

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Технология машиностроения»

Н. В. Шкинъ
В. И. Романенко

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК

Учебно-методическое пособие
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области машиностроительного оборудования и технологий*

Минск
БНТУ
2021

УДК 621.7/.9-412(075.8)

ББК 34.5я7

Ш66

Р е ц е н з е н т ы:

начальник отделения технологий машиностроения и металлургии
ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»,

д-р техн. наук, профессор *В. И. Жорник*;

профессор кафедры «Технология металлов» БГАТУ,

д-р техн. наук *Л. М. Акулович*;

кафедра «Технология металлов» БГАТУ, зав. кафедрой,

д-р техн. наук, профессор *В. М. Капцевич*

Шкинй, Н. В.

Ш66 Проектирование и производство заготовок: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / Н. В. Шкинй, В. И. Романенко. – Минск: БНТУ, 2021. – 88 с.

ISBN 978-985-583-663-7.

Учебно-методическое пособие разработано в соответствии с образовательным стандартом и рабочей программой учебной дисциплины «Проектирование и производство заготовок» для студентов дневной и заочной форм получения образования специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения».

В учебно-методическом пособии рассматриваются вопросы анализа качества заготовок деталей машин, полученных различными способами, а также основные принципы их проектирования.

УДК 621.7/.9-412(075.8)

ББК 34.5я7

ISBN 978-985-583-663-7

© Шкинй Н. В., Романенко В. И., 2021

© Белорусский национальный
технический университет, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Целью учебно-методического пособия является повышение эффективности конструкторско-технической подготовки студентов в системе технического образования в области производства заготовок.

Необходимость экономии материальных ресурсов предъявляет высокие требования к рациональному выбору заготовок, к уровню их технологичности, в значительной степени определяющей затраты на технологическую подготовку производства, себестоимость, надежность и долговечность изделий. Правильно выбрать способ получения заготовок – значит определить рациональный технологический процесс ее получения с учетом материала детали, требований к точности ее изготовления, технических условий, эксплуатационных характеристик и серийности выпуска.

Ведущая отрасль современной промышленности – машиностроение – располагает большим количеством способов получения заготовок. Это многообразие, с одной стороны, дает возможность существенно повысить эксплуатационные характеристики машин и механизмов, а в некоторых случаях и улучшение свойств исходного материала, с другой – создает большие трудности при выборе рационального способа получения заготовки. Для принятия правильного решения необходим комплексный анализ технико-экономической эффективности рассматриваемых вариантов. Но во всех случаях способ должен способствовать повышению эффективности труда, снижению материалоемкости, улучшению качества изделий.

Вопросы проектирования и изготовления заготовок играют решающую роль в малоотходной технологии изготовления изделий на современном этапе научно-технического прогресса как с точки зрения экономии материальных ресурсов, так и повышения качества изделий, соответствующего мировым стандартам.

Будущим инженерам по специальности «Технология машиностроения» необходимо овладеть навыками выбора методов получения и проектирования заготовок для изделий машиностроительного производства.

Предлагаемое пособие предназначено для формирования знаний, умений их применения и навыков решения типовых задач по дисциплине «Проектирование и производство заготовок». В пособии рассматриваются вопросы анализа качества заготовок деталей ма-

шин, полученных различными способами, а также основные принципы их проектирования.

Пособие включает в себя шесть лабораторных работ, в которых представлена методология проектирования и изготовления заготовок, получаемых литьем в песчано-глинистые формы, литьем в кокиль, горячей объемной штамповкой, поперечно-клиновой прокаткой, порошковой металлургией и сваркой. Также в пособии рассматриваются вопросы анализа качества заготовок деталей машин, полученных различными способами.

Предложенные работы будут полезны при решении практических задач проектирования поковок и отливок при выполнении курсовых и дипломных проектов по технологии машиностроения и профессиональных задач в проектных организациях и на производстве.

Лабораторная работа № 1

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ЛИТЬЕМ В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫЕ ФОРМЫ

Цель работы: практическое освоение проектирования заготовок, получаемых литьем в песчано-глинистые формы, и приобретение навыков анализа их качества.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Основные положения

Способ литья в песчано-глинистые формы является наиболее распространенным и применяется для получения отливок из всех литейных сплавов с широким диапазоном в отношении размеров и массы. Основным достоинством литья в песчано-глинистые формы является универсальность. Недостатками способа являются: сравнительно низкое качество отливок, повышенные припуски на механическую обработку, расход металла на литниковую систему, использование формовочных смесей и т. д.

Основными операциями технологического процесса получения отливок являются:

- 1) изготовление комплекта модельно-опоковой оснастки;
- 2) выполнение литейной формы;
- 3) плавка металла и заливка его в формы;
- 4) выбивка отливок из форм;
- 5) обрубка и очистка литья;
- 6) контроль заготовок.

В комплект модельно-опоковой оснастки входят: модели, подмодельные, поддоночные и сушильные плиты, стержневые ящики, опоки, приспособления для контроля форм стержней, модели литниковой системы и т. д. Модель служит для образования внешних контуров отливки в форме. В серийном и массовом производстве заготовок деталей машин применяются, в основном, металлические модели, в единичном – деревянные. Модель литниковой системы включает литниковую чашу, стояк, шлакоуловитель, питатель и выпоры.

Стержневые ящики служат для изготовления песчаных стержней. В единичном и мелкосерийном производстве применяются де-

ревянные ящики, в серийном и массовом – ящики из алюминиевых сплавов. Стержневые ящики могут быть цельными, разъемными и с отъемными частями.

Литейная форма состоит из трех отдельных частей: нижней, верхней и стержня. Части литейной формы обычно изготавливаются отдельно в опоках или без опок прессованием, а затем собираются. Опоки служат для изготовления литейных форм и представляют собой ящики без дна, изготовленные из чугуна, стали или алюминиевых сплавов.

Материалом для изготовления литейных форм служат формовочные смеси. Формовочные смеси делятся на облицовочные, наполнительные и единые. Облицовочные и наполнительные смеси используются, в основном, в единичном и мелкосерийном производстве при ручной формовке; единые смеси – в крупносерийном и массовом производстве при машинной формовке.

В качестве формовочных материалов используются смеси песка, глины и связующих.

Для устранения пригара и улучшения качества поверхности отливок на поверхность форм и стержней наносят краски и пасты. Наиболее качественной является циркониевая краска.

Техпроцесс изготовления литейной формы на машинных агрегатах включает:

1. Установку модели (половины модели) и обдувку ее сжатым воздухом.
2. Нанесение разделительного слоя на ее поверхность.
3. Установку нижней опоки на плиту.
4. Наполнение опоки формовочной смесью.
5. Уплотнение смеси.
6. Установку поддоночного щитка.
7. Поворот на 180° и извлечение модели (половины модели).
8. Установку верхней опоки на подмодельную плиту с верхней половиной модели.
9. Установку моделей литниковой системы.
10. Обдувку их сжатым воздухом.
11. Нанесение разделительного слоя на их поверхности.
12. Наполнение формовочной смесью опоки.
13. Уплотнение смеси.
14. Извлечение половины модели.

15. Обдувку сжатым воздухом.

16. Соединение опок, образование формы.

Разработка технологического процесса изготовления отливки начинается с анализа возможных вариантов ее расположения в форме. При этом следует:

1. Всю отливку или ее основную часть располагать в одной полуформе, желательно нижней.

2. Большие горизонтальные поверхности отливки располагать внизу формы, так как верхнее их расположение приводит к обгоранию и обсыпанию земли, затруднению выхода газов и загрязнению металла всплывающими шлаковыми включениями.

3. Обрабатываемые поверхности отливки располагать в нижних или боковых частях формы.

4. Отливки из сплавов, дающих большую усадку, располагать в форме так, чтобы обеспечить направленное затвердевание отливки, т. е. тонкие части внизу, толстые – вверху.

При выборе плоскости разъема литейной формы следует руководствоваться рекомендациями:

1. Форма и модель по возможности должны иметь одну поверхность разъема, желательно горизонтальную.

2. Модель должна легко извлекаться из формы.

3. Всю отливку нужно располагать в одной (преимущественно нижней) полуформе с целью исключения перекосов (если позволяет конструкция).

Методические указания

В соответствии с ГОСТ 3.1125-88 «Правила выполнения чертежей элементов литейной формы и отливки» чертеж отливки с техническими требованиями должен содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля, приемки отливки, и выполняться в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Допускается выполнять чертеж отливки на копии чертежа детали, при этом элементы отливки следует чертить красным цветом. В графе основной надписи чертежа под наименованием детали пишут слово «отливка». При вычерчивании отливки учитывают все припуски и допуски с указанием их величин. Внутренний контур обрабатываемых поверхностей, а также отверстий, не выполняемых в литье, вычерчивают сплошной тонкой линией. Остатки питателей, выпоров, стяжек и прибылей, если

они не удаляются полностью в литейном цехе, изображают полностью на чертеже отливки. Линия отрезки должна соответствовать способу отрезки: при отрезке резцом, дисковой фрезой, пилой и другим ее выполняют сплошной тонкой линией; при огневой отрезке или обламывании – сплошной волнистой линией. В случае наличия проб, вырезаемых из тела отливки, указывают размеры, определяющие место их вырезки.

Начинать разработку чертежа отливки следует с назначения точности отливки по ГОСТ 26645-85. Точность отливки характеризуется классом размерной точности (табл. 9 [2]); степенью коробления (табл. 10 [2]); степенью точности поверхностей отливок (табл. 11 [2]); классом точности массы (табл. 13 [2]).

Далее по ГОСТ 26645-85 необходимо назначить припуски на механическую обработку, допуски, формовочные уклоны, сопряжения между стенками отливки, составить технические требования к отливке и выполнить чертеж отливки.

Общие припуски назначаются в зависимости от общих допусков на элементы отливок, вида окончательной механической обработки и порядкового номера ряда припусков на отливки.

Общие допуски (табл. 16 [2]) зависят от допусков линейных размеров отливок (табл. 1 [2]) и допусков формы и расположения поверхностей элементов отливок (табл. 2 [2]). В свою очередь, допуски линейных размеров зависят от интервала номинальных размеров заготовки и номера класса размерной точности, допуски формы и расположения элементов отливки зависят от номинальных размеров элементов отливок и соответствующей степени коробления элементов отливок. Ряд припусков (табл. 14 [2]) на обработку отливок определяется на основании порядкового номера степени точности поверхности. Класс размерной точности отливок, степень коробления элементов отливок, степени точности поверхностей отливок, классы точности массы отливок зависят от технологического процесса литья, габаритов отливок и типа сплава и выбираются по таблицам ГОСТ 26645-85. Для обрабатываемых поверхностей номинальный размер отливки следует принимать равным номинальному размеру детали для необрабатываемых поверхностей и сумме среднего размера и общего припуска на обработку. При определении номинальных размеров отливок учитывают технологические допуски. Номинальную массу отливки следует принимать равной массе отливки с номинальными размерами.

На чертеже отливки следует указывать измерительные базы и базы первоначальной обработки. Допуски линейных размеров отливок, изменяемых и неизменяемых обработкой (без учета допусков формы и расположения поверхностей отливок), должны в зависимости от интервала номинальных размеров и класса точности отливки соответствовать табл. 1 [2]. Допуски формы и расположения поверхностей отливок (отклонения от прямолинейности, плоскостности, параллельности, перпендикулярности, заданного профиля) в диаметральном выражении должны соответствовать допускам, указанным в табл. 2 [2]. Они назначаются в зависимости от степени коробления элементов отливок и номинальных размеров элементов отливок. На основании допусков линейных размеров и допусков формы и расположения поверхностей отливок по табл. 16 [2] определяются общие допуски элементов отливок, которые необходимы для определения общего припуска на сторону (табл. 6 [2]). На чертеже заготовки в технических условиях указываются допуски круглости, соосности, симметричности, пересечения осей, позиционные допуски в диаметральном выражении. Они не должны превышать допуски на размеры, указанные в табл. 1 [2]. Допуск смещения отливки по плоскости разъема указывается в обозначении точности отливки и должен находиться на уровне класса (табл. 1 [2]) размерной точности номинального размера наиболее точной из стенок отливки, выходящей на разъем или пересекающей его. Допуски неровностей поверхностей отливок выбираются в зависимости от степеней точности поверхностей отливок (табл. 3[2]) и указываются в технических условиях на отливку. Для обрабатываемых поверхностей отливок установлено симметричное расположение полей допусков, для необрабатываемых поверхностей допускается симметричное и несимметричное расположения полей допусков размеров, формы, расположения. Допуски массы должны соответствовать значениям, указанным в табл. 4 [2]. Устанавливается симметричное расположение поля допуска массы относительно номинальной массы.

Минимальный литейный припуск на обработку поверхности назначаются в соответствии с табл. 5 [2] для устранения неровностей и дефектов литой поверхности и уменьшения шероховатости при отсутствии необходимости в повышении точности размеров, формы и расположения обрабатываемой поверхности. Общие припуски назначаются по табл. 6 [2] согласно полным значениям общих допусков с целью повышения точности обрабатываемого элемента отливки.

Общие припуски на поверхность вращения и противоположные поверхности, используемые в качестве баз при их обработке, назначаются по половинным значениям общих допусков отливки.

Значения общего припуска для каждого интервала общих допусков, расположенные в разных строчках табл. 6 [2] и соответствующие черновой, получистовой, чистой и тонкой обработкам, выбирают в зависимости от соотношений требуемых точностных параметров обработанной поверхности детали и исходных точностных параметров отливки, которые приведены в табл. 7, 8 [2]. Этим требованием фактически определяется последовательность обработки каждой поверхности отливки.

В технических требованиях чертежа отливки или детали с нанесенными размерами отливки должны быть указаны нормы точности отливки в следующем порядке:

1) класс размерной точности, который выбирается в зависимости от технологического процесса литья, габаритов отливки и типа сплава (прил. 1, табл. 9 [2]);

2) степень коробления, которая назначается в зависимости от отношения размеров элементов отливок, типа литейных форм получения отливки и ее термообработки (прил. 2, табл. 10 [2]);

3) степень точности поверхностей отливок, которая назначается в зависимости от технологического процесса литья, габаритов отливки, типа сплава (табл. 1 [2]);

4) класс точности массы, который выбирается в зависимости от технологического процесса литья, номинальной массы отливки, типа сплава (табл. 13 [2]);

5) допуск смещения отливки, который должен находиться на уровне допуска размерной точности соответствующего класса отливки (табл. 1 [2]).

Пример условного обозначения точности отливки 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм:

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

Ненормируемые показатели точности отливок заменяются нулями, а обозначения смещения отсутствуют, например:

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

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

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

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

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

Масса 20,35-0-0-20,35 ГОСТ 26645-85;

Масса 20,35-0-1,35-20,7 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежа литой детали указывают только массу детали.

В технических требованиях на заготовку указывается допуск массы отливки (табл. 4 [2]) в процентах от номинальной массы отливок.

После определения припусков и допусков на поверхности отливки вычерчивается заготовка с учетом требований ГОСТ 3.1125-88.

Для повышения качества отливок необходимо указать скругленные наружных и внутренних углов при сопряжении стенок отливок. Величины радиусов скругления определяются по табл. 1.1.

Таблица 1.1

Величины радиусов скругления, рекомендуемые для литых деталей

Материал отливки – чугун					
Средняя толщина сопрягаемых стенок $(l + l_1) / 2$, мм	до 12	12...16	16...20	20...27	27...35
Радиус скругления, мм	6	8	10	12	15
Материал отливки – сталь					
Максимальная толщина сопрягаемых стенок, мм	до 6	6...10	10...15	15...20	20...25
Радиус скругления, мм	6...10	10...12	12...15	15...20	20...25

Толщина стенок отливки не должна быть меньше допустимой и зависит от материала отливки, ее массы и габаритов. Определяется толщина стенок по табл. 1.2.

Таблица 1.2

Технологически допустимая толщина стенок отливки

Материал отливки – серый чугун			
Наибольший габаритный размер, мм	до 250	250...500	500...1000
Минимальная толщина стенки, мм	3...5	5...7	6...10
Материал отливки – ковкий чугун			
Наибольший габаритный размер детали, мм	до 100	100...200	200...500
Минимальная толщина стенки, мм	2,5...4	3...5	4...6
Материал отливки – сталь			
Наибольший габаритный размер, мм	до 250	250...500	500...1000
Минимальная толщина стенки, мм	5...6	6...8	8...12

При проектировании отливки следует избегать образования в конструкции отливок полостей, отверстий большой протяженности и малого диаметра. Допустимые соотношения глубин отверстий и их диаметров приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Минимальные размеры отверстий, выполняемых стержнями в отливках

Материал отливки – чугун						
Глубина отверстия, мм	10...20	20...30	30...40	40...50	50...60	60...75
Минимальная величина диаметра, мм	10	12	14	16	18	20
Материал отливки – сталь						
Глубина отверстия, мм	10...20	20...30	30...40	40...50	50...60	60...75
Минимальная величина диаметра, мм	25	27	30	35	40	45

После нанесения на чертеж отливки всех конструктивных элементов и размеров составляются технические требования, которые должны являться основным документом по контролю качества отливки и ее приемки у заготовительного цеха.

