с графами 7 и 8. Тем самым устанавливают предварительно вид механической обработки данной поверхности отливки (исходя только из отношения T_i). Затем, используя графы 1, 2, 5 и 6 таблицы Г.2 (игнорируя графы 3 и 4), по тому же допуску $T_i^{отл}$ и вычисленному по формуле (1.2) отношению $T_{i\phi}$ допусков формы поверхностей детали и отливки перемещаются по строке до пересечения с графами 7 и 8. Если строка совпадёт с предыдущей (т.е. виды обработки совпадают), то можно считать, что вид окончательной механической обработки данной поверхности установлен. Но если виды обработки окажутся в разных строках, то за окончательный вид принимают более точную обработку, расположенную в строке выше другой.

1.1.7.4 Государственным стандартом [1] предусмотрены 18 рядов припусков на обработку отливки.

Номер ряда N_Z припуска отливки устанавливают согласно приложению Д (по таблице Д.1) в зависимости от степени точности поверхности отливки S_T , вида термообработки отливки и расположения её поверхности при заливке.

1.1.7.5 Припуск на обработку – толщина слоя металла, удаляемая с поверхности отливки при её обработке в целях обеспечения заданных размеров, формы, расположения, неровностей и шероховатости поверхности детали. Общий припуск – суммарный припуск на все переходы обработки, соответствующий серединам полей допусков детали и отливки [1].

Общие припуски (на сторону) Z_i^{Σ} назначают в соответствии с приложением Е (по таблице Е.2) по полным значениям общих допусков T_i^{Σ} во всех случаях, кроме следующего: на поверхности вращения и противоположные поверхности, используемые в качестве взаимных баз при их обработке, общие припуски назначают по половинным значениям общих допусков отливки на со-

ответствующие диаметры или на расстояния между противоположными поверхностями отливки [1].

В данной работе общие припуски Z_{hi}^{Σ} назначают согласно таблице Е.2 по полным значениям общих допусков $T_{hi.oml}^{\Sigma}$, а на поверхности вращения и торцовые поверхности общие припуски Z_{Di}^{Σ} , Z_{di}^{Σ} , Z_H^{Σ} назначают по половинным значениям общих допусков, то есть $0,5T_{Di}^{\Sigma}$, $0,5T_{di}^{\Sigma}$, $0,5T_H^{\Sigma}$.

1.1.8 Расчет номинальных размеров отливки

Номинальные размеры элементов отливки, подвергаемых последующей механической обработке резанием, рассчитывают по формулам (индекс i принимает значения 1 и 2, соответствующие диаметральным размерам D_1 , D_2 , d_1 , d_2)

$$\begin{aligned} Di_{oml} &= Di - 0,5T_{Di}^D + 2Z_{Di}^{\Sigma}; \quad di_{oml} = d_i + 0,5T_{di}^D - 2Z_{di}^{\Sigma}; \quad H_{oml} = H + 2Z_H^{\Sigma}; \\ h_{1oml} &= h_1 + Z_{h_1}^{\Sigma} + Z_H^{\Sigma}; \quad h_{2oml} = h_2 - Z_{h_2}^{\Sigma} + Z_H^{\Sigma}; \end{aligned} \quad (1.4)$$

где D_i , d_i , H , h_i – номинальные размеры детали (D_1 , D_2 , d_1 , d_2 , H , h_1 , h_2) по чертежу;

T_{Di}^D, T_{di}^D – допуски соответствующих размеров детали, установленные ранее в 1.1.7.3 по таблице В.5 в зависимости от заданного чертежом качества;

$Z_{Di}^{\Sigma}, Z_{di}^{\Sigma}, Z_H^{\Sigma}, Z_{hi}^{\Sigma}$ – общие односторонние припуски на обработку отливки, установленные в 1.1.6.5 по таблице Е.2.

Полученный расчётом номинальный размер округляют увеличением (уменьшением) до того же знака десятичной дроби, с каким в 1.1.6 был установлен допуск линейного размера, т.е., например, для отливок 9т класса точности и грубее – до 0,1 мм, а для отливок точнее 9т класса – до 0,01 мм.

1.1.9 Проверка совпадения интервалов соответствующих номинальных размеров отливки и детали

В 1.1.6 при определении допусков размеров отливки были использованы номинальные размеры детали, а не отливки, т.к. номинальные размеры отливки ещё не были известны.

После проведения расчётов по формулам (1.4) следует проверить, совпадает ли рассматриваемый номинальный размер отливки с тем интервалом номинальных размеров детали в таблице В.1, по которому в 1.1.6 был определён допуск рассматриваемого размера отливки.

В каждом случае несовпадения следует, взяв за основу рассматриваемый номинальный размер отливки, повторить этапы, описанные в 1.1.6, 1.1.7 и 1.1.8, т.е. установить новые допуски, затем переназначить припуски и произвести перерасчёт номинальных размеров отливки.

Необходимость в повторении этапов (т.е. в установлении новых допусков, переназначении припусков и перерасчёте номинальных размеров отливки) отпадает, если рассматриваемый размер отливки и соответствующий размер детали окажутся в таблице В.1 в одной общей строке интервалов номинальных размеров.

1.1.10 Установление предельных отклонений размеров отливки и назначение формовочных уклонов, галтелей и других технологических напусков.

1.1.10.1 Для обрабатываемых поверхностей отливки установлено симметричное расположение полей допусков размеров, формы и расположения. В связи с этим верхнее и нижнее предельные отклонения размеров отливки рассчитывают по формулам

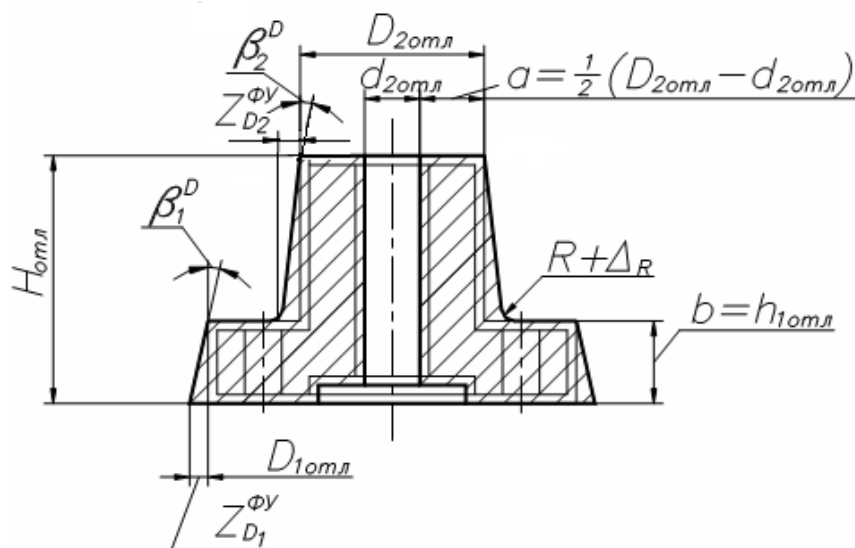
$$\Delta_{Di} = \pm 0,5T_{Di}^{oml}; \Delta_{di} = \pm 0,5T_{di}^{oml}; \Delta_H = \pm 0,5T_H^{oml}; \Delta_{hi} = \pm 0,5T_{hi}^{oml}; \quad (1.5)$$

где T_{Di}^{oml} , T_{di}^{oml} , T_H^{oml} , T_{hi}^{oml} – допуски размеров отливки, установленные в 1.1.5 по таблице В.1; положительные отклонения в (1.5) соответствуют верхним, а отрицательные – нижним отклонениям размеров.

Числовые значения предельных отклонений Δ_{Di} , Δ_{di} , Δ_H , Δ_{hi} , рассчитанные по формулам (1.5), округляют уменьшением их до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск размера отливки, т.е., например, для отливок класса точности 9т и грубее – до 0,1 мм, а для отливок точнее класса 9т – до 0,01 мм.

Предельные отклонения указывают на графическом изображении отливки непосредственно после номинальных размеров.

1.1.10.2 Формовочные уклоны выполняют на формообразующих поверхностях модельного комплекта, перпендикулярных плоскости разъёма, чтобы обеспечить лёгкое извлечение модели из песчаной формы или извлечение стержня – из стержневого ящика. Если на этих поверхностях чертежом детали предусматриваются конструктивные уклоны, то формовочные уклоны не выполняют (рисунок 1.2).



Примечание – Тонкими линиями показан контур детали

Рисунок 1.2 – Конструктивные элементы отливки и формовочные уклоны

Формовочные уклоны на обрабатываемых поверхностях отливки выполняют сверх общего припуска на механическую обработку путём увеличения наружных диаметральных размеров отливки. Допускается выполнение уклонов путём уменьшения общего припуска, но не более 30 % его значения.

Значения угловых β_{D1}, β_{D2} и линейных $Z_{D1}^{\phi Y}, Z_{D2}^{\phi Y}$ размеров формовочных уклонов должны соответствовать указанным в приложении Ж (таблица Ж.1). Эта таблица является фрагментом таблицы, полностью приведённой в ГОСТ 3212-92 [4].

1.1.10.3 Галтель – скругление внутреннего угла сопрягаемых поверхностей отливки или литейной модели. Галтели улучшают качество отливки, способствуют её равномерному охлаждению, предотвращают появление трещин и усадочных раковин в отливке, прилипание формовочной смеси в углах извлекаемой модели и облегчают извлечение литейной модели из песчаной формы.

Радиус галтели R принимают равным от $1/5$ до $1/3$ средней арифметической толщины стенок, сопрягаемых друг с другом под углом:

$$R = \left\langle \left(\frac{1}{5} \dots \frac{1}{3} \right) (a + b) \right\rangle 2, \quad (1.6)$$

где a, b – толщина сопрягаемых стенок отливки (см. рисунок 1.2).

Полученные расчётом значения R округляют до ближайших стандартных размеров из ряда 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 25, 30 и 40 мм [3].

Допуск размера радиуса T_r определяют по таблице В.1 в зависимости от класса точности отливки, а предельные отклонения ΔR – из соотношения $\pm \Delta R = \pm 0,5TR$.

1.1.10.4 Технологический напуск – местное или неравномерное увеличение тела отливки по сравнению с чертежом литой детали с нормативными припусками на обработку, вызванное особенностями литейной технологии. К тех-

нологическим напускам относятся пополнения, обеспечивающие направленную кристаллизацию отливки; пополнения, сглаживающие местные углубления и выступы; пополнения и стяжки, компенсирующие искажение конфигурации отливки под влиянием напряжений, возникающих при охлаждении; галтели; формовочные уклоны; усадочные рёбра; непроливаемые отверстия [1]. При массовом производстве в отливках обычно получают (проливают) отверстия диаметром свыше 20 мм, при серийном – диаметром свыше 30 мм и при единичном – диаметром свыше 50 мм [3]. В противном случае отверстия являются непроливаемыми и их получают сверлением.

Таким образом, в нашем случае (см. рисунок 1.1) непроливаемыми являются четыре отверстия диаметром 12 мм на фланце детали. Вместе с тем центральное отверстие диаметром d_2 и поднутрение диаметром d_1 можно получить литьём.

1.1.11 Расчёт массы детали и отливки, установление класса точности и допуска массы отливки, определение номинальной массы отходов и расчёт коэффициента использования металла

1.1.11.1 Номинальную массу детали M_D , кг, определяют по формуле

$$M_D = V_D \rho \cdot 10^{-9}, \quad (1.7)$$

где V_D – объём детали с номинальными размерами согласно её чертежу, мм^3 (см. рисунок 1.1 и таблицу 1.1);

ρ – плотность материала заданной детали, $\text{кг}/\text{м}^3$ (см. таблицу И.1);

10^{-9} – числовой множитель, учитывающий соотношение $1 \text{ мм}^3 / 1 \text{ м}^3$.

Объём детали V_D (см. рисунок 1.1 с размерами, приведёнными в таблице 1.1 для заданного варианта) вычисляют с использованием системы КОМПАС, например, КОМПАС-3DHome [5], КОМПАС-3DV16 или др.

1.1.11.2 Номинальную массу отливки $M_{отл}$, кг, определяют по формуле

$$M_{отл} = V_{отл} \rho \cdot 10^{-9}, \quad (1.8)$$

где $V_{отл}$ – объём отливки (см. рисунок 1.2), мм^3 , с соответствующими номинальными размерами (п.1.1.8), включая формовочные уклоны (п. 1.1.10.2), радиус галтели (п. 1.1.10.3) и четыре непроливаемых отверстия диаметром 12 мм (п. 1.1.10.4);

ρ – плотность материала отливки, $\text{кг}/\text{м}^3$ (см. таблицу И.1);

Объём $V_{отл}$, как и V_D , вычисляют также с использованием системы КОМПАС.

Числовое значение номинальной массы отливки $M_{отл}$, полученное расчётом по формуле (1.8), округляют с точностью до:

1) 0,01 кг – для отливки массой до 10 кг;

- 2) 0,1 кг – “ “ “ св. 10 до 100 кг;
 3) 1 кг – “ “ “ св. 100 кг.

1.1.11.3 Класс точности массы отливки K_M устанавливают в соответствии с приложением К (таблица К.1). Выбор класса точности отливки зависит от способа литья (в нашем случае учитывается условным кодом литейной формы), от номинальной массы отливки, типа литейного сплава (в нашем случае учитывается условным кодом типа сплава), группы сложности отливки и типа производства.

1.1.11.4 Допуск массы отливки T_M , кг, устанавливают из соотношения

$$T_M = 0,01 T_M^{ГОСТ} M_{отл}, \quad (1.9)$$

где $T_M^{ГОСТ}$ – допуск массы отливки, регламентированный ГОСТ Р 53464-2009 в зависимости от $M_{отл}$ и K_M и выраженный в процентах; числовые значения допуска $T_M^{ГОСТ}$ приведены в приложении Л (таблица Л.1).

Установлено симметричное расположение поля допуска массы отливки T_M относительно номинальной массы отливки [1]. Поэтому предельные отклонения массы Δ_M , кг, определяют из соотношения

$$\Delta_M = \pm 0,5 T_M \quad (1.10)$$

и округляют до того же знака десятичной дроби, с каким была округлена в 1.1.11.2 номинальная масса отливки $M_{отл}$.

1.1.11.5 Общую массу отходов металла при обработке отливки составляет сумма масс припусков на обработку $M_{п.о}$ и технологических напусков $M_{т.н}$. Номинальную массу припусков на обработку $M_{п.о}$, кг, определяют по формуле

$$M_{п.о} = V_{п.о} \rho \cdot 10^{-9}, \quad (1.11)$$

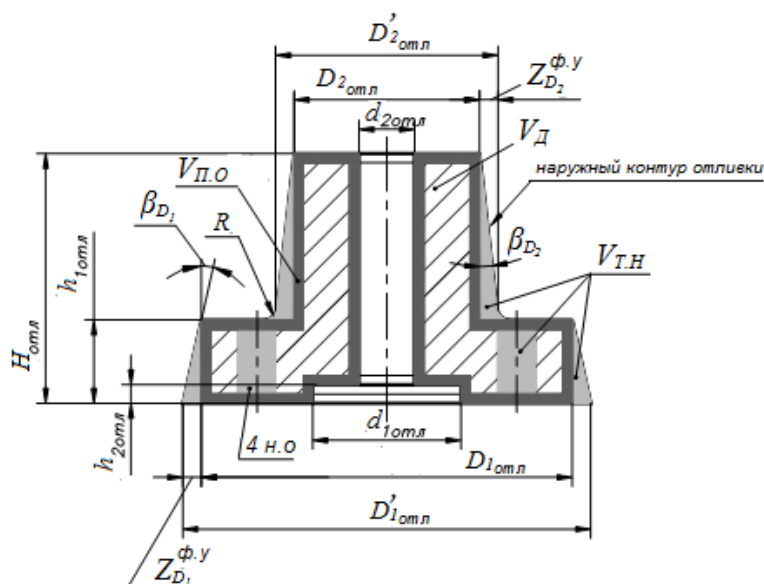
где $V_{п.о}$ – объём припусков на обработку, мм^3 (рисунок 1.3);
 ρ – плотность материала отливки, $\text{кг}/\text{м}^3$ (см. таблицу И.1).

Объём припусков на обработку $V_{п.о}$ устанавливают из соотношения

$$V_{п.о} = V_{отл}^{\delta.н} - V_{д}; \quad (1.12)$$

где $V_{отл}^{\delta.н}$ – объём отливки без напусков, т.е. за вычетом объёмов, приходящихся на формовочные уклоны и непроливаемые отверстия;

$V_{д}$ – объём детали, установленный в 1.1.11.1 с применением системы КОМПАС.



$D_{отл}$, $d_{отл}$, $H_{отл}$, $h_{отл}$ – соответствующие размеры отливки; β_D – формовочные уклоны; $Z_D^{\phi.y}$ – линейные размеры (катеты) формовочных уклонов; 4 н.о. – четыре непроливаемых отверстия; R – радиус галтели; V_D – объём детали; $V_{П.О}$ – объём припусков на обработку; $V_{Т.Н}$ – объём технологических напусков

Рисунок 1.3 – Схема расположения припусков и напусков в отливке

В соответствии с рисунком 1.3 объём отливки без напусков $V_{отл}^{б.н}$ (выделен штриховкой и заливкой чёрного цвета припусков $V_{П.О}$ на механическую обработку) представляет собой объём ступенчатого цилиндрического тела, которое составлено двумя цилиндрами: один из них (фланец) диаметром $D_{1отл}$ высотой $h_{1отл}$; другой цилиндр в виде бобышки диаметром $D_{2отл}$ и высотой $(H_{отл} - h_{1отл})$. При этом тело имеет сквозную ступенчатую полость, составленную цилиндрической выточкой диаметром $d_{1отл}$ и высотой $h_{2отл}$; выточка соединяется со сквозным отверстием диаметром $d_{2отл}$ и глубиной, равной $(H_{отл} - h_{2отл})$. Таким образом, объём указанной сквозной ступенчатой полости, как и объёмы четырёх непроливаемых отверстий диаметром 12 мм, необходимо вычесть, чтобы получить искомый объём отливки без напусков $V_{отл}^{б.н}$. Этот объём $V_{отл}^{б.н}$, как и ранее установленные объёмы V_D и $V_{отл}$, вычисляют также с использованием системы КОМПАС.

Найденное значение подставляют в формулу (1.12) и вычисляют объём припусков на обработку $V_{П.О}$, а по формуле (1.11) – номинальную массу припусков на обработку $M_{П.О}$, кг.

Объём технологических напусков $V_{Т.Н}$, мм³ (см. рисунок 1.3) находят по формуле

$$V_{Т.Н} = V_{отл} - V_{отл}^{б.н} \quad (1.13)$$

Номинальную массу технологических напусков $M_{Т.Н}$, кг, находят по формуле

$$M_{Т.Н} = V_{Т.Н} \rho \cdot 10^{-9} \quad (1.14)$$

В технических требованиях графического документа на отливку в следующей последовательности указывают числовые значения, кг, номинальных масс детали, припусков на обработку, технологических напусков и массы отливки [1]:

Масса $M_{Д} - M_{П.О} - M_{Т.Н} - M_{ОТЛ}$ ГОСТ Р 53464-2009.

1.1.11.6 Коэффициент использования металла $K_{И.М.}$ определяют по формуле

$$K_{И.М.} = \frac{M_{Д}}{K_{Л.С} M_{ОТЛ}}, \quad (1.15)$$

где $K_{Л.С}$ – коэффициент, учитывающий потери металла в литниковой системе, включая выпоры, прибыли; рекомендуется [3] принимать:

– $K_{Л.С} = 1,2$ – для отливок без прибылей (из алюминиевых сплавов, серого чугуна);

– $K_{Л.С} = 1,5$ – для отливок с прибылями (из других литейных сплавов).

Для литья в песчаные формы, как правило, имеем $0,55 \leq K_{И.М.} \leq 0,8$.

1.1.12 Разработка и оформление карты проектирования отливки и графического документа на отливку.

1.1.12.1 Карта проектирования отливки (КПР) содержит числовые значения всех параметров отливки, установленные расчётом или выбранные из действующей нормативной документации. КПР служит доказательной базой точности и правильности принятых решений и произведённых вычислений на всех этапах проектирования отливки. Пример заполненной карты проектирования приведён в таблице 1.4.

1.1.12.2 Основную часть информации с КПР переносят в графический документ на отливку.

Пример разработки и оформления графического документа на отливку приведён на рисунке 1.4.

Текстовая часть графического документа на отливку состоит из технических требований на её изготовление и приёмку и размещается на свободном поле карты эскизов (КЭ) справа от графического изображения или под ним, при этом заголовок «Технические требования» не пишут; пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами без точки и записаны с абзацного отступа.

Технические требования излагают, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру требования, в следующей последовательности [6]:

– точность отливки согласно ГОСТ Р 53464-2009;

– массы соответственно детали, припусков на обработку, технологических напусков и отливки, кг;

- марка материала, термообработка, твёрдость, указание материала-заменителя;
- размеры, не указанные на графическом изображении отливки, допуски размеров, формы и расположения поверхностей, предельные отклонения массы отливки;
- требования к качеству поверхностей, указания об их отделке, покрытии;
- указания о маркировании и клеймении;
- ссылки на другие нормативные документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данную заготовку.

Пример сформулированных технических требований приведён на рисунке 1.4.

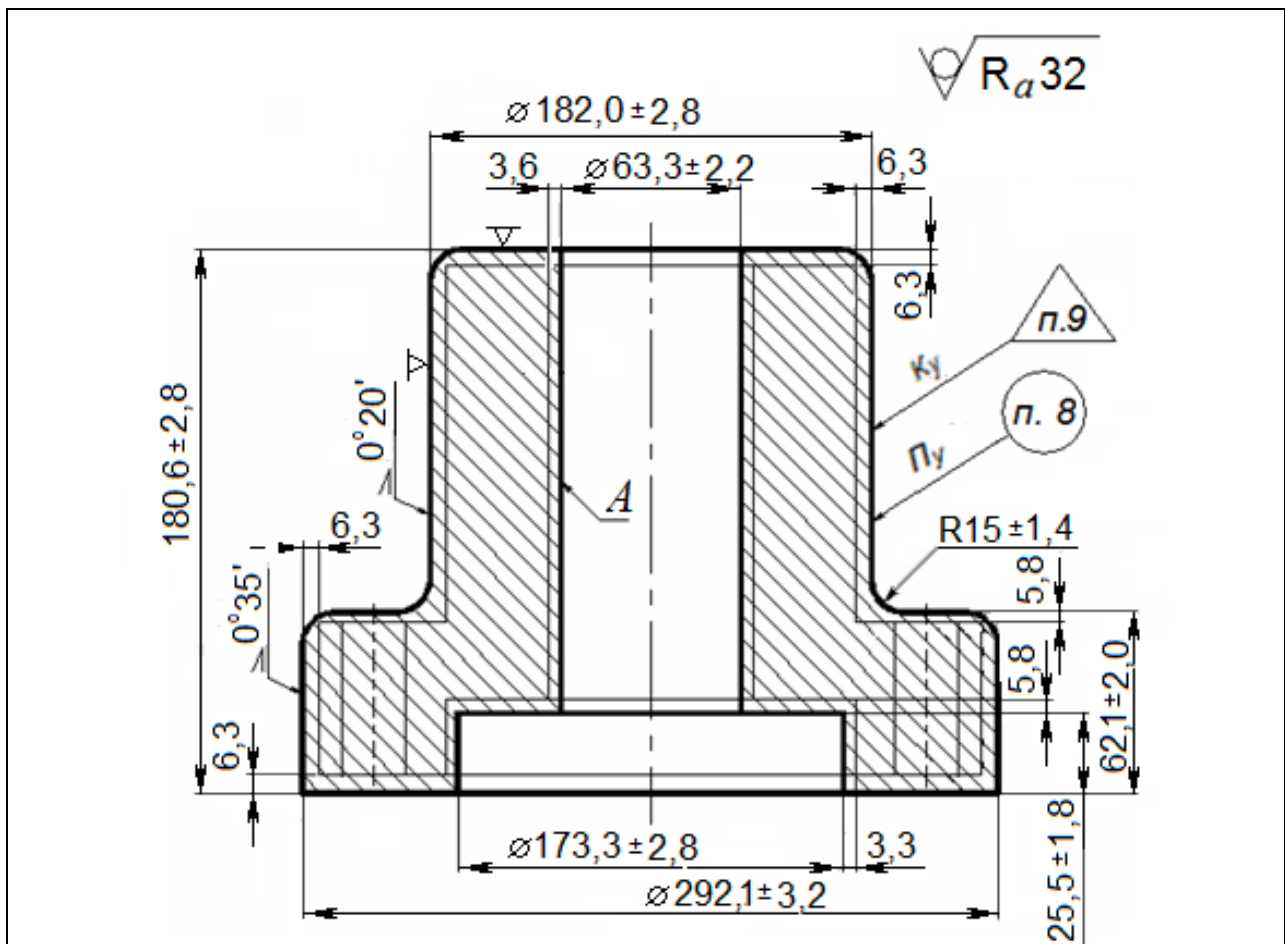
В соответствии с правилами, изложенными в ГОСТ 3.1125-88 [7], графическое изображение отливки должно быть выполнено сплошной основной линией на карте эскизов (КЭ) в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Допускается графический документ на отливку изображать на учтённой копии чертежа детали, при этом элементы отливки выполняют красным цветом. В целях наглядности отливку вычерчивают с соблюдением масштаба. При этом учитывают все припуски с указанием их величины.

Контур механически обрабатываемых поверхностей, а также контуры отверстий, впадин и выточек, не выполняемых при литье, изображают сплошной тонкой линией. Остатки питателей, выпоров, прибылей, стяжек изображают, если их не удаляют полностью в литейном цехе. При отрезании резцом, дисковой фрезой, пилой и т.д. линию отрезания выполняют сплошной тонкой, а при огневой резке или обламывании – сплошной волнистой линией.

Таблица 1.4 – Карта проектирования отливки (к рисунку 1.4)

ОГУ гр.		Вариант № 16л				Полумуфта																																																																																																						
Условный код литейной формы по таблице 2		Точность отливки				Смещение, мм		Поверхность отливки																																																																																																				
		Кр.Т	СК	СТ	КМ	по ПР	стерж.	шерохов.	неровн	плоск																																																																																																		
						T _{CM}	T _C	Ra, мкм	T _w , мм	T _{плд} , мм																																																																																																		
ПФ5		13Т	7	13	13	0	4	32	0,24	1,2																																																																																																		
По чертежу детали			Допуски размеров и формы								УТ: сред. N _Z =5		Размеры отливки																																																																																															
Размер	буквенное обозначение	числов. знач., мм	Квалитет IT	Ra, мкм	T _i ^Д	T _i ^{отл}	T _i ^{ф/д}	T _i ^{ф/отл}	T _i ^{Σотл}	T _i ^Д / T _i ^{отл}	T _i ^ф / T _i ^{ф/отл}	Вид ок. мех. обр.	Z _i ^Σ , мм	буквенное обозначен.	числовое значение	± Δ																																																																																												
					мм					мм							мм																																																																																											
D ₁	280	h14	25	1,3	4,0	0,65	1,6	5,6	0,32	0,40	черн	6,3	D _{1отл}	290,8	±3,2																																																																																													
D ₂	170	h14	25	1,0	3,6	0,50	1,2	4,4	0,28	0,42	черн	6,3	D _{2отл}	182,0	±2,8																																																																																													
d ₁	180	H9	6,3	0,1	3,6	0,05	1,2	4,4	0,03	0,04	чист.	3,3	d _{1отл}	173,3	±2,8																																																																																													
d ₂	70	H9	3,2	0,07	2,8	0,04	1,6	4,0	0,03	0,02	чист.	3,6	d _{2отл}	63,3	±2,2																																																																																													
H	170	IT14	25	1,0	3,6	0,50	1,2	4,4	0,28	0,42	черн.	6,3	H _{отл}	180,6	±2,8																																																																																													
h ₁	56	IT14	12,5	0,74	2,4	0,37	1,0	3,6	0,31	0,37	черн.	5,8	h _{1отл}	62,1	±2,0																																																																																													
h ₂	25	IT14	12,5	0,52	2,2	0,26	1,0	3,6	0,24	0,26	черн.	5,8	h _{2отл}	25,5	±1,8																																																																																													
Формовочные уклоны			Толщ. стенки		Галтель			Масса					Коэф. исп. мет. K _{и.м}																																																																																															
Элемент	Длина уч-ка, мм	β _i , °	Z _i ^{φy}	a	b	R	±ΔR	МД	М _{п.о}	М _{т.н}	М _{отл}	±ΔМ																																																																																																
				мм				кг																																																																																																				
h _{1отл}	62,1	0°35'	0,65	59,4	62,1	15	±1,4	8,32	1,15	0,35	9,82	±1,56	0,56																																																																																															
H _{отл} – h _{1отл}	118,5	0°20'	0,95																																																																																																									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Разраб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Пров.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Н. контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>КПР</td> <td colspan="10">Карта проектирования отливки</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </table>																																								Разраб.																Пров.																																Н. контр.								КПР	Карта проектирования отливки										—	—
								Разраб.																																																																																																				
								Пров.																																																																																																				
								Н. контр.																																																																																																				
КПР	Карта проектирования отливки										—	—																																																																																																
									МТМ.01110.00001			1	1																																																																																															
ОГУ гр.		Вариант № 16л				—			МТМ.20110.00001																																																																																																			
Полумуфта												—	—	—																																																																																														



- 1 Точность отливки 13т-7-13-13 ГОСТ Р 53464-2009
- 2 Масса 8,32 – 1,15 – 0,35 – 9,82 ГОСТ Р 53464-2009
- 3 Материал МЛ5 ГОСТ 2856-79
- 4 Неуказанные литейные радиусы R 2..3
- 5 Поверхность отливки очистить от пригара
- 6 Раковины на поверхности А не допускаются
- 7 Заусенцы и острые кромки не допускаются
- 8 Маркировать номер плавки
- 9 Клеймить: клеймо ОТК (БТК) об окончательной приёмке

					Разраб		
					Пров		
					Н. контр		
КЭ	Графический документ на отливку				20110_00001.xml	v.1,0	

Рисунок 1.4 – Графический документ на отливку

Размеры всех элементов отливки должны быть указаны с предельными отклонениями.

Согласно ГОСТ 2.308-2011 [8] допуски формы поверхностей указывают в виде стандартных условных обозначений или текстом в технических требованиях.

При указании справочных размеров достаточно на эскизе отметить их знаком * без приведения текстовой записи «Размеры для справок».

Обозначение шероховатости, одинаковой для всех поверхностей отливки, на её изображении не наносят, а помещают в правом углу графического документа, при этом ∇ размеры и толщина линий знака \surd должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем знаков, которые обычно наносят на изображении. Значение параметра шероховатости R_a (например, R_a32), установленное из таблицы В.4, в обозначении шероховатости указывают так: $\surd\sqrt{R_a^{32}}$. На графическом изображении отливки следует указывать черновые технологические базы (базы первоначальной обработки поверхностей). Черновые базы обозначают знаком. На графическом изображении отливки приводят информацию о расположении мест маркирования и клеймения согласно требованиям ГОСТ 2.314-68. Рекомендуется следующая последовательность выполнения графического документа на отливку:

- на карте эскизов КЭ выполняют копию чертежа детали, нанося контур детали и её элементов сплошной тонкой линией;
- на чертёж детали предварительно наносят сплошной тонкой линией контур отливки, отстоящий от контура детали на величину припусков без учёта формовочных уклонов;
- сплошной тонкой линией наносят формовочные уклоны на те поверхности отливки, где они предусмотрены, сверх припуска на механическую обработку путём увеличения наружных и уменьшения внутренних размеров отливки с некоторым отступлением от масштаба из-за небольших значений уклонов;
- сплошной тонкой линией показывают контур механически обрабатываемых поверхностей, а также контуры отверстий, впадин и выточек, не выполняемых при литье. Остатки питателей, выпоров, прибылей, стяжек также изображают, если их не удаляют полностью в литейном цехе. При отрезании резцом, дисковой фрезой, пилой и т.д. линию отрезания выполняют сплошной тонкой, а при огневой резке или обламывании – сплошной волнистой линией;
- полностью сплошной основной линией выполняют на изображении отливки те усадочные рёбра, стяжки, технологические приливы, пробы для испытаний, которые не удаляют в литейном цехе;
- наносят размерные числа, относящиеся к отливке, в следующей последовательности: диаметральные, осевые (высотные), радиусы, уклоны, припуски; при этом предельные отклонения размеров – согласно записанному в КТР. При необходимости дополнительно наносят размерные числа, имеющие справочный характер, помечая их знаком *;
- в виде условных обозначений по ГОСТ 2.308-2011 указывают допуски формы и расположения поверхностей относительно выбранных баз;
- указывают черновые базы, места маркирования и клеймения;
- сплошной основной линией обводят контур спроектированной отливки, ранее изображённый сплошной тонкой линией, с учётом всех припусков и формовочных уклонов;
- выполняют штриховку разреза отливки согласно ГОСТ 2.305-2008;
- приводят составленный выше перечень технических требований к отливке.

1.2 Задание

Спроектировать отливку получаемую в песчаной литейной форме и разработать графический документ на её изготовление.

1.3 Порядок выполнения работы

В соответствии с заданным вариантом (см. рисунок 1.1 и таблицу 1.1) по чертежу готовой детали проектируют отливку, получаемую в песчаной литейной форме. При этом рекомендуется руководствоваться алгоритмом проектирования (рисунок 1.5) и детализацией этапов проектирования отливки (таблица 1.5), где даны ссылки на пункты и подпункты раздела 1.1 данных методических указаний по выполнению каждого из 10 этапов проектирования, а в таблице 1.5 – также ссылки на страницы источника [3].

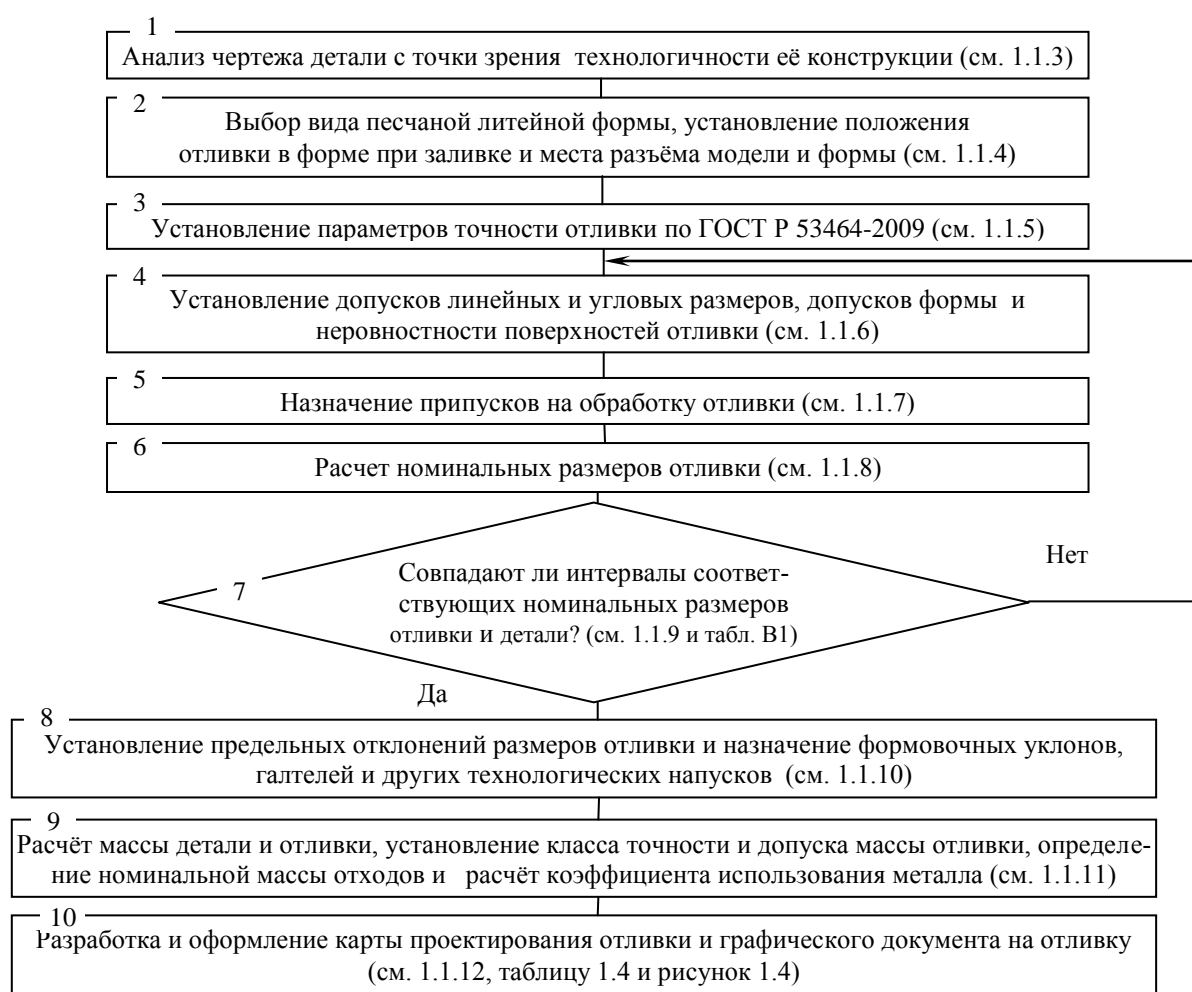


Рисунок 1.5 – Алгоритм проектирования отливки

Таблица 1.5 – Детализация этапов проектирования отливки

Номер и содержание этапа	Ссылка на пункт, таблицу, рисунок и/или формулу
1	2
См. Алгоритм проектирования отливки	рисунок 1.5
1 Анализ чертежа детали с точки зрения технологичности её конструкции	п. 1.1.3, рисунок 1.1, таблица 1.1
2 Выбор вида песчаной литейной формы, установление положения отливки в форме при заливке и места разъёма модели и формы	п. 1.1.4, таблица 1.2
3 Установление параметров точности отливки по ГОСТ Р 53464-2009	рисунок 1.1, таблица 1.1; п. 1.1.5 таблица 1.3
3.1 Класс размерной точности $K_{p.t}$ (тип и код сплава)	таблица А.1; таблица Б.1
3.2 Степень коробления C_k (тип и код сплава)	таблица А.1; таблица Б.2
3.3 Степень точности C_T	таблица Б.3
3.4 Параметр шероховатости поверхностей отливки R_a (см. значение C_T , найденное в п. 3.3)	таблица В.4 (по C_T находим R_a)
3.5 Допуск T_{cm} смещения отливки по плоскости разъёма модели и формы	Принять $T_{cm} = 0$, т.к. модель цельная, неразъёмная
3.6 Запись набора найденных выше чисел (вместо букв, кроме Км) в след. последовательности: Точность отливки $K_{p.t} - C_k - C_T - K_m$ ГОСТ Р 53464-2009	Образец записи – см. в п. 1 технических требований (на рисунке 1.4)
4 Установление допусков линейных и угловых размеров, допусков формы и неровности поверхности отливки	
4.1 Допуски размеров отливки $T_i^{отл}$ ($T_{D_1}^{отл}$, $T_{D_2}^{отл}$, $T_{d_1}^{отл}$, $T_{d_2}^{отл}$, $T_H^{отл}$, $T_{h_1}^{отл}$, $T_{h_2}^{отл}$): из табл. В.1 брать на 1 или 2 класса точнее (на 1 или 2 ячейки левее) Все полученные результаты занести в таблицу 1.6 (см. далее)	п.1.1.6; допуски – по таблице В.1
4.2 Допуски формы поверхностей отливки $T_i^{ф/отл}$ ($T_{D_1}^{ф/отл}$, $T_{D_2}^{ф/отл}$, $T_{d_1}^{ф/отл}$, $T_{d_2}^{ф/отл}$, $T_H^{ф/отл}$, $T_{h_1\phi}^{ф/отл}$, $T_{h_2}^{ф/отл}$), включая допуск $T_{пл}$ плоскостности основания фланца диаметром D_1 Все полученные результаты занести в таблицу 1.6 (см. далее)	п. 1.1.6; допуски – по таблице В.2
4.3 Общие допуски элементов отливки $T_i^{\Sigma отл}$ ($T_{D_1}^{\Sigma отл}$, $T_{D_2}^{\Sigma отл}$, $T_{d_1}^{\Sigma отл}$, $T_{d_2}^{\Sigma отл}$, $T_H^{\Sigma отл}$, $T_{h_1}^{\Sigma отл}$, $T_{h_2}^{\Sigma отл}$) Все полученные результаты занести в таблицу 1.6	п. 1.1.6; допуски – по таблице В.3

Продолжение таблицы 1.5

1	2
4.4 Допуск смещения T_s , вызванный перекосом стержня. Но сначала по формуле $a = 0,5(D_2 - d_2)$ вычислить толщину наиболее тонкой стенки a (см. рисунок 1.1 и таблицу 1.1)	п. 1.1.6; по a находим T_s – по таблице В.1 (см. примечание 5)
4.5 Допуск неровности T_w поверхности отливки (см. также установленное в п. 3.3 значение C_T)	п. 1.1.6; значение T_w – по таблице В.4
5 Назначение припусков на обработку отливки	
5.1 Номер ряда припуска N_z (см. примечание 1 в таблице Д.1). Входной параметр – C_T из п. 3.3; тип и код сплава – в таблице А.1)	п. 1.1.7.4; таблица Д.1; таблица А.1
5.2 Уровень точности U_T механической обработки (рекомендуется принимать «средняя»)	П.1.1.7.1; таблица Г.1
<p>5.3 Расчёт отношений допусков T_i и $T_{i\phi}$</p> <p>5.3.1 Отношение допусков размеров T_i По формуле (1.1) рассчитать T_i для всех размеров: $T_i = T_i^D / T_i^{отл}$, где числитель – из таблицы В.5; знаменатель был установлен выше на этапе 4 (см. 4.1). Полученные по формуле (1.1) результаты внести в таблицу 1.7 (см. далее).</p> <p>5.3.2 Отношение допусков формы $T_{i\phi}$ По формуле (1.2) рассчитать для всех размеров: $T_{i\phi} = T_{i\phi}^{\phi/D} / T_{i\phi}^{\phi/отл}$, где числитель составляет 50 % от T_i^D, найденного в 5.3.1; знаменатель был установлен выше на этапе 4 (см. п. 4.2). Полученные по формулам (1.2) результаты внести в таблицу 1.7 (см. далее).</p>	<p>п. 1.1.7.3; формулы (1.1), (1.2); все размеры детали см. в таблице 1.7 (для этапа 5); таблица В.5, где IT9 – для d_1 и d_2; IT14 – для D_1, D_2, H, h_1, h_2</p>
5.4 Вид окончательной механической обработки поверхностей, имеющих размеры $D_1, D_2, d_1, d_2, H, h_1, h_2$, с учётом допусков, установленных ранее в пп. 4.1; 5.3.1; 5.3.2. Заполнить таблицу 1.8 (см. далее)	п.1.1.7.2; таблица Г.2
5.5 Общие припуски на механическую обработку $Z_i^E (Z_{D_1}^E, Z_{D_2}^E, Z_{d_1}^E, Z_{d_2}^E, Z_H^E, Z_{h_1}^E, Z_{h_2}^E)$. Заполнить остальные графы таблицы 1.8 (см. далее)	п.1.1.7.5; таблица Е.2
6 Расчёт номинальных размеров отливки $D_{1отл}, D_{2отл}, d_{1отл}, d_{2отл}, H_{отл}, h_{1отл}, h_{2отл}$	п. 1.1.8; формула (1.4)
7 Проверка совпадения интервалов соответствующих номинальных размеров отливки и детали: попарно D_1 и $D_{1отл}, D_2$ и $D_{2отл}, d_1$ и $d_{1отл}, d_2$ и $d_{2отл}, H$ и $H_{отл}, h_1$ и $h_{1отл}, h_2$ и $h_{2отл}$. При несовпадении – повторить этапы 4, 5 и 6	

Продолжение таблицы 1.5

1	2
8 Установление предельных отклонений размеров	
8.1 Расчёт предельных отклонений размеров отливки $\Delta D_1, \Delta D_2, \Delta d_1, \Delta d_2, \Delta H, \Delta h_1, \Delta h_2$	п. 1.1.10.1, формула (1.5)
8.2 Формовочные уклоны $\beta_1, \beta_2, Z_{D1}^{\Phi Y}, Z_{D2}^{\Phi Y}$ для участков высотой $h_{1отл}$ и $(H_{отл} - h_{1отл})$ соответственно (модельный комплект – металлический)	п. 1.1.10.2; рисунок 1.2; таблица Ж.1
8.3 Определение радиуса галтели R. Рассчитать $a = 0,5(D_{2отл} - d_{2отл})$, принять $b = h_{1отл}$. Затем – расчёт $R_{min} = 0,1(a + b)$ и $R_{max} = (1/6)(a + b)$, т.е. определить границы значений R. Из этого интервала ($R_{min} - R_{max}$) окончательно выбрать подходящее стандартное значение R: 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40 мм и по таблице В.1 в зависимости от класса точности отливки найти допуск радиуса Tr, а предельные отклонения $\pm \Delta R$ – из соотношения $\pm \Delta R = \pm 0,5T_R$	п. 1.1.10.3; формула (1.6); рисунок 1.2; таблица В.1
8.4 Технологические напуски – это четыре непроливаемых отверстия $\varnothing 12$ мм на фланце	п. 1.1.10.4; рисунок 1.4
9 Расчёт массы детали и отливки, установление класса точности и допуска массы отливки, определение номинальной массы отходов и расчёт коэффициента использования металла	
9.1 Номинальная масса детали M_d , кг (объём детали V_d найти с помощью системы КОМПАС)	п. 1.1.11.1; формула (1.7); рисунок 1.1, таблица 1.1; таблица И.1
9.2 Номинальная масса отливки $M_{отл}$, кг, (объём отливки $V_{отл}$ найти с помощью системы КОМПАС). Размеры отливки – см. выше в п. 6.	п. 1.1.11.2; формула (1.8); рисунок 1.2; таблица И.1
9.3 Класс точности массы отливки K_M (код литейной формы – см. выше в п. 2; код сплава – в таблице А.1). В п. 3.6 в строке «Точность отливки» заменить K_M на установленное здесь числовое значение	п. 1.1.11.3; таблица А.1; таблица К.1
9.4 Допуск массы отливки T_M , %, и предельные отклонения массы ΔM , кг.	п. 1.1.11.4; формулы (1.9), (1.10); таблица Л.1
9.5 Общая масса отходов, кг: номинальная масса припусков на обработку $M_{п.о}$ и технологических напусков $M_{т.н}$. Контроль: должно быть $M_{отл} = M_d + M_{п.о} + M_{т.н}$. Записать массу, кг, детали, отходов и отливки в след. последовательности цифр вместо букв: Масса $M_d - M_{п.о} - M_{т.н} - M_{отл}$ ГОСТ Р 53464-2009	п. 1.1.11.5; формулы (1.11)-(14); рисунок 1.3; таблица И.1; рисунок 1.4 (см. п. 2 технических требований)
9.6 Расчёт коэффициента использования металла $K_{и.м}$. Контроль: $0,55 \leq K_{и.м} \leq 0,8$	п. 1.1.11.6; формула (1.15)
10 Разработка и оформление карты проектирования отливки и графического документа на отливку	п. 1.1.12; таблица 1.4; рисунок 1.4; таблицы 1.9, 1.10, рисунок 1.6, 1.7

1.4 Содержание отчёта

Отчёт представляет собой краткое изложение 10 выполненных этапов проектирования с указанием цели работы, обозначением принятых в таблице 1.5 номеров этапов и пунктов, представлением необходимых формул и расчётов, со ссылками на соответствующие таблицы ГОСТ Р 53464-2009, помещённые в приложениях А – Л.

Порядок изложения отчёта должен соответствовать алгоритму проектирования (см. рисунок 1.5) и детализации этапов (см. таблицу 1.5).

При изложении этапов 4 и 5 рекомендуются следующие три табличные формы записи результатов:

Таблица 1.6 – Форма 1

Этап 4							
Пункты, соответствующие таблице 5 Детализация этапов ...							
По заданию		п. 4.1		п.4.2		п.4.3	
—	мм	$T_i^{отл}$	мм	$T_i^{\phi/отл}$	мм	$T_i^{\Sigma отл}$	мм
D_1		$T_{D_1}^{отл}$		$T_{D_1}^{\phi/отл}$		$T_{D_1}^{\Sigma отл}$	
D_2		$T_{D_2}^{отл}$		$T_{D_2}^{\phi/отл}$		$T_{D_2}^{\Sigma отл}$	
d_1		$T_{d_1}^{отл}$		$T_{d_1}^{\phi/отл}$		$T_{d_1}^{\Sigma отл}$	
d_2		$T_{d_2}^{отл}$		$T_{d_2}^{\phi/отл}$		$T_{d_2}^{\Sigma отл}$	
H		$T_H^{отл}$		$T_H^{\phi/отл}$		$T_H^{\Sigma отл}$	
h_1		$T_{h_1}^{отл}$		$T_{h_1}^{\phi/отл}$		$T_{h_1}^{\Sigma отл}$	
h_2		$T_{h_2}^{отл}$		$T_{h_2}^{\phi/отл}$		$T_{h_2}^{\Sigma отл}$	

Таблица 1.7 – Форма 2

Этап 5										
Пункты, соответствующие таблице 1.5 Детализация этапов проектирования отливки										
По заданию			п. 5.3.1 (см. также таблицу 1.6 в п.4.1)				п. 5.3.2 (см. также таблицу 1.6 в п. 4.2)			
—	мм	IT	T_i^D (из табл. В.5)	мм	T_i	Рез-т	$T_i^{\phi/D}=0,5T_i^D$	мм	T_i^{ϕ}	Рез-т
D_1		h14	$T_{D_1}^D$		$T_{D_1}^D/T_{D_1}^{отл}$		$T_{D_1}^{\phi/D}=0,5T_{D_1}^D$		$T_{D_1}^{\phi/D}/T_{D_1}^{\phi/отл}$	
D_2			$T_{D_2}^D$		$T_{D_2}^D/T_{D_2}^{отл}$		$T_{D_2}^{\phi/D}=0,5T_{D_2}^D$		$T_{D_2}^{\phi/D}/T_{D_2}^{\phi/отл}$	
d_1		H9	$T_{d_1}^D$		$T_{d_1}^D/T_{d_1}^{отл}$		$T_{d_1}^{\phi/D}=0,5T_{d_1}^D$		$T_{d_1}^{\phi/D}/T_{d_1}^{\phi/отл}$	
d_2			$T_{d_2}^D$		$T_{d_2}^D/T_{d_2}^{отл}$		$T_{d_2}^{\phi/D}=0,5T_{d_2}^D$		$T_{d_2}^{\phi/D}/T_{d_2}^{\phi/отл}$	
H		IT1 4	T_H^D		$T_H^D/T_H^{отл}$		$T_H^{\phi/D}=0,5T_H^D$		$T_H^{\phi/D}/T_H^{\phi/отл}$	
h_1			$T_{h_1}^D$		$T_{h_1}^D/T_{h_1}^{отл}$		$T_{h_1}^{\phi/D}=0,5T_{h_1}^D$		$T_{h_1}^{\phi/D}/T_{h_1}^{\phi/отл}$	
h_2			$T_{h_2}^D$		$T_{h_2}^D/T_{h_2}^{отл}$		$T_{h_2}^{\phi/D}=0,5T_{h_2}^D$		$T_{h_2}^{\phi/D}/T_{h_2}^{\phi/отл}$	

Таблица 1.8 – Форма 3

Этап 5 (окончание)												
Пункты, соответствующие таблице 1.5 Детализация этапов проектирования отливки												
п. 5.4 (см. также таблицу 1.6 в п. 4.1, таблицу 1.7 в пп. 5.3.1, 5.3.2 и таблицу Г.2)								п. 5.5 (см. также таблицу 1.6 в п.4.3 и табл. Е.2)				
Пов-сть	Букв. об.	из п.4.1 (см. табл.)		из п. 5.3.1 (см. табл.)	Вид мех. обработки	из п. 5.3.2 (см. табл.)	Вид мех. обработки	Вид оконч. мех. обр.	T _i ^{Σотл} из п. 4.3 (см. табл.)		из таблицы Е.2	
		T _i ^{отл}	мм	T _i		T _i ^φ			—	мм	Z _i ^Σ	мм
цилиндрич.	D ₁	T _{D₁} ^{отл}		T _{D₁} ^Д /T _{D₁} ^{отл}		T _{D₁} ^{φ/Д} /T _{D₁} ^{φ/отл}		чр н	0,5T _{D₁} ^{Σотл}		Z _{D₁} ^Σ	
	D ₂	T _{D₂} ^{отл}		T _{D₂} ^Д /T _{D₂} ^{отл}		T _{D₂} ^{φ/Д} /T _{D₂} ^{φ/отл}		чр н	0,5T _{D₂} ^{Σотл}		Z _{D₂} ^Σ	
	d ₁	T _{d₁} ^{отл}		T _{d₁} ^Д /T _{d₁} ^{отл}		T _{d₁} ^{φ/Д} /T _{d₁} ^{φ/отл}			0,5T _{d₁} ^{Σотл}		Z _{d₁} ^Д	
	d ₂	T _{d₂} ^{отл}		T _{d₂} ^Д /T _{d₂} ^{отл}		T _{d₂} ^{φ/Д} /T _{d₂} ^{φ/отл}			0,5T _{d₂} ^{Σотл}		Z _{d₂} ^Σ	
плоская	H	T _H ^{отл}		T _H ^Д /T _H ^{отл}		T _H ^{φ/Д} /T _H ^{φ/отл}		чр н	0,5T _H ^{Σотл}		Z _H ^Σ	
	h ₁	T _{h₁} ^{отл}		T _{h₁} ^Д T _{h₁} ^{отл}		T _{h₁} ^{φ/Д} /T _{h₁} ^{φ/отл}		чр н	T _{h₁} ^{Σотл}		Z _{h₁} ^Σ	
	h ₂	T _{h₂} ^{отл}		T _{h₂} ^Д /T _{h₂} ^{отл}		T _{h₂} ^{φ/Д} /T _{h₂} ^{φ/отл}		чр н	T _{h₂} ^{Σотл}		Z _{h₂} ^Σ	

К отчёту прилагают:

- чертёж заданной детали (см. рисунок 1.1 и таблицу 1.1);
- карту проектирования отливки (пример приведён в таблице 1.4);
- графический документ на спроектированную отливку (пример приведён на рисунке 1.4);
- список использованных источников, оформленный в соответствии с требованиями СТО 02069024.101-2015.

Для сокращения трудоёмкости оформления отчёта рекомендуется проводить оформление карты проектирования отливки (КПР) и графического документа на неё путём заполнения вручную чернилами распечатанных образцов бланков указанных документов, представленных соответственно в таблице 1.9 и на рисунке 1.6.

Чтобы ускорить процесс заполнения бланка КПР, рекомендуется руководствоваться ссылками на номера этапов проектирования и их пункты, приведённые в таблице 1.10. Для безошибочного указания на бланке графического документа всех размеров элементов отливки, их предельных отклонений, а также припусков на обработку, уклонов рекомендуется пользоваться рисунком 1.7, где представлено графическое изображение отливки с буквенными символами, которые следует заменить на размерные числа, помещённые в КПР.