Порядок выполнения работы

1. Согласно варианту задания изучить конструкцию детали, ориентировочно определить условия ее работы. Выбрать плоскость разреза литейной формы.

2. Определить поверхности детали, для которых необходимо назначить припуски на механическую обработку.

3. Определить по табл. 9 [2] класс размерной точности.

4. Определить по табл. 11 [2] степень точности поверхности отливки.

5. Назначить по табл. 10 [2] степень коробления отливки.

6. На основании данных табл. 13 [2] определить класс точности массы отливки.

7. В зависимости от номинальных размеров детали и класса размерной точности отливки определить допуски линейных размеров отливок (табл. 1 [2]).

8. В зависимости от степени коробления отливки по табл. 2 [2] определить допуск формы и расположения элементов отливки.

9. В зависимости от допусков размеров и допуска формы и расположения по табл. 16 [2] определить общий допуск элементов отливки.

10. В зависимости от степени точности поверхности по табл. 14 [2] определить ряд припусков.

11. По табл. 6 [2] в зависимости от общего допуска и ряда припусков определить общий припуск.

12. Определить допуск массы по табл. 4 [2].

13. Выполнить чертеж отливки; указать припуски, допуски, литейные уклоны, радиусы закруглений; составить технические условия на выполнение чертежа отливки.

14. На стенде ознакомиться с заготовками, отлитыми в песчано-глинистые формы, провести анализ их качества.

Для оценки качества имеющихся заготовок следует произвести измерение их основных размеров (наружных или внутренних диаметров, толщины стенок, габаритных размеров, смещения осей и др.). Вид и количество измеряемых параметров устанавливаются индивидуально по согласованию с преподавателем в зависимости от сложности, назначения, конструкции и требований к точности изготовления отливки.

Состояние характерных поверхностей заготовок оценивается по наличию пригара, раковин, окалины и других дефектов, при этом основное внимание уделяется следующим поверхностям:

- поверхностям, которые предполагается использовать в качестве баз при механической обработке;
- поверхностям, обрабатываемым при изготовлении детали;
- поверхностям, характеризующим положение их при отливке (нижнее, верхнее, боковое).

Следует охарактеризовать возможное влияние точности и состояния поверхности анализируемых заготовок на механическую обработку и качество готовой детали, а также определить, могут ли выявленные дефекты быть допущены (по техническим требованиям) или заготовки должны быть забракованы.

15. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Чертеж детали с указанием размеров.
4. Чертеж заготовки с указанием припусков, размеров, допусков на размеры.
5. Назначение технических требований на отливку.
6. Анализ качества заготовок.
7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные достоинства и недостатки литья в песчано-глинистые формы.
2. Назовите основные операции технологического процесса получения заготовок.
3. Что входит в комплект модельно-опоковой оснастки?
4. Из каких частей состоит литейная форма?
5. Какие материалы используют для изготовления литейной формы?
6. Основные правила вычерчивания отливки.
7. Как назначается класс точности отливок по размерам и массе (ГОСТ 26645-85)?

8. Как определяется степень коробления отливки?
9. Как определяется ряд припусков на механическую обработку?
10. Что такое предельное смещение отливки?
11. Как определяются общие припуски на механическую обработку?

Лабораторная работа № 2

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ЛИТЬЕМ В КОКИЛЬ

Цель работы: практическое освоение проектирования заготовок, получаемых литьем в кокиль, и приобретение практических навыков анализа их качества.

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

Литье в кокиль – это процесс получения отливок свободной (под действием сил тяжести) заливкой расплавленного металла в металлические формы – кокили.

Литье в кокиль нашло применение в производстве фасонных отливок из алюминиевых, магниевых, цинковых, медных сплавов, реже – чугуна и стали. Масса отливок – от десятков грамм до сотен килограмм. Конструкции отливок, получаемых в кокиль, разнообразны.

Процесс изготовления отливок в кокилях состоит из следующих операций:

1. Подготовка кокилей (очистка, нагрев, нанесение облицовки и краски).
2. Сборка кокилей (установка стержней, закрытие и закрепление частей кокиля).
3. Заливка жидким металлом.
4. Удаление отливок из кокиля после охлаждения.
5. Обрубка, очистка, термообработка (при необходимости).

Преимущества кокильного литья перед литьем в песчаные формы:

- 1) многократное использование форм;
- 2) значительное повышение чистоты и точности отливок;

3) повышение механической прочности поверхностного слоя отливок;

4) увеличение выхода годного литья;

5) повышение производительности труда;

6) экономия производственной площади;

7) снижение стоимости отливок;

8) улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

Недостатки кокильного литья:

1) высокая стоимость кокилей;

2) сравнительно небольшая стойкость (для стали и чугуна);

3) сложность получения тонкостенных отливок из-за большой теплопроводности кокилей и связанной с этим быстрой кристаллизацией металла.

По конструкции кокили могут быть неразъемными (вытряхными) и разъемными с вертикальной, горизонтальной или сложной поверхностью разъема. Классический кокиль состоит из двух полуформ. Полуформы взаимно центрируются по направляющим штырям и втулкам. Основные элементы кокиля обычно изготавливают из стали, реже – из чугуна.

Полости и отверстия в отливке могут быть выполнены металлическими или песчаными стержнями.

По конфигурации наружной и внутренней поверхностей все кокильные отливки можно разделить на 7 групп (рис. 2.1):

1. Простые отливки, изготавливаемые без стержней, легко удаляемые из формы.

2. Простые отливки, имеющие на поверхности ребра и выступы, изготавливаемые без стержней, легко удаляемые из формы.

3. Простые отливки, изготавливаемые с песчаным стержнем, легко удаляемые из формы.

4. Отливки со сложным контуром, изготавливаемые с несколькими стержнями.

5. Отливки с фасонным контуром, изготавливаемые с одним или несколькими стержнями.

6. Отливки с фигурным контуром, изготавливаемые с песчаными стержнями, имеющие симметрично расположенные фланцы, ребра и бобышки.

7. Отливки со сложным контуром. Кокиль имеет несколько плоскостей разъема (горизонтальных и вертикальных).

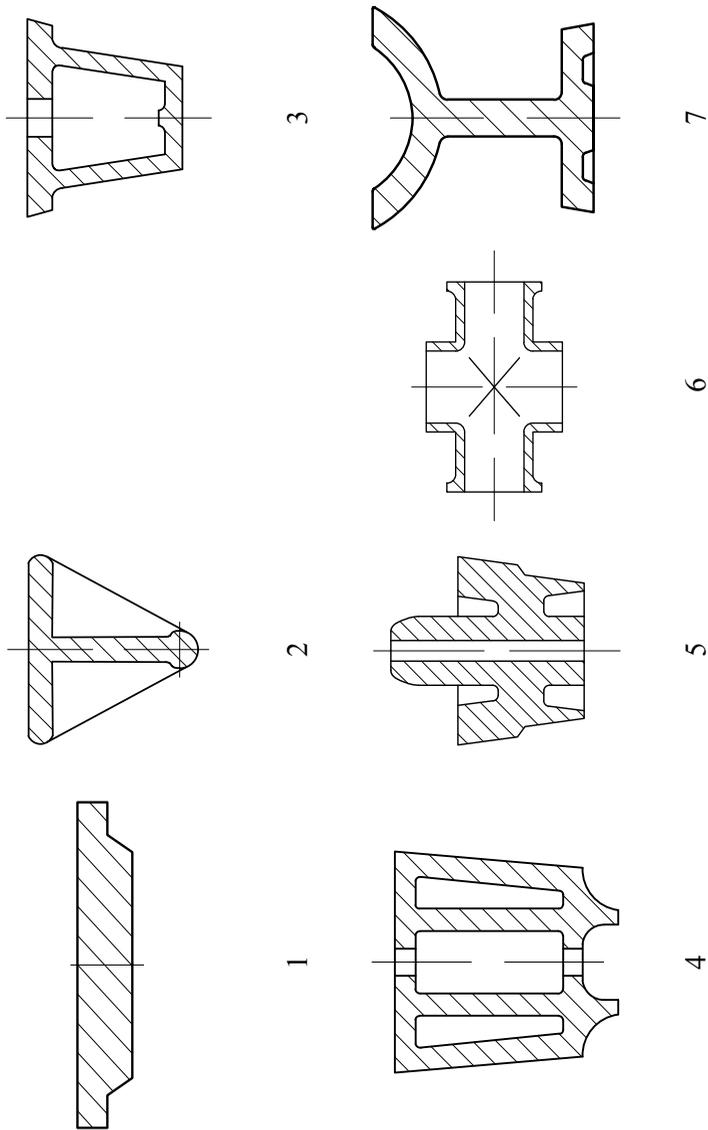


Рис. 2.1. Примеры кокильных отливок

Методические указания

При проектировании отливки, получаемой литьем в кокиль, следует придерживаться следующих требований:

1. Отливка должна иметь простую форму без выступов, острых углов.

2. Габаритные размеры отливки должны быть как можно меньшими.

3. Разъем кокиля должен быть плоским.

4. Число разъемов формы и число стержней должно быть минимальным.

5. Толщина стенок при литье стальных отливок должна быть не менее 10–12 мм.

6. Минимальные размеры отверстий, получаемых при литье:

– чугун – $d_{\min} = 10$ мм;

– сталь – $d_{\min} = 12$ мм;

– алюминиевые сплавы – $d_{\min} = 8$ мм.

Важным элементом проектирования отливки является выбор положения отливки в форме и разъема кокиля. От правильности выбора зависит качество отливок и трудоемкость их изготовления, а также и стойкость кокиля.

Положение отливки в кокиле и поверхности его разъема определяют с учетом следующих условий:

– направленного затвердевания каждого элемента отливки;

– удобного для обработки резанием расположения базовых и установочных поверхностей;

– максимального использования металлических стержней;

– легкой установки и надежной фиксации в кокиле песчаных стержней;

– легкого извлечения из кокиля отливки.

Начинать разработку чертежа отливки следует с назначения точности отливки по ГОСТ 26645-85. Точность отливки характеризуется классом размерной точности (табл. 9 [2]); степенью коробления (табл. 10 [2]); степенью точности поверхностей отливок (табл. 11 [2]); классом точности массы (табл. 13 [2]).

После назначения точности отливки необходимо назначить припуски на механическую обработку, допуски по ГОСТ 26645-85,

формовочные уклоны, сопряжения между стенками отливки, составить технические требования к отливке и выполнить чертеж отливки.

Общие припуски назначаются в зависимости от общих допусков на элементы отливок, вида окончательной механической обработки и порядкового номера ряда припусков на отливки.

Общие допуски (табл. 16 [2]) зависят от допусков линейных размеров отливок (табл. 1 [2]) и допусков формы и расположения поверхностей элементов отливок (табл. 2 [2]). В свою очередь, допуски линейных размеров зависят от интервала номинальных размеров заготовки и номера класса размерной точности, допуски формы и расположения элементов отливки зависят от номинальных размеров элементов отливок и соответствующей степени коробления элементов отливок. Ряд припусков (табл. 14 [2]) на обработку отливок определяется на основании порядкового номера степени точности поверхности. Класс размерной точности отливок, степень коробления элементов отливок, степени точности поверхностей отливок, классы точности массы отливок зависят от технологического процесса литья, габаритов отливок и типа сплава и выбираются по таблицам ГОСТ 26645-85. Номинальный размер отливки следует принимать равным номинальному размеру детали для необрабатываемых поверхностей и сумме среднего размера и общего припуска на обработку – для обрабатываемых поверхностей. При определении номинальных размеров отливок учитывают технологические допуски. Номинальную массу отливки следует принимать равной массе отливки с номинальными размерами.

На чертеже отливки следует указывать измерительные базы и базы первоначальной обработки. Допуски линейных размеров отливок, изменяемых и неизменяемых обработкой (без учета допусков формы и расположения поверхностей отливок), должны в зависимости от интервала номинальных размеров и класса точности отливки соответствовать табл. 1 [2]. Допуски формы и расположения поверхностей отливок (отклонения от прямолинейности, плоскостности, параллельности, перпендикулярности, заданного профиля) в диаметральном выражении должны соответствовать допускам, указанным в табл. 2 [2]. Они назначаются в зависимости от степени коробления элементов отливок и номинальных размеров элементов отливок. На основании допусков линейных размеров и допусков формы и расположения поверхностей отливок по табл. 16 [2] определяются

общие допуски элементов отливок, которые необходимы для определения общего припуска на сторону (табл. 6 [2]). На чертеже заготовки в технических условиях указываются допуски круглости, соосности, симметричности, пересечения осей, позиционные допуски в диаметральном выражении. Они не должны превышать допуски на размеры, указанные в табл. 1 [2]. Допуск смещения отливки по плоскости разъема указывается в обозначении точности отливки и должен находиться на уровне класса (табл. 1 [2]) размерной точности номинального размера наиболее точной из стенок отливки, выходящей на разъем или пересекающей его. Допуски неровностей поверхностей отливок выбираются в зависимости от степеней точности поверхностей отливок (табл. 3 [2]) и указываются в технических условиях на отливку. Для обрабатываемых поверхностей отливок установлено симметричное расположение полей допусков, для необрабатываемых поверхностей допускается симметричное и несимметричное расположения полей допусков размеров, формы, расположения. Допуски массы должны соответствовать значениям, указанным в табл. 4 [2]. Устанавливается симметричное расположение поля допуска массы относительно номинальной массы.

Минимальный литейный припуск на обработку поверхности назначают в соответствии с табл. 5 [2] для устранения неровностей и дефектов литой поверхности и уменьшения шероховатости при отсутствии необходимости в повышении точности размеров, формы и расположения обрабатываемой поверхности. Общие припуски назначают по табл. 6 [2] согласно полным значениям общих допусков с целью повышения точности обрабатываемого элемента отливки.

Общие припуски на поверхность вращения и противоположные поверхности, используемые в качестве баз при их обработке, назначают по половинным значениям общих допусков отливки.

Значения общего припуска для каждого интервала общих допусков, расположенные в разных строчках табл. 6 [2] и соответствующие черновой, получистовой, чистой и тонкой обработкам, выбирают в зависимости от соотношений требуемых точностных параметров обработанной поверхности детали и исходных точностных параметров отливки, которые приведены в табл. 7, 8 [2]. Этим требованием фактически определяется последовательность обработки каждой поверхности отливки.

В технических требованиях чертежа отливки или детали с нанесенными размерами отливки должны быть указаны нормы точности отливки в следующем порядке:

1) класс размерной точности, который выбирается в зависимости от технологического процесса литья, габаритов отливки и типа сплава (прил. 1, табл. 9 [2]);

2) степень коробления, которая назначается в зависимости от отношения размеров элементов отливок, типа литейных форм получения отливки и ее термообработки (прил. 2, табл. 10 [2]);

3) степень точности поверхностей отливок, которая назначается в зависимости от технологического процесса литья, габаритов отливки, типа сплава (табл. 1 [2]);

4) класс точности массы, который выбирается в зависимости от технологического процесса литья, номинальной массы отливки, типа сплава (табл. 13 [2]);

5) допуск смещения отливки, который должен находиться на уровне допуска размерной точности соответствующего класса отливки (табл. 1 [2]).

Пример условного обозначения точности отливки 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм:

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

Ненормируемые показатели точности отливок заменяются нулями, а обозначения смещения отсутствуют, например:

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

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

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

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

Для необрабатываемых отливок или при отсутствии технологических напусков соответствующие величины обозначают «0», например:

Масса 20,35-0-0-20,35 ГОСТ 26645-85;
Масса 20,35-0-1,35-20,7 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежа литой детали указывают только массу детали.

В технических требованиях на заготовку указывается допуск массы отливки (табл. 4 [2]) в процентах от номинальной массы отливок.

После определения припусков и допусков на поверхности отливки вычерчивается заготовка с учетом требований ГОСТ 3.1125-88.

После нанесения на чертеж отливки всех конструктивных элементов и размеров составляются технические требования, которые должны являться основным документом по контролю качества отливки и ее приемки у заготовительного цеха.

Для выполнения работы студенту выдается чертеж детали и 3–5 заготовок этой детали, изготовленных литьем в кокиль, а также чертеж детали другого типоразмера, для которой необходимо разработать чертеж заготовки, получаемой этим же способом.

Для анализа качества имеющихся заготовок следует произвести измерения их основных размеров (наружных и внутренних диаметров, толщины стенок, габаритных размеров, смещения осей и др.).

Вид и количество измеряемых параметров устанавливается индивидуально (по согласованию с преподавателем) в зависимости от служебного назначения, конструктивной формы и требований к точности изготовления.

Состояние характерных поверхностей отливок оценивается по наличию трещин, сквозных раковин, рыхлот, шлаковых включений и других дефектов.