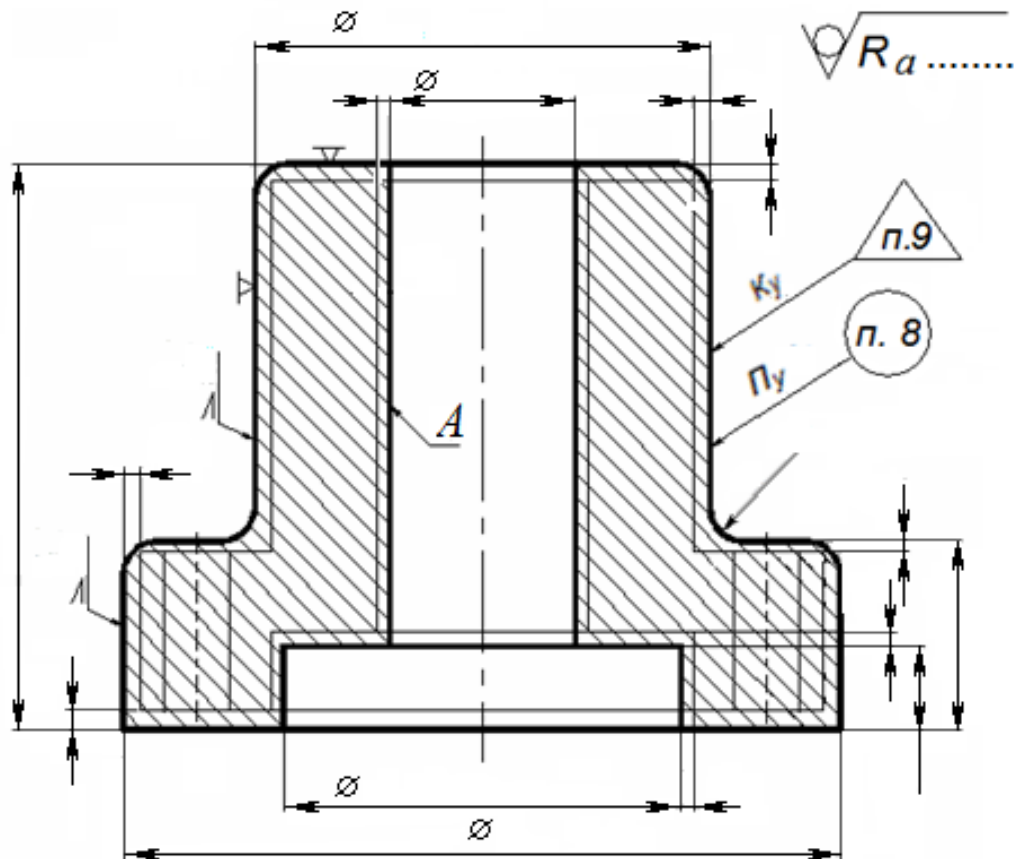
Таблица 1.9 – Бланк карты проектирования отливки (КПР)

ОГУ гр.		Вариант №___л				Полумуфта										
Условный код литейной формы по таблице 2	Точность отливки				Смещение, мм		Поверхность отливки									
	K _{р.т}	C _к	C _т	K _м	по ПР	стерж.	шерохов.	неровн.	плоск.							
					T _{см}	T _с	R _а , мкм	T _w , мм	T _{пл} , мм							
По чертежу детали		Допуски размеров и формы						УТ: сред. N _z =__		Размеры отливки						
Размер	буквенное обозначение	числов. знач., мм	Квалитет IT	R _а , мкм	T _i ^Д	T _i ^{отл}	T _i ^{ф/Д}	T _i ^{ф/отл}	T _i ^{Σотл}	T _i = T _i ^Д / T _i ^{отл}	T _{иф} = T _i ^{ф/Д} / T _i ^{ф/отл}	Вид ок. мех. обр.	Z _i ^Σ , мм	буквенное обозначен.	числовое значение	± Δ
					мм											
D ₁		h14	25											D _{1отл}		
D ₂		h14	25											D _{2отл}		
d ₁		H9	6,3											d _{1отл}		
d ₂		H9	3,2											d _{2отл}		
H		IT14	25											H _{отл}		
h ₁		IT14	12,5											h _{1отл}		
h ₂		IT14	12,5											h _{2отл}		
Формовочные уклоны				Толщ. стенки		Галтель		Масса					Коэф. исп. мет. K _{и.м}			
Эле-мент	Длина уч-ка, мм	β _i , °	Z _i ^{φ_v}	a	b	R	±ΔR	M _д	M _{п.о}	M _{т.н}	M _{отл}	±ΔM				
				мм				кг								
h _{1отл}																
H _{отл} – h _{1отл}																
								Разраб.								
								Пров.								
								Н. контр.								
КПР	Карта проектирования отливки										—	—				

Таблица 1.10 – Указания по заполнению бланка КПР в виде ссылок на номера и пункты этапов проектирования (см. таблицу 1.5), на которые следует ориентироваться

ОГУ гр.		Вариант №.....л				Полумуфта										
Условный код литейной формы по таблице 2	Точность отливки				Смещение, мм		Поверхность отливки									
	K _{p,t}	C _K	C _T	K _M	по ПР	стерж.	шерох.	неровн.	плоск.							
					T _{CM}	T _C	R _{ас} , мкм	T _W , мм	T _{пл.} , мм							
п. 2	п.3.1	п. 3.2	п. 3.3	п. 9.3	п. 3.5	п. 4.4	п. 3.4	п. 4.5	п. 4.2							
По чертежу детали		Допуски размеров и формы					УТ: сред. N _Z = п. 5.1		Размеры отливки							
Размер	буквенное обозначение	числов. знач., мм	Квалитет IT	R _{ас} , мкм	T _i ^D	T _i ^{отл}	T _i ^{ф/Д}	T _i ^{ф/отл}	T _i ^{от.}	Вид ок. мех.обр.	Z _i ^Σ , мм	буквенное обозначен.	числовое значение	± Δ		
					мм										T _i = T _i ^D / T _i ^{отл}	T _{иф} = T _i ^{ф/Д} / T _i ^{ф/отл}
D ₁	Таблица 1.1 (заданный вариант)	h14	25	Этап 5, п. 5.3.1 (таблица 1.7)	Этап 4, п. 4.1 (таблица 1.6)	Этап 5, п. 5.3.2 (таблица 1.7)	Этап 4, п. 4.2 (таблица 1.6)	Этап 4, п. 4.3 (таблица 1.6)	п. 5.3.1 (рез-т в таблица 1,7)	п. 5.3.2 (рез-т в таблица 1.7)	Этап 5, п. 5.4 (таблица 1.8)	Этап 5, п. 5.5 (таблица 1.8)	D _{1jnk}	Этап 6 (результаты расчётов)	Этап 8, п. 8.1 (результаты расчётов)	
D ₂		h14	25										D _{2jnk}			
d ₁		H9	6,3										d _{1jnk}			
d ₂		H9	3,2										d _{2jnk}			
H		IT14	25										H _{отл}			
h ₁		IT14	12,5										h _{1отл}			
h ₂		IT14	12,5										h _{2отл}			
Формовочные уклоны			Толщ. стенки	Галтель		Масса					Коэф. исп. мет. К _{и.м}					
Элемент	Длина участка, мм	β _i , °	Z _i ^{фУ}	a	b	R	±ΔR	МД	М _{п.о}	М _{т.н}		М _{отл}	±Δ/М			
h _{1отл}	Этап 8, п. 8.2	Этап 8, п. 8.3	Эт. 9, п. 9.1	Этап 9, п. 9.3	Эт. 9, п. 9.2	Эт. 9, п. 9.4	Эт. 9, п. 9.6	мм					кг			
H _{отл}																
h _{1отл}																
Разраб.																
Пров.																
Н. контр.																
КПР		Карта проектирования отливки							—			—				

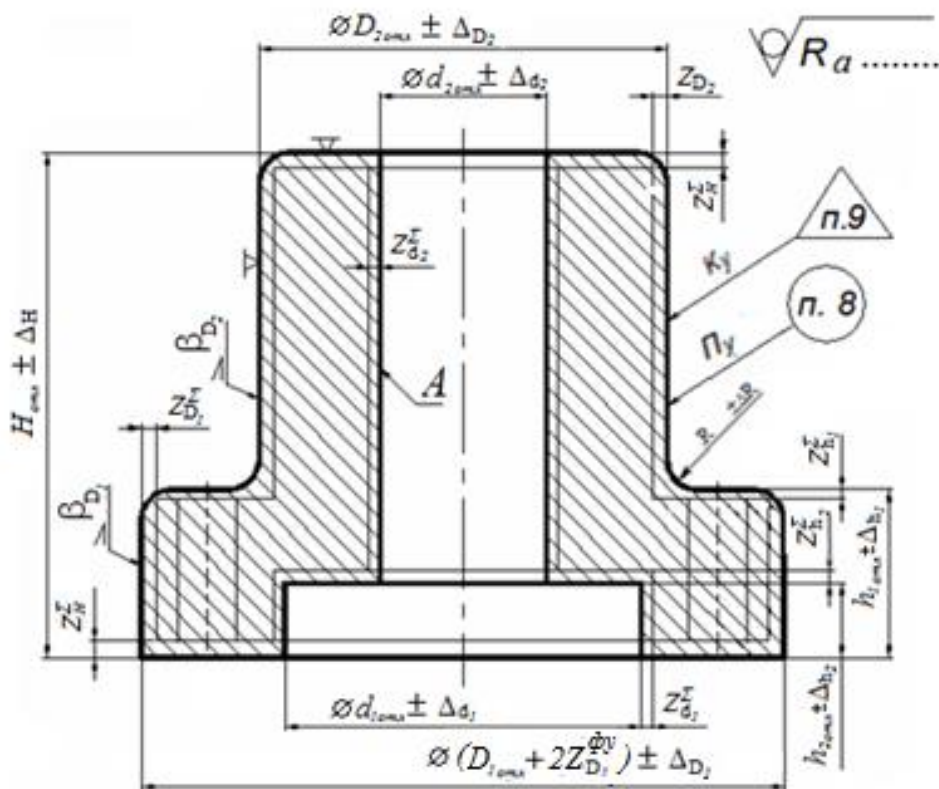
		МТМ.01110.00001	1	1
ОГУ гр.	Вариант № л	—	МТМ.20110.00001	
Полумуфта			—	—



- 1 Точность отливки ГОСТ Р 53464–2009
- 2 Масса ГОСТ Р 53464–2009
- 3 Материал ГОСТ
- 4 Неуказанные литейные радиусы R 2.3
- 5 Поверхность отливки очистить от пригара
- 6 Раковины на поверхности А не допускаются
- 7 Заусенцы и острые кромки не допускаются
- 8 Маркировать номер плавки
- 9 Клеймить: клеймо ОТК (БТК) об окончательной приёмке

				Разраб.			
				Пров.			
				Н. контр.			
КЭ	Графический документ на отливку			20110_00001.xml	v.1,0		

Рисунок 1.6 – Бланк графического документа на отливку



Примечание – При оформлении графического документа на отливку буквенные символы подлежат замене на размерные числа, помещённые в КПП

Рисунок 1.7 – Графическое изображение отливки с буквенными символами

1.5 Контрольные вопросы

1.5.1 Приведите определение термина машиностроительная заготовка.

1.5.2 Что называют отливкой и литьём?

1.5.3 Перечислите основные требования, которым должна удовлетворять технологичная конструкция литой детали.

1.5.4 Какие типы литейных сплавов применяют для изготовления отливок?

1.5.5 Как при заливке форм следует располагать наиболее ответственные обрабатываемые поверхности отливки – вертикально, наклонно, вверху или / и внизу? Объясните и обоснуйте свой ответ.

1.5.6 Почему предпочтительнее всю отливку располагать в одной полужоформе?

1.5.7 Перечислите параметры, которые в соответствии с ГОСТ Р 53464-2009 характеризуют точность отливки в целом. В каком порядке их приводят в технических требованиях графического документа на отливку?

1.5.8 Что понимают под терминами общий припуск, минимальный литейный припуск, технологический напуск?

1.5.9 Что такое номинальный размер отливки и номинальный размер детали?

1.5.10 Что понимают под термином средний размер детали?

1.5.11 Поясните, как определяют номинальный размер отливки для наружных и внутренних поверхностей, подвергаемых последующей обработке резанием, а также не подвергаемых такой обработке.

1.5.12 Укажите правило установления полей допусков размеров для обрабатываемых поверхностей отливки.

1.5.13 Каково правило установления полей допусков размеров, формы и расположения поверхностей для необрабатываемых поверхностей отливок?

1.5.14 Определение терминов шероховатость и неровность поверхностей.

1.5.15 В каких единицах измеряют параметр шероховатости поверхности?

1.5.16 Сколько классов размерной точности и классов точности массы отливки устанавливает стандарт? Назовите самые точные и самые грубые классы.

1.5.17 Сколько степеней коробления и степеней точности поверхностей отливки устанавливает стандарт? Назовите наиболее точные и наиболее грубые степени.

1.5.18 Как установить номинальную массу отливки?

1.5.19 Как вычисляют радиус скругления (галтели) внутреннего угла отливки?

1.5.20 Каково назначение формовочных уклонов? От чего зависит и в каких единицах измеряется величина формовочного уклона?

1.5.21 Как определяют коэффициент использования металла при литье?

1.5.22 В каких пределах обычно находится коэффициент использования металла при литье в песчаные формы?

1.5.23 Перечислите основные правила графического изображения отливок, установленные ГОСТ 3.1125-88.

1.5.24 Как в графическом документе на отливку изображают припуски на механическую обработку резанием?

1.5.25 Как в графическом документе на отливку указывают места маркирования и клеймения заготовки?

2 Практическая работа №2. Проектирование стальной штампованной поковки

Целью работы является приобретение навыков проектирования стальной штампованной поковки и разработки графического документа на неё в соответствии с действующими нормативными документами.

2.1 Общие сведения

2.1.1 Термины и пояснения

В этом разделе установлены основные термины и пояснения, принятые для данной практической работы и регламентированные ГОСТ 7505-89 [9].

П о к о в к а с т а л ь н а я ш т а м п о в а н н а я (в дальнейшем – поковка) – изделие, изготовленное горячей объёмной штамповкой в соответствии с техническими требованиями ГОСТ 8479-70 [10].

М а с с а п о к о в к и р а с ч ё т н а я ($M_{П.Р}$) – установленная расчётом ориентировочная величина массы подвергаемой штамповке поковки или её частей (без учёта массы облоя и перемычки пробитого отверстия). Определяется исходя из массы детали и установленного расчётного коэффициента и используется при назначении припусков и допусков.

М а с с а п о к о в к и н о м и н а л ь н а я ($M_{П.Н}$) – масса поковки с номинальными размерами, определяемая исходя из её объёма и плотности стали.

И с х о д н ы й и н д е к с ($I_{И}$) – условный показатель, учитывающий в обобщённом виде сумму конструктивных характеристик (класс точности, группы стали, степень сложности, конфигурацию поверхности разъёма) и массу поковки.

П р и п у с к – слой металла на обрабатываемых частях поверхности поковки, удаляемый при её механической обработке.

К у з н е ч н ы й н а п у с к – дополнительный объём (слой) металла на обрабатываемых или необрабатываемых частях поверхности поковки, необходимый для осуществления формоизменяющих операций.

Н о м и н а л ь н ы й л и н е й н ы й р а з м е р п о к о в к и – геометрический параметр, измеряемый в единицах длины и определяемый исходя из номинального линейного размера детали, установленного припуска и кузнечного напуска.

Д е й с т в и т е л ь н ы й р а з м е р п о к о в к и – фактический размер, полученный измерением с допустимой погрешностью.

П р е д е л ь н ы е р а з м е р ы п о к о в к и – два предельно допускаемых размера, между которыми должен находиться или быть одним из них действительный или номинальный размер.

Д о п у с к а е м о е о т к л о н е н и е р а з м е р а п о к о в к и – алгебраическая величина между предельным и соответствующим номинальным размерами.

Д о п у с к (п о л е д о п у с к а) р а з м е р а п о к о в к и – абсолютная величина разности между наибольшим и наименьшим предельными размерами.

Р а д и у с з а к р у г л е н и я в н у т р е н н е г о у г л а (R_B) – радиус закругления в сечении вогнутого участка поверхности поковки.

Р а д и у с з а к р у г л е н и я н а р у ж н о г о у г л а (R_H) – радиус закругления в сечении выпуклого участка поверхности поковки.

Д о п у с к ф о р м ы п о к о в к и – допустимая величина отклонения формы поковки.

О т к л о н е н и я ф о р м ы п о к о в к и:

С м е щ е н и е (m) по поверхности разъема штампа – отклонение формы поковки в виде наибольшего линейного переноса по плоскости одной части поковки относительно другой.

О т к л о н е н и е о т к о н ц е н т р и ч н о с т и (C_M) – расстояние от центра глухого или пробитого отверстия до заданных координат центра этого отверстия по чертежу поковки.

О т к л о н е н и е о т с о о с н о с т и (e) – угловое отклонение оси отверстия от оси поковки, измеряемое в единицах длины.

О с т а т о ч н ы й о б л о й ($г$) – выступ, оставшийся на поковке после обрезки облоя или пробивки отверстия.

С р е з а н н а я к р о м к а ($ф$) – кромка поковки, образовавшаяся при обрезке облоя или пробивке отверстия.

З а у с е н е ц ($к$) – выступ, образовавшийся на поверхности поковки в не предусматриваемых для размещения облоя местах сочленения частей штампа (зазорах), а также при обрезке облоя и пробивке отверстия и измеряемый по высоте.

С л е д о т в ы т а л к и в а т е л я ш т а м п а – местное отклонение положения поверхности поковки под действием выталкивателя штампа.

И з о г н у т о с т ь (P_a) – отклонение осевой линии поковки от номинального положения в направлении наибольшей длины или ширины поковки.

О т к л о н е н и е о т п л о с к о с т н о с т и – отклонение от плоскостности, оцениваемое наибольшим расстоянием от точек действительной поверхности до прилегающей плоскости.

Д о п у с к п л о с к о с т н о с т и (P_a) – наибольшее допускаемое значение отклонения от плоскостности.

О т к л о н е н и е о т п р я м о л и н е й н о с т и – отклонение от прямолинейности в плоскости, оцениваемое величиной наибольшего расстояния от точек действительного профиля до прилегающей прямой.

Д о п у с к п р я м о л и н е й н о с т и (P_b) – наибольшее допускаемое значение отклонения от прямолинейности.

Р а д и а л ь н о е б и е н и е – разность наибольшего и наименьшего расстояний от профиля сечения поковки до его оси.

Д о п у с к р а д и а л ь н о г о б и е н и я (T_R) – наибольшее допускаемое значение радиального биения.

2.1.2 Общие технические условия на штампованные поковки

Техническими условиями (ТУ) называют документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приёмке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других конструкторских документах [3].

Таким документом для поковок из конструкционной углеродистой, низколегированной и легированной стали, изготавливаемых ковкой и горячей штамповкой, является ГОСТ 8479-70 [10]. В соответствии с этим стандартом поковки по видам испытаний и сдаточным характеристикам разделяют на пять групп (таблица 2.1). Номер группы поковки указывают в технических требованиях на чертеже детали.

Таблица 2.1 – Классификация поковок [10]

Группа поковок	Виды испытаний	Условия комплектования партии	Сдаточные характеристики
I	Без испытаний	Поковки одной или разных марок сталей	—
II	Определение твёрдости	Поковки одной марки стали, совместно прошедшие термическую обработку	Твёрдость
III	Определение твёрдости	Поковки одной марки стали, прошедшие термическую обработку по одинаковому режиму	То же
IV	1 Испытание на растяжение 2 Определение ударной вязкости 3 Определение твёрдости	Поковки одной плавки стали, совместно прошедшие термическую обработку	Предел текучести Относительное сужение Ударная вязкость
			—
V	1 Испытание на растяжение 2 Определение ударной вязкости 3 Определение твёрдости	Принимается индивидуально каждая поковка	Предел текучести Относительное сужение Ударная вязкость
			—
Примечание – Поковками, совместно прошедшими термическую обработку в проходной печи, считаются поковки, последовательно загружаемые в печь без разрыва.			

Поковки по механическим свойствам подразделяют на категории прочности, обозначаемые буквами КП и двузначным числом, которое соответствует значению предела текучести, Н/мм², после окончательной термической обработки. Например, обозначение КП 315 показывает предел текучести 315 Н/мм².

В стандарте [10] приведены категории прочности и соответствующие им нормы механических свойств (временное сопротивление, относительное удлинение и сужение, ударная вязкость), определяемые при испытании на продольных образцах, и нормы твёрдости.

Условное обозначение поковки приводят в технических требованиях под: графическим изображением её.

Например:

– поковка группы I:

Гр. I ГОСТ 8479-70;

– поковка группы II или III с твёрдостью HB 143-179:

Гр. II (III) HB 143-179 ГОСТ 8479-70;

– поковка группы IV или V с категорией прочности КП 490:

Гр. IV(V) КП 490 ГОСТ 8479-70.

Поковки не должны иметь флокенов, трещин, усадочной рыхлости. На поверхностях поковок не должно быть трещин, заковов, плён, песочин.

На необрабатываемых поверхностях поковок допускаются вмятины от окалины и забоины, а также полая вырубка или зачистка дефектов при условии, что глубина указанных дефектов не выходит за пределы наименьших допускаемых стандартами размеров.

На обрабатываемых поверхностях поковок допускаются отдельные дефекты без удаления, если глубина их, определяемая контрольной вырубкой или зачисткой, не превышает 50 % фактического одностороннего припуска на механическую обработку для поковок, изготавливаемых штамповкой.

На поковках из углеродистой и низкоуглеродистой стали при глубине поверхностных дефектов, превышающих фактический односторонний припуск на механическую обработку, допускается удаление дефектов полой вырубкой с последующей заваркой.

Поковки подвергаются термической обработке в черновом виде и (или) после предварительной механической обработки (обдирки, рассверливания и др.). Поковки группы I допускается не подвергать термической обработке.

Поковки, прошедшие после термической обработки правку в холодном или подогретом состоянии, должны быть подвергнуты отпуску для снятия внутренних напряжений.

По соглашению сторон поковки подвергаются очистке от окалины.

Партии комплектуются предприятием-изготовителем из поковок, изготавливаемых по одному чертежу. Условия комплектования партии приведены в таблице 2.2.

Механические свойства поковок определяются на продольных, поперечных, тангенциальных или радиальных образцах. Вид образца, если он не указан в чертеже детали, устанавливается изготовителем.

При получении неудовлетворительных результатов механических испытаний хотя бы по одному из показателей по нему производятся повторные испытания удвоенного количества образцов, взятых из той же партии поковок.

Если после повторного испытания получены положительные показатели, вся партия поковок считается годной.

Если после повторного испытания хотя бы один из образцов даёт неудовлетворительные показатели, партию поковок допускается подвергать повторной термической обработке. Число повторных термических обработок не должно быть более двух. Дополнительный отпуск не считается термической

обработкой и число отпусков не ограничивается. После каждой термической обработки или дополнительного отпуска партия поковок испытывается как предъявленная вновь.

Таблица 2.2 – Условия комплектования партии поковок [10]

Группа поковок	Виды испытаний	Количество поковок от партии, подлежащих испытанию
I	Без испытаний	—
II	Определение твёрдости	5 % от партии, но не менее 5 шт.
III	Определение твёрдости	100 %
IV	1 Испытание на растяжение	До 100 шт. – 2 шт., св. 100 шт. – 1 %, но не менее 2 шт. (поковки с нижним и верхним пределами твёрдости)
	2 Определение ударной вязкости	
	3 Определение твёрдости	100 %
V	1 Испытание на растяжение	100 %
	2 Определение ударной вязкости	
	3 Определение твёрдости	

Третья термическая обработка в виде улучшения допускается на крупных поковках в случаях, когда нормализация с отпуском не обеспечивает требуемых механических свойств.

На чертеже поковки указывается маркировка, которая должна быть четкой и содержать следующие сведения: клеймо отдела технического контроля (ОТК), номер чертежа детали, номер плавки или марки стали (последний для поковок I группы не указывается) и только для поковок V группы – номер поковки (см. таблицу 2.1).

2.1.3 Основные этапы и последовательность проектирования стальной штампованной поковки

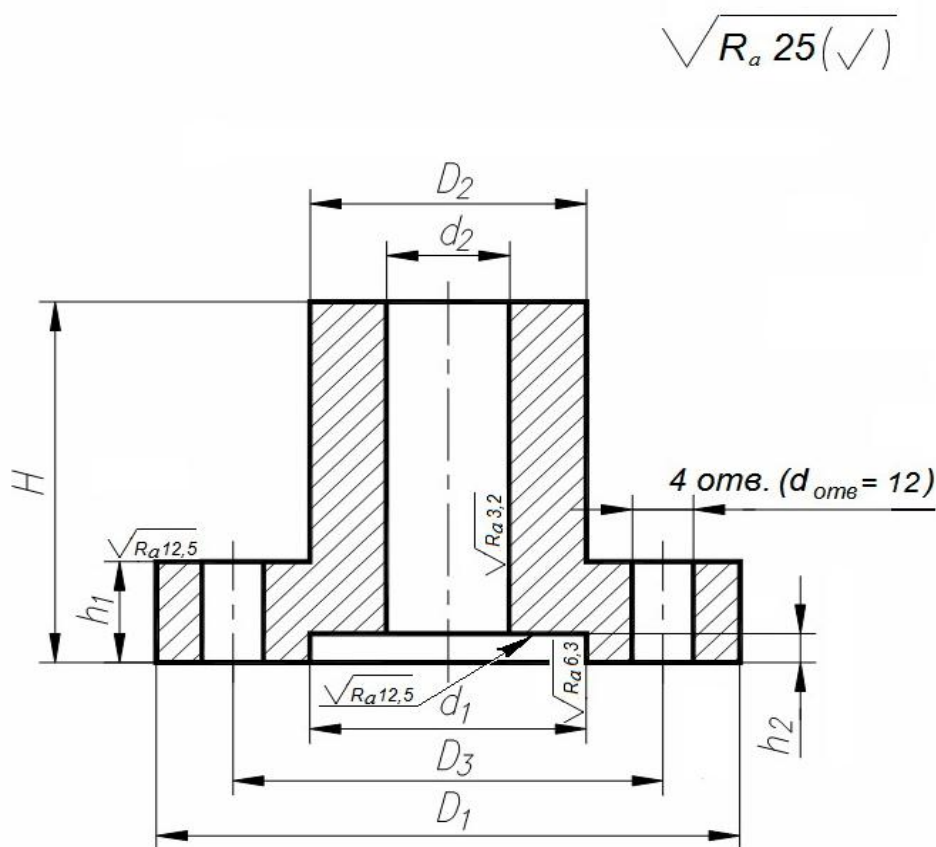
Проектирование стальной штампованной поковки (в дальнейшем – поковки) состоит из следующих 11 этапов:

- 1) анализ чертежа детали с точки зрения технологичности её конструкции;
- 2) выбор способов нагрева и штамповки, типа оборудования и оснастки, определение места расположения поверхности разъёма штампа;
- 3) установление индекса массы, конструктивных характеристик и исходного индекса поковки по ГОСТ 7505-89;
- 4) назначение припусков на механическую обработку;
- 5) расчёт номинальных линейных размеров поковки и установление радиусов закругления углов;
- 6) установление кузнечных напусков и расчёт дополнительных линейных размеров поковки;

- 7) расчёт номинальной массы поковки;
- 8) уточнение индекса массы, степени сложности и перерасчёт (при необходимости) исходного индекса с повторением 4-7-го этапов проектирования;
- 9) установление допусковых отклонений размеров, допусков формы и расположения поверхностей поковки;
- 10) расчёт массы и размеров исходной заготовки (прутка), коэффициента использования металла;
- 11) разработка и оформление карты проектирования и графического документа на штампованную поковку [3].

2.1.4 Анализ чертежа детали с точки зрения технологичности её конструкции

Исходными данными для проектирования поковки являются чертёж готовой детали (рисунок 2.1) с ТУ и объём выпуска продукции, определяющий тип производства (единичное, серийное или массовое).



Предельные отклонения размеров детали:
 $D_1, D_2 - h14; d_1, d_2 - H9,$
 остальных $\pm IT 14/2$ согласно ГОСТ 25346-2013 [4]

Рисунок 2.1 – Чертёж детали "Полумуфта"

В таблице 2.3 приведены размеры готовой детали для 15 вариантов задания на проектирование поковки и тип производства.

Проектирование заготовки начинают с тщательного изучения чертежа детали, требований, предъявляемых к детали в целом и к отдельным её поверхностям. При оценке технологичности конструкции детали для её изготовления из штампованной поковки руководствуются такими показателями технологичности, как габариты и форма детали, штампуемость материала детали, форма и положение базовых поверхностей детали, соответствие размерных цепей типовой схеме, масса детали, наличие полостей и их протяжённость, показатели механических свойств.

Таблица 2.3 – Варианты задания (к рисунку 2.1)

Вариант	Номинальный размер детали, мм								Материал детали: марка стали, ГОСТ	СШ	КШО
	D_1	D_2	D_3	d_1	d_2	H	h_1	h_2			
1ш	340	220	280	220	110	250	70	35	38ХГН ГОСТ 4543-71	ОШ	М
2ш	330	210	270	210	110	250	65	30	35Х ГОСТ 4543-71	ЗШ	М
3ш	330	200	265	200	110	280	60	25	15ХМ ГОСТ 4543-71	ОШ	П
4ш	320	200	260	200	100	230	65	30	45Х ГОСТ 4543-71	ЗШ	П
5ш	310	200	265	220	90	230	60	30	50Г2 ГОСТ 4543-71	ОШ	М
6ш	300	190	250	200	80	220	60	25	5сп ГОСТ 380-2005	ЗШ	М
7ш	300	180	250	200	70	200	50	25	35 ГОСТ 1050-2013	ОШ	П
8ш	300	180	240	180	80	250	40	20	12ХМ ГОСТ 4543-71	ЗШ	П
9ш	280	170	230	180	70	170	50	25	20ГС ГОСТ 4543-71	ОШ	М
10ш	250	160	205	160	70	160	50	25	20Х ГОСТ 4543-71	ЗШ	М
11ш	220	140	180	140	65	150	45	20	30 ГОСТ 1050-2013	ОШ	П
12ш	190	125	160	125	60	140	40	20	45 ГОСТ 1050-2013	ЗШ	П
13ш	170	110	140	110	55	125	36	18	25ГС ГОСТ 4543-71	ОШ	М
14ш	140	100	120	100	50	110	32	15	30ХГСА ГОСТ 4543-71	ЗШ	М
15ш	130	80	105	80	40	100	30	15	40ХФА ГОСТ 4543-71	ОШ	П

Примечания

1 В предпоследней графе СШ (способ штамповки) и в последней графе КШО (кузнечно-штамповочное оборудование) приняты следующие сокращения: ОШ – штамповка в открытом штампе, ЗШ – штамповка в закрытом штампе, М – штамповочный молот, П – кривошипный горячештамповочный пресс.

2 Во всех вариантах следует считать, что нагрев заготовок производится в электрических индукционных нагревательных установках непрерывного действия; тип производства поковок – крупносерийное.

3 Плотность стали $\rho = 7,85 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

4 Считать, что по видам и объёму испытаний и механическим свойствам поковки относятся к следующим группам:

варианты с 1ш по 5ш – Гр. IV КП345 ГОСТ 8479-70,

варианты с 6ш по 10ш – Гр. IV КП245 ГОСТ 8479-70,

варианты с 11ш по 15ш – Гр. III ГОСТ 8479-70.

5 Поковки подвергаются следующей термической обработке:

из стали марки 30ХГСА – закалка и отпуск до твёрдости 223-262 НВ,

из стали марки 40ХФА – закалка и отпуск до твёрдости 235-277 НВ,

из стали иных марок – нормализация до твёрдости 156-197 НВ.

Конструкция детали признаётся технологичной, если совокупность её свойств подтверждает приспособленность к достижению оптимальных затрат материала, энергии и труда при производстве детали в заданном количестве, с заданными показателями качества из штампованной заготовки. В противном случае потребуются корректировка чертежа, замена материала и т.д.

Конструкция заданной детали, как в этом легко убедиться (см. рисунок 2.1), является технологичной, и в рамках данной работы корректировка чертежа детали не требуется. Поэтому следует дать лишь краткое обоснование технологичности конструкции данной детали, руководствуясь приведёнными выше положениями и показателями технологичности.

2.1.5 Выбор способов нагрева и штамповки, типа оборудования и оснастки, определение места расположения поверхности разъёма штампа

От способа нагрева и его режима зависят качество штампованных поковок, расход металла и топлива, стойкость инструмента, себестоимость поковок, а также условия труда в штамповочном цехе.

Различают нагрев пламенный, электрический и в жидкостях (в расплавленных солях, стекле). Современная технология горячей объёмной штамповки требует применения безокислительного и скоростного нагрева заготовок, что уменьшает окалинообразование и обезуглероживание, снижает газонасыщение, улучшает структуру и свойства металла, повышает его пластичность и тем самым облегчает горячую обработку давлением, уменьшает расход энергии на деформирование.

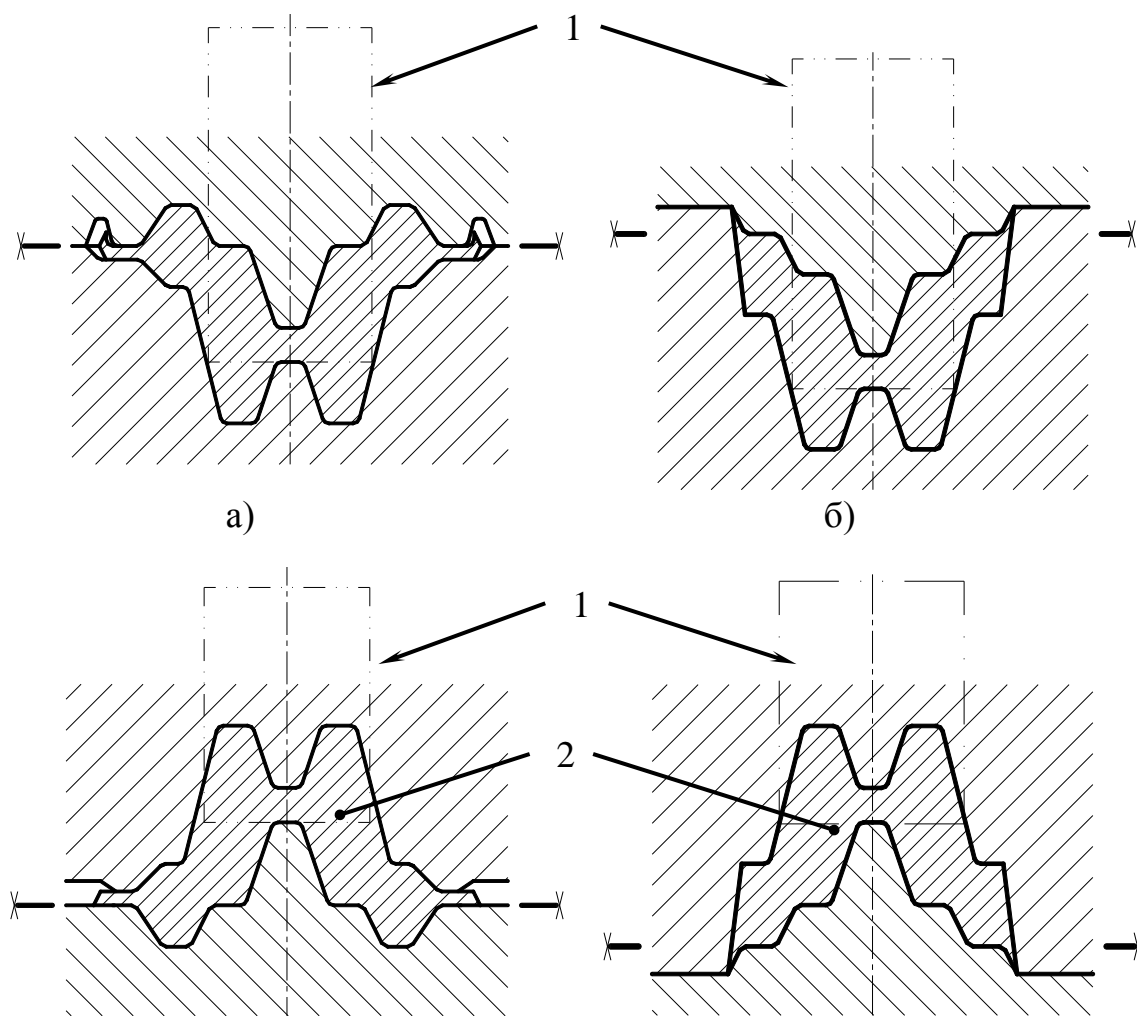
Выбор типа нагревательного оборудования зависит от типа производства (единичного, серийного или массового), вида штамповочного оборудования и степени его автоматизации, марки стали, размеров, степени точности и формы нагреваемых заготовок [3]. При выполнении данной практической работы рекомендуется выбрать электронагрев в индукционном нагревателе, при котором обеспечивается минимальная окалина, минимальное обезуглероживание, постоянство температуры, возможность быстрого пуска и останова нагревателя, регулирования темпа нагрева, а также возможность автоматизации его и улучшение условий труда.

Выбор способа штамповки (в открытом или закрытом штампе, т.е. облойной или безоблойной штамповки) и типа штамповочного оборудования (молот, пресс, горизонтально-ковочная машина и т.д.) зависит от типа производства, конструктивных особенностей детали, марки материала, точности отдельных поверхностей и требований механических свойств, условий обеспечения оптимальной макроструктуры готовой детали, экономичности, техпроцесса. Каждый из способов штамповки и типов штамповочного оборудования имеет свои преимущества и недостатки. Для рассматриваемой в данной практической работе детали, изображённой на рисунке 2.1, в равной степени могут быть применены штамповочный молот или пресс и оба способа штамповки. Однако конфигурация и размеры штампованной поковки в каждом случае будут различными, при этом ввиду лучшего течения металла вверх при штамповке на моло-

те формообразование фланцевой части поковки предусматривается в верхней части штампа (рисунок 2.2).

Способ штамповки и тип штамповочного оборудования обусловлены вариантом задания в соответствии с таблицей 2.3.

Поверхность разъёма штампа располагают посередине толщины фланца поковки при штамповке с облоем (т.е. в открытом штампе – ОШ) как на молоте (М), так и на прессе (П) – кривошипном горячештамповочном (КГШП); при безоблойной штамповке (т.е. в закрытом штампе – ЗШ) совмещают с одной из торцовых поверхностей поковки: верхней – при штамповке на молоте (см. рисунок 2.2 б), нижней – при штамповке на КГШП (см. рисунок 2.2 г). Такое расположение поверхности разъёма штампов в плоскости наибольшего диаметра поковки обеспечивает минимальную глубину ручья штампа, лёгкость извлечения отштампованной поковки, возможность контроля смещения. В некоторых случаях выбор места разъёма штампа определяется необходимостью получения благоприятной макроструктуры поковки.



а – в открытом штампе (ОШ) на молоте (М); б – в закрытом штампе (ЗШ) на молоте (М); в – в открытом штампе (ОШ) на прессе КГШП (П); г – в закрытом штампе на прессе КГШП (П); 1 – контур заготовки; 2 – штампованная поковка

Рисунок 2.2 – Схемы штамповки

2.1.6 Установление индекса массы, конструктивных характеристик и исходного индекса поковки по ГОСТ 7505-89

К конструктивным характеристикам поковки относятся группа стали M , степень сложности C , класс точности T , конфигурация K_{III} поверхности разъёма штампа. Интегральным показателем, учитывающим в обобщённом виде сумму перечисленных здесь конструктивных характеристик, а также массу поковки, является исходный индекс I_{II} . Интервал значений массы поковок характеризует рассматриваемый ниже индекс массы I_M . Для установления индекса массы необходимо знать хотя бы ориентировочную расчётную массу поковки $M_{П.Р}$.

2.1.6.1 На данном этапе проектирования, когда отсутствуют данные о размерах поковки, можно установить лишь ориентировочную расчётную массу поковки $M_{П.Р}$, используя формулу

$$M_{П.Р} = K_P M_D, \quad (2.1)$$

где K_P – расчётный коэффициент, равный $K_P = 1,5-1,8$ [9];

M_D – масса детали, кг.

Номинальную массу детали M_D , кг, определяют по формуле

$$M_D = V_D \rho \cdot 10^{-9}, \quad (2.2)$$

где V_D – объём детали, мм³, с номинальными размерами согласно её чертежу (см. рисунок 2.1 и таблицу 2.3);

ρ – плотность стали, кг/м³ (см. примечание 2.3 в таблице 2.3);

10^{-9} – числовой множитель, учитывающий соотношение $1 \text{ мм}^3 / 1 \text{ м}^3$.

Объём детали V_D (см. рисунок 2.1 с размерами, приведёнными в таблице 2.3 для заданного варианта) вычисляют с использованием системы КОМПАС, например, КОМПАС-3DHome [5], КОМПАС-3DV16 или др.

В дальнейшем, когда будут определены номинальные размеры поковки, следует заменить ориентировочное значение $M_{П.Р}$ на более точное значение номинальной массы поковки $M_{П.Н}$, вычисленное с учётом её объёма с номинальными размерами и плотности стали.

2.1.6.2 Индекс массы I_M представляет собой номер строки в графе интервалов массы поковки (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Индекс массы поковки I_M

I_M	Масса поковки, кг	I_M	Масса поковки, кг
1	До 0,5 включительно	6	Св. 5,6 до 10,0 включительно
2	Св. 0,5 до 1,0 включительно	7	” 10,0 “ 20,0 “
3	“ 1,0 “ 1,8 “	8	“ 20,0 “ 50,0 “
4	“ 1,8 “ 3,2 “	9	“ 50,0 “ 125,0 “
5	“ 3,2 “ 5,6 “	10	“ 125,0 “ 250,0 “

2.1.6.3 В зависимости от средней массовой доли углерода и суммарной массовой доли легирующих элементов установлены три группы стали [9]:

– *M1* – сталь с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2,0 % включительно;

– *M2* – сталь с массовой долей углерода свыше 0,35 % до 0,65 % включительно или с суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 % до 5,0 %;

– *M3* – сталь с массовой долей углерода свыше 0,65 % или с суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 %.

В данной работе к группе *M1* относятся стали марок 15ХМ, 5сп, 12ХМ, 20ГС, 20Х, 30, 25ГС (варианты 3ш, 6ш, 8ш, 9ш, 10ш, 11ш и 13ш); все остальные марки сталей относятся к группе *M2*: 38ХГН, 35ХМ, 45Х, 50Г2, 35, 45, 30ХГСА и 40ХФА (варианты 1ш, 2ш, 4ш, 5ш, 7ш, 12ш, 14ш и 15ш).

2.1.6.4 Степень сложности является одной из конструктивных характеристик формы поковки, которая качественно оценивает её и используется при назначении припусков и допусков.

Поковки по степени сложности подразделяют на четыре группы: *C1*, *C2*, *C3* и *C4*. Степень сложности *C* устанавливают по таблице 2.5 в зависимости от относительного объема поковки V_n , вычисляемого по формуле

$$\bar{V}_n = V_n / V_\phi, \quad (2.3)$$

где V_n – объём поковки, мм³;

V_ϕ – объём фигуры – цилиндра, в которую вписывается поковка, мм³, как это изображено на рисунке 2.3.

Таблица 2.5 – Степень сложности *C*

Степень сложности <i>C</i>	Относительный объём поковки V_n
<i>C1</i>	Св. 0,63
<i>C2</i>	” 0,32 до 0,63 включительно
<i>C3</i>	“ 0,16 “ 0,32 “
<i>C4</i>	Менее 0,16

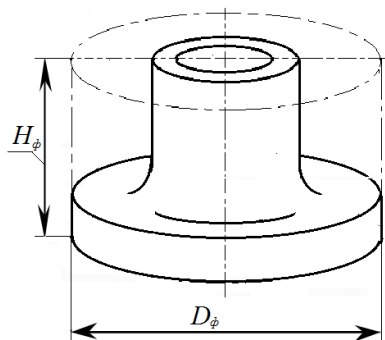


Рисунок 2.3 – К определению V_ϕ

Объём поковки на данном этапе проектирования является величиной неизвестной, но ориентировочно его можно вычислить по формуле

$$V_n = M_{П.Р} \cdot 10^9 / \rho, \quad (2.4)$$

где $M_{П.Р}$ – расчётная масса поковки, вычисленная по формуле (2.1);

ρ – плотность стали, кг/м³, указанная в примечании 3 к таблице 2.3.

Объём фигуры V_ϕ , в которую вписывается поковка, определяется как объём цилиндра высотой H_ϕ , равной высоте H_n поковки, и диаметром D_ϕ , равным диаметру D_{In} поковки, то есть по формуле

$$V_\phi = \frac{1}{4} \pi D_\phi^2 H_\phi \quad (2.5)$$

Так как размеры поковки H_n и D_{In} на данном этапе проектирования неизвестны, то согласно [9] допускается исходить из увеличения в 1,05 раза соответствующих габаритных линейных размеров готовой детали по чертежу (см. рисунок 2.1 и таблицу 2.3):

$$D_\phi = 1,05 D_1; \quad H_\phi = 1,05 H.$$

Подставляя в формулу (2.5) эти значения, можно определить объём фигуры (цилиндра) по формуле:

$$V_\phi = \frac{1}{4} \cdot 1,05^3 \pi D_1^2 H = 0,909 D_1^2 H. \quad (2.6)$$

Теперь можно по формуле (2.3) вычислить относительный объём поковки V_n и по таблице 2.5 установить степень сложности C .

На этапе 8 проектирования поковки возможен пересчёт относительного объёма V_n и уточнение степени сложности C , если окажется, что объём поковки V_n , вычисленный на этапе 7 по её номинальным размерам, будет существенно отличаться от найденного по формуле (2.4) ориентировочного значения объёма поковки V_n .

2.1.6.5 Класс точности T поковки устанавливается в зависимости от технологического процесса и типа штамповочного оборудования, а также исходя из предъявляемых требований к точности размеров поковки. Стандартом [9] установлено 5 классов точности – от 1-го класса (обозначается $T1$) до 5-го (обозначается $T5$).

В данной работе можно принимать для штамповки на молоте (как в открытом, так и в закрытом штампах) классы точности $T4$ или $T5$, а для штамповки на КГШП в открытом штампе – $T4$ или $T5$, в закрытом – $T2$ или $T3$.

2.1.6.6 Конфигурация поверхности разъёма штампа (обозначается КШ) является конструктивной характеристикой поковки, определяющей допускаемую величину смещения и остаточного облоя поковки, величину дополнительного припуска на её механическую обработку, а также определяющей трудоёмкость и себестоимость изготовления штампа.

На практике применяются три вида конфигурации поверхности разъёма:

- плоская (П);
- симметрично изогнутая (ИС);
- несимметрично изогнутая (ИН).

В данной работе предусматривается плоская поверхность – П. В этом случае при изготовлении штампа значительно упрощается его механическая обработка.

2.1.6.7 Как отмечалось выше, исходный индекс I_{II} является интегральной конструктивной характеристикой поковки, в обобщённом виде учитывающей совокупность установленных ранее показателей: индекс массы I_M , группу стали M , степень сложности C и класс точности T . Исходный индекс I_{II} используется для последующего установления основных припусков на механическую обработку поковки, а также допусков и допускаемых отклонений её линейных размеров.

Практика показала, что номографический метод определения исходного индекса, описанный в стандарте [9], является неудобным, нередко приводит к ошибкам исполнителя и сдерживает переход к компьютеризации процесса проектирования поковки. Поэтому рекомендуется вычислять I_{II} по формуле, представляющей полином

$$I_{II} = I_M + M + C + 2(T - 2), \quad (2.7)$$

где I_{II} – исходный индекс, изменяющийся в пределах натуральных чисел от 1 до 23 включительно;

I_M – индекс массы, изменяющийся в пределах натуральных чисел от 1 до 10 включительно в соответствии с таблицей 2.4;

M – группа стали, принимающая значения 1, 2 или 3 в зависимости от её марки согласно п. 2.2.6.3;

C – степень сложности, принимающая значения 1, 2, 3 или 4 согласно таблице 2.5;

T – класс точности, изменяющийся в пределах натуральных чисел от 1 до 5 включительно согласно п. 2.1.6.5.

В графическом документе на поковку в п. 1 технических требований рекомендуется указывать условное обозначение поковки в виде записи набора чисел и характеристик (вместо буквенных символов), установленных выше в пп. 2.1.6.2 - 2.1.6.7, в следующей последовательности:

$$I_M - M - C - T - K_{Ш} - I_{II}. \quad (2.8)$$

Пример условного обозначения штампованной поковки, имеющей индекс массы $I_M=1$ (масса поковки $M_{II} \leq 0,5$ кг), группу стали $M2$, степень сложности $C2$, класс точности $T2$, плоскую (II) конфигурацию поверхности разъёма штампа K_{III} и исходный индекс $I_{II}=5$:

Штампованная поковка $1-M2-C2-T2-II-5$ ГОСТ 7505-89.

2.1.7 Назначение припусков на механическую обработку

Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

Различают суммарный, основной и дополнительный припуски на механическую обработку.

Суммарный односторонний (на сторону) припуск включает в себя основной и дополнительные припуски.

Основной припуск (на сторону) устанавливают по таблице 2.6 в зависимости от исходного индекса, линейных размеров и параметра шероховатости поверхности детали [9].

Дополнительные припуски, учитывающие смещение поковки по поверхности разъёма штампа или отклонение от плоскостности, устанавливают по таблицам 2.7 и 2.8 в зависимости от индекса массы поковки (см. таблицу 2.4), класса точности и наибольшего диаметра поковки [9].

Для установления суммарного припуска (на сторону) применяют следующие соотношения:

– при обработке поверхностей вращения (цилиндрических)

$$Z_{D_i}^{\Sigma} = Z_{D_i} + Z_C; Z_{d_i}^{\Sigma} = Z_{d_i} + Z_C; \quad (2.9)$$

– при обработке плоских поверхностей

$$Z_H^{\Sigma} = Z_H + Z_{o.n}; Z_{h_i}^{\Sigma} = Z_{h_i} + Z_{o.n} \quad (2.10)$$

где $Z_{D_i}^{\Sigma}, Z_{d_i}^{\Sigma}, Z_H^{\Sigma}, Z_{h_i}^{\Sigma}$ – суммарные припуски (на сторону) на обработку элементов с соответствующими размерами, мм;

$Z_{D_i}, Z_{d_i}, Z_H, Z_{h_i}$ – основные припуски (на сторону) на обработку тех же элементов, мм;

$Z_C, Z_{o.n}$ – дополнительные припуски, мм, учитывающие соответственно смещение и отклонение от плоскостности.

Таблица 2.6 – Основные припуски на механическую обработку (на сторону)

Исходный индекс I_{II}	Высотные размеры H, h_1 детали, мм											
	До 25 включительно			Св. 25 до 40 включ.			Св. 40 до 63 включ.			Св. 63 до 100 включ.		
	Диаметр D_1, D_2, d_1, d_2 и глубина h_2 , мм											
	До 40 включительно			Св. 40 до 100 включ.			Св. 100 до 160 включ.			Св. 160 до 250 включ.		
	Параметр шероховатости R_a , мкм, по чертежу детали: а – от 12,5 до 100 включ., б – от 1,6 до 10 включ., в – до 1,25											
	а	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б	в
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

Продолжение таблицы 2.6

Исходный индекс ИИ	Высотные размеры H, h_1 детали, мм											
	Св. 100 до 160 включ.			Св. 160 до 250 включ.			Св. 250			—		
	Диаметр D_1, D_2, d_1, d_2 и глубина h_2 , мм											
	Св. 250 до 400 включ.			Св. 400 до 630 включ.			Св. 630 до 1000 включ.			Св. 1000 до 1600 включ.		
	Параметр шероховатости R_a , мкм, по чертежу детали: а – от 12,5 до 100 включ., б – от 1,6 до 10 включ., в – до 1,25											
а	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б	в	
1	0,6	0,8	0,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	–	–	–	–	–	–
3	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	–	–	–
4	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	–	–	–
5	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
6	1,8	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
7	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
8	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
9	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
10	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
11	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
12	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
13	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
14	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
15	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
16	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
17	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
18	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
19	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2
20	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8
21	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5
22	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1
23	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7

Примечание – Таблица, приведённая выше, имеет продолжение на следующей странице для высотных размеров, превышающих 100 мм, и для диаметра и глубины, превышающих 250 мм.

Таблица 7 – Дополнительные припуски (на сторону) Z_C , учитывающие смещение по поверхности разъёма штампов

И _М	Припуски для классов точности,					И _М	Припуски для классов точности,				
	T1	T2	T3	T4	T5		T1	T2	T3	T4	T5
1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	6	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	7	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5
3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	8	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
4	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	9	0,3	0,5	0,5	0,6	0,7
5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	10	0,4	0,6	0,6	0,7	0,9

Примечание – В таблице приведены припуски для случая применения штампов с плоской (П) поверхностью разъёма. Для штампов с изогнутой поверхностью – см. таблицу 4 ГОСТ 7505-89 [9]

Таблица 8 – Дополнительные припуски $Z_{o,n}$ (на сторону), учитывающие отклонение от плоскостности

Наибольший размер поковки, мм	Припуски для классов точности, мм				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 включ.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Св. 100 “ 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

Примечание – Припуски для размеров поковки св. 630 приведены в таблице 5 ГОСТ 7505-89 [9].

2.1.8 Расчёт номинальных линейных размеров поковки и установление радиусов закругления углов

2.1.8.1 Формулы для определения номинальных линейных размеров:

– наружных цилиндрических поверхностей поковки

$$D_{i_n} = D_i + 2Z_{D_i}^{\Sigma}; \quad (2.11)$$

– внутренних цилиндрических поверхностей поковки

$$d_{i_n} = d_i - 2Z_{d_i}^{\Sigma}; \quad (2.12)$$

– противоположных плоских поверхностей поковки

$$H_n = H + 2Z_H^{\Sigma}; h_{1_n} = h_1 + Z_{h_1}^{\Sigma} + Z_H^{\Sigma}; h_{2_n} = h_2 + Z_H^{\Sigma} - Z_{h_2}^{\Sigma}, \quad (2.13)$$

где $D_{i_n}, d_{i_n}, H_n, h_{i_n}$ – соответствующие размеры поковки, мм;

D_i, d_i, H, h_i – размеры детали по её чертежу, мм;

$Z_{D_i}^\Sigma, Z_{d_i}^\Sigma, Z_H^\Sigma, Z_h^\Sigma$ – суммарные односторонние (на сторону) припуски, мм.

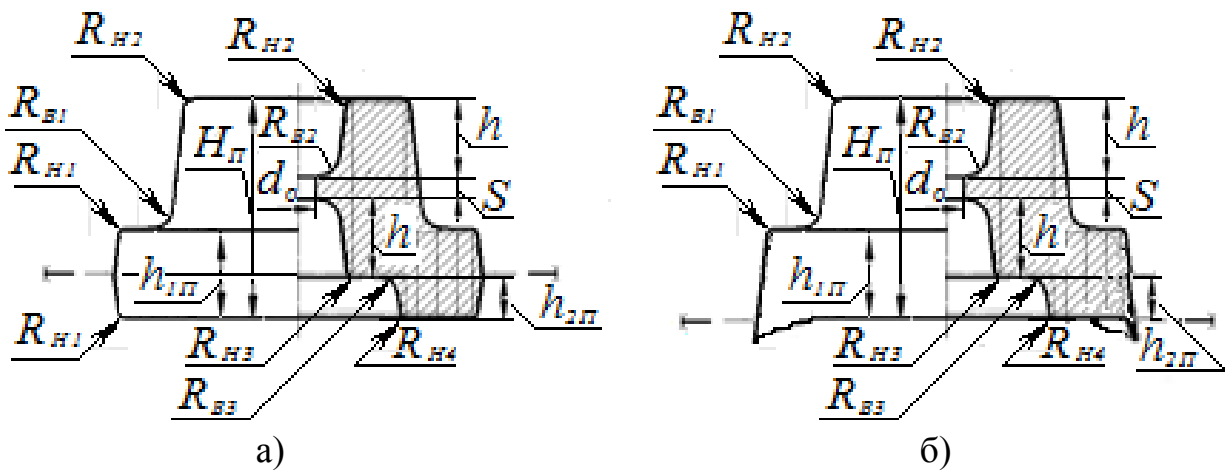
Разрешается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0,5 мм.