Кроме того, нужно приближенно оценить шероховатость этих поверхностей заготовок в сравнении с образцами.

При этом должны быть рассмотрены:

- поверхности, которые предполагается использовать в качестве баз при механической обработке;
- обрабатываемые при изготовлении детали поверхности;
- поверхности, не подвергающиеся обработке, т. е. оставляемые в «черном виде»;

– поверхности, характеризующиеся положением их при отливке (нижние, верхние, боковые).

Следует охарактеризовать возможное влияние точности и состояния поверхностей анализируемых заготовок на механическую обработку и качество готовой детали, а также определить, могут ли выявленные дефекты быть допущены (по техническим требованиям) или заготовки должны быть забракованы.

Порядок выполнения работы

1. Согласно варианту задания изучить конструкцию детали, выбрать плоскость разреза кокиля.

2. Определить поверхности детали, для которых необходимо назначить припуски на механическую обработку.

3. Определить по табл. 9 [2] класс размерной точности.

4. Определить по табл. 11 [2] степень точности поверхности отливок.

5. Назначить по табл. 10 [2] степень коробления отливки.

6. На основании данных табл. 13 [2] определить класс точности массы отливки.

7. В зависимости от номинальных размеров детали и класса размерной точности отливки определить допуски линейных размеров отливок (табл. 1 [2]).

8. В зависимости от степени коробления отливки по табл. 2 [2] определить допуск формы и расположения элементов отливки.

9. В зависимости от допусков размеров и допуска формы и расположения по табл. 16 [2] определить общий допуск элементов отливки.

10. В зависимости от степени точности поверхности по табл. 14 [2] определить ряд припусков.

11. По табл. 6 [2] в зависимости от общего допуска и ряда припусков определить общий припуск.

12. Определить допуск массы по табл. 4 [2].

13. Выполнить чертеж отливки; указать припуски, допуски, литейные уклоны, радиусы закруглений; составить технические условия на выполнение чертежа отливки.

14. На стенде ознакомиться с заготовками, отлитыми в кокиль, провести анализ их качества.

15. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Чертеж детали с указанием размеров.
4. Чертеж заготовки с указанием припусков, размеров, допусков на размеры.
5. Назначение технических требований на отливку.
6. Анализ качества заготовок.
7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. В чем преимущества и недостатки кокильного литья?
2. На какие группы по конфигурации наружной и внутренней поверхностей делятся кокильные отливки ?
3. Как назначается класс точности отливок по размерам и массе (ГОСТ 26645-85)?
4. Как определяется степень коробления отливки?
5. Как определяется ряд припусков на механическую обработку?
6. Как определяются общие припуски на механическую обработку?

Лабораторная работа № 3

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИЕЙ

Цель работы: практическое освоение методики расчета размеров заготовки, рабочей полости пресс-формы при получении заготовок порошковой металлургией; приобретение практических навыков анализа их качества.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

Основные положения

Основное преимущество производства заготовок из порошковых материалов – малые потери материала (7...10 %) на протяжении всего производственного цикла.

Получение заготовок данным способом экономически оправдано при крупносерийном и массовом производстве. Высокие удельные давления прессования, низкая текучесть порошков ограничивают использование этого метода получения заготовок для деталей сложной формы и больших размеров. Именно поэтому наиболее характерным порошковым изделием стала деталь массой до одного килограмма.

Самый распространенный, простой и экономически целесообразный метод формования порошковых материалов – метод холодного прессования в закрытых формах.

Технологический процесс производства изделий состоит из следующих основных операций:

- получение металлического порошка или смеси порошков;
- прессование (формование);
- спекание (термообработка);
- окончательная обработка (механическая обработка, доводка, калибровка, термообработка).

При выборе спеченного материала следует рассматривать плотность и пределы прочности при изгибе и растяжении материала детали и порошка. Химический состав и свойства порошков приведены в табл. 3.1.

Химический состав и свойства порошков и конструкционных материалов на основе железа

Марка	Химический состав, %	Плотность, $\times 10^3$ кг/м ³ (г/см ³)	Прочность на изгиб $\times 10$ МПа (кгс/мм ²)	Ударная вязкость, $\times 100$ кДж/м ² , (кгс/см ²)	Твердость <i>НВ</i>
1	2	3	4	5	6
Железный порошок ГОСТ 9849-74					
ПЖ4М2, ПЖ4М3	Fe – 98; C – 0,12; Si – 0,25; Mn – 0,5; O ₂ – 1,0	5,3...6,1			
Медный порошок ГОСТ 4960-75					
ПМС-1, ПМС-2	Fe – 0,02; Cu – 99,5; Pb – 0,05; O ₂ – 0,3				
Никелевый порошок ГОСТ 9722-71					
ПНК-0Т2 ПНК-2Т2	Fe – 0,015; C – 0,15; Ni – 99,8 Fe – 0,01; C – 0,3; Ni – 99,6				
Оловянный порошок ГОСТ 9722-71					
П01, П02	Fe – 0,02; C – 0,03; Sn – 99,1				

Окончание табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
Конструкционные материалы на основе железа					
Ж-6,6	Fe-100	6,6	22	1,5	70
Ж-7,3	Fe-100	7,3	50	9,0	90
ЖТр0,5-7,3	Fe-основа; C-0,4...0,6	7,3	60	1,0	100
ЖТр1-6,6	Fe-основа; C-0,6...1	6,6	35	0,4	80
ЖДЗ-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3	6,6	30	0,6	70
ЖДЗН2-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3; Ni-1,6...2,0	6,6	40	1,7	80
ЖД5Н5-6,6	Fe-основа; Cu-4...5; Ni-4...5	6,6	60	0,7	100
ЖД1703-6,9	Fe-основа; Cu-16...17; Sn-2,5...3,0	6,9	55	1,0	80
ЖТр0,4Д4НЗ-6,6	Fe-основа; C-0,4...0,6; Cu-3,5...4; Ni-2,5...3,0	6,6	80	0,4	130
ЖДЗО2-6,6	Fe-основа; Cu-3,5...4; Sn-1,5...2,0	6,6	25	0,3	80
ЖТр0,4Д4НЗ-7,3	Fe-основа; C-0,4...0,6; Cu-3,5...4; Ni-2,5...3,0	7,3	110	1,5	150
ЖД2НЗМ-7,3	Fe-основа; Cu-2...2,5; Ni-2,5...3,0; Mo-0,8...1	7,3	90	2,5	150

Примечание: насыпная плотность порошков, × 109 кг/м³ (г/см³): ПЖ4М2 – 2,3...2,5; ПК4МЗ ≥ 2,6; ПМС – 1; ПМС-2 – 1,25...2,0; ПНК-0Т2; ПНК-2Т2 – 2,51...2,99; П01 – 3,0...4,0; П02 – 3,2...4,2.

При анализе технологичности производства порошковых изделий следует учитывать размеры изделий. При этом должны выполняться условия:

- отношение длины к диаметру – не более 3...4;
- отношение высоты изделия к толщине стенки – не более 8...10.

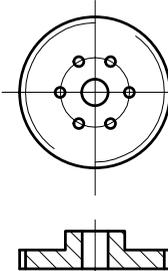
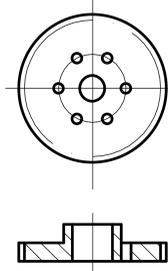
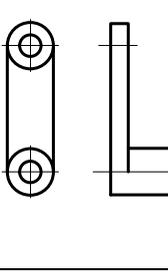
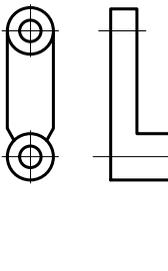
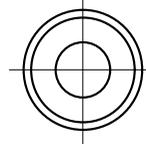
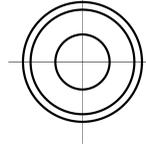
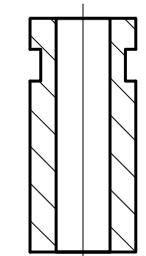
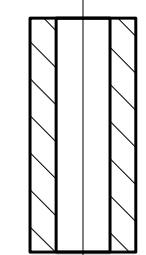
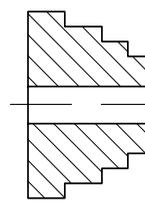
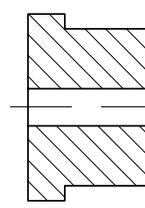
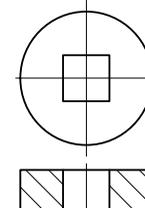
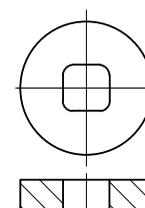
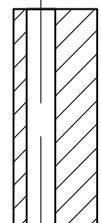
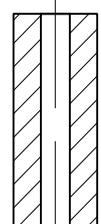
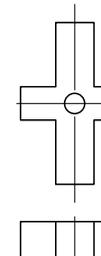
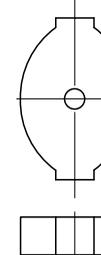
Также необходимо оценить наличие радиальных выступов, канавок, углублений, резьбы, конусности, продольных и радиальных отверстий; изменений в сечениях деталей; требуемую их плотность; величины допусков и шероховатость поверхностей; требования, предъявляемые по механическим и физико-химическим свойствам.

Изделия, которые прежде изготавливались из малоуглеродистых сталей и чугунов, можно изготавливать либо из чистого железного порошка марки ПЖ4М2, ПЕ4М3, либо из железного порошка, содержащего до 1 % графита.

При проектировании заготовки следует максимально упростить форму детали. На рис. 3.1 приведены примеры необходимого упрощения формы деталей. При конструировании деталей 1, 5, 6, 8, 9 следует избегать выточек и отверстий с острыми углами. Детали 2, 3, 7 не могут быть спрессованы в окончательном виде.

При сопряжении поверхностей следует предусматривать радиус закругления не менее 0,25 мм. При прессовании «глухих» отверстий фланец должен располагаться у дна. Разница между двумя рядом расположенными отверстиями (наружными поверхностями) должна быть не менее 2 мм. При наличии у деталей ребер, выемок, приливов их следует располагать как можно ближе к верхнему краю матрицы. Не рекомендуется прессовать изделия с тонкими лезвиями, узкими и глубокими шлицами клиновидного сечения, шпоночные канавки, тонкие шпильки и т. д.

При проектировании изделий с рельефным профилем необходимо определить направление наиболее выгодного прессования. При выборе направления прессования следует руководствоваться тем, что для изделий, имеющих ось вращения, усилие прессования должно быть направлено вдоль этой оси, а изделия, не имеющие оси вращения, должны прессоваться в таком положении, при котором они имеют наименьшее количество переходов или изменений толщины.

неправильно	правильно			неправильно		правильно
1			6			
2			7			
3			8			
4			9			

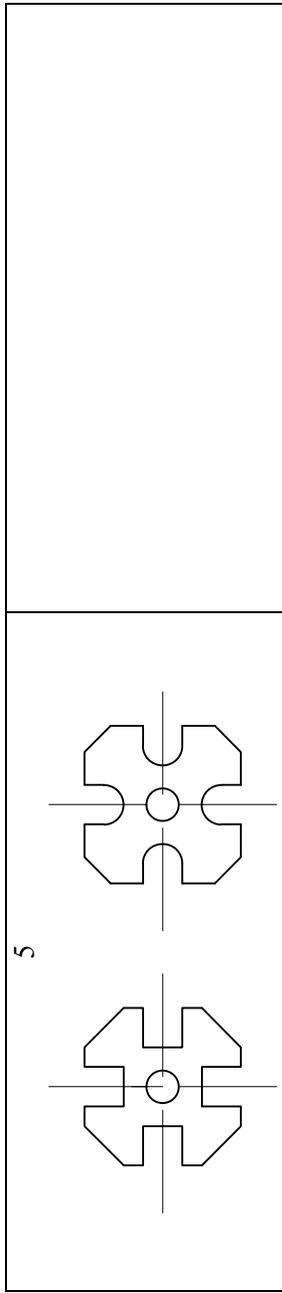


Рис. 3.1. Примеры конструирования металлокерамических заготовок:

1 – прямозубые шестерни можно изготавливать прессованием, начиная с модуля более 0,8 мм; диаметр ступицы зубчатого колеса должен быть минимум на 2 мм меньше диаметра окружности впадин; отверстия должны быть по возможности круглыми, чтобы не прибегать к дорожному инструменту; 2 – «обратная» конусность возможна только при введении обработки резанием; 3 – из-за конструктивных ограничений пресса перепад ступеней по диаметру не должен быть менее 2 мм; 4 – толщина стенки эксцентрично расположенного отверстия должна быть не менее 1 мм; 5 – деталь должна иметь закругленные кромки; 6 – переходы от ступицы к плечу рычага целесообразно выполнять так, как показано на рисунке;

7 – изготовление канавки прессованием невозможно, необходима дополнительная обработка резанием

Сложными для изготовления являются детали, имеющие различно расположенные по высоте внешние или внутренние фланцы, а также детали, имеющие отверстия. Для изготовления таких деталей применяются многопуансонные пресс-формы. Монолитным пуансоном прессуют только те изделия, сечение которых изменяется по высоте не более, чем на 25 %. Изготовление отверстий любой формы (но размером не менее 2...3 мм), расположенных в направлении прессования, с помощью стержней не представляет каких-либо трудностей.

Схема пресс-формы для получения изделий простой цилиндрической формы с отношением высоты к диаметру меньше 1 односторонним прессованием приведена на рис. 3.2.

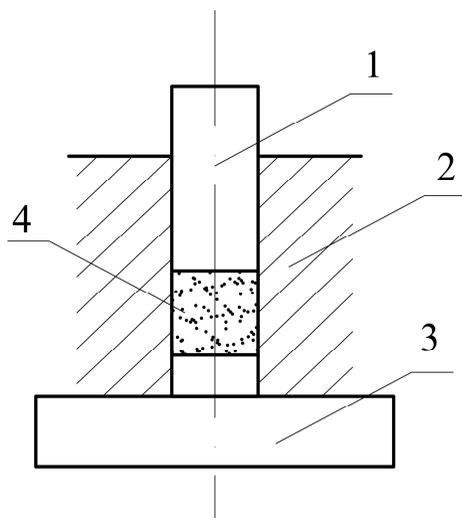


Рис. 3.2. Схема пресс-формы:
1 – верхний пуансон; 2 – матрица; 3 – нижний пуансон; 4 – порошок

При необходимости прессования изделий с отношением высоты к диаметру (поперечному размеру) более 1 или когда форма изделия такова, что одностороннее прессование не может обеспечить равномерную плотность по объему изделия, используют пресс-формы двустороннего прессования, схемы которых приведены на рис. 3.3–3.5.