2.1.8.2 Радиус закругления в сечении выпуклого участка поверхности поковки представляет собой радиус закругления наружного угла R_H (рисунок 2.4). Центр закругления в этом случае находится в теле поковки.

В отличие от R_H радиус закругления внутреннего угла R_B , т.е. радиус закругления в сечении вогнутого участка поверхности поковки имеет центр закругления вне тела поковки (см. рисунок 2.4).

Минимальную величину радиуса закругления R_H в зависимости от массы поковки и глубины полости ручья штампа устанавливают по таблице 2.9. Установленные радиусы закругления должны быть согласованы с припусками.

Величину радиуса закругления R_B внутренних углов устанавливают приблизительно в три раза больше соответствующего радиуса закругления R_H наружных углов [12].



а – поковка, полученная штамповкой в открытом штампе (ОШ); б – то же, в закрытом штампе (ЗШ); R_{Hi} и R_{Bi} – радиусы закругления соответственно наружных и внутренних углов; $H_n, h_{1n}, h_{2n}, h, S$ – высотные размеры поковки, определяющие общую высоту поковки, высоту фланца, глубину поднутрения, глубину несквозной полости, толщину перемычки; d_o – диаметр пробитого отверстия

Рисунок 2.4 – К определению радиусов закругления углов

Таблица 2.9 – Минимальная величина радиуса закругления R_H наружного угла

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

2.1.9 Установление кузнечных напусков и расчёт дополнительных линейных размеров поковки

Кузнечный напуск представляет собой дополнительный объём (слой) металла на обрабатываемых или на необрабатываемых частях поверхности поковки, предусматриваемый для упрощения её формы в целях оптимизации процесса штамповки.

К кузнечным напускам в стандарте [9] отнесены объёмы, определяемые штамповочными уклонами, углублениями, радиусами закругления внутренних углов, перемычками несквозных полостей, остатками облоя и пробитых перемычек, а также поднутрениями и полостями, не выполняемыми при штамповке. Кроме того, у ответственных поковок предусматривают напуски на пробы для контрольных механических испытаний вырезанных из них образцов.

2.1.9.1 Штамповочные уклоны необходимы для облегчения удаления поковки из ручья штампа.

При изготовлении поковок на молотах и прессах штамповочные уклоны назначают по всем поверхностям поковки, параллельным направлению движения бабы молота или ползуна пресса, а при высадке поковок на горизонтальноковочных машинах (ГКМ) – по всем замкнутым штампом поверхностям ступенчатых поковок, перпендикулярным направлению движения высадочного ползуна, а также по поверхностям выступов, углублений и сквозных отверстий, расположенным параллельно движению пуансона.

Величина штамповочных уклонов α (на наружной) и β (на внутренней) поверхностях поковки должна быть не более значений, указанных в таблице 2.10.

Допустимые значения отклонений от указанных выше величин штамповочных уклонов не должна быть более $\pm 0,25$ (25 %).

При охлаждении поковка ввиду тепловой усадки охватывает выступы ручья штампа, что затрудняет удаление поковки. В связи с этим штамповочные уклоны на внутренней поверхности должны быть больше, чем на наружной.

Таблица 2.10 – Величина штамповочных уклонов α и β

Оборудование	$\alpha, ^\circ$	$\beta, ^\circ$
Штамповочные молоты, прессы без выталкивателей	7	10
Прессы с выталкивателями или ГКМ	5	7
Автоматы горячештамповочные	1	2
ГКМ (только для поверхностей отверстий)	-	3
Штамповочные молоты или прессы без выталкивателей (только для случая изготовления поковок, имеющих элементы в виде ребра, выступа, реборды с отношением их высоты к ширине более 2,5)	10	12

2.1.9.2 Для расчёта величины углубления h (несквозной полости) и толщины перемычки S (см. рисунок 2.4) следует установить относительную высоту поковки.

Поковку считают относительно низкой, если её высота $H_n \leq K_H$, и относительно высокой, если $H_n > K_H$, где K_H – критерий высоты, вычисляемый по формуле

$$K_H = 1,6d_{2n} + h_{2n} + 5, \quad (2.14)$$

где линейные размеры поковки d_{2n}, h_{2n} вычислены по формулам (2.12) и (2.13).

2.1.9.3 Для относительно низкой поковки

$$h = 0,5(H_n - h_{2n}) - 2,5; \quad (2.15)$$

$$S = 0,45\sqrt{d_{2n} - 0,25h - 5} + 0,6\sqrt{h}. \quad (2.16)$$

Для относительно высокой поковки

$$h = 0,8d_{2n}; \quad (2.17)$$

$$S = H_n - K_H + 5. \quad (2.18)$$

2.1.9.4 В соответствии с пп. 2.1.8.2 и [12] при назначении радиусов закругления R_B внутренних углов рекомендуется использовать соотношения (см. рисунок 2.4):

$$R_{B1} = 3R_{H1}; R_{B2} = 3R'_{H2}; R_{B3} = 3R_{H3}, \quad (2.19)$$

где R'_{H2} определяют по таблице 2.9 при глубине полости ручья, равной h .

2.1.9.5 В перемычке толщиной S выполняют (пробивают) отверстие диаметром d_0 (см. рисунок 2.4), если одновременно соблюдаются два условия:

$$d_0 \geq 30 \text{ мм и } d_0 \geq S. \quad (2.20)$$

В противном случае перемычка остаётся непробитой и целиком является кузнечным напуском.

Если окажется, что отверстие надо пробить, то диаметр d_0 сквозного отверстия определяют из соотношения

$$d_0 = d_{2n} - \Delta, \quad (2.21)$$

$$\text{где } \Delta = k_1 h + k_2 R_{B2}. \quad (2.22)$$

Значения коэффициентов k_1 и k_2 устанавливают по таблице 2.11 в зависимости от штамповочного уклона β на поверхности углубления.

Таблица 2.11 – Значения коэффициентов k_1, k_2

β°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k_1	0	0,04	0,07	0,10	0,14	0,18	0,21	0,25	0,28	0,32	0,35
k_2	0,60	0,55	0,51	0,48	0,45	0,42	0,39	0,36	0,33	0,30	0,27

2.1.9.6 Для расчёта дополнительных линейных размеров $D_{1n}, D_{2n}, d_{1n}, d_{2n}$, зависящих от штамповочных уклонов на наружной и внутренней поверхностях поковки (рисунок 2.5), применяем следующие соотношения:

$$D'_{1n} = D_{1n} + h_{1n} \text{tg} \alpha \quad (\text{для штамповки в открытом штампе}), \quad (2.23)$$

$$D'_{1n} = D_{1n} + 2h_{1n} \text{tg} \alpha \quad (\text{для штамповки в закрытом штампе}), \quad (2.24)$$

$$D'_{2n} = D_{2n} + 2(H_n - h_{1n}) \text{tg} \alpha, \quad (2.25)$$

$$d'_{1n} = d_{1n} - 2h_{2n} \text{tg} \beta, \quad (2.26)$$

$$d'_{2n} = d_{2n} - 2h \text{tg} \beta. \quad (2.27)$$

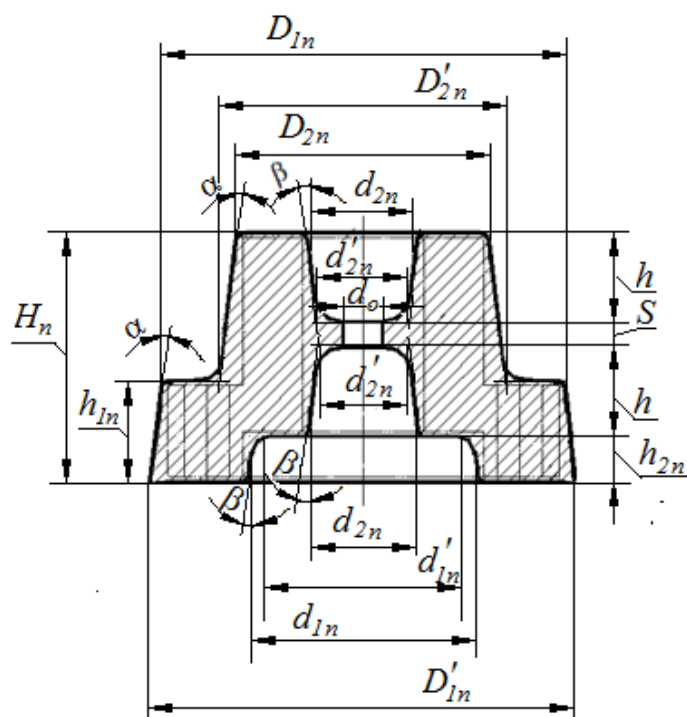


Рисунок 2.5 – К определению дополнительных линейных размеров поковки

2.1.10 Расчёт номинальной массы поковки

Номинальную массу поковки $M_{п.н}$, кг, рассчитывают по формуле

$$M_{п.н} = V_{п} \rho \cdot 10^{-9}, \quad (2.28)$$

где $V_{п}$ – объём поковки, мм^3 , с номинальными размерами, установленными на этапах 5 и 6 проектирования (см. рисунок 2.5 и пп. 2.1.8 и 2.1.9);

ρ – плотность стали, $\text{кг}/\text{м}^3$ (см. примечание 3 в таблице 2.3);

10^{-9} – числовой множитель, учитывающий соотношение $1 \text{ мм}^3 / 1 \text{ м}^3$.

Объём поковки $V_{п}$ вычисляют с использованием системы КОМПАС, например, КОМПАС-3DHome [5], КОМПАС-3DV16 или др.

2.1.11 Уточнение индекса массы, степени сложности и перерасчёт (при необходимости) исходного индекса с повторением 4-7-го этапов проектирования.

На данном этапе проверяют, повлияло ли найденное в 2.1.10 более точное значение номинальной массы поковки $M_{п.н}$ на ранее установленный индекс массы I_M и на конструктивные характеристики поковки – степень сложности C и исходный индекс I_H .

2.1.11.1 Прежде всего по таблице 4 для вычисленного по формуле (2.28) значения $M_{п.н}$ устанавливают вновь индекс массы I_M . Затем сравнивают его с индексом массы из п. 2.1.6.2, установленным на основе ориентировочной расчётной массы поковки $M_{п.р}$, найденной по формуле (2.1).

В случае совпадения принимают к сведению, что индекс массы не изменился. Но если они не совпадают, то отбрасывают ранее установленный и за окончательный результат принимают индекс массы, найденный в 2.1.11.1 как более точный.

2.1.11.2 Далее подставляют в формулу (2.3) значение V_{II} , установленное на этапе 2.1.10 с использованием системы КОМПАС, и вычисляют относительный объём поковки V_n . Затем по таблице 2.5 вновь определяют степень сложности C и сравнивают её со степенью сложности, найденной ранее в пп. 2.1.6.4 с использованием ориентировочного объёма поковки V_{II} , полученного расчётом по формуле (2.4).

В случае совпадения принимают к сведению, что степень сложности осталась без изменения. Но если они не совпадают, то отбрасывают ранее установленную степень сложности и за окончательный результат принимают ту степень сложности, которая установлена в 2.1.11.2 как более точная.

2.1.11.3 По формуле (2.7) вновь вычисляют исходный индекс I_{II} и сравнивают его с ранее установленным в 2.1.6.7.

2.1.11.4 Если выявится расхождение результатов, то, приняв вычисленный в 2.1.11.3 исходный индекс за окончательный вариант, вновь повторяют 4, 5, 6 и 7-й этапы проектирования поковки (см. блок 8 на рисунке 2.8) и затем переходят к следующему 9-му этапу проектирования поковки.

Если расхождение не обнаружится, то повторения предыдущих этапов не производят, а сразу переходят к 9-му этапу проектирования.

2.1.12 Установление допускаемых отклонений размеров, допусков формы и расположения поверхностей поковки

2.1.12.1 Допускаемые отклонения линейных размеров устанавливаются по таблице 2.12 в зависимости от исходного индекса и размеров поковки [9].

Таблица 2.12 – Допускаемые отклонения линейных размеров поковок

II	Высота поковки H_n , свыше – до (включ.), мм							
	до 40	40–63	63–100	100–160	160–250	св. 250	—	—
	Диаметры $D_{1n}, D_{2n}, d_{1n}, d_{2n}$ и глубина h, h_{2n} поковки, свыше – до (включ.)							
	до 40	40-100	100-60	160-50	250-400	400-630	630-1000	1000-1600
1	+ 0,2 – 0,1	+ 0,3 – 0,1	+ 0,3 – 0,2	+ 0,4 – 0,2	+ 0,5 – 0,2	—	—	—
2	+ 0,3 – 0,1	+ 0,3 – 0,2	+ 0,4 – 0,2	+ 0,5 – 0,2	+ 0,5 – 0,3	+ 0,6 – 0,3	—	—
3	+ 0,3 – 0,2	+ 0,4 – 0,2	+ 0,5 – 0,2	+ 0,5 – 0,3	+ 0,6 – 0,3	+ 0,7 – 0,3	+ 0,8 – 0,4	—
4	+ 0,4 – 0,2	+ 0,5 – 0,2	+ 0,5 – 0,3	+ 0,6 – 0,3	+ 0,7 – 0,3	+ 0,8 – 0,4	+ 0,9 – 0,5	—
5	+ 0,5 – 0,2	+ 0,5 – 0,3	+ 0,6 – 0,3	+ 0,7 – 0,3	+ 0,8 – 0,4	+ 0,9 – 0,5	+ 1,1 – 0,5	+ 1,3 – 0,7

Продолжение таблицы 2.12

<i>I_И</i>	Высота поковки Нп, свыше – до (включ.), мм							
	до 40	40–63	63–100	100–160	160–250	св. 250	—	—
	Диаметры $D_{1n}, D_{2n}, d_{1n}, d_{2n}$ и глубина h, h_{2n} поковки, свыше – до (включ.)							
	до 40	40-100	100-160	160-250	250-400	400-630	630-1000	1000-1600
6	+ 0,5 – 0,3	+ 0,6 – 0,3	+ 0,7 – 0,3	+ 0,8 – 0,4	+ 0,9 – 0,5	+ 1,1 – 0,5	+ 1,3 – 0,7	+ 1,4 – 0,8
7	+ 0,6 – 0,3	+ 0,7 – 0,3	+ 0,8 – 0,4	+ 0,9 – 0,5	+ 1,1 – 0,5	+ 1,3 – 0,7	+ 1,4 – 0,8	+ 1,6 – 0,9
8	+ 0,7 – 0,3	+ 0,8 – 0,4	+ 0,9 – 0,5	+ 1,1 – 0,5	+ 1,3 – 0,7	+ 1,4 – 0,8	+ 1,6 – 0,9	+ 1,8 – 1,0
9	+ 0,8 – 0,4	+ 0,9 – 0,5	+ 1,1 – 0,5	+ 1,3 – 0,7	+ 1,4 – 0,8	+ 1,6 – 0,9	+ 1,8 – 1,0	+ 2,1 – 1,1
10	+ 0,9 – 0,5	+ 1,1 – 0,5	+ 1,3 – 0,7	+ 1,4 – 0,8	+ 1,6 – 0,9	+ 1,8 – 1,0	+ 2,1 – 1,1	+ 2,4 – 1,2
11	+ 1,1 – 0,5	+ 1,3 – 0,7	+ 1,4 – 0,8	+ 1,6 – 0,9	+ 1,8 – 1,0	+ 2,1 – 1,1	+ 2,4 – 1,2	+ 2,7 – 1,3
12	+ 1,3 – 0,7	+ 1,4 – 0,8	+ 1,6 – 0,9	+ 1,8 – 1,0	+ 2,1 – 1,1	+ 2,4 – 1,2	+ 2,7 – 1,3	+ 3,0 – 1,5
13	+ 1,4 – 0,8	+ 1,6 – 0,9	+ 1,8 – 1,0	+ 2,1 – 1,1	+ 2,4 – 1,2	+ 2,7 – 1,3	+ 3,0 – 1,5	+ 3,3 – 1,7
14	+ 1,6 – 0,9	+ 1,8 – 1,0	+ 2,1 – 1,1	+ 2,4 – 1,2	+ 2,7 – 1,3	+ 3,0 – 1,5	+ 3,3 – 1,7	+ 3,7 – 1,9
15	+ 1,8 – 1,0	+ 2,1 – 1,1	+ 2,4 – 1,2	+ 2,7 – 1,3	+ 3,0 – 1,5	+ 3,3 – 1,7	+ 3,7 – 1,9	+ 4,2 – 2,1
16	+ 2,1 – 1,1	+ 2,4 – 1,2	+ 2,7 – 1,3	+ 3,0 – 1,5	+ 3,3 – 1,7	+ 3,7 – 1,9	+ 4,2 – 2,1	+ 4,7 – 2,4
17	+ 2,4 – 1,2	+ 2,7 – 1,3	+ 3,0 – 1,5	+ 3,3 – 1,7	+ 3,7 – 1,9	+ 4,2 – 2,1	+ 4,7 – 2,4	+ 5,3 – 2,7

Допускаемые отклонения внутренних размеров поковки $d_0, d_{1n}, d_{2n}, d'_{1n}, d'_{2n}$ должны устанавливаться перестановкой чисел по таблице 2.12 так, чтобы абсолютная величина нижнего отклонения была больше величины верхнего отклонения, что обусловлено характером износа штампа и его знаков.

Допускаемые отклонения размеров, отражающие односторонний износ штампов, равны 0,5 величин, приведённых в таблице 2.12.

Допускаемые отклонения размера h_{1n} (толщина фланца), учитывающие недоштамповку, устанавливают по высоте H_n поковки.

Допускаемые отклонения h и h_{2n} устанавливают по таблице 2.12, при этом для размеров h и h_{2n} как внутренних размеров поковки нижнее отклонение (по

абсолютной величине) принимают больше верхнего, кроме того, каждое из этих отклонений равно 0,5 величин, приведённых в таблице 2.12, в связи с односторонним износом штампов при оформлении углубления.

2.1.12.2 Допуски радиусов закруглений наружных и внутренних углов поковки устанавливают по таблице 2.13, при этом поле допуска имеет несимметричное расположение: верхнее отклонение радиуса равно допуску, а нижнее отклонение – нулю.

Таблица 2.13 – Допуск радиусов закругления внутренних R_B и наружных R_H углов

Радиус закругления, мм		Допуск радиуса закругления для классов точности, мм				
Свыше	До (включ.)	T1	T2	T3	T4	T5
—	4	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
4	6			1,0	2,0	3,0
6	10	1,0	1,0	2,0	3,0	5,0
10	16		2,0	3,0	5,0	8,0
16	25	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0
25	40	3,0	5,0	8,0	12,0	20,0



2.1.12.3 Допуски формы и расположения поверхностей являются самостоятельными и не зависят от допусков размеров поковки.

В данной работе устанавливаем допуски формы и расположения поверхностей поковки, приведённые в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Допуски и отклонения формы и расположения поверхностей поковки

Обозначение	Наименование допуска, отклонения и расчётные формулы	Рисунок	Ссылка на пункт, таблицу
m	Смещение по поверхности разреза штампа $m = (a_2 - a_1)/2$		2.1.1; таблица 2.14.
z	Остаточный облой (выступ): 1 – после обрезки облоя; 2 – после пробивки отверстия		2.1.1; таблица 2.15.
k	Заусенец (выступ): 1 – торцовый при безоблойной штамповке; 2 – после обрезки облоя; 3 – после пробивки отверстия		2.1.1; таблица 2.16.
e	Угловое отклонение (от соосности) оси углубления (несквозной полости) от оси поковки $e = 0,01h$, где h – глубина полости		2.1.1.

Продолжение таблицы 2.14

Обозначение	Наименование допуска, отклонения и расчётные формулы	Рисунок	Ссылка на пункт, таблицу
C_M	Отклонение от concentричности (центра глухого отверстия или центра пробитого отверстия)		2.1.1; таблица 2.17.
P_a	Допуск плоскостности		2.1.1; таблица 2.18.
T_R	Допуск радиального биения $T_R = 2P_a$	—	2.1.1.

Допускаемая величина t смещения по поверхности разъёма штампа устанавливается в зависимости от массы поковки, конфигурации поверхности разъёма штампа и класса точности и не должна превышать значений, приведённых для плоской поверхности в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Допускаемая величина смещения по плоской (П) поверхности разъёма штампа

Масса поковки, кг		Допускаемая величина смещения t по плоской поверхности разъёма штампа, мм, для классов точности				
Свыше	До (включ.)	T1	T2	T3	T4	T5
—	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
0,5	1,0	0,2		0,3	0,4	0,5
1,0	1,8		0,3	0,3	0,4	0,5
1,8	3,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
3,2	5,6	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
5,6	10,0	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
10,0	20,0	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
20,0	50,0	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4
50,0	125,0	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8
125,0	250,0	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5

Допускаемую величину z остаточного облоя устанавливают по таблице 2.16 в зависимости от массы поковки, конфигурации поверхности разъёма штампа и класса точности поковки. В местах перехода для радиусов до 10 мм допускается назначать удвоенную величину остаточного облоя.

Таблица 2.16 – Допускаемая величина остаточного облоя при плоской поверхности разъёма штампа (П)

Масса поковки, кг		Допускаемая величина z остаточного облоя, мм, для классов точности				
Свыше	До (включ.)	T1	T2	T3	T4	T5
—	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
0,5	1,0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
1,0	1,8	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1,8	3,2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
3,2	5,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
5,6	10,0	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
10,0	20,0	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
20,0	50,0	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
50,0	125,0	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
125,0	250,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2

Допускаемая величина высоты заусенца k на поковке по контуру обрезки облоя не должна превышать:

- 2 мм – для поковок массой до 1,0 кг включ.;
- 3 мм – " " " свыше 1,0 до 5,6 кг включ.;
- 5 мм – " " " " 5,6 " 50,0 кг " ;
- 6 мм – " " " " 50,0 кг,

а при пробивке отверстия эта величина может быть увеличена в 1,3 раза.

При безоблойной штамповке (в закрытых штампах – ЗШ) допускаемую величину k заусенца, образовавшегося по контуру пуансона, т.е. торцового заусенца, устанавливают по таблице 2.17.

Таблица 2.17 – Допускаемая величина (высота) торцового заусенца при безоблойной штамповке (в закрытых штампах – ЗШ)

Масса поковки, кг		Степень сложности поковки	Допускаемая величина (высота) k торцового заусенца при максимальном размере D'_{in} поперечного сечения поковки по поверхности разъёма штампа, мм (свыше – до, включ.)				
Свыше	До (включ.)		До 40	40–100	100–160	160–250	св. 250
—	0,5	C1, C2	1,0	2,0	—	—	—
		C3	2,0	3,0	—	—	—
		C4	3,0	4,0	—	—	—
0,5	3,2	C1, C2	2,0	3,0	4,0	—	—
		C3	3,0	4,0	5,0	—	—
		C4	4,0	5,0	6,0	—	—
3,2	5,6	C1, C2	3,0	4,0	5,0	—	—
		C3	4,0	5,0	6,0	—	—
		C4	5,0	6,0	7,0	—	—
5,6	20,0	C1, C2	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
		C3	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
		C4	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0

Продолжение таблицы 2.17

Масса поковки, кг		Степень сложности поковки	Допускаемая величина (высота) k торцового заусенца при максимальном размере D_{1n} поперечного сечения поковки по поверхности разъёма штампа, мм (свыше – до, включ.)				
Свыше	До (включ.)		До 40	40–100	100–160	160–250	св. 250
20,0	50,0	<i>C1, C2</i>	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
		<i>C3</i>	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
		<i>C4</i>	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
50,0	—	<i>C1, C2</i>	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
		<i>C3</i>	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
		<i>C4</i>	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0

Допускаемое угловое отклонение « e » (от соосности) оси углубления (несквозной полости) от оси поковки принимают не более 1 % величины h углубления, т.е. $e = 0,01h$.

Допускаемое наибольшее отклонение от concentричности пробитого отверстия устанавливают по таблице 2.18.

Приведённые допускаемые отклонения от concentричности отверстия соответствуют началу пробивки (со стороны входа пуансона в перемычку). В конце пробивки (со стороны выхода пуансона) эти отклонения могут быть увеличены на 25 %.

Таблица 2.18 – Допускаемое наибольшее отклонение от concentричности пробитого отверстия C_M

Наибольший размер поковки, мм		Допускаемое наибольшее отклонение C_M от concentричности пробитого отверстия для классов точности, мм				
Свыше	До (включ.)	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>
—	100	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
100	160	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
160	250	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
250	400	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
400	630	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
630	1000	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0

Допускаемые отклонения от плоскостности P_a устанавливают по таблице 2.19, при этом не учитываются перепады по высоте, толщине или ширине поковки.

Таблица 2.19 – Допускаемые отклонения от плоскостности P_a

Наибольший размер поковки, мм		Допускаемые отклонения от плоскостности P_a для классов точности, мм				
Свыше	До (включ.)	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>
—	100	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
100	160	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0

Продолжение таблицы 2.19

Наибольший размер поковки, мм		Допускаемые отклонения от плоскостности P_a для классов точности, мм				
Свыше	До (включ.)	$T1$	$T2$	$T3$	$T4$	$T5$
160	250	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
250	400	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
400	630	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
630	1000	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
1000	1600	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
1600	2500	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

Допуск радиального биения T_R цилиндрических поверхностей не должен превышать удвоенной величины, указанной в таблице 2.14, т.е. $T_R \leq 2P_a$.

Допускаемые отклонения штамповочных уклонов α , β устанавливаются в пределах $\pm 0,25$ их номинальной величины.

На поковке допускается след в виде впадины или выступа, образующийся от выталкивателя или от зажимных элементов штампа. Глубина впадины должна быть не более 0,5 величины фактического припуска. Высота выступа допускается до 3,0 мм на обрабатываемой поверхности, а на необрабатываемой – по согласованию сторон.

2.1.13 Расчёт массы и размеров исходной заготовки (прутка), коэффициента использования металла

2.1.13.1 Массу исходной заготовки (прутка) $M_{и.з}$, кг, вычисляют по формуле

$$M_{и.з} = K_{с.п} M_{п.н}, \quad (2.29)$$

где $K_{с.п}$ – расходный коэффициент, учитывающий суммарные потери металла при разделке прутка, нагреве перед штамповкой, обрезке облоя и пробивке отверстия в перемычке;

$M_{п.н}$ – номинальная масса поковки, кг (см. 2.1.10).

При штамповке с образованием облоя (в открытых штампах – ОШ) рекомендуется принимать $K_{с.п} = 1,10-1,25$; где меньшее значение – для поковок простой формы, а большее – для поковок сложной формы. При безоблойной штамповке (в закрытых штампах – ЗШ) $K_{с.п} = 1,05$ [3].

2.1.13.2 Для расчёта размеров исходной заготовки (прутка) потребуется информация о её объёме $V_{и.з}$, мм³, который можно определить как объём цилиндра по формуле

$$V_{и.з} = \frac{\pi}{4} D_{и.з}^2 L_{и.з}, \quad (2.30)$$

где $D_{И.З}$ и $L_{И.З}$ – соответственно диаметр и длина, мм, исходной заготовки.

С другой стороны, объём $V_{И.З}$ можно определить исходя из массы исходной заготовки, вычисленной по формуле (2.29), и плотности стали ρ , кг/м³, из соотношения

$$V_{И.З} = M_{И.З} / (\rho \cdot 10^{-9}), \quad (2.31)$$

где 10^{-9} – числовой множитель, учитывающий соотношение 1 мм³/1 м³.

2.1.13.3 При изготовлении поковок в штампах осадкой в торец отношение m^* длины заготовки $L_{И.З}$ к диаметру $D_{И.З}$ должно составлять

$$m^* = (L_{И.З} / D_{И.З}) = 1,25-2,5. \quad (2.32)$$

В противном случае (при $m^* = 1,25$) затруднена отрезка (разделка) прутка на мерные заготовки или заготовка не разместится в ручье, т.к. $D_{И.З}$ окажется больше поперечного размера ручья, либо (при $m^* = 2,5$) из-за большой длины возможно искривление продольной оси заготовки (продольный изгиб) при штамповке, что приведёт к браку или вообще к остановке операции. Наиболее часто принимают $m^* = 2$.