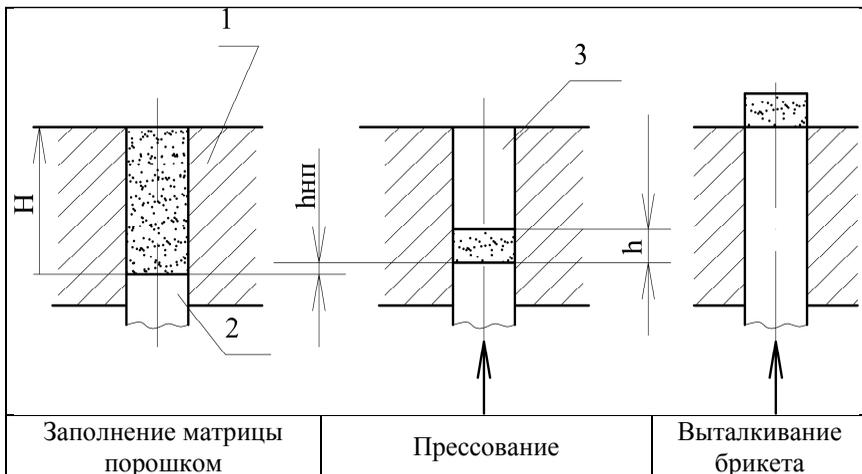


Рис. 3.3. Схема пресс-формы с неподвижной матрицей для двустороннего прессования:
 1 – матрица; 2 – нижний пуансон; 3 – верхний пуансон

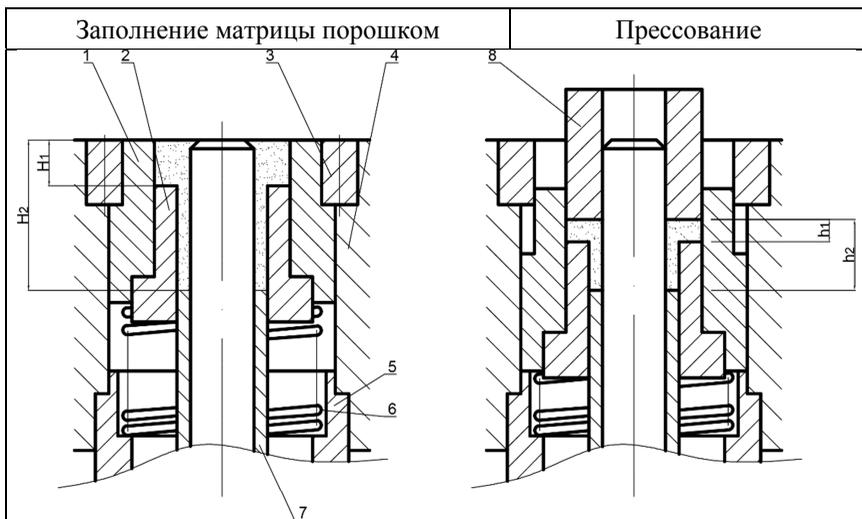


Рис. 3.4. Схема пресс-формы для прессования втулок с наружным верхним буртом:
 1 – матрица; 2, 7 – составные элементы нижнего пуансона; 3 – кольцо;
 4 – обойма; 5 – упор; 6 – пружина; 8 – верхний пуансон

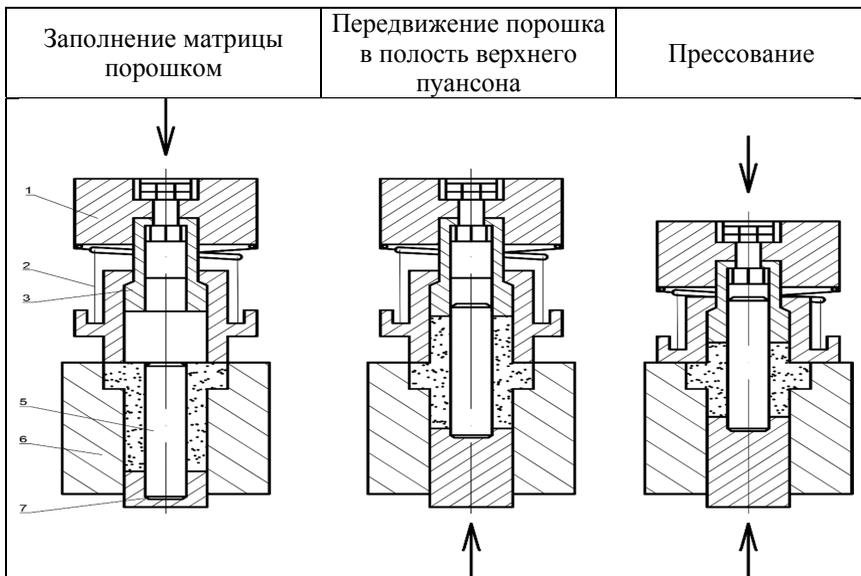


Рис. 3.5. Схема автоматической пресс-формы для прессования втулок с наружным буртом посередине:

1 – основание верхнего пуансона; 2 – пружина; 3 – неподвижная часть верхнего пуансона; 4 – подвижная часть верхнего пуансона; 5 – стержень; 6 – матрица; 7 – нижний пуансон

В этом случае матрица может быть:

- неподвижна (усилие прикладывается к верхнему и нижнему пуансонам), рис. 3.3, 3.4;
- подвижна или «плавать», опираясь на пружины (усилие прикладывается к верхнему пуансону), рис. 3.5.

Для прессования изделий очень сложной формы применяют верхние и (или) нижние составные пуансоны с несколькими подвижными частями, количество которых соответствует количеству переходов (изменение размеров) по высоте.

Основные размеры пуансонов и внутренних полостей матрицы определяются размерами изделия с учетом технологических и физических свойств порошка, припусков на механическую обработку. Расчету подлежат высота и диаметр (поперечный размер) матрицы, формирующий наружный габаритный размер прессовки, диаметр стержня, формирующего отверстие детали или размеры составных пуансонов, а также высота верхнего и нижнего пуансонов.

При проектировании пресс-формы предварительно составляют ее эскизную схему с учетом направления и специфических особенностей прессования.

Высоту матрицы рассчитывают по формуле

$$H_{\text{матр}} = \frac{\gamma_{\text{п}}}{\gamma_{\text{н}}} \left(h_{\text{н}} \pm \frac{A_h}{2} + q_h - \Delta h_{\text{п}} \pm \Delta h_{\text{yc}} \right) + 2l, \quad (1)$$

где $\gamma_{\text{п}}$ – плотность спрессованного изделия, кг/м³;

$\gamma_{\text{н}}$ – насыпная плотность порошка, кг/м³;

$h_{\text{н}}$ – номинальная высота готового изделия, мм;

A_h – допуск на размер $h_{\text{н}}$, мм;

q_h – припуск на дополнительную обработку, мм;

$\Delta h_{\text{п}}$ – величина упругого последействия, которая находится по формуле $\Delta h_{\text{п}} = 0,005h_{\text{н}}$;

Δh_{yc} – величина усадки, которая находится по формуле $\Delta h_{\text{yc}} = (0,01 \dots 0,02)h_{\text{н}}$. Причем величина усадки берется со знаком «+», если при спекании размер уменьшается, и со знаком «-», если размер увеличивается;

l – высота заходной части матрицы под верхний или нижний пуансоны, принимаемая обычно равной 10...15 мм.

Размер полости матрицы рассчитывается по формуле

$$D_{\text{матр}} = D_{\text{н}} \pm \frac{A_D}{2} - \Delta l_{\text{п}} \pm \Delta l_{\text{yc}} + q_D, \quad (2)$$

где $D_{\text{н}}$ – соответствующий номинальный размер наружной поверхности изделия, формирующийся в данной полости матрицы, мм;

A_D – допуск на размер $D_{\text{н}}$, мм;

$\Delta l_{\text{п}}$ – величина упругого последействия по размеру $D_{\text{н}}$, мм, $\Delta l_{\text{п}} = 0,003D_{\text{н}}$ [4];

Δl_{yc} – величина усадки при спекании по размеру $D_{\text{н}}$, мм, $\Delta l_{\text{yc}} = (0,01 \dots 0,02)D_{\text{н}}$. Если при спекании размер уменьшается, то в расчете берется знак «+», если увеличивается – знак «-»;

q_D – припуск на дополнительную обработку.

Формулу (2) используют также для определения размера стержня ($d_{ст}$), формирующего внутреннее отверстие изделия, причем за D_H принимают соответствующий размер отверстия. При расчете $D_{матр}$ половину допуска $A_D / 2$ берут со знаком «-»; при расчете $d_{ст}$ половину допуска $A_D / 2$ берут со знаком «+».

Высоту пуансона, к которому прикладывают прессующее усилие и который одновременно служит для выталкивания изделия, можно определить по формуле

$$H_{пуан} = H_{матр} + L, \quad (3)$$

где L – либо высота, необходимая для крепления пуансона в пуансонодержателе, либо размер, равный 5...10 мм, если пуансон не нужно крепить в пуансонодержателе.

Высота второго пуансона в этом случае должна быть равна высоте заходной части матрицы и составляет обычно 10...15 мм. Если же пуансон, к которому прикладывается прессующее усилие, не является одновременно и выталкивателем, то его высота определяется по формуле

$$H_{пуан} = H_{матр} - h - l + (5...10),$$

где $H_{матр}$, h , l имеют значения, указанные в формуле (1), а высота второго пуансона, служащего для выталкивания, рассчитывается по формуле (3).

Рекомендуются следующие посадки на сопрягаемые поверхности деталей пресс-форм: $H7 / f7$, $H8 / e8$, $H9 / e9$.

Достигается точность металлокерамических изделий в пределах допусков 8, 9 квалитетов, шероховатость $Ra = 2,5...1,25$; рекомендуемая точность размеров – 10, 11 квалитет, шероховатость $Ra = 5...1,25$. При более высоких требованиях к точности металлокерамических изделий они калибруются (шлифуются или подгоняются). При этом достигается точность размеров в пределах 7 квалитета, шероховатость $Ra = 1,25...0,32$.

В практической работе припуск на калибровку рекомендуется оставлять 0,25...0,5 мм. Калибровка производится по высоте и диа-

метру. Наружные поверхности следует калибровать с большими допусками, а внутренние – с меньшими.

Правильность выбора навески прессуемого порошка – одно из важных условий изготовления деталей заданных размеров и форм.

При расчете навески пользуются формулой

$$Q = \gamma_k \cdot V \cdot (1 - \Pi) \cdot m_1 \cdot m_2, \quad (4)$$

где V – объем готового изделия, м³;

γ_k – плотность беспористого материала, для стали $\gamma_k = 7800$ кг/м³;

Π – достигаемая пористость готового изделия;

m_1 – коэффициент, учитывающий потери порошка при прессовании, $m_1 = 1,005 \dots 1,01$ (в зависимости от точности изготовления деталей пресс-формы);

m_2 – коэффициент, учитывающий потери веса при спекании в результате восстановления окислов и выгорания примесей, $m_2 = 1,01 \dots 1,03$.

При прессовании многокомпонентных материалов (порошковых смесей) их плотность рассчитывается по правилу аддитивности:

$$\gamma_k = \frac{100}{\frac{a_1}{\gamma_1} + \frac{a_2}{\gamma_2} + \frac{a_3}{\gamma_3} + \dots + \frac{a_n}{\gamma_n}}, \quad (5)$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_n$ – плотность отдельных компонентов, кг/м³;

a_1, a_2, a_3, a_n – содержание отдельных компонентов в шихте, % (по массе).

Заготовки контролируются по следующим параметрам: внешний вид, геометрические размеры, плотность, твердость, химический состав готового изделия.

С помощью визуального осмотра выявляются такие виды брака, как сколы, трещины, задиры, окисление поверхности заготовки. Если дефекты незначительны, их устраняют в процессе дальнейшей механической обработки заготовки. Изделия с окисленными поверхностями подвергаются повторному спеканию или дополнительному нагреву при температуре 800...900 °С.

Геометрические размеры деталей контролируют с помощью стандартного измерительного инструмента (штангенциркуль, микрометр) с точностью до 0,01...0,1 мм. Если геометрические размеры детали превышают расчетные, но масса соответствует заданной, деталь подвергают повторному прессованию.

Плотность спеченных изделий правильной геометрической формы определяется расчетным путем. Он заключается в измерении детали, определении ее объема, взвешивании, расчете плотности.

Плотность $\gamma_{\text{изд}}$ определяется по формуле

$$\gamma_{\text{изд}} = \frac{m'_1}{V}, \quad (6)$$

где m'_1 – масса детали, кг;

V – объем детали, м³.

Наряду с плотностью важное значение имеет пористость $P_{\text{об}}$, которая выражается формулой

$$P_{\text{об}} = \left(1 - \frac{\gamma_{\text{изд}}}{\gamma_k} \right) \cdot 100. \quad (7)$$

Плотность изделий сложной геометрической формы определяется методом гидростатического взвешивания.

Твердость спеченных изделий измеряется с помощью приборов Бринелля или Роквелла.

Химический состав спеченных конструкционных изделий определяется с помощью химического анализа. В материалах на основе железа целесообразно контролировать лишь те компоненты, содержание которых может изменяться в процессе спекания (графит, сульфиды металлов и др.).

Методические указания

Методика выполнения работы рассматривается на следующем примере (рис. 3.6).

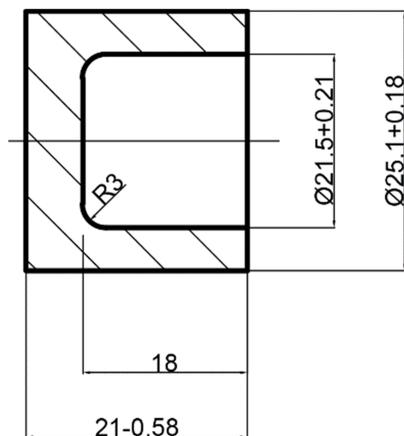


Рис. 3.6. Втулка

Втулка, показанная на рис. 3.6, должна иметь следующие технические характеристики: масса – 0,032 кг; пористость – 17...25 %; $\sigma = 170$ МПа; $a_k = 40$ кДж/м²; HB90.

Исходя из заданных свойств детали выбирается материал детали (по табл. 3.1).

В данном случае заданным техническим характеристикам удовлетворяют материалы: Ж-7,3; ЖГр 0,5-7,3; ЖД5Н5-6.6. Для изготовления втулки выбирается ЖГр 0,5-7,3. Относительная плотность спрессованного изделия: $100 - (17...25) = 83...75$ (%), плотность спрессованного изделия, которую необходимо получить, $\gamma_{\text{изд}} = 7800 \times (0,83...0,75) = 6800...5800$ кг/м³.

Деталь не имеет изменений по диаметру, острых углов, выступов, конусности; толщина стенки – 2,3 мм, отношение длины к диаметру составляет $21 / 26,1 = 0,81$, отношение высоты к толщине стенки – $18 / 2,3 = 7,8$, что не превышает допустимого. Точность изготовления: поверхность $\text{Ø}26,1_{-0,08} - h10$, поверхность $\text{Ø}21,5^{+0,21} - H12$, остальные размеры по 14 качеству, шероховатость рабочих поверхностей $Ra = 1,6$, остальных – $Ra = 3,2$.

Деталь может быть спрессована в конечном виде без дополнительной обработки. С точки зрения порошковой металлургии она технологична. При прессовании усилие прессования должно быть направлено вдоль оси. С целью получения изделия с равномерной

твердостью и плотностью применяется двустороннее прессование, которое осуществляется за счет приложения усилия прессования к верхнему пуансону с принудительным опусканием матрицы («плавающая» матрица). Схема пресс-формы приведена на рис. 3.7.

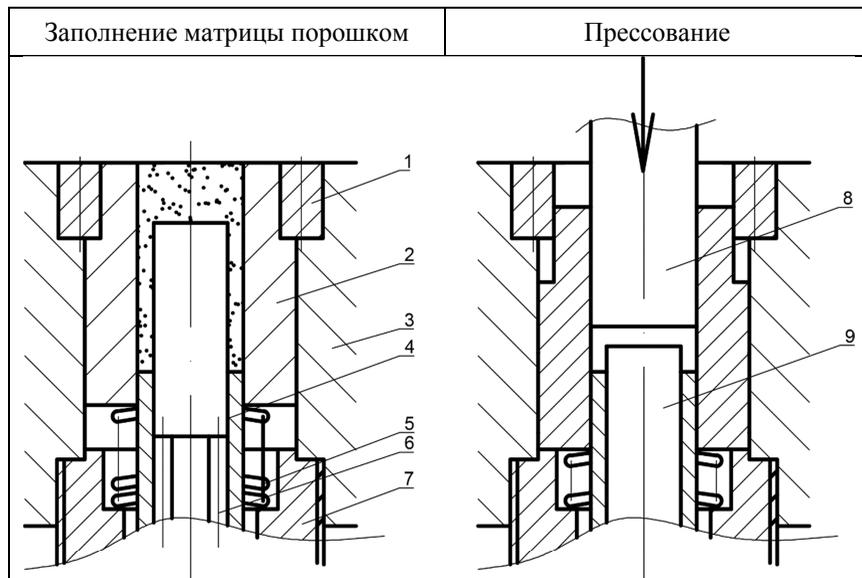


Рис. 3.7. Схема прессования:

1 – кольцо; 2 – матрица; 3 – обойма; 4 – нижний пуансон; 5, 6 – пружины; 7 – упор; 8 – верхний пуансон; 9 – стержень

Основные размеры рабочей полости пресс-формы:

$$H_{\text{матр}} = \frac{\gamma_n}{\gamma_n} \left(h_n + \frac{A_h}{2} + q_h - 0,005h_n + 0,02h_n \right) + 2l,$$

где $\gamma_n = 7300 \text{ кг/м}^3$;

$\gamma_n = 2500 \text{ кг/м}^3$;

$h_n = 21 \text{ мм}$;

$A_h = 0,58 \text{ мм}$;

$q_h = 0$;

$l = 10 \text{ мм}$.

$$H_{\text{матр}} = \frac{7300}{2500} \left(21 + \frac{0,58}{2} - 0,005 \cdot 21 + 0,02 \cdot 21 \right) + 2 \cdot 10 = 80,97 \text{ мм.}$$

Принимаем $H_{\text{матр}} = 81 \text{ мм.}$

$$H_{\text{прессовки}} = 21 - \frac{0,58}{2} + 0,02 \cdot 21 = 21,13 \text{ мм;}$$

$$D_{\text{матр}} = D_{\text{н}} - \frac{A_D}{2} - 0,003 \cdot D_{\text{н}} + 0,02 \cdot D_{\text{н}} + q_D,$$

где $D_{\text{н}} = 26,1 \text{ мм;}$

$A_D = 0,08;$

$q_D = 0.$

$$D_{\text{матр}} = 26,1 + 26,1 \cdot 0,003 + 0,02 \cdot 26,1 - \frac{0,08}{2} = 26,504 \text{ мм.}$$

Принимается $D_{\text{матр}} = 26,5 \text{ мм.}$

$$D_{\text{прессовки}} = 26,58 \text{ мм;}$$

$$d_{\text{стержня}} = d_{\text{н}} + \frac{A_D}{2} + 0,003d_{\text{н}} - 0,02d_{\text{н}} - q_d,$$

где $d_{\text{н}} = 21,5 \text{ мм;}$

$A_D = 0,21 \text{ мм;}$

$q_d = 0.$

$$d_{\text{ст}} = 21,5 + \frac{0,21}{2} + 0,003 \cdot 21,5 - 0,02 \cdot 21,5 = 21,24 \text{ мм;}$$

$$D_{\text{прессовки}} = 21,17 \text{ мм;}$$

$$H_{\text{верх.пуан}} = H_{\text{матр}} - h - l + (5 \dots 10);$$

$$H_{\text{верх.пуан}} = 81 - 21 - 10 + 10 = 60;$$

$$H_{\text{стержня}} = H_{\text{матр}} + L;$$

$$H_{\text{стержня}} = 81 + 35 = 116 \text{ мм.}$$

Масса навески для прессования втулки:

$$Q = \gamma_k \cdot V \cdot (1 - \Pi) \cdot m_1 \cdot m_2,$$

$$\text{где } \gamma_k = \frac{100}{\frac{a_1}{\gamma_1} + \frac{a_2}{\gamma_2}};$$

$$\gamma_k = \frac{100}{\frac{0,5}{2200} + \frac{99,5}{7800}} = 7740 \text{ кг/м}^3;$$

$$1 - \Pi = \frac{7300}{7800} = 0,93;$$

$$Q = 7740 \cdot 4,4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,93 \cdot 1,01 \cdot 1,03 = 0,0329 \text{ кг.}$$

Для оценки качества заготовок, полученных порошковой металлургией, выдается чертеж детали и 5 заготовок этой детали, имеющей форму, аналогичную заданной. Заготовки следует проконтролировать по следующим параметрам: внешний вид (виды брака указаны в общих положениях), геометрические размеры, шероховатость поверхностей по сравнению с образцами.

Вид и количество контролируемых параметров устанавливается (по согласованию с преподавателем) в зависимости от служебного назначения, конструктивной формы и требований к точности изготовления детали.

Порядок выполнения работы

1. Провести анализ технологичности детали, выбрать материал.
2. Выбрать схему прессования.
3. Определить размеры рабочей полости пресс-формы.
4. Определить массу навески.
5. Вычертить чертеж прессовки.
6. Начертить эскиз детали, выданной для оценки качества заготовок. Установить критерии оценки состояния поверхностей заготовок.
7. Произвести измерения этих размеров у 5-ти заготовок.
8. Оценить заготовки по внешнему виду, оценить шероховатость указанных поверхностей в сравнении с образцами.
9. Сделать выводы.

Содержание отчета

1. Название работы, цель работы.
2. Чертеж детали, технические характеристики материала.
3. Анализ технологичности конструкции детали.
4. Схема прессования.
5. Определение размеров рабочей полости: высота, поперечный размер матрицы, пуансона, стержней.
6. Определение массы навески.
7. Чертеж прессовки.
8. Эскиз детали для оценки качества заготовки.
9. Результаты анализа качества деталей.
10. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Преимущества и недостатки получения заготовок порошковой металлургией.
2. Какая последовательность производства изделий порошковой металлургией?
3. Какие основные требования к технологичности конструкции порошковой детали?
4. Как рассчитать высоту рабочей полости матрицы?
5. Как определить поперечный размер рабочей полости матрицы?
6. Виды брака.

Лабораторная работа № 4

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ШТАМПУЕМЫХ НА МОЛОТАХ, ПРЕССАХ И ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИНАХ (ГКМ)

Цель работы: практическое освоение проектирования заготовок, навыков анализа их качества.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

Основные положения

Горячая объемная штамповка – способ обработки металлов давлением, заключающийся в деформировании нагретого металла в штампе.

В процессе деформирования металла, происходящем в ограниченной стенками штампа полости, называемой ручьем штампа, заготовка приобретает форму и размеры ручья штампа. Благодаря противодействию стенок штампа течение металла, вызываемое внешними силами (ударом молота, нажатием прессы), характеризуется определенной направленностью и высокой интенсивностью пластического перемещения частиц заготовки по всему охваченному деформированием объему (отсюда название «объемная штамповка»).

В качестве исходных заготовок для горячей объемной штамповки применяют прокат круглого, квадратного, прямоугольного сечений. Способ наиболее целесообразен при массовом, крупносерийном производстве деталей массой от нескольких грамм до нескольких тонн. Наиболее целесообразно изготовление штамповок массой не более 50–100 кг.

Заготовки, полученные горячей объемной штамповкой, имеют шероховатость поверхности $Rz = 80–20$ мкм.

Штамповку на молотах в основном применяют в серийном и крупносерийном производстве поковок массой 0,01–1000 кг различных форм, преимущественно в многоручьевых открытых штампах. Заготовку получают за 3–5 ударов.

На КГШП (кривошипном горячештамповочном прессе) возможна штамповка всех видов заготовок, штампуемых на молотах.

Ввиду худшего заполнения полостей при штамповке сложных поковок на прессах применяют большее число ручьев, чем в молотовых штампах.

Штамповка на ГКМ применяется в условиях крупносерийного и массового производства.

Исходный материал для штамповки – прокат круглого сечения.

На молотах и прессах заготовки можно получать в открытых (рис. 4.1), закрытых (рис. 4.2) штампах и в штампах для выдавливания. Тип штампа определяется конфигурацией заготовки.

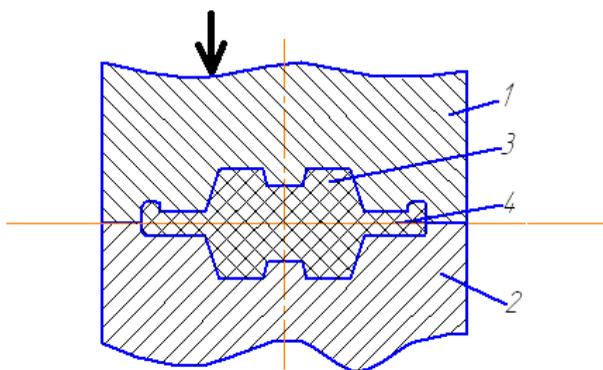


Рис. 4.1. Штамповка в открытом штампе:
1 – верхний (подвижный) штамп; 2 – нижний (неподвижный) штамп;
3 – поковка; 4 – облой

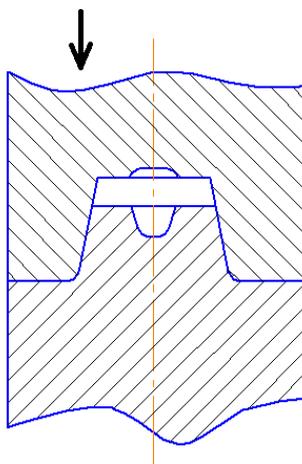


Рис. 4.2. Штамповка в закрытых штампах

Штамповка в открытых штампах характеризуется тем, что штамп в процессе деформирования остается открытым. Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа является переменным, в него затекает металл при деформировании, образуя заусенец. Основное назначение заусенца – компенсация колебаний исходной заготовки по массе. Этот тип штампов можно применять для деталей любой конструкции.

При штамповке в закрытых штампах штамп в процессе деформирования остается закрытым, т. е. металл деформируется в закрытом пространстве.

Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа в процессе деформирования остается постоянным и незначительным по размеру – он только предохраняет штамп от заклинивания. Отсутствие заусенца сокращает расход металла, отпадает необходимость в отрезном прессе и инструменте. Однако этот тип штампа применяется для сравнительно простых деталей, в основном тел вращения.

Кроме того, отсутствие заусенца вызывает необходимость использовать точные заготовки из калиброванного проката или предварительно механически обработанные.

Преимущества безоблойной штамповки (штамповки в закрытых штампах):

1) снижение расхода металла на 20–25 % из-за отсутствия облоя, уменьшение припусков и штамповочных уклонов;

2) улучшение макроструктуры поковки, повышение механических свойств.

Недостатки:

1) требует применения точных по массе заготовок;

2) форма поволоков менее разнообразная, чем в облойной штамповке;

3) ниже стойкость штампов;

4) необходимость тщательной очистки от окалины заготовок и ручьев штампов;

5) точное центрирование заготовки при ее установке в штампе.

Методические указания

Проектирование чертежа штампованной заготовки

Чертеж штампованной заготовки (поковки) разрабатывается на основании чертежа готовой детали. При этом выполняется следующее: выбирается форма поковки; устанавливается положение линии разреза штампа; назначаются припуски на обрабатываемые резанием поверхности и допуски на размеры, относящиеся к этим поверхностям; определяются штамповочные уклоны; выбираются радиусы закругления; определяются форма и размеры наметок отверстий и перемычки под их прошивку; оформляется чертеж заготовки в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1126-88 и с указанием технических требований на изготовление поковки.

Выбор формы поковки

При выборе формы поковки следует учитывать следующие рекомендации:

1. Выполнение сквозных отверстий или углублений в поковках, изготавливаемых на прессах, обязательно в тех случаях, когда оси отверстий или углублений совпадают с направлением движения ползуна прессы, а размеры или диаметры отверстий и углублений больше или равны высоте поковки, но не менее 30 мм. Углубления делаются общей глубиной не более 0,85 их диаметра.

2. Для заготовок, штампуемых на ГКМ, длина прошиваемых отверстий не должна превышать трех их диаметров.

3. Если перепад диаметров готовой детали превышает 5–7 мм, а высота ступени больше 10 мм, то заготовки, масса которых находится в пределах 5–25 кг, целесообразно выполнять ступенчатыми.

4. Форма поковки зависит также от способа штамповки (в открытых или закрытых штампах, на молотах и прессах или на ГКМ).

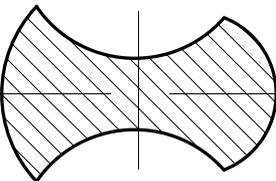
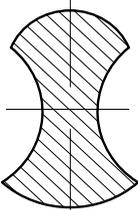
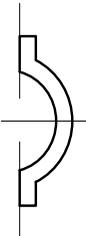
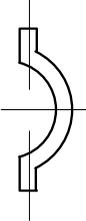
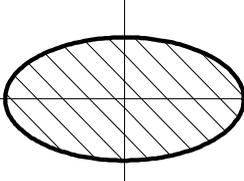
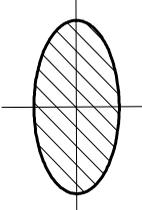
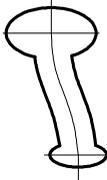
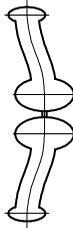
Выбор поверхности разреза штампов

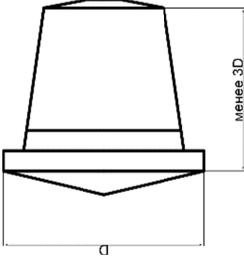
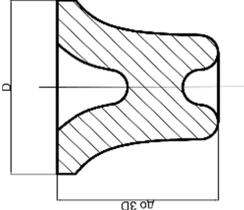
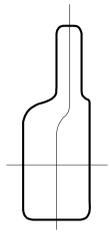
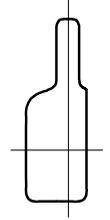
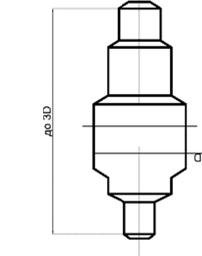
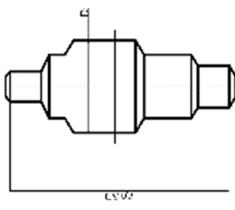
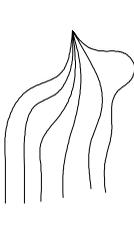
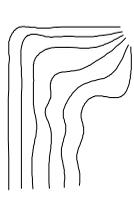
При установлении поверхности разреза штампов руководствуются следующими правилами (табл. 4.1):

1. Плоскость разреза штампа должна гарантировать выемку заготовки из верхней и нижней частей штампа.

Таблица 4.1

Выбор линии разъема штампов

Неправильно	Правильно	Номера пунктов правил	Неправильно	Правильно	Номера пунктов правил
		1			3
		2			4

Неправильно		Правильно		Номера пунктов правил	2	Неправильно		Правильно		Номера пунктов правил	4 и 5
		Номера пунктов правил	2			Номера пунктов правил	6				

2. Глубина выемок должна быть по возможности меньше. Это правило может быть сформулировано еще таким образом: линия разъема должна, по возможности, совпадать с плоскостью двух наибольших взаимно перпендикулярных размеров поковки. Однако от этого правила следует отступать, если при ином разъеме достигается значительное уменьшение массы поковки (например, за счет получения в поковке углублений или отверстий), экономия на отходах (за счет уменьшения периметра поковки по линии среза заусенца). Ручей в верхней половине штампа обычно заполняется легче, поэтому наиболее трудноформируемые части поковки следует располагать в верхней половине штампа. Контур поковки в верхней и нижней половинах штампа по плоскости разъема должен быть одинаков. Если у поковки, имеющей форму тела вращения, длина меньше трех диаметров, ее удобнее и проще штамповать в торец и в нижней половине штампа допустить глубокую выемку. При длине детали больше трех диаметров плоскость разъема следует намечать по продольной оси детали.

3. Плоскость разъема не должна совпадать с верхней плоскостью детали, в противном случае невозможно контролировать взаимное смещение частей штампа.

4. Концы детали должны находиться на одной высоте, иначе при штамповке деталь будет сдвигаться. В этом случае желательно сдвигать поковки.

5. Линия разъема, по возможности, должна быть прямой.

6. Плоскость разъема не должна пересекать волокна, что весьма существенно для малопластичных сплавов.

Назначение допусков и припусков на обрабатываемые поверхности

Величины и правила назначения припусков, допусков и кузнечных напусков при штамповке стальных поковок регламентируются ГОСТ 7505-89 [4].

Стандарт предусматривает разделение стальных поковок по точности изготовления на 5 классов. Класс точности изготовления поковок следует установить по прил. 1 [4] в зависимости от предъявляемых требований к точности размеров поковок, а также применяемого деформирующего оборудования. При этом допускаются

различные классы точности для разных размеров одной и той же поковки. Класс точности должен указываться в технических требованиях на чертеже поковки.

Стандарт предусматривает также классификацию поковок по:

а) по группам стали (группы М1–М3), определяются по табл. 1 [4].

б) по степени сложности поковок (С1–С4), определяются по прил. 2 [4].

Для последующего назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений определяется исходный индекс по табл. 2 [4]. Исходный индекс должен быть указан в технических требованиях к чертежу поковки.

Припуск на механическую обработку включает основной, а также дополнительные припуски, учитывающие отклонение формы поковки. Величины припусков следует назначать на одну сторону номинального размера поковки.

Основные припуски на механическую обработку поковок в зависимости от исходного индекса, номинальных размеров и шероховатости устанавливаются по табл. 3 [4]. Дополнительные припуски на механическую обработку устанавливаются в зависимости от класса точности по табл. 4 [4] (смещение по поверхности разъема штампа), табл. 5 [4] (изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности) и табл. 6 [4] (отклонения межосевого расстояния).

Допуски и допускаемые отклонения размеров поковок назначаются в зависимости от исходного индекса и размеров поковки по табл. 8 [4].

Штамповочные уклоны

Уклоны в штампованной поковке назначаются для облегчения удаления поковки из штампа. Это достигается за счет снижения вертикального усилия, необходимого для преодоления сил трения и уменьшения пути, на котором эти силы преодолеваются.

Штамповочные уклоны устанавливают при штамповке на молотах и прессах на всех вертикальных поверхностях поковок (рис. 4.3), а при изготовлении последних на ГКМ – на всех поверхностях выступов, углублений и сквозных отверстий, выполняемых пуансонами. При штамповке ступенчатых поковок на ГКМ уклоны назнача-

ются также на всех замкнутых штампом поверхностях, располагающихся перпендикулярно к движению высадочного пуансона.

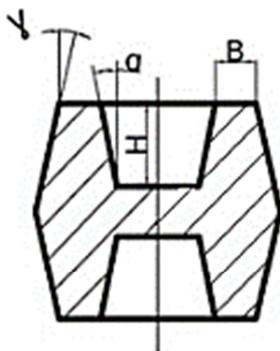


Рис. 4.3. Штамповочные уклоны в градусах в зависимости от отношения высоты ребра к его ширине. Штампы с выталкивателями

Величина штамповочных уклонов определяется в 7° для внешних и 10° для внутренних поверхностей при штамповке на молотах, при штамповке на прессах с выталкивателем и ГKM – соответственно 5° и 7° . При изготовлении поковок с впадинами или сквозными отверстиями на горизонтально-ковочных машинах уклоны на поверхностях впадин или отверстий не должны превышать 3° [4].

Если по конструктивным соображениям уклоны желательны, их рекомендуется делать максимально возможными или по ГОСТ 7505-89. Если же они нежелательны, то можно назначить их максимальными по табл. 4.2.