Задаваясь значениями коэффициента m^* , находят соответственно диаметр и длину исходной заготовки

$$D_{И.З} = 1,08^3 \sqrt{V_{И.З} m^*}, \quad (2.33)$$

$$L_{И.З} = 4V_{И.З} / (\pi D_{И.З}), \quad (2.34)$$

где $V_{И.З}$ было вычислено по формуле (2.31).

После установления размеров исходной заготовки следует ещё раз убедиться, что условие (2.32) соблюдается.

2.1.13.4 Коэффициент использования металла определяют по формуле

$$K_{И.М} = \frac{M_{Д}}{M_{И.З}}, \quad (2.35)$$

где $M_{Д}$ и $M_{И.З}$ вычислены соответственно по формулам (2.2) и (2.29).

Приемлемым считают коэффициент использования металла, удовлетворяющий условию $K_{И.М} \geq 0,6$.

2.1.14 Разработка и оформление карты проектирования и графического документа на штампованную поковку

2.1.14.1 Карта проектирования (КПР) поковки содержит числовые значения всех параметров поковки, установленные расчётом или выбранные из действующей нормативной документации. Пример заполненной КПР приведён в таблице 2.20.

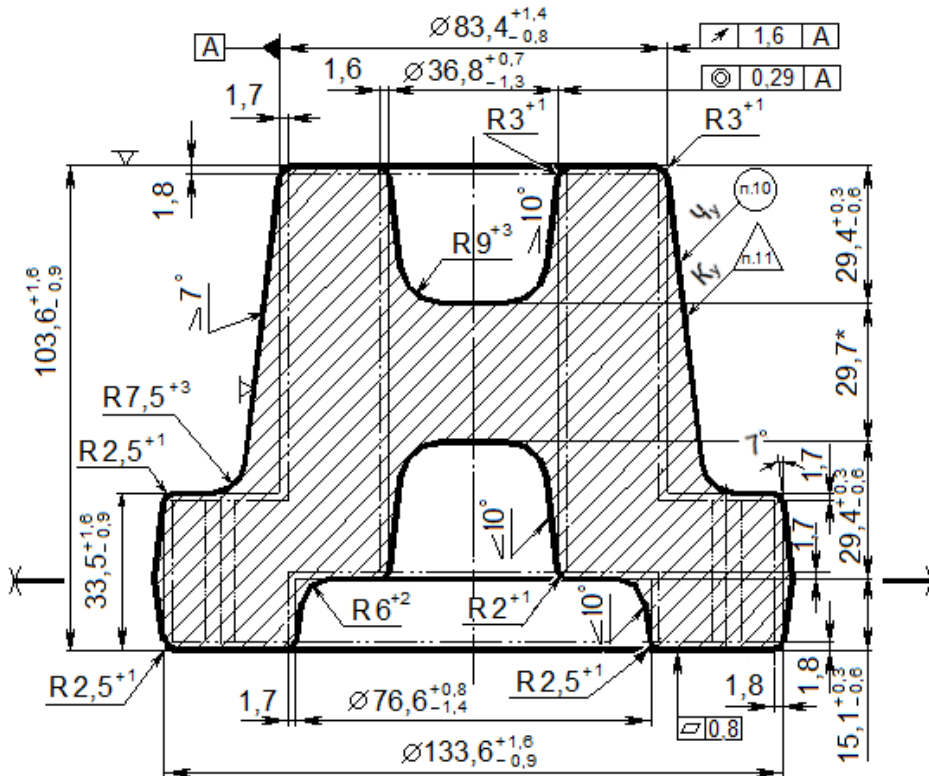
Таблица 2.20 – Карта проектирования поковки (к рисунку 2.6)

ОГУ гр.		Вариант № 16ш					Полумуфта										
Штамп	Штамповочное оборудование	K_P	Масса, кг				Конструктивные хар-ки поковки										
			M_D	$M_{П.Р}$	$M_{П.Н}$	I_M	M	C	T	$K_{Ш}$	I_H						
ОШ	ШМ	1,7	4,35	7,4	6,6	6	1	1	4	П	12						
Разме- ры детали	Припуск, мм					Размеры поковки и предельные отклонения, мм											
	Z_i	Z_c	$Z_{o,n}$	Z_i^{Σ}		основные		+ES	-EI	дополни- тельные		+ES	-EI	h_{Ri}	радиусы закругл.		+ESR
D_1	130	1,5	0,3	—	1,8	D_{1n}	133,6	1,6	0,9	D'_{1n}	141,8	1,6	0,9	16,8	R_{H1}	2,5	1
D_2	80	1,4	0,3	—	1,7	D_{2n}	83,4	1,4	0,8	D'_{2n}	100,6	1,4	0,8	86,8	R_{H2}	3	1
d_1	80	1,4	0,3	—	1,7	d_{1n}	76,6	0,8	1,4	d'_{1n}	71,3	0,8	1,4	20	R_{H3}	2	1
d_2	40	1,3	0,3	—	1,6	d_{2n}	36,8	0,7	1,3	d'_{2n}	26,4	0,7	1,3	16,8	R_{H4}	2,5	1
H	100	1,4	—	0,4	1,8	H_n	103,6	1,6	0,9	d_0	0	—	—	33,5	R_{B1}	7,5	3
h_1	30	1,3	—	0,4	1,7	h_{1n}	33,5	1,6	0,9	h	29,4	0,3	0,6	29,4	R_{B2}	9	3
h_2	15	1,3	—	0,4	1,7	h_{2n}	15,1	0,3	0,6	S^*	29,7*	—	—	15,1	R_{B3}	6	2
H_n	K_H	Штамп.у		Допуски и отклонения формы и расположения поверхностей поковки, мм													
103,6	78,98	клон		смещ. по ПрШГ	остат. облой	заусенец		от со- осн.	от конц-ти	допуск							
Поковка высокая		α	β			m	ε			торцов.	п/обрез.	e	C_M	P_a	рад. биен.		
		град.		7	10			0,8	1							—	5
		Исходная заготовка (пруток)															
Масса, кг		Объём, мм ³		Принятое		Размеры, мм		Отношение L_{H3}/D_{H3}		Коеф. исп. мет.							
M_{H3}		V_{H3}		m^*		D_{H3} L_{H3}		фактическое норматив		$K_{H,M}$							
7,26		9,25·105		2,0		83,5 169,0		2,02 1,25–2,5		0,6							
								Разраб.									
								Пров.									
								Н. контр.									
КПР		Карта проектирования штампованной поковки								—		—					

КПР служит доказательной базой точности и правильности принятых решений и произведённых вычислений на всех этапах проектирования поковки.

2.1.14.2 Основную часть информации с карты проектирования переносят в графический документ на штампованную поковку. Примеры разработки и оформления графических документов на поковки, полученные штамповкой в открытом (ОШ) и закрытом (ЗШ) штампах, приведены соответственно на рисунках 2.6 и 2.7.

		MTM.01121.0000 2	1	1
ОГУ гр.	Вариант № 16ш	—	MTM.20121.00002	
Полумуфта		—	—	—

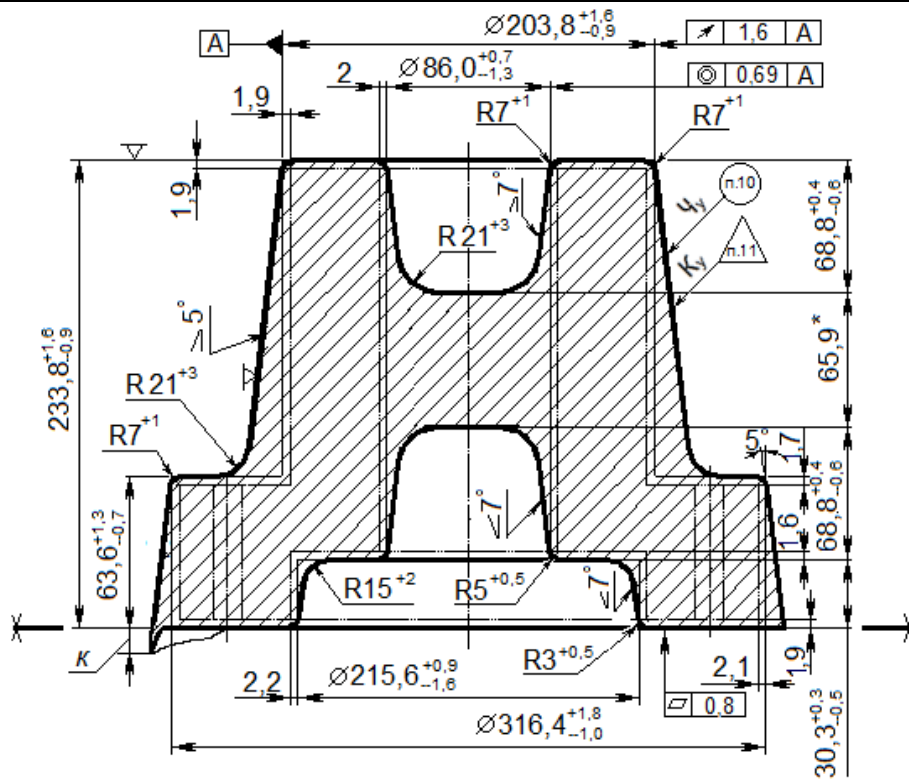


- 1 Штампованная поковка 6-1-1-4-П-12 ГОСТ 7505-89
- 2 Номинальная масса 6,6 кг
- 3 Материал сталь 30 ГОСТ 1050-2013
- 4 Поковка гр. III 143-179 НВ ГОСТ 8479-70
- 5 Смещение по поверхности разъёма штампа не более 0,8 мм
- 6 Величина остаточного облоя после обрезки не более 1,0 мм
- 7 Высота заусенца по контуру обрезки облоя не более 5,0 мм
- 8 На поверхности поковки не должно быть трещин, заковов, плён. Допускаются отдельные дефекты без их удаления, если их глубина не превышает 50 % припуска на механическую обработку
- 9 Очистить от окалины на дробеструйной установке
- 10 Маркировать обозначение поковки по основному технологическому документу
- 11 Клеймить после окончательной приёмки контролёром БТК

				Разраб.		
				Пров.		
				Н. контр.		
КЭ	Графический документ на штампованную поковку		20121_00002.xml	v.1,0		

Рисунок 2.6 – Графический документ на штампованную поковку, полученную в открытом штампе (ОШ)

		MTM.01121.00002	1	1
ОГУ гр.	Вариант № 16ш	—	MTM.20121.00002	
Полумуфта			—	—



- 1 Штампованная поковка 9-1-2-2-П-12 ГОСТ 7505-89
- 2 Номинальная масса 66,3 кг
- 3 Материал сталь 35 ГОСТ 1050-2013
- 4 Поковка гр. III 143-179 НВ ГОСТ 8479-70
- 5 Высота торцевого заусенца k по контуру поковки не более 10 мм
- 6 Допускаемые отклонения штамповочных уклонов не более $\pm 0,25$ их номинальной величины
- 7 Заусенцы на необрабатываемых поверхностях поковки удалить по требованию потребителя
- 8 На поверхности поковки не должно быть трещин, заковов, плён. Допускаются отдельные дефекты без их удаления, если их глубина не превышает 50 % припуска на механическую обработку
- 9 Очистить от окалины на дробеструйной установке
- 10 Маркировать обозначение поковки по основному технологическому документу
- 11 Клеймить после окончательной приёмки контролёром БТК

					Разраб.			
					Пров.			
					Н. контр.			
КЭ	Графический документ на штампованную поковку			20121_00002.xml	v.1,0			

Рисунок 2.7 – Графический документ на штампованную поковку, полученную в закрытом штампе (ЗШ)

Текстовая часть графического документа на штампованную поковку состоит из технических требований на её изготовление и приёмку и размещается на свободном поле карты эскизов (КЭ) справа от графического изображения или под ним, при этом заголовок «Технические требования» не пишут; пункты технических требований имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами без точки и записывают с абзацного отступа [6, 12].

В текстовую часть включают данные, указания и разъяснения, которые невозможно или нецелесообразно выразить графически или условными обозначениями.

Рекомендуется группировать вместе однородные и близкие по своему характеру технические требования и излагать их в следующей последовательности:

- индекс массы, группа стали, степень сложности, класс точности, конфигурация поверхности разъёма штампа, исходный индекс и указание ГОСТ 7505-89;

- номинальная масса поковки, кг;

- марка стали и ссылка на соответствующий стандарт;

- номер группы поковки, твёрдость или категория прочности и ссылка на ГОСТ 8479-70;

- допускаемая величина смещения по поверхности разъёма штампа, мм;

- допускаемые величины, мм, остаточного облоя (при штамповке в ОШ);

- допускаемая величина высоты заусенца, мм, после обрезки облоя (при штамповке в ОШ);

- допускаемая величина заусенца, мм, после пробивки отверстия в перемычке;

- допускаемая величина торцового заусенца, мм (при штамповке в ЗШ);

- допускаемое угловое отклонение, мм, оси углубления (несквозной полости) от оси поковки;

- перечисление недопустимых и допустимых дефектов на поверхности поковки;

- требование очистки поверхности поковки от окалины;

- указания о маркировании и клеймении.

Примеры сформулированных технических требований приведены на рисунке 2.6 (для штамповки в ОШ) и рисунке 2.7 (для безоблойной штамповки в ЗШ).

Графический документ на поковку выполняют на карте эскизов (КЭ) в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД, ЕСТД и правилами, установленными ГОСТ 3.1126-88 и ГОСТ 3.1128-93 [13, 14]. Допускается также его выполнять на копии чертежа детали.

Графический документ на поковку разрабатывают на основании чертежа детали и выполняют в том же масштабе либо без его соблюдения, но с примерным выдерживанием пропорций графических элементов. Графическое изображение поковки выполняют сплошной основной линией по ГОСТ 2.303-68. Допускается наносить на графическом изображении поковки контур детали. В

этом случае его выполняют тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками, при этом допускается не изображать отдельные элементы детали.

В графический документ на поковку вносят все данные, необходимые для её изготовления, контроля и приёмки. Изображение поковки на поле КЭ располагают таким образом, чтобы можно было комплексно разместить всю необходимую информацию о размерах и их предельных отклонениях, допусках формы и расположения поверхностей, припусках, уклонах и черновых технологических базах, местах маркирования и клеймения, расположении плоскости разъёма формообразующих поверхностей штампа, которое изображают тонкой штрихпунктирной линией, обозначенной на концах знаком \times \times . Черновые базы обозначают знаком ∇ .

Торцовый заусенец высотой "к", образовавшийся по контуру пуансона при безоблойной штамповке в закрытом штампе, графически изображают в виде козырька перпендикулярно плоскости разъёма штампа (см. рисунок 2.7).

На графическом документе на поковку допускается наносить под размерами поковки размеры детали в круглых скобках и помещать таблицу для данных, не указанных на изображениях и не установленных в технических требованиях.

При указании справочных размеров достаточно на эскизе отметить их знаком * без приведения текстовой записи «Размеры для справок» [14].

На графическом изображении поковки приводят информацию о расположении мест маркирования и клеймения согласно ГОСТ 2.314-68.

Рекомендуется следующая последовательность выполнения графического документа на поковку:

- на карте эскизов КЭ выполняют копию чертежа детали, нанося контур детали и её элементов тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками;

- на чертёж детали предварительно наносят сплошной тонкой линией контур штампованной поковки, отстоящий от контура детали на величину припусков без учёта штамповочных уклонов;

- сплошной тонкой линией наносят штамповочные уклоны на те поверхности поковки, где они предусмотрены, сверх припуска на механическую обработку путём увеличения наружных и уменьшения внутренних размеров поковки с некоторым отступлением от масштаба из-за небольших значений уклонов;

- сплошной тонкой линией показывают закругления углов, перемычки, другие кузнечные напуски;

- наносят размерные числа, относящиеся к поковке, в следующей последовательности: диаметральные, осевые (высотные), радиусы, уклоны, припуски; при этом предельные отклонения размеров – согласно ГОСТ 7505-89. При необходимости дополнительно наносят размерные числа, имеющие справочный характер (например, толщина перемычки), помечая их знаком *;

- в виде условных обозначений по ГОСТ 2.308-2011 указывают допуски формы и расположения поверхностей относительно выбранных баз;

- указывают черновые базы, места маркирования и клеймения, расположение плоскости разъёма штампа, торцовый заусенец (если он образуется);

- сплошной основной линией обводят контур спроектированной поковки и выполняют штриховку разреза поковки согласно ГОСТ 2.305-2008;
- приводят составленный выше перечень технических требований к поковке.

2.2 Задание

Спроектировать стальную штампованную поковку и разработать графический документ на её изготовление

2.3 Порядок выполнения работы

При выполнении работы рекомендуется руководствоваться алгоритмом проектирования стальной штампованной поковки (рисунок 2.8) и детализацией этапов проектирования (таблица 2.21).



Рисунок 2.8 – Алгоритм проектирования штампованной поковки

Таблица 2.21 – Детализация этапов проектирования стальной штампованной поковки

Номер и содержание этапа	Ссылка на пункт, таблицу, рисунок и/или формулу
1	2
См. Алгоритм проектирования стальной штампованной поковки	Рисунок 2.8
1 Анализ чертежа детали с точки зрения технологичности её конструкции	п. 2.1.4; рисунок 2.1, таблица 2.3
2 Выбор способов нагрева и штамповки, типа оборудования и оснастки, определение места расположения поверхности разъёма штампа.	п. 2.1.5; таблица 2.3 (см. примечания); рисунок 2.2
3 Установление индекса массы, конструктивных характеристик и исходного индекса поковки по ГОСТ 7505-89	Прочитать п. 2.1.6,
3.1 Масса поковки расчётная $M_{П.Р.}$	п. 2.1.6.1; формула (2.1).
3.2 Индекс массы поковки I_M (1, 2, 3, ... 10)	п. 2.1.6.2, таблица 2.4
3.3 Группа стали «М» ($M1$, $M2$ или $M3$)	п. 2.1.6.3
3.4 Степень сложности поковки «С» ($C1$, $C2$, $C3$ или $C4$)	п. 2.1.6.4; формулы (2.3)-(2.6), рисунок 2.3, таблица 2.5
3.5 Класс точности «Т» поковки ($T1$, $T2$, $T3$, $T4$, $T5$)	п. 2.1.6.5
3.6 Конфигурация $K_{ш}$ поверхности разъёма штампа	п. 2.1.6.6
3.7 Исходный индекс $I_{И}$ (1, 2, 3, ... 23)	п. 2.1.6.7; формула (2.7)
3.8 Условное обозначение поковки в виде записи набора чисел и характеристик (вместо буквенных символов), установленных в пп. 3.2–3.7, в следующей последовательности: Штампованная поковка: $I_M-M-C-T-K_{ш}-I_{И}$ ГОСТ 7505-89	Образец записи – см. в п. 1 технических требований на рисунках 2.6 и 2.7
4 Назначение припусков на механическую обработку	Прочитать п. 2.1.7
4.1 Основные припуски: Z_{D1} , Z_{D2} , Z_{d1} , Z_{d2} , Z_H , Z_{h1} , Z_{h2}	Таблица 2.6
4.2 Дополнительные припуски: Z_c и $Z_{o.n}$	Таблицы 2.7 и 2.8
4.3 Суммарные припуски на обработку: Z_{D1}^{Σ} , Z_{D2}^{Σ} , Z_{d1}^{Σ} , Z_{d2}^{Σ} – цилиндрич. поверхностей; Z_H^{Σ} , Z_{h1}^{Σ} , Z_{h2}^{Σ} – плоских поверхностей	формулы (2.9), (2.10),

Продолжение таблицы 2.21

1	2
5 Расчёт номинальных линейных размеров поковки и установление радиусов закругления наружных углов	Прочитать текст в п. 2.1.8
5.1 Номинальные размеры поковки: $D_{1n}, D_{2n}, d_{1n}, d_{2n}, H_n, h_{1n}, h_{2n}$	п. 2.1.8.1; формулы (2.11)-(2.13)
5.2 Радиусы закругления R_{H1}, R_{H2}, R_{H3} и R_{H4} наружных углов	п. 2.1.8.2; таблица 2.9; рисунок 2.4
6 Установление кузнечных напусков и расчёт дополнительных линейных размеров поковки	Прочитать текст в п. 2.1.9
6.1 Назначение штамповочных уклонов: - для штамповочных молотов $\alpha = 7^\circ, \beta = 10^\circ$; - для КГШП с выталкивателями $\alpha = 5^\circ, \beta = 7^\circ$	п. 2.1.9.1
6.2 Расчёт критерия высоты поковки K_H : при $H_n \leq K_H$ – поковка относительно низкая; при $H_n > K_H$ – поковка относительно высокая	п. 2.1.9.2; формула (2.14)
6.3 Расчёт величины углубления h и толщины перемычки S	п. 2.1.9.3; формулы (2.15)-(2.18)
6.4 Радиусы закругления R_{B1}, R_{B2} и R_{B3} внутренних углов	п. 2.1.9.4; формула (2.19); рисунок 2.4
6.5 Решение вопроса о пробивке отверстия диаметром d_o в перемычке: а) если соблюдаются одновременно два условия: $d_o \geq 30$ мм и $d_o \geq S$, то отверстие пробивают; б) если не соблюдается хотя бы одно из этих условий, то перемычка остаётся непробитой ($d_o = 0$) и целиком является кузнечным напуском	п. 2.1.9.5; формулы (2.20)-(2.22); таблица 2.10; рисунок 2.4
6.6 Расчёт дополнительных линейных размеров $D'_{1n}, D'_{2n}, d'_{1n}, d'_{2n}$ поковки, зависящих от штамповочных уклонов α и β . Для справки: $tg5^\circ = 0,0875; tg7^\circ = 0,1228; tg10^\circ = 0,1763$.	п. 2.1.9.6; формулы (2.23) - (2.27); рисунок 2.5
7 Расчёт номинальной массы поковки	Прочитать п. 2.1.10,
7.1 Номинальная масса поковки $M_{П.Н}$, кг	Формула (2.28)
8 Уточнение индекса массы, степени сложности и перерасчёт (при необходимости) исходного индекса с повторением 4-7-го этапов проектирования	п. 2.1.11
8.1 Уточнение индекса массы I_M с учётом полученной в 7.1 номинальной массы поковки $M_{П.Н}$ и сравнение с I_M , полученным на этапе 3.2	п. 2.1.11.1
8.2 Уточнение степени сложности C_c с учётом полученного в 7.1 более точного значения $V_{П}$ и сравнение со степенью C , полученной на этапе 3.4	п. 2.1.11.2

Продолжение таблицы 2.21

1	2
8.3 Перерасчёт (при необходимости) исходного индекса I_{II} с учётом I_M и C , полученных в 8.1 и 8.2, и сравнение с I_{II} , полученным на этапе 3.7	п. 2.1.11.3
8.4 При расхождении результатов I_{II} – повторение 4-7-го этапов; при отсутствии расхождения – переход сразу к 9-му этапу проектирования	п. 2.1.11.4
9 Установление допускаемых отклонений размеров, допусков формы и расположения поверхностей поковки	Прочитать текст в п. 2.1.12
9.1 Допускаемые верхние (+ES, +es) и нижние (–EI, –ei) отклонения линейных размеров поковки $D_{1n}, D_{2n}, d_{1n}, d_{2n}, H_n, h_{1n}, h_{2n}, D'_{1n}, D'_{2n}, d'_{1n}, d'_{2n}, d_0, h$. Примечание – Символы ES, EI – отклонения отверстия; es, ei – отклонения вала	п. 2.1.12.1; таблица 2.12
9.2 Допускаемые отклонения ES_R радиусов закругления наружных $R_{n1}, R_{n2}, R_{n3}, R_{n4}$ и внутренних R_{B1}, R_{B2}, R_{B3} углов. Примечание – Принять ES_R равным допуску радиуса, т.к. $EI_R = 0$	п. 2.1.12.2; таблица 2.13
9.3 Допуски формы и расположения поверхностей поковки: $t, \llcorner, \llcorner, \llcorner, C_M, P_a, T_R$	п. 2.1.12.3; таблицы 2.14 - 2.19
10 Расчёт массы и размеров исходной заготовки (прутка), коэффициента использования металла	п. 2.1.13
10.1 Масса исходной заготовки (прутка) $M_{И.З}$	п. 2.1.13.1; формула (2.29)
10.2 Объём исходной заготовки (прутка) $V_{И.З}$	п. 2.1.13.2, формулы (30), (31)
10.3 Диаметр $D_{И.З}$ и длина $L_{И.З}$ исходной заготовки (прутка); контроль соблюдения отношения $m = (L_{И.З}/D_{И.З}) = 1,25-2,5$	п. 2.1.13.3; формулы (2.32) - (2.34)
10.4 Коэффициент использования металла $K_{И.М}$; контроль соблюдения приемлемого неравенства $K_{И.М} \geq 0,6$	п. 2.1.13.4; формула (2.35)
11 Разработка и оформление карты проектирования и графического документа на штампованную поковку	п. 2.1.14
11.1 Карта проектирования (КПР)	п. 2.1.14.1; таблица 2.20
11.2 Графический документ на штампованную поковку	п. 2.1.14.2; рисунки 2.6 и 2.7

2.4 Содержание отчёта

Отчёт представляет собой краткое изложение 11 выполненных этапов проектирования стальной штампованной поковки с указанием цели работы, обозначением принятых в таблице 2.21 номеров этапов и пунктов, представлением необходимых формул, расчётов, рисунков, со ссылками на соответствующие таблицы, взятые из данной работы. Порядок изложения отчёта должен соответствовать алгоритму проектирования (см. рисунок 2.8) и детализации эта-

пов (см. таблицу 2.21). При изложении этапов 4, 5, 6, 9 рекомендуются следующие две табличные формы записи результатов:

Таблица 2.22 – Форма 1

Этап 4							
Пункты, соответствующие таблице 2.21 Детализация этапов							
Вариант №		п. 4.1		п. 4.2		п. 4.3	
По заданию		Припуск					
Размеры детали		основной		дополнительный		суммарный	
—	мм	Z_i	мм	$Z_c; Z_{o.n}$	мм	Z_i^Σ	мм
D_1		Z_{D1}		Z_c		Z_{D1}^Σ	
D_2		Z_{D2}				Z_{D2}^Σ	
d_1		Z_{d1}				Z_{d1}^Σ	
d_2		Z_{d2}				Z_{d2}^Σ	
H		Z_H		$Z_{o.n}$		Z_H^Σ	
h_1		Z_{h1}				Z_{h1}^Σ	
h_2		Z_{h2}				Z_{h2}^Σ	

Таблица 2.23 – Форма 2

Этапы 5, 6, 9																			
Пункты, соответствующие таблице 2.20 Детализация этапов проектирования поковки																			
Вариант №		п. 5.1		п. 9.1		п. 6.6; 6.5; 6.3		п. 9.1		п. 5.2; 6.4		п. 9.2							
Деталь		Поковка																	
размер		размер		+ES		-EI		доп. размер		+ES		-EI		hRi		радиус закр.		+ESR	
—	мм	—	мм		—	мм		—	мм		—	мм		—	мм		—	мм	
D_1		D_{1n}				D'_{1n}									R_{B1}				
D_2		D_{2n}				D'_{2n}									R_{H2}				
d_1		d_{1n}				d'_{1n}									R_{H3}				
d_2		d_{2n}				d'_{2n}									R_{H4}				
H		H_n				d_0									R_{B1}				
h_1		h_{1n}				h									R_{B2}				
h_2		h_{2n}				S^*									R_{B3}				

К отчёту прилагают:

а) чертёж заданной детали (см. рисунок 2.1 и таблицу 2.3);

б) карту проектирования (КПР) поковки (пример приведён в таблице 2.19);

в) графический документ на спроектированную стальную штампованную поковку (примеры приведены на рисунках 2.6 и 2.7);

г) список использованных источников, оформленный в соответствии с требованиями СТО 02069024.101-2015.

Для сокращения трудоёмкости оформления отчёта рекомендуется проводить оформление карты проектирования (КПР) и графического документа путём заполнения вручную чернилами распечатанных образцов бланков указанных документов, представленных в приложениях М и Н (таблица М.1 и рисунки О.1, О.2, О.3, О.4).