Таблица 4.2

Допустимо			Рекомендуется		
H:В	α°	γ°	H:В	α°	γ°
До 2	1°	$1,5^\circ$	1	1°	$1,5^\circ$
4	2°	3°	3	2°	3°
6	3°	5°	4	3°	5°

Радиусы и закругления

Радиусы закруглений бывают наружные R , образующиеся при заполнении металлом углов в углублениях штампов, и внутренние r , образуемые пуансонами и выступами штампов при вдавливании их в металл. Чем больше радиусы закруглений в углах штампов и на соответствующих поверхностях поковок, тем выше стойкость штампов (т. к. ниже концентрация напряжений в углах штампов при их работе) и меньше необходимое усилие штамповки (т. к. металл легче вдавить в углы штампов с большими радиусами).

Наименьшие радиусы закруглений внешних углов поковок приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Наименьшие радиусы закруглений внешних углов поковок
по ГОСТ 7505-89

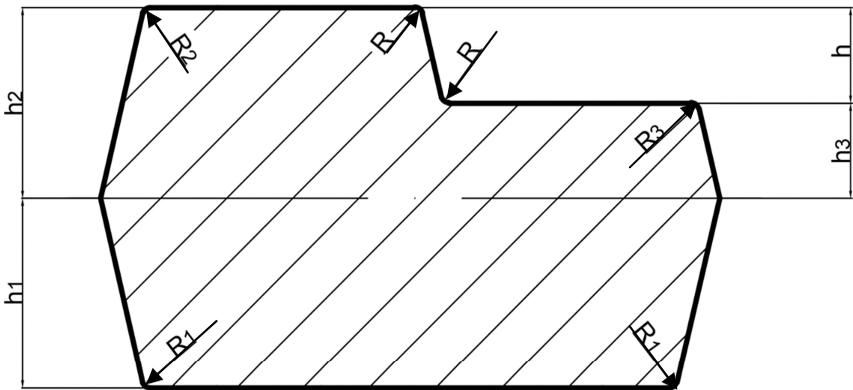
Масса поковки, кг	Наименьшие радиусы закруглений R , мм, при глубине полости ручья штампа, мм			
	До 10	Свыше 10 до 25	Свыше 25 до 50	Свыше 50
До 1,0	1	1,5	2	3
Свыше 1,0 до 6	1,5	2	2,5	3,5
Свыше 6 до 16	2	2,5	3	4
Свыше 16 до 40	2,5	3	4	5
Свыше 40 до 100	3	4	5	7
Свыше 100	4	5	6	8

Внутренние радиусы закруглений на поковках должны быть примерно в 3–4 раза больше принятых для данной поковки наружных радиусов закруглений. Наименьшие технологические радиусы закругления при штамповке приведены в табл. 4.4. При штамповке из малопластичных сплавов указанные значения радиусов увеличиваются в 1,5 раза.

Таблица 4.4

Наименьшие радиусы закруглений

Высота ребра h , мм	Радиус r , мм	Высота ребра h , мм	Радиус r , мм
До 5	3	От 25 до 35	8
От 5 до 10	4	От 35 до 50	10
От 10 до 16	5	От 50 до 70	12,5
От 16 до 25	6	От 70 до 100	15

Рис. 4.4. Внутренние радиусы закруглений r *Наметки и перемычки под прошивку отверстий*

После штамповки на молотах и прессах в заготовках часто прошиваются сквозные отверстия диаметром 30 и более миллиметров. Для этой цели в деталях типа тел вращения по центру образуется наметка с одной или двух сторон. Между верхней и нижней наметками располагается перемычка (пленка). Формы наметок и перемычек зависят от размеров конструктивных элементов заготовок. На рис. 4.5 показаны наиболее часто применяемые формы наметок и перемычек.

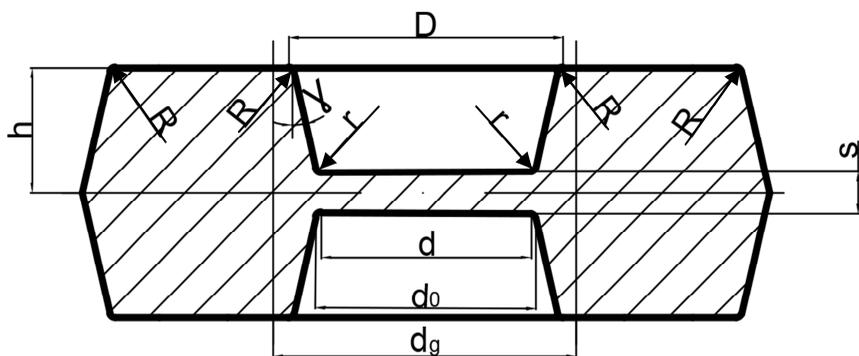


Рис. 4.5. Форма наметок и перемычки для прошивки

Оформление наметок и перемычек на чертеже заготовки начинается с расчета диаметра прошивки отверстия d :

$$d = d_g - 2z_{\text{ном}} - 2r - htg\gamma,$$

где d_g – диаметр отверстия готовой детали;

$z_{\text{ном}}$ – номинальный припуск на сторону отверстия;

r – внутренний радиус наметки по табл. 4.4 (рис. 4.4).

Затем определяется диаметр наметки в плоскости развѐма штампа d_0 :

$$d_0 = d + 2r.$$

Наибольший диаметр наметки D определяется по формуле

$$D = d_0 + htg\gamma,$$

где h – высота (глубина) наметки;

γ – угол внутреннего штамповочного уклона $7-10^\circ$.

Толщина перемычки S принимается $0,1D$, но не менее 4 мм.

Если отношение $2h / D \geq 1,7$ (или углубление наметки требуется более $0,8SD$), то прошивка отверстия не выполняется. В этом случае ограничиваются односторонней или двухсторонней наметкой (см. рис. 4.6, на котором показана глухая наметка без последующей прошивки отверстия). Если глубина глухой наметки не ограничена глу-

биной выемки у готовой детали, то рекомендуется дать полное закругление вершины полости (рис. 4.6) одним радиусом.

В частности, при $\gamma = 10^\circ$ и полном закруглении вершины наметки $R = 0,595d_0$.

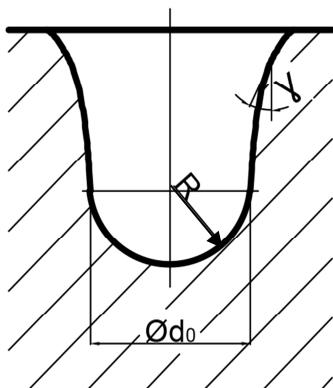


Рис. 4.6. Глухая наметка

Оформление чертежа поковки

При оформлении чертежа поковки следует руководствоваться ГОСТ 3.1126-88 Правила выполнения графических документов на поковки.

Чертеж поковки разрабатывают на основе чистового чертежа детали. Готовую деталь на чертеже поковки показывают штрихпунктирной линией (сплошной тонкой линией), давая лишь необходимые контуры детали, наглядно показывающие наличие припуска на обработку. Подобное изображение готовой детали следует давать преимущественно в разрезах и сечениях только один раз, не повторяя его в других проекциях поковки.

Поковку желательно вычерчивать в том положении, которое она занимает в штампе, в масштабе вычерчивания 1:1. Допустимы уменьшение масштаба (1:2) при вычерчивании крупногабаритных поковок (свыше 750 мм) и увеличение последнего (2:1) для поковок сложных форм размером менее 50 мм.

Система простановки размеров поковки должна полностью соответствовать системе размеров детали и учитывать исходные базы механической обработки; удобство проверки величины припуска

путем сравнения размеров на чертеже поковки с размерами готовой детали; удобство проверки размеров на поковке; простоту разметки поковки при контроле. На чертеже поковки не следует указывать размеры напуска и размеры, определяющие положение линии разреза на поковке, а также не следует проставлять размеры от линии разреза. Все размеры на чертеже поковки проставляются с допусками, что необходимо для контроля поковок.

На чертеже поковки наносятся технические требования в порядке, оговоренном ГОСТ 2.316-2008. Они располагаются параллельно основной надписи чертежа. Состав технических требований поковки регламентирован ГОСТ 8479-70.

Технические требования содержат обычно следующую информацию, расположенную в указанной последовательности:

- термообработка и твердость поковок;
- класс точности изготовления, группа стали, степень сложности поковки, исходный индекс;
- допускаемая величина заусенца и смещения штампов;
- точность неоговариваемых размеров поковки;
- допуски по несоосности прошиваемых в поковках наметок к внешним контурам поковки;
- допускаемые отклонения по изогнутости, неплоскостности и непрямолинейности (для плоских поверхностей), а также радиальному биению (для цилиндрических поверхностей);
- не обозначенные на чертеже радиусы закруглений и штамповочные уклоны;
- допуски на радиусы закруглений;
- глубина внешних дефектов и другие требования к качеству поверхности, условия и методы испытаний (места отпечатка при испытании твердости, места образцов, вырезаемых для механических испытаний, и др.);
- указания о маркировании и клеймении; ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

Место отпечатка твердости следует указать на плоской поверхности, лучше на необрабатываемой, учитывая также удобства укладки поковки на стол прессы для испытания твердости. Место клеймения предпочтительно указать на необработанной поверхности, в противном случае надо учесть последовательность дальнейшей

механической обработки с тем, чтобы снятие клейменной поверхности производилось после перенесения клейма на ранее обработанную поверхность. Пример оформления чертежа поковки представлен на рис. 4.7.

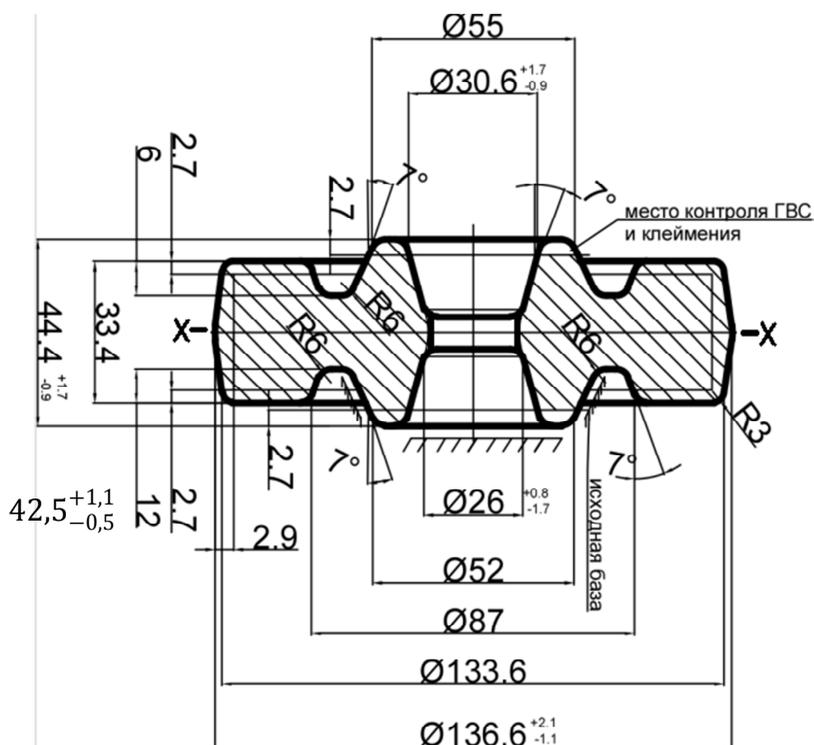


Рис. 4.7. Пример оформления поковки

Анализ качества поковок

К технологическим погрешностям при штамповке относятся: неточность диаметральных и продольных размеров, сдвиг по разему, несоосность прошиваемых в поковках отверстий к внешним контурам, непараллельность торцевых поверхностей, изогнутость, остатки заусенца. Эти погрешности определяются путем измерения заготовок.

Кроме того, такие виды погрешностей, как забоины, недоштамповка, незаполнение формы, заштамповка окалины, устанавливаются внешним осмотром (визуально).

Для измерения диаметральных и продольных размеров величины сдвига (смещения) следует использовать штангенциркуль с ценой деления 0,05 мм. Остатки заусенца измеряют штангенциркулем с ценой деления 0,1 мм, используя его как глубиномер.

Изогнутость поковок типа «стержень» определяется в призме с помощью индикатора часового типа, закрепленного в стойке, аналогично проверке биения.

Непараллельность торцов заготовки проверяется с помощью индикатора часового типа, закрепленного в стойке. Деталь при этом располагается на плите.

Несоосность прошитого в поковке отверстия к внешнему контуру можно определить как половину максимальной разности толщин стенок полого цилиндра, измеренных в четырех равнорасположенных по окружности точках.

Результаты измерений и внешнего осмотра заготовки необходимо сопоставить с требованиями, изложенными в чертеже анализируемой заготовки, и сделать соответствующие выводы.

В выводах нужно дать заключение о годности заготовки для получения из нее детали заданного качества.

Порядок выполнения работы

1. Изучить чертеж детали, выданной для проектирования заготовки.
2. Выбрать штамповочное оборудование.
3. Выбрать форму заготовки.
4. Выбрать плоскость разъема штампа.
5. Определить группу стали, класс точности, степень сложности, исходный индекс.
6. Назначить припуски и кузнечные напуски.
7. Назначить штамповочные уклоны.
8. Назначить радиусы закруглений.
9. Назначить допускаемые отклонения размеров.
10. Назначить допускаемую величину остаточного облоя.

11. Назначить допускаемые отклонения от плоскостности, от концентричности пробитого отверстия относительно внешнего контура поковки, дополнительное смещение по поверхности разъема штампа.
12. Выполнить чертеж (эскиз) заготовки (поковки).
13. Изучить чертеж заготовки, выданный для анализа ее качества.
14. Выполнить измерения заданных параметров заготовки и провести анализ ее качества.
15. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы, цель работы.
2. Чертеж детали с указанием размеров.
3. Эскиз (чертеж) поковки с указанием размеров и технических требований.
4. Протокол измерений заданных параметров анализируемой поковки.
5. Результаты анализа качества заготовки и выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое горячая объемная штамповка?
2. При каких условиях возможно получение сквозного отверстия в заготовках, штампуемых на КГШП и ГКМ?
3. Какие требования следует учитывать при выборе плоскости разъема штампа?
4. Какие факторы влияют на величину припусков на обрабатываемые поверхности? От чего зависит величина предельных отклонений размеров заготовок, получаемых штамповкой?
5. Какие формы перемычек бывают и от чего это зависит?
6. Какие технические требования следует указать на чертеже поковки?
7. Чем отличается штамповка в открытых штампах от штамповки в закрытых штампах?
8. Назовите виды технологического брака и методы его обнаружения.

Лабораторная работа № 5

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВОЙ ПРОКАТКОЙ

Цель работы: освоение методики проектирования заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой, и приобретение практических навыков анализа их качества.

Основные положения

Поперечно-клиновой прокаткой рекомендуется изготавливать заготовки из конструкционных сталей, имеющие несколько ступеней со значительными перепадами диаметров (рис. 5.1). При этом значительно увеличивается производительность труда по сравнению с обработкой таких деталей методом резания и уменьшается расход металла на 30–60 %.

В качестве исходной заготовки для прокатки используется круглый прут, который рубится на штучные или сдвоенные заготовки.

Заготовки, полученные поперечно-клиновой прокаткой, могут быть использованы непосредственно на участках механической обработки или в качестве промежуточных заготовок для штамповки в открытых или закрытых штампах.

Наиболее распространенной схемой поперечно-клиновой прокатки является прокатка цилиндрических поверхностей плоским клиновым инструментом в открытых калибрах. Инструментом служат плоские клинообразные элементы, устанавливаемые на плиты поперечно-клиновых машин, работающих в автоматическом режиме. Штучная заготовка укладывается поперек заходной части на держиватель инструмента. Оба инструмента, перемещаясь навстречу друг другу синхронно и параллельно, внедряются в заготовку, вызывая ее вращение (рис. 5.2). Инструменты имеют боковые наклонные деформирующие грани формообразующего участка M , которые заставляют избыток металла по направлению к торцам, тем самым удлиняя заготовку. На участке захвата A клин внедряется в заготовку и образует на ней кольцеобразную канавку, которая затем расширяется благодаря воздействию наклонной боковой грани M , расположенной под углами наклона α и заострения β .

На участке прокатки и калибровки *Б* на мостике *К* происходит калибровка деформируемого металла по мере его выхода с наклонной грани на калибрующую плоскость мостика.