Чтобы ускорить процесс заполнения бланка КПР, рекомендуется руководствоваться ссылками на номера этапов проектирования и их пункты, приведённые в приложении Н (таблица Н.1). Для безошибочного указания на бланке графического документа всех размеров элементов штампованной поковки, их предельных отклонений, а также припусков на обработку, штамповочных уклонов рекомендуется пользоваться приложением П (рисунок П.1), где представлено графическое изображение поковки с буквенными символами, которые следует заменить на размерные числа, помещённые в КПР.

2.5 Контрольные вопросы

2.5.1 Приведите определение термина штампованная поковка.

2.5.2 Приведите классификацию поковок по видам и объёму испытаний.

2.5.3 Перечислите требования к технологичности конструкции детали.

2.5.4 Примеры марок сталей, из которых получают штампованные поковки.

2.5.5 Расшифруйте обозначения поковок: Гр IV КП 440; Гр III НВ 143-179.

2.5.6 Назовите прогрессивный способ нагрева стальных исходных заготовок?

2.5.7 Какое преимущество имеет штамп с плоской поверхностью разъёма?

2.5.8 Что такое штамповочный облой? Каковы его недостатки и преимущества?

2.5.9 Охарактеризуйте сущность и особенности горячей штамповки в ОШ.

2.5.10 Охарактеризуйте сущность и особенности горячей штамповки в ЗШ.

2.5.11 Перечислите конструктивные характеристики по ГОСТ 7505-79.

2.5.12 Какие классы точности установлены стандартом для стальных штампованных поковок? Назовите самый точный класс и наиболее грубый.

2.5.13 Какие степени сложности установлены стандартом для стальных штампованных поковок? К какой степени сложности следует отнести простые поковки?

2.5.14 Что такое исходный индекс поковки и как можно его установить?

2.5.15 Что понимают под терминами припуск и суммарный припуск?

2.5.16 Поясните различие терминов «радиус закругления наружного угла» и «радиус закругления внутреннего угла». Какой из них должен быть больше другого?

2.5.17 Что представляет собой кузнечный напуск?

2.5.18 Для чего предусматривают штамповочные уклоны? Какой уклон больше: – на наружной или внутренней поверхности и почему?

- 2.5.19 Как назначают максимальную глубину несквозной полости (намётки) при проектировании стальной штампованной поковки?
- 2.5.20 Назовите условия, когда можно пробить отверстие в перемычке поковки?
- 2.5.21 Как определяют коэффициент использования металла при штамповке?
- 2.5.22 Какой коэффициент использования металла считается приемлемым?
- 2.5.23 Перечислите основные правила разработки графического документа на поковку, установленные ГОСТ 3.1126-88.
- 2.5.24 Как в графическом документе на поковку наносят контур детали?
- 2.5.25 Как в графическом документе на поковку указывают место клеймения?

Список использованных источников

1 ГОСТ Р 53464-2009 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Введ. 2010-07-01. – Москва : Стандартиформ, 2013. – 54 с.

2 ГОСТ 25346-2013 Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки. – Взамен ГОСТ 25346-89; введ. 2015-07-01. – Москва : Стандартиформ, 2014. – 43 с.

3 Основы проектирования заготовок в автоматизированном машиностроении : учеб. пособие для вузов / С. И. Богодухов, А. Г. Схиртладзе, Р. М. Сулейманов, Е. С. Козик. – Москва : Машиностроение, 2009, – 432 с. – ISBN 978-5-94275-467-9.

4 ГОСТ 3212-92 Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. – Взамен ГОСТ 3212-80, ГОСТ 3606-89, ГОСТ 11961-87; введ. 1993-07-01. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2014. – 15 с.

5 Система КОМПАС-3DV16 Home. – Режим доступа: <http://kompas.ru/kompas-3d-home/download/>. – Дата обращения: 07.03.2017.

6 ГОСТ 2.316-2008 ЕСКД. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения. – Взамен ГОСТ 2.316-68 ; введ. 2009-07-01. – Москва : Стандартиформ, 2009. – 11 с.

7 ГОСТ 3.1125-88 ЕСТД. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок. – Взамен ГОСТ 2.423-73 ; введ. 1989-01-01. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 12 с.

8 ГОСТ 2.308-2011 ЕСКД. Указания допусков формы и расположения поверхностей. – Взамен ГОСТ 2.308-79; введ. 2012-01-01. – Москва: Стандартиформ, 2012. – 28 с.

9 ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Взамен ГОСТ 7505-74 ; введ. 1990-07-01. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 36 с.

10 ГОСТ 8479-70 Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 8479-57 ; введ. 1971-01-01. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 9 с.

11 ГОСТ 25346-2013 Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки. – Взамен ГОСТ 25346-89; введ. 2015-07-01. – Москва: Стандартиформ, 2014. – 43 с.

12 Проектирование и производство заготовок: учебник / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин, А. В. Макаров. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 448 с. – ISBN 978-5-94178-152-2.

13 ГОСТ 3.1126-88 ЕСТД. Правила выполнения графических документов на поковки. – Взамен ГОСТ 2.429–84; введ. 1989-01-01. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 5 с.

14 ГОСТ 3.1128-93 ЕСТД. Общие правила выполнения графических технологических документов. – Введ. 1995-01-01. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 21 с.

Приложение А
(справочное)

Литейные сплавы

Таблица А.1 – Кодификатор типов литейных сплавов

Условный код типа сплава	Тип сплава	
	Общее название и состояние	Пример
011	Цветные лёгкие нетермообработ.	Магниевые (МЛ)ГОСТ 2856-79, алюминийевые ГОСТ 1583-93
012	То же термообрабатываемые	
021	Цветн. тугоплавкие нетермообработ.	Бронзы (Бр) оловянные ГОСТ 613-79, бронзы безоловянные ГОСТ 493-79; латуни (Л) ГОСТ 17711-93
022	То же термообрабатываемые	
031	Чёрные нетермообрабатываемые	Отдельные марки серых чугунов (СЧ) ГОСТ 1412-85 и высоколегированных сталей ГОСТ 977-88
032	Чугуны термообрабатываемые (серые, высокопрочные, ковкие, антифрикционные)	СЧ ГОСТ 1412-85, ВЧ ГОСТ 7293-85, КЧ ГОСТ 1215-79, АЧС, АЧВ, АЧК ГОСТ 1585-85
033	Стали термообрабатываемые (нелегированные и легированные)	Марки сталей – по ГОСТ 977-88

Примечания

1 К лёгким отнесены сплавы с плотностью $\rho \leq 3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, к тяжёлым – сплавы с плотностью $\rho > 3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

2 К цветным тугоплавким отнесены сплавы с температурой плавления $t_{\text{пл}} > 700 \text{ }^\circ\text{C}$ ($T_{\text{пл}} > 973 \text{ К}$), к цветным легкоплавким – сплавы с температурой плавления $t_{\text{пл}} \leq 700 \text{ }^\circ\text{C}$ ($T_{\text{пл}} \leq 973 \text{ К}$).

Приложение Б
(рекомендуемое)

Параметры точности отливок, получаемых в песчаных литейных формах

Таблица Б.1 – Классы размерной точности отливок [1]

Код литейной формы (см. таблицу 2.2)	Наибольший габаритный размер отливки, мм		Условный код типа сплава (в соответствии с таблицей А.1)			
	Свыше	До (включ.)	011	012,021,031	022,032	033
ПФ 4	–	100	5 – 10	6 – 11Т	7Т – 11	7 – 12
	100	250	6 – 11Т	7Т – 11	7 – 12	8 – 13Т
	250	630	7Т – 11	7 – 12	8 – 13Т	9Т – 13
ПФ 1, ПФ 5	–	100	6 – 11Т	7Т – 11	7 – 12	8 – 13Т
	100	250	7Т – 11	7 – 12	8 – 13Т	9Т – 13
	250	630	7 – 12	8 – 13Т	9Т – 13	9 – 13
ПФ 2, ПФ 3, ПФ 6	–	100	7Т – 11	7 – 12	8 – 13Т	9Т – 13
	100	250	7 – 12	8 – 13Т	9Т – 13	9 – 13
	250	630	8 – 13Т	9Т – 13	9 – 13	10 – 14
ПФ 7	–	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

Примечания

1 В настоящей таблице указаны диапазоны классов размерной точности отливок, обеспечиваемых различными технологическими процессами литья. Таблица является фрагментарной по сравнению с источником [1]

Меньшие значения $K_{p,T}$ в диапазоне относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства; большие – к сложным отливкам единичного и мелкосерийного производства; средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

2 В использованном источнике [1] приведены также значения $K_{p,T}$ для отливок с наибольшим габаритным размером до 10 000 мм.

Таблица Б. 2 – Степени коробления элементов отливок [1]

Отношение наименьшего размера (толщины или высоты) элемента отливки к наибольшему (длине элемента отливки)		Степень коробления элемента отливки СК	
		Нетермо-обработываемые отливки	Термообработываемые отливки (после правки)
Свыше	До (включ.)		
–	0,025	7 – 10	8 – 11
0,025	0,050	6 – 9	7 – 10
0,050	0,100	5 – 8	6 – 9
0,100	0,200	4 – 7	5 – 8
0,200	–	3 – 6	4 – 7

Примечания

1 Меньшие значения из диапазонов степеней коробления относятся к простым отливкам из лёгких цветных сплавов (с кодами 011 и 012 по таблице А.1), бóльшие значения – к сложным отливкам из чёрных сплавов (с кодами 031, 032 и 033 по таблице А.1).

2 Степень коробления отливки, указываемую на чертеже, следует принимать по её элементу с наибольшей степенью коробления.

Таблица Б.3 – Степени точности поверхностей отливок [1]

Код литейной формы (см. таблицу 1.2)	Наибольший габаритный размер отливки, мм		Условный код типа сплава (в соответствии с таблицей А.1)			
			011	012,021,031	022, 032	033
	Свыше	До (включ.)	Степень точности S_T поверхностей отливок			
1	2	3	4	5	6	7
ПФ 1	–	100	6-12	7-13	8-14	9-15
	100	250	7-13	8-14	9-15	10-16
	250	630	8-14	9-15	10-16	11-17
ПФ 2.1, ПФ 3.1, ПФ 4	–	100	7-14	8-15	9-16	10-17
	100	250	8-15	9-16	10-17	11-18
	250	630	9-16	10-17	11-18	12-19
ПФ 2.2, ПФ 3.2, ПФ 5	–	100	8-15	9-16	10-17	11-18
	100	250	9-16	10-17	11-18	12-19
	250	630	10-17	11-18	12-19	13-19

Продолжение таблицы Б.3

1	2	3	4	5	6	7
ПФ 2.3, ПФ 3.3, ПФ 6	– 100 250	100 250 630	9-16 10-17 11-18	10-17 10-17 12-19	11-18 11-18 13-19	12-19 12-19 14-20
ПФ 2.4, ПФ 3.4, ПФ 7	– 100 250	100 250 630	10-17 11-18 12-19	11-18 12-19 13-19	12-19 13-19 14-20	13-19 14-20 15-20

Примечания

1 В графе 1 под кодами ПФ 2.1-ПФ 2.4 и ПФ 3.1-ПФ 3.4 следует понимать следующие разновидности сухих (код ПФ 2) и подсушенных (код ПФ 3) литейных песчаных форм:

– ПФ 2.1 и ПФ 3.1 – формы окрашены покрытиями на водной основе, нанесёнными пульверизацией или окунанием;

– ПФ 2.2 и ПФ 3.2 – формы окрашены покрытиями на водной основе, нанесёнными кистью, или самовысыхающими покрытиями, нанесёнными пульверизацией или окунанием;

– ПФ 2.3 и ПФ 3.3 – формы окрашены самовысыхающими или самотвердеющими покрытиями, нанесёнными кистью;

– ПФ 2.4 и ПФ 3.4 – формы неокрашенные.

2 Меньшие значения СТ в диапазоне относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства; бóльшие – к сложным отливкам единичного и мелкосерийного производства; средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

3 В использованном источнике [1] приведены также значения СТ для отливок с наибольшим габаритным размером до 10 000 мм.

Приложение В
(обязательное)

Числовые значения допусков

Таблица В.1 – Допуски линейных размеров отливок [1]

Номинальный размер, мм		Допуск размеров отливок, не более, для классов размерной точности $K_{P,T}$, мм									
Свыше	До (включ.)	7T	7	8	9T	9	10	11T	11	12	13T
–	4	0,40	0,50	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	–	–
4	6	0,44	0,56	0,70	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	–
6	10	0,50	0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0
10	16	0,56	0,70	0,90	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4
16	25	0,64	0,80	1,00	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0
25	40	0,70	0,90	1,10	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6
40	63	0,80	1,00	1,20	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4
63	100	0,90	1,10	1,40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0
100	160	1,00	1,20	1,60	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0
160	250	1,10	1,40	1,80	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0
250	400	1,20	1,60	2,00	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0
400	630	1,40	1,80	2,20	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0

П р и м е ч а н и я

1 Таблица В.1 является фрагментом таблицы, полностью приведённой в источнике [1].

2 Допуски размеров, установленные в таблице В.1, не учитывают допусков формы и расположения поверхностей отливок, кроме оговоренных ниже – в пп. 3, 4 и 5.

3 Допуски круглости, соосности и симметричности в диаметральном выражении не должны превышать допусков на размеры, установленных в таблице В.1.

4 Допуск смещения отливки по плоскости разъёма в диаметральном выражении устанавливают по таблице В.1 на уровне класса размерной точности отливки $K_{P,T}$ по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, выходящих на разъём литейной формы или пересекающих его.

5 Допуск смещения, вызванный перекосом стержня, устанавливают в диаметральном выражении по таблице В.1 на один - два класса точнее класса размерной точности отливки $K_{P,T}$ по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, формируемых с участием стержня.

Таблица В.2 – Допуски формы поверхностей отливок [1]

Номинальный размер нормируемого участка, мм		Допуск формы поверхностей элементов отливки, не более, для степеней коробления S_K элементов отливки, мм								
Свыше	До (включ.)	3	4	5	6	7	8	9	10	11
–	125	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,8	1,0	1,2
125	160	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,0	1,2	1,6
160	200	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,2	1,6	2,0
200	250	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,6	2,0	2,4
250	315	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,0	2,4	3,2
315	400	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,4	3,2	4,0
400	500	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,2	4,0	5,0
500	630	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,0	5,0	6,4

Примечания

1 За номинальный размер нормируемого участка при определении допусков формы следует принимать наибольший из размеров нормируемого участка элемента отливки, для которого регламентируются отклонения формы поверхности.

2 Приведённые в таблице В.2 допуски формы поверхностей не учитывают формовочных уклонов, назначаемых в соответствии с ГОСТ 3212-92, и допусков круглости, соосности, симметричности, допусков смещения отливки по плоскости разъёма, установленных в таблице В.1.

Таблица В.3 – Общие допуски элементов отливок [1]

Числовое значение допуска, мм					Числовое значение допуска, мм				
$T_i^{отл}$		$T_i^{ф/отл}$		$T_i^{\Sigma отл}$	$T_i^{отл}$		$T_i^{ф/отл}$		$T_i^{\Sigma отл}$
Св.	До	Св.	До	Не более	Св.	До	Св.	До	Не более
1,0	1,2	–	0,32	1,2	2,0	2,4	–	0,64	2,4
		0,32	0,64	1,4			0,64	1,20	2,8
		0,64	0,80	1,6			1,20	1,60	3,2
		0,80	1,00	1,8			1,60	2,00	3,6
		1,00	1,20	2,0			2,00	2,40	4,0
		1,20	1,60	2,4			2,40	3,20	4,4
		1,60	2,00	2,8					
		2,00	2,40	3,2					
1,2	1,6	–	0,40	1,6	2,4	3,2	–	0,80	3,2
		0,40	0,80	1,8			0,80	1,60	3,6
		0,80	1,00	2,0			1,60	2,00	4,0
		1,00	1,20	2,2			2,00	2,40	4,4
		1,20	1,60	2,4	3,2	4,0	–	1,00	4,0
		1,60	2,00	2,8			1,00	1,60	4,4
		2,00	2,40	3,6			1,60	2,40	5,0
		2,40	3,20	4,4			2,40	3,20	5,6
1,6	2,0	–	0,40	2,0	4,0	5,0	–	1,20	5,0
		0,40	0,80	2,2			1,20	2,40	5,6
		0,80	1,20	2,4			2,40	3,20	6,4
		1,20	1,60	2,8			3,20	4,00	7,0
		1,60	2,00	3,2	5,0	6,4	–	1,20	6,4
		2,00	2,40	3,6			1,20	2,40	7,0
		2,40	3,20	4,4			2,40	4,00	8,0
							4,00	5,00	9,0

Примечания

1 В подзаголовках граф приняты следующие буквенные обозначения:

$T_i^{отл}$ – допуск размера элемента; $T_i^{ф/отл}$ – допуск формы поверхности;

$T_i^{\Sigma отл}$ – общий допуск элемента отливки.

2 В графе «До» имеется в виду «До ... включительно».

3 Таблица В.3 является фрагментом таблицы, полностью приведённой в [1].

Таблица В.4 – Допуски неровности и параметры шероховатости поверхности отливки [1]

Буквенное обозначение и единица	Допуск неровности T_W поверхности отливки, не более, и параметр шероховатости поверхности R_a , не более, для степени точности C_T поверхности отливки											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
T_W , мм	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2
R_a , мкм	10,0	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125

Примечания

1 В соответствии с [1] допуск неровности поверхности отливки определяется как наибольшая высота мезонеровностей поверхности отливки, т.е. сумма наибольшей высоты выступа и впадины поверхности.

В соответствии с ГОСТ 25142-82 и ГОСТ 2789-73 параметр шероховатости R_a определяется как среднеарифметическое отклонение микропрофиля поверхностей.

2 Числовые значения в таблице В.4 имеют для T_W обязательный, а для R_a – справочный характер. В полном виде таблица приведена в источнике [1], а здесь – фрагментарно.

Таблица В.5 – Стандартные допуски на линейные размеры [2]

Номинальный размер, мм		Значение стандартного допуска для качества, мм								
Свыше	До (включ.)	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14
–	3	0,006	0,010	0,014	0,025	0,040	0,060	0,10	0,14	0,25
3	6	0,008	0,012	0,018	0,030	0,048	0,075	0,12	0,18	0,30
6	10	0,009	0,015	0,022	0,036	0,058	0,090	0,15	0,22	0,36
10	18	0,011	0,018	0,027	0,043	0,070	0,110	0,18	0,27	0,43
18	30	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084	0,130	0,21	0,33	0,52
30	50	0,016	0,025	0,039	0,062	0,100	0,160	0,25	0,39	0,62
50	80	0,019	0,030	0,046	0,074	0,120	0,190	0,30	0,46	0,74
80	120	0,022	0,035	0,054	0,087	0,140	0,220	0,35	0,54	0,87
120	180	0,025	0,040	0,063	0,100	0,160	0,250	0,40	0,63	1,00
180	250	0,029	0,046	0,072	0,115	0,185	0,290	0,46	0,72	1,15
250	315	0,032	0,052	0,081	0,130	0,210	0,320	0,52	0,81	1,30
315	400	0,036	0,057	0,089	0,140	0,230	0,360	0,57	0,89	1,40
400	500	0,040	0,063	0,097	0,155	0,250	0,400	0,63	0,97	1,55
500	630	0,044	0,070	0,110	0,175	0,280	0,440	0,70	1,10	1,75
630	800	0,050	0,080	0,125	0,200	0,320	0,500	0,80	1,25	2,00

Примечания

1 Стандартные допуски относятся к размерам деталей при температуре 20 °С.

2 Стандартные допуски по качествам обозначаются сочетанием прописных букв IT с порядковым номером качества, например, IT7, IT14.

3 ГОСТ 25346-2013 устанавливает 20 качеств: IT01, IT0, IT1, IT2 ... IT18; при этом требования стандарта [2] распространяются для номинальных размеров до 3150 мм.

4 Таблица В.5 является фрагментом полной таблицы, приведённой в [2].

Приложение Г
(обязательное)

Точность обработки отливок

Таблица Г.1 – Уровень точности механической обработки [1]

Характеристика металлообрабатывающего оборудования	Уровень точности U_T обработки при степени точности станков	
	нормальной	высокой
1 Автоматизированное оборудование, оснащённое устройствами для стабилизации и управления точностью обработки	—	Высокая
2 Автоматизированное оборудование (агрегатные станки и станки с ЧПУ, автоматические линии из агрегатных станков с ЧПУ и гибких производственных модулей и т.п.)	Средняя	Повышенная
3 Неавтоматизированное оборудование (станки с ручным управлением)	Пониженная	Средняя
<p>Примечание – К нормальной степени точности станков следует относить станки нормальной точности по ГОСТ 8-82. К высокой степени точности станков следует относить станки повышенной, высокой, особо высокой точности по ГОСТ 8-82.</p>		

Таблица Г.2 – Вид окончательной механической обработки отливки [1]

Допуск размера отливки $T_i^{отл}$, мм		Расчётная формула и числовое значение относительного допуска				Вид окончательной механической обработки	
		размера		формы поверхностей			
		Св.	До	$T_i = T_i^Д / T_i^{отл}$		$T_i^Ф = T_i^{Ф/Д} / T_i^{Ф/отл}$	
1	2	Свыше	До	Свыше	До	7	8
–	0,5	– 0,10 0,15 0,40	0,10 0,15 0,40 –	– 0,02 0,10 0,40	0,02 0,10 0,40 –	Тонкая Чистовая Получист Черновая	тнк чст пчст чрн
0,5	1,0	– 0,05 0,10 0,30	0,05 0,10 0,30 –	– 0,02 0,10 0,30	0,02 0,10 0,30 –	Тонкая Чистовая Получист Черновая	тнк чст пчст чрн
1,0	2,0	– 0,05 0,10 0,20	0,05 0,10 0,20 –	– 0,01 0,05 0,20	0,01 0,05 0,20 –	Тонкая Чистовая Получист Черновая	тнк чст пчст чрн
2,0	5,0	– 0,02 0,05 0,15	0,02 0,05 0,15 –	– 0,005 0,020 0,100	0,005 0,020 0,100 –	Тонкая Чистовая Получист Черновая	тнк чст пчст чрн
5,0	–	– 0,02 0,05 0,10	0,02 0,05 0,10 –	– 0,002 0,010 0,050	0,002 0,010 0,050 –	Тонкая Чистовая Получист Черновая	тнк чст пчст чрн

П р и м е ч а н и я

1 В графах "До" имеется в виду "До ... включительно".

2 При установлении отношения допусков T_i размера детали и отливки от базы обработки до обрабатываемой поверхности руководствуются чертежом детали и таблицами В.5 и В.1; при установлении отношения $T_i^Ф$ допусков формы обработанной поверхности детали и обрабатываемой поверхности отливки – соотношением $T_i^{Ф/Д} = 0,5T_i^Д$ и таблицей В.2.

3 Если вычисленные значения T_i и $T_i^Ф$ окажутся в разных строках таблицы Г.2, то вид окончательной механической обработки устанавливают по строке, расположенной выше другой и соответствующей более точной обработке, например, тнк вместо чст и т.п.

Приложение Д
(рекомендуемое)

Ряды припусков на обработку отливок

Таблица Д.1 – Взаимосвязь номера ряда припуска N_Z на обработку и степени точности C_T поверхности отливки [1]

C_T	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15
N_Z	1-2	1-3	1-4	2-5	3-6	4-7	5-8	6-9
C_T	16	17	18	19	20	21	22	
N_Z	7-10	8-11	9-12	10-13	11-14	12-15	13-18	

Примечания

1 Меньшие значения рядов припусков из диапазонов их значений следует принимать для термообрабатываемых отливок из цветных легкоплавких сплавов (с кодом 012 по таблице А.1), большие значения – для отливок из ковкого чугуна КЧ (код 032), средние – для отливок из серого СЧ и высокопрочного ВЧ чугуна, термообрабатываемых отливок из стали (код 033) и цветных тугоплавких сплавов (код 022).

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

Приложение Е
(обязательное)

Припуски на обработку отливок

Таблица Е.1 – Минимальный литейный припуск (на сторону) [1]

Буквенное обозначение	Минимальный литейный припуск $Z_{лит}$ (на сторону), мм, не более, для номера ряда N_Z припуска на обработку								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N_Z	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
$Z_{лит}$	10	11	12	13	14	15	16	17	18
N_Z	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
$Z_{лит}$									

Таблица Е.2 – Общий припуск поверхности отливки [1]

Общий допуск элемента отливки, $T_i^{\Sigma_{отл}}$, мм		Вид окончат. мех. обр.	Общий припуск Z^{Σ} на сторону, мм, не более, для номера ряда N_z припуска на обработку отливки										
Свыше	До (включ.)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,50	0,56	чрн	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,4
		пчст	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	1,9	2,3	2,7
		чст	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0	2,5	2,9
		тнк	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1	2,6	3,0
0,56	0,64	чрн	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	2,1	2,4
		пчст	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0	2,4	2,8
		чст	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1	2,6	3,0
		тнк	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,7	3,1
0,64	0,70	чрн	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	2,1	2,5
		пчст	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4	2,8
		чст	0,9	1,1	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	1,9	2,2	2,6	3,1
		тнк	1,1	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,8	3,1
0,70	0,80	чрн	0,6	0,8	0,8	0,9	1,1	1,1	1,4	1,6	1,8	2,2	2,6
		пчст	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,1	2,5	2,9
		чст	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	2,3	2,8	3,1
		тнк	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4	2,9	3,4
0,80	0,90	чрн	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,6
		пчст	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	2,3	2,7	3,1
		чст	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4	2,9	3,4
		тнк	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4	2,6	3,1	3,4
0,90	1,00	чрн	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,3	2,7
		пчст	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	3,2
		чст	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5	3,0	3,5
		тнк	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,6
1,00	1,10	чрн	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,7
		пчст	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	1,6	1,9	2,2	2,4	2,8	3,1
		чст	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4	2,6	3,1	3,4
		тнк	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,3	3,7
1,10	1,20	чрн	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8
		пчст	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5	2,9	3,4
		чст	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,6
		тнк	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1	2,4	2,7	2,8	3,4	3,8
1,20	1,40	чрн	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,5	2,9
		пчст	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,4
		чст	1,8	1,9	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0	3,4	3,9
		тнк	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,9	3,2	3,7	4,0

Продолжение таблицы Е.2

Общий допуск элемента отливки, $T_i^{\Sigma_{отл}}$, мм		Вид окон- чат. мех. обр.	Общий припуск Z^{Σ} на сторону, мм, не более, для номера ряда N_z припуска на обработку отливки										
Свыше	До (включ.)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,40	1,60	чрн	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,1
		пчст	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,3	3,6
		чст	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1	3,6	4,1
		тнк	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,9	4,3
1,60	1,80	чрн	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,2
		пчст	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0	3,5	3,8
		чст	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1	3,3	3,8	4,3
		тнк	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6	4,0	4,4
1,80	2,00	чрн	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,3
		пчст	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1	3,6	4,0
		чст	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6	4,0	4,4
		тнк	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,6	3,8	4,3	4,8
2,00	2,20	чрн	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	3,0	3,4
		пчст	2,1	2,3	2,4	2,4	2,5	2,7	2,8	3,2	3,4	3,8	4,1
		чст	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,3	3,6	3,8	4,3	4,6
		тнк	2,9	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,6	3,9	4,1	4,6	5,0
2,20	2,40	чрн	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1	3,4
		пчст	2,4	2,5	2,6	2,6	2,8	2,3	3,1	3,4	3,6	4,0	4,4
		чст	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,5	3,8	3,9	4,4	4,9
		тнк	3,1	3,1	3,3	3,4	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,8	5,1
2,40	2,80	чрн	1,8	1,9	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,9	3,3	3,6
		пчст	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,6	3,8	4,3	4,6
		чст	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,8	4,0	4,3	4,8	5,2
		тнк	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,1	4,4	4,6	5,2	5,4
2,80	3,20	чрн	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,9	3,1	3,4	3,9
		пчст	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,4	3,6	4,0	4,1	4,6	5,0
		чст	3,4	3,6	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,5	4,6	5,1	5,6
		тнк	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,5	4,8	5,0	5,4	5,8
3,20	3,60	чрн	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6	4,1
		пчст	3,3	3,4	3,4	3,6	3,6	3,8	4,0	4,3	4,5	4,9	5,3
		чст	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,4	4,6	4,9	5,2	5,6	6,0
		тнк	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5	6,0	6,3
3,60	4,00	чрн	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,2	3,4	3,6	3,9	4,3
		пчст	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,4	4,8	4,9	5,3	5,6
		чст	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5	6,0	6,3
		тнк	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,8	6,0	6,5	6,9

Продолжение таблицы Е.2

Общий допуск элемента отливки $T_i^{\Sigma_{отл}}$, мм		Вид окончат. мех. обр.	Общий припуск Z^{Σ} на сторону, мм, не более, для номера ряда N_Z припуска на обработку отливки										
Свыше	До (включ.)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4,00	4,40	чрн	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,3	3,5	3,7	4,0	4,4
		пчст	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,5	4,8	5,0	5,5	5,8
		чст	4,5	4,6	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,4	5,8	6,1	6,7
		тнк	4,9	5,0	5,2	5,3	5,3	5,5	5,6	6,0	6,2	6,7	7,1
4,40	5,00	чрн	2,9	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,6	3,8	4,0	4,4	4,8
		пчст	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5	5,8	6,3
		чст	5,0	5,1	5,3	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3	6,7	7,1
		тнк	5,6	5,8	5,8	6,0	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9	7,3	7,8
5,00	5,60	чрн	–	3,3	3,4	3,4	3,6	3,6	3,9	4,1	4,3	4,8	5,2
		пчст	–	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,8	6,0	6,3	6,7
		чст	–	5,8	5,8	6,0	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9	7,3	7,8
		тнк	–	6,3	6,5	6,5	6,7	6,7	6,9	7,3	7,5	8,0	8,3
5,60	6,40	чрн	–	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,4	4,6	4,8	5,1	5,6
		пчст	–	5,1	5,3	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3	6,7	7,1
		чст	–	6,1	6,3	6,3	6,5	6,5	6,7	7,1	7,3	7,8	8,3
		тнк	–	6,9	7,1	7,1	7,3	7,3	7,5	7,8	8,0	8,5	9,0
6,40	7,00	чрн	–	–	4,3	4,3	4,4	4,5	4,8	4,9	5,2	5,4	6,0
		пчст	–	–	5,8	6,0	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9	7,3	7,5
		чст	–	–	6,9	7,1	7,1	7,3	7,5	7,8	8,0	8,5	8,8
		тнк	–	–	7,8	7,8	7,8	8,0	8,3	8,5	8,8	9,3	9,5
7,00	8,00	чрн	–	–	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,5	5,6	6,0	6,5
		пчст	–	–	6,5	6,5	6,7	6,7	6,9	7,3	7,5	7,8	8,3
		чст	–	–	8,0	8,0	8,0	8,3	8,5	8,8	9,0	9,5	9,8
		тнк	–	–	8,5	8,8	8,8	8,8	9,0	9,3	9,5	10,0	10,5
8,00	9,00	чрн	–	–	–	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,1	6,5	6,9
		пчст	–	–	–	7,3	7,5	7,5	7,8	8,0	8,3	8,8	9,0
		чст	–	–	–	9,0	9,0	9,3	9,3	9,8	9,8	10,5	10,5
		тнк	–	–	–	9,8	9,8	9,8	10,0	10,5	10,5	11,0	11,5

Примечания

1 Значения припусков, приведённые в таблице Е.2, следует применять при среднем уровне точности U_T механообработки отливки (см. таблицу Г.1).