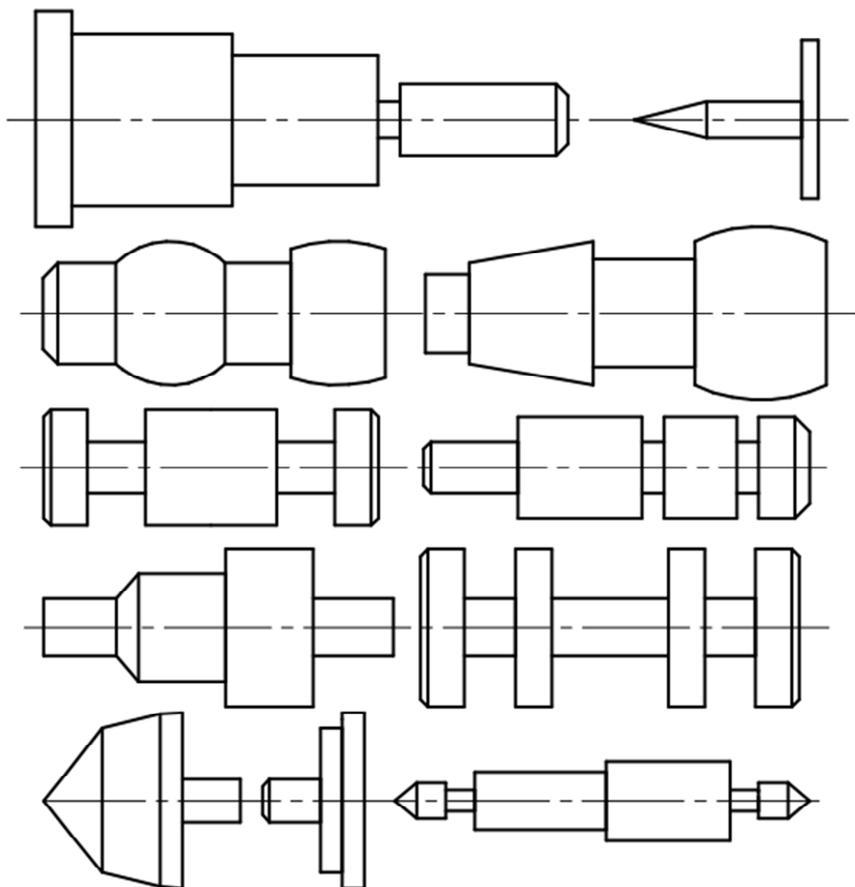


Рис. 5.1. Детали, получаемые поперечно-клиновой прокаткой

Углы клинового инструмента, обеспечивающие вращение заготовки без проскальзывания, должны находиться в следующих пределах: $\alpha = 15\text{--}45^\circ$, $\beta = 3\text{--}15^\circ$.

При поперечно-клиновой прокатке возможны следующие погрешности:

- 1) смятие при выходе прокатанных деталей из контакта с инструментом;
- 2) искривление оси детали;
- 3) конусность ступеней вала;
- 4) огранка поперечного сечения;
- 5) смещение заготовки в процессе прокатки.

Смятие прокатываемых заготовок происходит по двум причинам: из-за отсутствия на инструменте плавного выхода (уклона), обеспечивающего постепенное ослабление контакта между прокатываемой заготовкой и инструментом, и проскальзывания одного из инструментов относительно заготовки. Последнее обстоятельство может быть причиной характерного для клиновой прокатки вида брака – недоката.

Причинами искривления оси заготовки являются: перекося заготовки в момент ее захвата; ее проскальзывание в процессе прокатки; скручивание отдельных сечений из-за различных радиусов качения и др.

Конусность прокатываемых участков и огранка поперечного сечения заготовок объясняются клиновой конструкцией инструмента и зависят от его геометрических параметров.

Смещение заготовки в процессе прокатки происходит из-за неравномерного нагрева концевых участков заготовки, неидентичности геометрического выполнения клиновых элементов и шероховатости поверхностей, непараллельности установки клинового инструмента и др. Смещение заготовки при прокатке ступенчатых деталей приводит к зарезанию торцевых поверхностей ступеней и образованию характерного вида брака – поперечного заката.

Анализ качества заготовок, полученных поперечно-клиновой прокаткой

Путем внешнего осмотра заготовки (визуально) определяются: смятие, недокат, смещение заготовки и поперечный закат.

Искривление оси детали определяется путем измерения радиального биения ступеней вала, установленного в призмах, с помощью индикатора часового типа.

Конусность ступеней заготовки измеряется следующим образом. С помощью штангенциркуля с ценой деления 0,05 мм замеряют диаметры шейки вала в двух крайних сечениях ступени и расстояние между сечениями. Затем по формуле вычисляют конусность.

Огранку измеряют с помощью индикатора часового типа на отдельных ступенях заготовки, установленной на призму с углом 90°. Индикатор часового типа закрепляется в стойке. Деталь устанавливается на призму ступенью, на которой определяется огранка.

Измеренные значения линейных размеров, погрешностей формы, кривизны затем необходимо сопоставить с техническими требованиями чертежа заготовки.

Методические указания

Проектирование чертежа заготовки

Чертеж заготовки составляется на основании чертежа готовой детали. На поверхности детали назначаются припуски, допуски, радиусы скруглений углов, напуски. Устанавливаются технические требования к заготовке. Точность размеров заготовки, полученной поперечно-клиновой прокаткой, обычно соответствует 4-му классу по ГОСТ 7505-89 [4].

Номинальные размеры прокатанной заготовки получают путем прибавления к наибольшим предельным размерам готовой детали припусков:

$2Z$ для диаметральных размеров;

Z для остальных размеров.

Значения припусков на сторону Z приведены в табл. 5.1.

На торцах заготовки, оформляемых отрезными ножами клинообразного инструмента, необходимо предусматривать выступы высотой до 1 мм.

Таблица 5.1

Припуски на механическую обработку на сторону для заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой для деталей с шероховатостью $R_a = 80 \dots 20$ мкм [4]

Масса прокатанной заготовки, кг	Диаметр заготовки, мм		Длина прокатанной заготовки, мм									
	До 50	Свыше 50 до 120	До 50	Свыше 50 до 120	Свыше 120 до 180	Свыше 180 до 260	Свыше 260 до 360	Свыше 360 до 500	Свыше 500 до 630	Свыше 630 до 800		
			До 50	Свыше 50 до 120	Свыше 120 до 180	Свыше 180 до 260	Свыше 260 до 360	Свыше 360 до 500	Свыше 500 до 630	Свыше 630 до 800		
До 0,25	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	1,0	1,1	1,3	
0,25–0,63	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,2	1,3	1,5	
0,63–1,60	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	
1,60–2,50	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	
2,50–4,00	0,8	0,9	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,6	1,7	1,9	
4,00–6,30	1,0	1,1	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8	1,9	2,1	
6,30–10,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,9	2,0	2,2	
10,0–16,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	2,0	2,1	2,3	

Примечание: при меньшей шероховатости обрабатываемых поверхностей к припускам прибавляют:

а) при шероховатости $R_a = 10–2,5$ (мкм) – 0,3...0,5 мм;

б) при шероховатости $R_a \leq 1,25$ мкм – 0,5...0,8 мм.

Радиусы скруглений внешних и внутренних углов заготовки назначаются по табл. 5.2.

Таблица 5.2

Радиусы скругления углов заготовки

Масса прокатанной заготовки, кг	Номинальные радиусы скругления углов, мм	
	внешних	внутренних
0,25–0,63	0,8	1,1
0,63–1,6	1,0	1,5
1,6–2,5	1,2	1,9
2,5–4,0	1,5	2,2
4,0–6,3	1,5	2,2
6,3–10,0	1,7	2,6
Свыше 10,0	1,7	2,6

Кольцевые канавки целесообразно прокатывать при их ширине, превышающей 8 мм.

На номинальные диаметральные размеры прокатанной заготовки назначаются верхние отклонения es и нижние отклонения ei :

$$es = es_{u1} + es_{u2} + es_p + es_t,$$

$$ei = ei_{u2} + ei_t,$$

где es_{u1} – отклонение на износ рабочего инструмента, мм;

es_{u2} , ei_{u2} – отклонения, учитывающие погрешность изготовления рабочего инструмента;

es_p – отклонение от параллельности опорных (под инструмент) поверхностей поперечно-клиновой машины;

es_t , ei_t – отклонения по температурному интервалу, учитывающие усадку инструмента.

Допустимые отклонения номинальных продольных размеров – верхнее es_l и нижнее ei_l – определяются по формулам:

$$es_l = es_{u1} + es_{u2} + es_t,$$

$$ei_l = ei_{u2} + ei_c + ei_t,$$

где ei_c – отклонение, учитывающее взаимное смещение клинового инструмента вдоль оси заготовки.

Отклонения номинальных размеров заготовок по отдельным элементам приведены в табл. 5.3–5.4. Приведенные выше зависимости для определений верхних и нижних отклонений продольных размеров распространяются на все внешние размеры. Для внутренних продольных размеров отклонения рассчитываются по этим же зависимостям, но принимаются затем с обратным знаком.

Таблица 5.3

Отклонения размеров заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой по 4-му классу точности ГОСТ 7505-89, определяемые по массе заготовки, мм

Масса прокатанной заготовки, кг	es_{u1}	es_p	ei_c
0,25–0,63	+0,38	+0,06	–0,15
0,63–1,6	+0,47	+0,1	–0,2
1,6–2,5	+0,6	+0,1	–0,2
2,5–4,0	+0,67	+0,2	–0,3
4,0–6,3	+0,75	+0,2	–0,3
6,3–10,0	+0,82	+0,2	–0,3
10,0–16,0	+0,9	+0,2	–0,3

Допуски на кривизну и коробления заготовки определяются по табл. 5.4.

Таблица 5.4

Отклонения размеров заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой по 4-му классу точности ГОСТ 7505-89, определяемые по размерам заготовки, мм

Диаметр или длина	es_t	ei_t	es_{u2}	ei_{u2}	Кривизна
До 50	+0,05	–0,05	+0,05	–0,05	0,3
50–120	+0,12	–0,12	+0,07	–0,07	0,4
120–180	+0,18	–0,18	+0,08	–0,08	0,5
180–260	+0,26	–0,26	+0,09	–0,09	0,6
260–360	+0,36	–0,36	+0,1	–0,1	0,8
360–500	+0,5	–0,5	+0,12	–0,12	1,0
500–630	+0,63	–0,63	+0,14	–0,14	1,2
630–800	+0,8	–0,8	+0,15	–0,15	1,5

В технических требованиях при оформлении чертежа заготовки необходимо указать твердость НВ, класс точности заготовки, допустимые значения огранки и конусности шеек вала, кривизны. Следует также указать на недопустимость смятия, недоката, смещения и поперечного заката. Значения допустимых огранки и конусности можно, в зависимости от габаритов заготовки, принимать 0,2–0,6 мм.

Расчет размеров прутка под прокатку заготовки

Расчет размеров прутка под прокатку (т. е. исходной заготовки) выполняется в два этапа.

1. Определяется расчетный диаметр прутка d_p по наибольшему диаметру заготовки, полученной поперечно-клиновой прокаткой:

$$d_p = d_{\max} + es_{d_{\max}},$$

где d_{\max} – номинальное значение наибольшего диаметра прокатанной заготовки;

$es_{d_{\max}}$ – верхнее отклонение этого диаметра.

Номинальный диаметр прутка d_0 выбирается из сортамента по ГОСТ 2590-88 как ближайшее большее значение по отношению к d_p . При этом должно выполняться условие

$$d_{\max} - ei_{d_{\max}} \leq \frac{d_0 - ei_{d_0}}{K_y},$$

где $ei_{d_{\max}}$ – нижнее отклонение наибольшего диаметра прокатанной заготовки;

ei_{d_0} – нижнее отклонение диаметра прутка;

K_y – коэффициент, учитывающий угар металла при нагреве прутка под прокатку, равный 1,01.

2. Номинальный размер прутка на длине L_0 определяется по формуле

$$L_0 = 1,27 \cdot \frac{V_0}{(d_0 - 0,5ei_{d_0})^2}.$$

Объем прутка V_0 вычисляется по формуле

$$V_0 = K_y \cdot V_{п.з} + V_k,$$

где $V_{п.з}$ – объем прокатанной заготовки, подсчитанный по наибольшим предельным размерам;

V_k – объем концевых отходов, определяемый по формуле

$$V_k = 0,75\pi(K_{h1} \cdot d_{к1}^3 + K_{h2} \cdot d_{к2}^3),$$

где $d_{к1}$, $d_{к2}$ – диаметры концевых элементов изделия, мм;

K_{h1} , K_{h2} – коэффициенты, определяемые по графику, приведенному на рис. 5.3, для каждого торца заготовки (для $\alpha = 20^\circ$).

Допуск на длину прутка принимается равным 2 мм, т. е. $\pm 1,0$ мм.

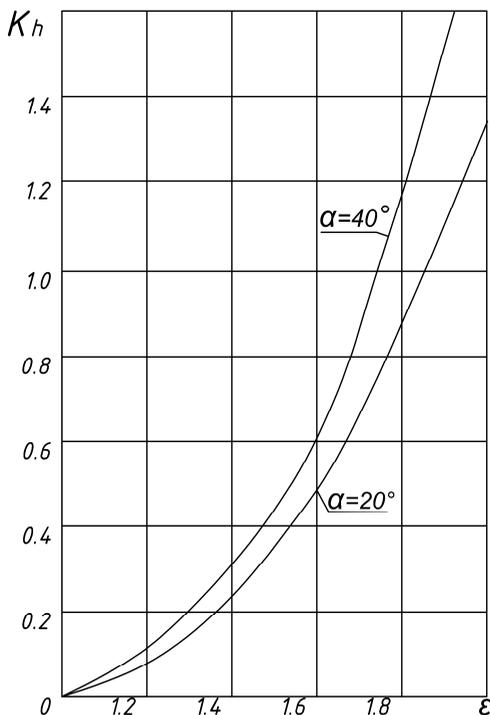


Рис. 5.3. График зависимости коэффициента K_h от степени обжатия заготовки ϵ и угла наклона α деформируемой грани клиновидного инструмента

Порядок выполнения работы

1. Изучить чертеж детали, выданной для разработки чертежа прокатанной заготовки.
2. Определить степень обжатия заготовки на каждой ступени.
3. Назначить припуски на токарную обработку заготовки.
4. Рассчитать отклонения на диаметральные и продольные размеры.
5. Сформулировать технические требования на получение заготовки.
6. Выполнить чертеж заготовки.
7. Рассчитать размеры прутка для прокатки заготовки.
8. Изучить чертеж заготовки, выданный для анализа ее качества. Ознакомиться с техническими требованиями на ее изготовление.
9. Произвести анализ качества заготовки путем сопоставления измеренных параметров заготовки с заданными.
10. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Чертеж детали с указанием размеров.
4. Результаты расчета припусков и предельных отклонений размеров заготовки.
5. Чертеж спроектированной заготовки.
6. Эскиз прутка для прокатки и его объем.
7. Коэффициент использования материала.
8. Эскиз заготовки анализируемого типоразмера с указанием контролируемых размеров, параметров и технических требований.
9. Таблица измеренных значений анализируемых размеров (параметров).
10. Выводы о соответствии анализируемых параметров заготовки заданным.
11. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Сущность процесса поперечно-клиновой прокатки.
2. Допустимая степень обжатия заготовки за один проход.
3. Как рассчитываются отклонения на размеры заготовки?
4. Как назначаются припуски на диаметральные и продольные размеры заготовки?
5. Как рассчитать размеры прутка под прокатку?
6. Как определяется объем прутка под прокатку?
7. Какие виды технологического брака и методы его обнаружения характерны для прокатки заготовок?
8. Как определяется объем конечных отходов металла при прокатке?
9. Как измеряются огранка, кривизна и конусность заготовки?
10. Как рассчитывается коэффициент использования материала?

Лабораторная работа № 6

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАРНЫХ ЗАГОТОВОК

Цель работы: приобретение практических навыков анализа качества (точности основных размеров и состояния сварных швов) сварных заготовок и освоение методики их проектирования.

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

Электродуговая сварка широко применяется в машиностроении как один из методов соединения деталей в сборочные единицы, в том числе для получения сварных заготовок деталей машин. Сварные заготовки имеют ряд преимуществ перед другими заготовками, изготовленными, например, литьем, ковкой и штамповкой или резанием из сортового проката, в связи с простотой метода, его высокой производительностью, высоким коэффициентом использования металла, возможностью изготовления деталей весьма сложной конструкции. Сварные заготовки наиболее часто изготавливают в мелко- и среднесерийном производстве, так как в этих условиях производства не представляется рациональным и возможным конструирование и изготовление штампов, литейных форм и другой сложной оснастки, требующей больших трудовых и материальных затрат, а также длительной технологической подготовки производства. При конструировании сварных заготовок в первую очередь необходимо оценить возможность расчленения заготовки на отдельные элементы и степень свариваемости применяемого материала.

Под свариваемостью понимают способность однородных металлов образовывать сварное соединение, надежно работающее на заданных режимах эксплуатации изделия. Сведения о свариваемости стали приведены в табл. 6.1.

Не рекомендуется выполнять заготовки сварными при ограниченной и плохой свариваемости материала заготовки.