При повышенном или высоком уровне точности обработки следует принимать значения припусков, соответствующие интервалам общих допусков, расположенных в таблице Е.2 соответственно на одну или две строки выше интервала действительного допуска; при пониженном уровне точности обработки – на одну строку ниже интервала действительного допуска.

2 Для каждого интервала допуска в различных строках таблицы приведены суммарные значения общего припуска на все переходы обработки: черновой; черновой и получистовой; черновой, получистовой и чистовой; черновой, получистовой, чистовой и тонкой.

Приложение Ж
(обязательное)

Формовочные уклоны

Таблица Ж.1 – Значения формовочных уклонов формообразующих поверхностей модельного комплекта для песчаных форм [4]

Протяжённость участка уклона h , мм		Формовочный уклон (угловой β или нейный $Z^{\Phi.Y}$ размеры) модельного комплекта			
Свыше	До (включ.)	металлич., пластмассового		деревянного	
		β	$Z^{\Phi.Y}$, мм	β	$Z^{\Phi.Y}$, мм
–	10	2°20'	0,40	2°55'	0,50
10	16	1°35'	0,45	1°55'	0,55
16	25	1°10'	0,50	1°30'	0,65
25	40	50'	0,60	1°05'	0,75
40	63	35'	0,65	45'	0,85
63	100	25'	0,75	35'	1,00
100	160	20'	0,95	25'	1,20
160	250		1,45	25'	1,85
250	400		20'	2,30	2,30
400	630	3,65		3,65	

Пр и м е ч а н и е – Значения формовочного уклона в углублениях моделей, а также для участков форм, расположенных между моделями (для многогнездных форм), в случае, когда $d > h$, следует увеличивать в два раза по сравнению со значениями, указанными в таблице Ж.1, а при $d \leq h$ углубления выполнять стержнем без формовочных уклонов или с уклонами по таблице Ж.1 (здесь d – диаметр или наименьшая ширина углубления модели либо расстояние между моделями; h – протяжённость участка уклона).

Приложение И
(справочное)

Основные свойства литейных сплавов

Таблица И.1 – Плотность, линейная усадка, твёрдость, температура плавления и разливки литейных сплавов [3]

Тип сплава	Плотность ρ , кг/м ³	Линейная усадка ε , %	Твёрдость <i>HВ</i>	Температура, °С	
				плавления	разливки
Магниевый	$1,8 \cdot 10^3$	1,3	30-65	600-650	680-780
Алюминиевый	$2,7 \cdot 10^3$	1,2	50-95	610-660	700-780
Бронза:					
оловянная	$8,8 \cdot 10^3$	1,5	60-80	1000-1050	1100-1150
безоловянная	$7,6 \cdot 10^3$	2,2	80-100	1050-1100	1150-1200
Латунь	$8,5 \cdot 10^3$	1,9	60-100	900-1050	1000-1100
Чугун:					
серый	$7,2 \cdot 10^3$	1,1	143-289	1150-1260	1260-1400
ковкий	$7,3 \cdot 10^3$	1,6	100-320	1150-1350	1380-1450
высокопрочный	$7,2 \cdot 10^3$	0,8	140-369	1150-1260	1280-1400
белый	$7,6 \cdot 10^3$	1,8	300-700	1150-1260	1240-1300
Сталь нелегир.	$7,8 \cdot 10^3$	2,0	149-169	1420–1520	1500-1600

Примечания
1 Приведённые значения относятся к литью в песчаные литейные формы.
2 Числовые значения плотности и линейной усадки являются средними взвешенными для каждого типа сплава различных марок, рассмотренных в [3].

Приложение К
(рекомендуемое)

Классы точности массы отливок, получаемых в песчаных литейных формах

Таблица К.1 – Классы точности массы отливок [1]

Код литейной формы (см. таблицу 2.2)	Наибольший габаритный размер отливки, мм		Условный код типа сплава (в соответствии с таблицей А.1)			
	Свыше	До (включ.)	011	012, 021, 031	022, 032	033
ПФ 4	–	1	4-11	5Т-12	5-13Т	6-13
	1	10	5Т-12	5-13Т	6-13	7Т-14
	10	100	5-13Т	6-13	7Т-14	7-15
	100	1 000	6-13	7Т-14	7-15	8-15
ПФ 1, ПФ 5	–	1	5Т-12	5-13Т	6-13	7Т-14
	1	10	5-13Т	6-13	7Т-14	7-15
	10	100	6-13	7Т-14	7-15	8-15
	100	1 000	7Т-14	7-15	8-15	9Т-16
ПФ 2, ПФ 3, ПФ 6	–	1	5-13Т	6-13	7Т-14	7-15
	1	10	6-13	7Т-14	7-15	8-15
	10	100	7Т-14	7-15	8-15	9Т-16
	100	1 000	7-15	8-15	9Т-16	9-16
ПФ 7	–	1	6-13	7Т-14	7-15	8-15
	1	10	7Т-14	7-15	8-15	9Т-16
	10	100	7-15	8-15	9Т-16	9-16
	100	1 000	8-15	9Т-16	9-16	10-16

Примечания

1 Меньшие значения K_M в диапазоне относятся к простым компактным отливкам и условиям массового автоматизированного производства; бóльшие – к сложным крупногабаритным отливкам единичного и мелкосерийного производства; средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

2 В использованном источнике [1] приведены также значения K_M для отливок с номинальной массой до 100 000 кг и более.

**Приложение Л
(обязательное)**

Допуски массы отливок

Таблица Л.1 – Допуски массы отливок [1]

Номинальная масса отливки $M_{отл}$, кг		Допуск массы отливки $T_M^{ГОСТ}$, %, не более, для класса точности массы отливки K_M									
Свыше	До (включ.)	7Т	7	8	9Т	9	10	11Т	11	12	13Т
		–	0,1	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	–	–
0,1	0,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	–	–	–
0,4	1,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	–	–
1,0	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	–
4,0	10,0	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0
10,0	40,0	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
40,0	100,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0
100,0	400,0	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0
400,0	1 000,0	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0

П р и м е ч а н и е – Таблица Л.1 является фрагментом таблицы, полностью приведённой в [1].

Приложение М
(справочное)

Бланк карты проектирования поковки (КПР)

Таблица М.1 – Карта проектирования поковки

ОГУ гр.				Вариант № ___ ш				Полумуфта					
Штамп	Штамповочное оборудование	K_p	Масса, кг				Конструктивные хар-ки поковки						
			M_d	$M_{П.Р}$	$M_{П.Н}$	I_M	M	C	T	$K_{Ш}$	$I_{И}$		
Размеры детали		Припуск, мм				Размеры поковки и предельные отклонения, мм							
	Z_i	Z_c	Z_o n	Z_i^{Σ}	основные	+ES	-EI	дополни- тельные	+ES	-EI	h_{Ri}	радиу- сы за- кругл.	+ESR
D_1			—		D_{1n}			D'_{1n}				R_{H1}	
D_2			—		D_{2n}			D'_{2n}				R_{H2}	
d_1			—		d_{1n}			d'_{1n}				R_{H3}	
d_2			—		d_{2n}			d'_{2n}				R_{H4}	
H		—			H_n			d_0				R_{B1}	
h_1		—			h_{1n}			h				R_{B2}	
h_2		—			h_{2n}			S^*	—	—		R_{B3}	
H_n	K_H	Штамп .уклон	Допуски и отклонения формы и расположения поверхностей поковки, мм										
Поковка высокая / низкая			α град.	β	смещ. по $P_{PШm}$ t	ост. облой z	заусенец		от со- осн. e	от конц- ти C_M	допуск		
		тор- цов. k					п/обрез.	пл-сти P_a			рад. биен. T_R		
Исходная заготовка (пруток)												Коэф. исп. мет.	
Масса, кг	Объём, мм ³	Принятое	Размеры, мм		Отношение $L_{и.з}/D_{и.з}$								
$M_{и.з}$	$V_{и.з}$	t^*	$D_{и.з}$	$L_{и.з}$	фактическое	норматив 1,25-2,5	$K_{и.м}$						
					Разраб.								
					Пров.								
					Н. контр.								
КПР	Карта проектирования штампованной поковки					—	—						

Приложение Н (рекомендуемое)

Указания по заполнению КПП в виде ссылок на этапы проектирования

Таблица Н.1 – Ссылки на номера и пункты этапов проектирования (см. таблицу 2.21), на которые следует ориентироваться при заполнении карты проектирования (КПП)

ОГУ гр.		Вариант № ___ ш				Полумуфта									
Штамп	Штамповочное оборудование	K_p	Масса, кг				Конструктивные хар-ки поковки								
			$M_{Д}$	$M_{П.Р}$	$M_{П.Н}$	I_M	M	C	T	K_{III}	I_{II}				
п. 2	п. 2	3.1	п.3.1	п. 3.1	п. 7.1	п.3.2	п.3.3	п.3.4	п.3.5	п. 3.6	п. 3.7				
Размеры детали	Припуск, мм				Размеры поковки и предельные отклонения, мм										
	Z_i	Z_c	$Z_{o,n}$	Z_i^{Σ}	основные	+ES	-EI	дополнительные	+ES	-EI	h_{Ri}	радиусы закругл.	+ESR		
D_1	Табл. 3, рис. 2.1	п.4.1 табл.2.21	п. 4.2	п. 4.3 табл. 2.21	D_{1n}	п. 5.1(табл. 2.22)	п. 9.1(табл. 2.22)	п. 9.1(табл. 2.22)	п. 6.6, 6.5, 6.3 (табл. 2.22)	п. 9.1(табл. 2.22)	п. 9.1(табл. 2.22)	п.5.2,6,4(таб. 2.22)	R_{H1}	п. 9.2 (табл. 2.22)	
D_2					D_{2n}								D'_{1n}		R_{H2}
d_1					d_{1n}								d'_{1n}		R_{H3}
d_2					d_{2n}								d'_{2n}		R_{H4}
H					H_n								d_0		R_{B1}
h_1					h_{1n}								h		R_{B2}
h_2					h_{2n}								S^*		R_{B3}
H_n	K_H	Штамп .уклон		Допуски и отклонения формы и расположения поверхностей поковки, мм											
п. 6.2				смещ. по $PP_{Шm}$	ост. облой	заусенец		от со-осн.	от конц-ти	допуск					
Поковка высокая / низкая		α	β			тор-цов.	п/обрез.			пл-сти	рад. биен.				
		град.		m	z	k		e	C_M	P_a	T_R				
		п. 6.1		п. 9.3	п. 9.3	п. 9.3	п. 9.3	п.9.3	п. 9.3	п. 9.3	п. 9.3	п. 9.3			
Исходная заготовка (пруток)												Коэф. исп. мет.			
Масса, кг		Объём, мм ³		Принятое	Размеры, мм		Отношение $L_{И.3}/D_{И.3}$								
$M_{И.3}$		$V_{И.3}$		m^*	$D_{И.3}$	$L_{И.3}$	фактическое	норматив	$K_{И.М}$						
п. 10.1		п. 10.2		п. 10.3	п. 10.3	п. 10.3	п. 10.3	п. 10.3	1,25-2,5		п. 10.4				
							Разраб.								
							Пров.								
							Н. контр.								
КПП		Карта проектирования штампованной поковки						—		—					

**Приложение О
(рекомендуемое)**

Бланки графических документов на поковки

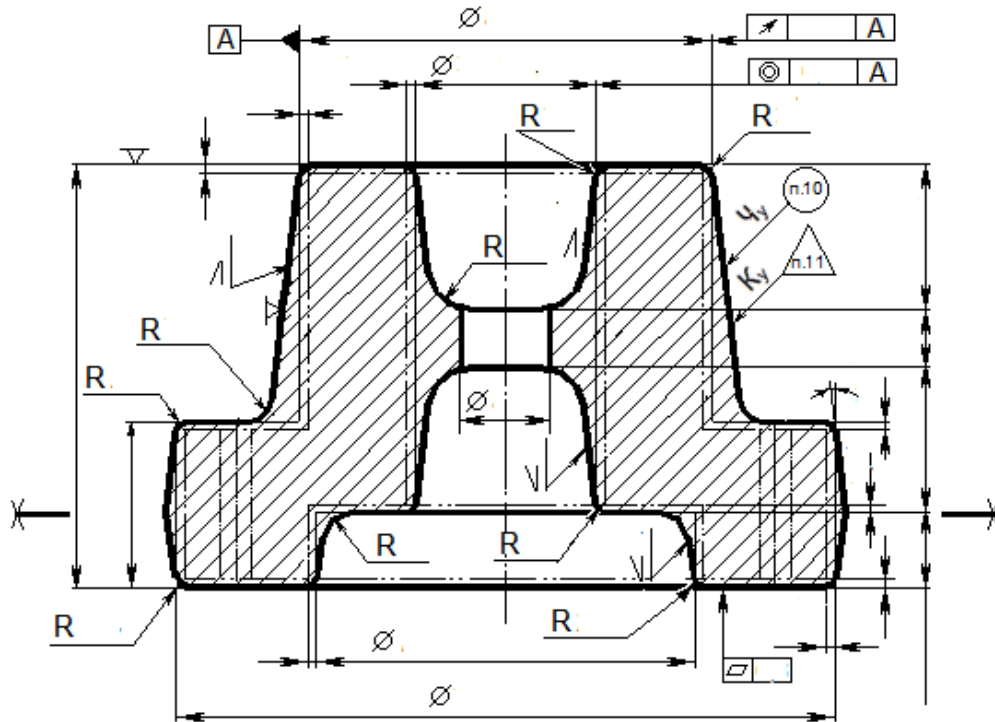
		МТМ.01121.00002	1	1
ОГУ гр.	Вариант № ____ Ш	—	МТМ.20121.00002	
Полумуфта			—	—
<p>1 Штампованная поковка - - - - П - ГОСТ 7505-89</p> <p>2 Номинальная масса кг</p> <p>3 Материал сталь марки ГОСТ</p> <p>4 Поковка гр. ГОСТ 8479-70</p> <p>5 Смещение по поверхности разъёма штампа не более мм</p> <p>6 Величина остаточного облоя после обрезки не более мм</p> <p>7 Высота заусенца по контуру обрезки облоя не более мм</p> <p>8 На поверхности поковки не должно быть трещин, заковов, плён. Допускаются отдельные дефекты без их удаления, если их глубина не превышает 50 % припуска на механическую обработку</p> <p>9 Очистить от окалины на дробеструйной установке</p> <p>10 Маркировать обозначение поковки по основному технологическому документу</p> <p>11 Клеймить после окончательной приёмки контролёром БТК</p>				
				Разраб.
				Пров.
				Н. контр.
КЭ	Графический документ на штампованную поковку	20121_00002.xml	v.1,0	

Рисунок О.1 – Относительно высокая поковка, полученная в ОШ

		МТМ.01121.00002	1	1
ОГУ гр.	Вариант № ____ ш	—	МТМ.20121.00002	
Полумуфта			—	—
<p>1 Штампованная поковка - - - - П - ГОСТ 7505-89</p> <p>2 Номинальная масса кг</p> <p>3 Материал сталь марки ГОСТ</p> <p>4 Поковка гр. ГОСТ 8479-70</p> <p>5 Высота торцевого заусенца k по контуру поковки не более мм</p> <p>6 Допускаемые отклонения штамповочных уклонов не более $\pm 0,25$ их номинальной величины</p> <p>7 Заусенцы на необрабатываемых поверхностях поковки удалить по требованию потребителя</p> <p>8 На поверхности поковки не должно быть трещин, заковов, плён. Допускаются отдельные дефекты без их удаления, если их глубина не превышает 50 % припуска на механическую обработку</p> <p>9 Очистить от окалины на дробеструйной установке</p> <p>10 Маркировать обозначение поковки по основному технологическому документу</p> <p>11 Клеймить после окончательной приёмки контролёром БТК</p>				
				Разраб.
				Пров.
				Н. контр.
КЭ	Графический документ на штампованную поковку	20121_00002.xml	v.1,0	

Рисунок О.2 – Относительно высокая поковка, полученная в ЗШ

		MTM.01121.00002	1	1
ОГУ гр.	Вариант № ____ ш	—	MTM.20121.00002	
Полумуфта			—	—

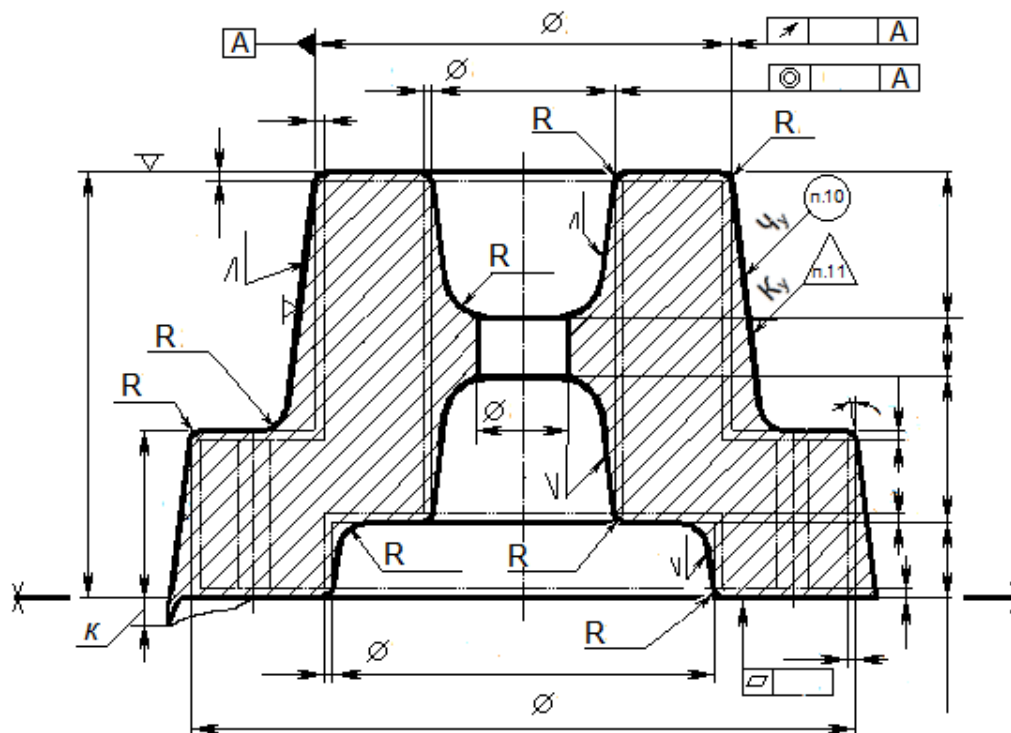


- 1 Штампованная поковка - - - - П - ГОСТ 7505-89
- 2 Номинальная масса кг
- 3 Материал сталь марки ГОСТ
- 4 Поковка гр. ГОСТ 8479-70
- 5 Смещение по поверхности разъёма штампа не более мм
- 6 Величина остаточного облоя после обрезки не более мм
- 7 Высота заусенцев: по контуру обрезки облоя не более мм,
при пробивке отверстия в перемычке – не более мм
- 8 На поверхности поковки не должно быть трещин, заковов, плён. Допускаются отдельные дефекты без их удаления, если их глубина не превышает 50 % припуска на механическую обработку
- 9 Очистить от окалины на дробеструйной установке
- 10 Маркировать обозначение поковки по основному технологическому документу
- 11 Клеймить после окончательной приёмки контролёром БТК

					Разраб.		
					Пров.		
					Н. контр.		
КЭ	Графический документ на штампованную поковку			20121_00002.xml	v.1,0		

Рисунок О.3 – Относительно низкая поковка, полученная в ОШ

		МТМ.01121.00002	1	1
ОГУ гр.	Вариант № ____ ш	—	МТМ.20121.00002	
Полумуфта			—	—



- 1 Штампованная поковка - - - - П - ГОСТ 7505-89
- 2 Номинальная масса кг
- 3 Материал сталь марки ГОСТ
- 4 Поковка гр. ГОСТ 8479-70
- 5 Высота торцевого заусенца k по контуру поковки не более мм
- 6 Допускаемая величина высоты заусенца при пробивке отверстия в перемычке не более мм
- 7 Заусенцы на необрабатываемых поверхностях поковки удалить по требованию потребителя
- 8 На поверхности поковки не должно быть трещин, заковов, плён. Допускаются отдельные дефекты без их удаления, если их глубина не превышает 50 % припуска на механическую обработку
- 9 Очистить от окалины на дробеструйной установке
- 10 Маркировать обозначение поковки по основному технологическому документу
- 11 Клеймить после окончательной приёмки контролёром БТК

				Разраб.			
				Пров.			
				Н. контр.			
КЭ	Графический документ на штампованную поковку			20121_00002.xml	v.1,0		

Рисунок О.4 – Относительно низкая поковка, полученная в ЗШ

**Приложение II
(рекомендуемое)**

Указания по заполнению бланка графического документа на поковку

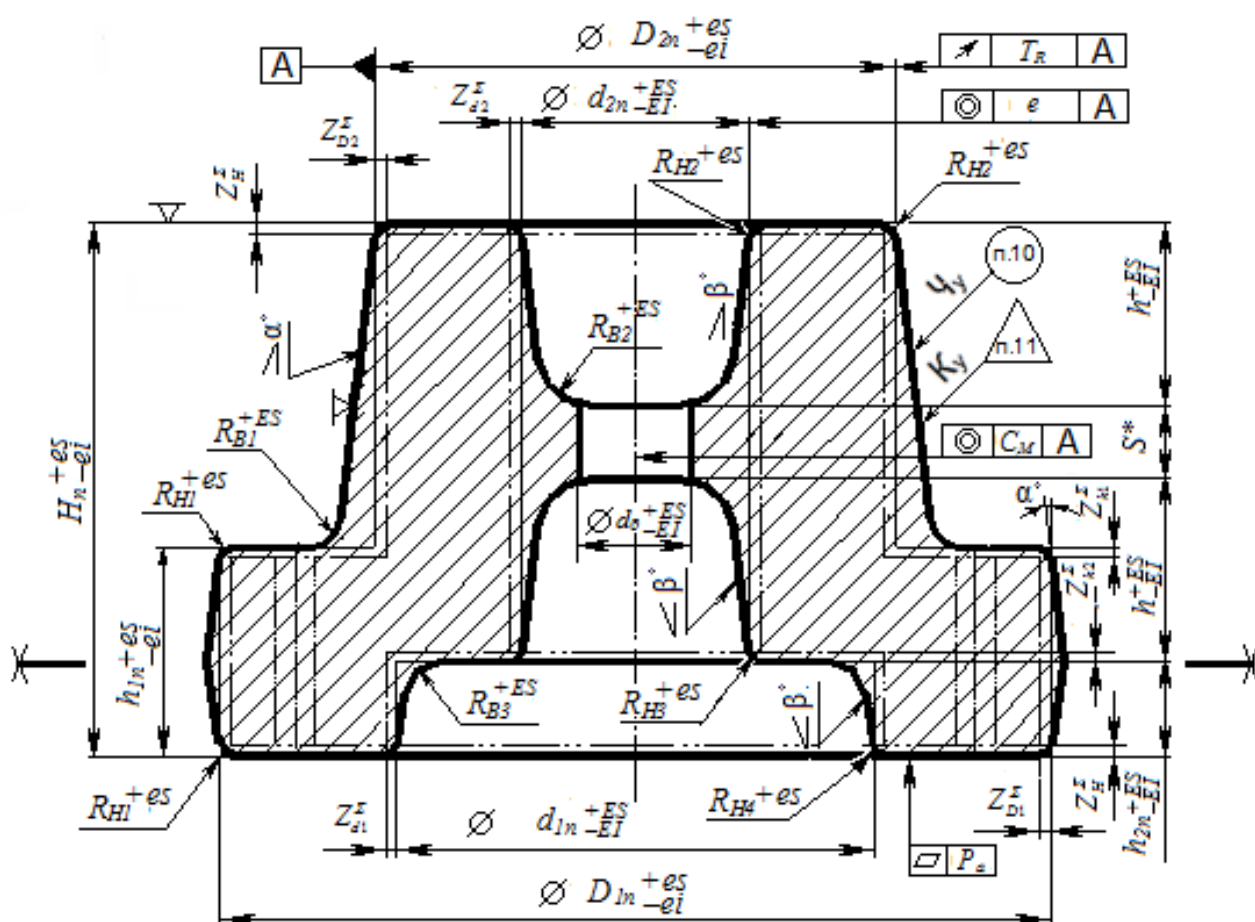


Рисунок П.1 – Графическое изображение поковки с буквенными символами

Примечание

При оформлении графического документа на поковку буквенные символы подлежат замене на размерные числа, помещённые в КПР.