Сварной вариант заготовки может быть выполнен лишь в том случае, если деталь можно расчленить на простейшие элементы в виде пластин, косынок (уголков), цилиндров, полос и др.

**Свариваемость стали в зависимости от отношения
легирующих примесей к содержанию углерода**

Сумма примесей, %	Свариваемость при содержании углерода, %			
	хорошая	удовлетворительная	ограниченная	плохая
До 1	До 0,25	0,25–0,3	0,3–0,45	Свыше 0,45
1–3	До 0,2	0,2–0,3	0,3–0,4	Свыше 0,4
Свыше 3	До 0,18	0,18–0,28	0,28–0,38	Свыше 0,38

В данной работе рассматривается ручная дуговая электрическая сварка (стальных конструкций) металлическим электродом.

Ручная дуговая сварка металлическим электродом осуществляется за счет теплоты электрической дуги, горящей между электродом и свариваемыми деталями. Электрическая дуга или электрический разряд в газовом промежутке характеризуется:

- а) низким напряжением на электродах (25–40 В);
- б) высокой температурой столба дуги (6000–10 000 °С);
- в) большой силой тока (100–360 А).

Для ручной дуговой сварки может быть применен как постоянный, так и переменный род тока. При постоянном токе дуга горит устойчиво, что важно для сварки сталей малых толщин (до 3 мм) и специальных марок сталей. Однако в этом случае требуется более сложная и дорогостоящая аппаратура, увеличивается расход электроэнергии, в результате повышается себестоимость сварки.

При переменном токе условия сварки несколько ухудшаются (возможны пористость шва, меньшая устойчивость горения дуги), однако процесс сварки более экономичен, чем в первом случае.

Сравнительные данные некоторых показателей источников питания даны в табл. 6.2.

Питание дуги постоянным током осуществляется с помощью выпрямителей или генераторов, а переменным – с помощью аппарата, состоящего из сварочного понижающего трансформатора и дросселя. Дроссель служит для ограничения тока короткого замыкания, улучшения горения дуги за счет сдвига фаз между током и напряжением и регулирования силы сварочного тока.

Таблица 6.2

Экономические показатели источников тока

Показатели	Род тока	
	Переменный	Постоянный
Средний расход энергии на 1 кг наплавленного металла, кВт/ч	3–4	6–8
Мощность при холостом ходе, кВт	0,2	2–3
Стоимость энергии, %	50–60	100
Стоимость оборудования, %	30–40	100
Средний КПД	0,8–0,85	0,3–0,6
Средний $\cos \varphi$	0,3–0,4	0,6–0,7
Занимаемая площадь на 1 установку, м ²	1–1,5	1,5–2

Во избежание прожога тонких стенок деталей при сварке постоянным током ее обычно ведут с обратной полярностью, т. е. деталь подключают к отрицательному полюсу, так как на этом полюсе выделяется меньше тепла. Особо ответственные конструкции также сваривают постоянным током с обратной полярностью с целью обеспечения более высокого качества сварного соединения.

Основными причинами брака являются деформации сварных заготовок и дефекты сварочных швов.

В процессе изготовления в сварных конструкциях возникают внутренние напряжения, вызывающие деформации. Причинами возникновения внутренних напряжений могут быть:

- дефекты подготовки и сборки (неправильный угол скоса кромок, неравномерное притупление по длине кромок или непостоянство зазора между ними, несовпадение стыкуемых плоскостей, расслоения и загрязнения на кромках и т. п.);
- неравномерность нагрева свариваемого металла;
- литейная усадка наплавленного металла и структурные изменения в металле шва, происходящие при его затвердевании (главным образом при сварке легированных и высокоуглеродистых сталей, склонных к закалке).

Дефекты сварочных швов – это трещины, непровары, прожоги, подрезы, натеки, поры, шлаковые и окисные включения, а также дефекты формы швов.

Методические указания

Проектирование сварной заготовки

Проектирование сварной заготовки выполняется в три этапа.

1. Проводится анализ чертежа детали. При этом изучаются: марка стали, ее свариваемость и возможность расчленения детали на простейшие элементы, технические требования на изготовление детали, в том числе точность размеров и требуемая шероховатость поверхностей.

2. Выполняются эскизы отдельных элементов будущей сварной заготовки с простановкой размеров с допусками и знаков шероховатости. Размеры проставляются с учетом припусков на обработку сварной заготовки. Необходимо предусматривать припуски на те поверхности составных элементов заготовки, которые на чертеже ограничены жесткими допусками и низкой шероховатостью. Следует иметь в виду, что заготовка в ходе сварки подвергается существенной деформации, поэтому на те поверхности, к которым предъявляются требования в отношении прямолинейности, плоскостности, перпендикулярности, соосности и параллельности, также необходимо предусматривать припуски для окончательной обработки их после сварки. На эскизах указывается форма кромок под сварку с простановкой необходимых размеров и указания шероховатости.

3. Выполняется эскиз сварной заготовки (в сборе) с обозначением сварных швов по ГОСТ 2.312-72, простановкой размеров с допусками и шероховатости поверхностей и техническими требованиями к заготовке. Для заготовок из углеродистых сталей рекомендуется предусматривать термообработку, а также правку (рихтовку). При назначении величины припуска на отдельные поверхности следует считать, что сварка производится в специальном приспособлении и коробление заготовки будет умеренным.

Для компенсации возможного коробления заготовки следует увеличивать табличные значения припусков в 1,2...1,3 раза. Табличные значения припусков на различные виды обработки приведены в табл. 6.3–6.6.

Таблица 6.3

Припуски на наружное точение

Диаметр детали, мм	Черновое точение		Чистовое точение после черного	
	Припуск на диаметр при длине детали, мм			
	до 200	свыше 200	до 200	свыше 200
Свыше 10 до 18	1,5	1,7	1,0	1,3
Свыше 18 до 30	2,0	2,2	1,3	1,3
Свыше 30 до 50	2,0	2,2	1,4	1,5
Свыше 50 до 80	2,3	2,5	1,5	1,8
Свыше 80 до 120	2,5	2,8	1,5	1,8
Свыше 120 до 180	2,5	2,8	1,8	2,0

Примечание: допуски на диаметр для черного точения – по $h13$, для чистового – по $h10$.

Таблица 6.4

Припуски на фрезерование плоскостей шириной до 200 мм

Толщина, мм	Припуск на толщину при длине заготовки			
	Черновое фрезерование		Чистовое фрезерование после черного	
	до 100 мм	свыше 100 мм до 250 мм	до 100 мм	свыше 100 мм до 250 мм
Свыше 6 до 30	1,0	1,2	0,7	1,0
Свыше 30 до 50	1,0	1,5	1,0	1,0
Свыше 50	1,5	1,7	1,0	1,3

Примечание: допуск на толщину для черного фрезерования – по $h14$, для чистового – по $h11$.

Таблица 6.5

Припуски на обработку отверстий после сверления

Диаметр отверстия, мм	Растачивание черновое	Растачивание чистовое
Свыше 10 до 18	0,8	0,5
Свыше 18 до 30	1,2	0,8
Свыше 30 до 50	1,5	1,0
Свыше 50 до 80	2,0	1,0

Примечание: допуск на черновое растачивание – по $H12$, на чистовое – по $H10$.

Таблица 6.6

Припуски на подрезание торцов

Диаметр детали, мм	Длина детали, мм			
	до 18	свыше 18 до 50	свыше 50 до 120	свыше 120 до 260
До 30	0,4	0,5	0,7	0,8
Свыше 30 до 50	0,5	0,6	0,7	0,8
Свыше 50 до 120	0,6	0,7	0,8	1,0

Примечание: допуск на подрезание торцов – по $h12$.

Технология сварки

При разработке технологии сварки в первую очередь назначают вид сварного соединения, форму подготовки кромок в соответствии с ГОСТ 5264-80 «Швы сварных соединений. Ручная дуговая сварка» (табл. 6.7). Затем назначают режим сварки: выбираются тип, марка и диаметр электрода, определяется сила сварочного тока и полярность (для постоянного рода тока). Диаметр электрода выбирается по ГОСТ 9467-75 в зависимости от толщины свариваемого металла, типа шва и его положения в пространстве. При вертикальном и потолочном швах диаметр электрода не должен превышать 4 мм. Чем больше толщина свариваемого металла, тем больше должен быть диаметр электрода (табл. 6.8).

Конструктивные элементы подготовленных кромок деталей и швов стальных соединений
по ГОСТ 5264-80

Обозначение шва	Конструктивные элементы		S	c = b или h	e (не более) или k		q
	Подготовленных кромок деталей	Шва сварного соединения					
У6			4	1 ± 1	12	0,5 ^{+1,0} _{-0,5}	
			6		16		
			8	2 ⁺¹ ₋₂	18	0,5 ^{+2,0} _{-0,5}	
			10		22		
У9			12-14	2 ⁺¹ ₋₂	28	0,5 ^{+2,0} _{-0,5}	
			16-18		32		
			20-22	36			
			24-26	42			

Окончание табл. 6.7

Обозначение шва	Конструктивные элементы		S	c = b или h	e (не более) или k	q
	Подготовленных кромок деталей	Шва сварного соединения				
ТЗ			5-6	0 ⁺²	4 ₋₁ ⁺²	
			7-9		5 ₋₁ ⁺²	
			10-15		6 ₋₁ ⁺²	
			16-21	7 ± 2		
Т9			12-14	5-6	16	3
			16-18	7-8	18	
			20-22	9-10	20	
			24-36	11-12	24	

Таблица 6.8

Данные для выбора диаметра электрода

Толщина свариваемых частей, мм	0,5–1	1–2	2–5	5–10	Свыше 10
Диаметр электрода, мм	1–1,5	1,5–2,5	2,5–4	4–5	5–8

Тип и марка электрода принимаются в зависимости от требований к прочности и пластичности сварного шва по табл. 6.9 с учетом коэффициента наплавки, характеризующего производительность сварки. Наиболее часто применяемые в машиностроении типы и марки электродов приведены в табл. 6.9.

Таблица 6.9

Характеристики электродов и их назначение

Тип электрода	Марка электрода	Механические свойства металла шва			Коэффициент наплавки K_n , г/А·ч	Род тока	Назначение электрода
		σ_T , МПа	σ_B , МПа	$\alpha_{ц}$, кДж/м ²			
Э42	СМ-5	320	460	1200	7,2	П, Пер.	1
	АН0-5	350	470	1400	11	П, Пер.	1
	АН0-6	330	450	1400	8,5	П, Пер.	1
	АН0-1	380	460	1300	15	П, Пер.	1, 2
Э42А	УОНИ 13/45	360	460	2200	8,5	ПО	1а, 2а
	СМ-П	360	480	2200	9,5	ПО, Пер.	1, 2
	УП-2/45	380	460	2400	10	ПО, Пер.	1а, 2а
	ОЗС-2	380	460	1800	8,5	ПО, Пер.	1а, 2а
Э46	АН0-4	370	480	1500	8,3	П, Пер.	1
	МЗ-3	380	480	1500	7,8	ПО, Пер.	1а
Э50	УОНИ 13/55	420	520	2000	9	ПО	1а, 2а
	УП-1/55	400	540	2400	10	ПО, Пер.	1а, 2а
	УП-2/55	400	540	2400	10	ПО, Пер.	1а, 2а
	К-5А	–	520	1500	9	ПО, Пер.	1, 2

Обозначение в таблице: П – род тока постоянный, ПО – постоянный обратной полярности, Пер. – переменный ток.

В графе «Назначение электрода»: 1 – для сварных конструкций из низкоуглеродистых сталей, 1а – для сварных конструкций наиболее ответственных из низкоуглеродистых сталей, 2 – для сварных конструкций из низкоуглеродистых сталей и 2а – для наиболее от-

ответственных и напряженных сварных конструкций из низкоуглеродистых сталей.

Электродные стержни обычно изготавливаются из проволоки марок Св-08 и Св-08А, Св-08ГА, Св10ГА, Св10Г2.

В графе «Тип электрода» цифры после буквы Э означают номинальный предел прочности при растяжении в десятках МПа.

В случае применения электродов с защитно-легирующими покрытиями предел прочности сварного шва несколько увеличивается. Индекс «А» означает, что сварной шов, наплавленный этим электродом, имеет повышенные пластические свойства.

Марки электродов отличаются друг от друга по химическому составу их покрытий, в том числе по количеству легирующих добавок в покрытиях. Например, электроды марки УОНИ-13/45 имеют защитно-легирующее покрытие фтористо-кальциевого типа. Электроды этой марки применяются для сварки ответственных деталей, требующих высоких пластических свойств наплавленного металла. Химический состав этого покрытия: жидкое стекло – 15–18 %, мрамор – 53 %, плавиковый шпат – 18 %, кварц – 9 %, сода – 1,6 %, ферромарганец – 2 %, ферросилиций – 3 %, ферротитан – 15 %, силикат натрия – 4 %, бентонит – 1 %.

Необходимая сила сварочного тока определяется по формуле

$$I = (20 + 6d_3)d_3,$$

где I – сила тока, А;

d_3 – диаметр электрода, мм.

В зависимости от требуемой силы сварочного тока, толщины стенок свариваемой заготовки и заданного качества сварного шва выбирается источник питания сварочной дуги.

Источниками переменного тока при ручной сварке могут служить трансформаторы ТД-300, ТД-500, ТД-502, ТД-102, ТД-306.

Источниками постоянного тока могут служить сварочные выпрямители ВД-306, ВД-502, ВДУ-305, ВДУ-504.

В индексации моделей трансформаторов и выпрямителей первая цифра после букв и тире – номинальный ток источника округленно в сотнях ампер.

Основное время T_0 в мин при ручной дуговой сварке рассчитывают по формуле

$$T_0 = \frac{60 \cdot F \cdot l \cdot \gamma}{K_n \cdot I},$$

где F – площадь поперечного сечения шва, см²;

l – длина шва, см;

γ – плотность наплавленного металла, г/см³;

K_n – коэффициент наплавки (по табл. 6.8), г/А·ч;

I – сила сварочного тока, А.

Площадь поперечного сечения F (которое существенно зависит от вида сварки) может быть определена расчетом как сумма площадей треугольников, прямоугольников и других геометрических фигур, на которые разбивается сечение наплавленного металла.

Плотность наплавленного металла шва принимается равной плотности основного металла.

Условные изображения и обозначения швов сварных соединений по ГОСТ 2.312-72

Шов сварного соединения независимо от способа сварки условно изображают: видимый – сплошной основной линией; невидимый – штриховой линией.

От изображения шва проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой. Линию-выноску предпочтительно проводить от изображения видимого шва.

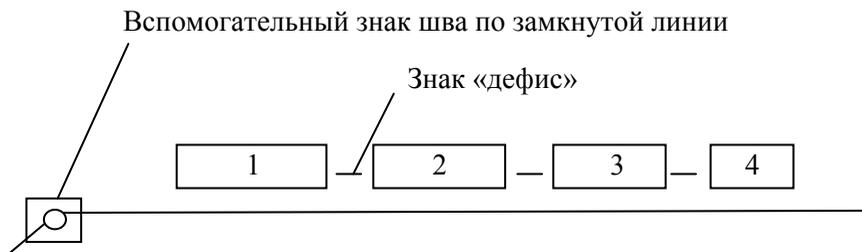


Рис. 6.1. Структура условного обозначения стандартного шва:

1 – обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений; 2 – буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений; 3 – знак ∇ и размер катета согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений; 4 – вспомогательные знаки

Условное обозначение шва наносят:

а) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны;

б) под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны.

Примечания:

1. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, по которой производят сварку.

2. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

Знак , вспомогательные знаки выполняются сплошными тонкими линиями. Высота знаков должна быть одинаковой с высотой цифр, входящих в обозначение шва.

Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов

	усиление шва снять
	наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу
	швы по замкнутой линии. Диаметр знака 3...5 мм
	швы по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа

Обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва наносят на полке или под полкой линии-выноски после условного обозначения шва.

При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение наносят у одного из изображений, а от изображений остальных одинаковых швов проводят линии-выноски с полками. Всем одинаковым швам присваивают один порядковый номер, который наносят:

а) на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва;

б) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, или под ней.

Примечание: швы считаются одинаковыми, если одинаковы их типы и размеры конструктивных элементов в поперечном сечении и к ним предъявляют одни и те же технические требования.

Анализ качества сварных заготовок

Для анализа качества сварных заготовок студентам выдается чертеж сварной заготовки, чертежи составных частей заготовки и комплект сварных конструкций, в который входят элементы конструкции до сварки, элементы конструкции, прихваченные сваркой в отдельных точках, и полностью сваренная заготовка.

Для оценки качества составных частей и заготовки следует произвести измерения геометрических параметров разделок и швов и оценить их соответствие требованиям чертежа. Внешним осмотром проверяют наличие трещин, подрезов, прожогов, натеков, непроваров корня и кромок, пор, шлаковых и окисных включений. По внешнему виду сварные швы должны иметь гладкую или мелкочешуйчатую поверхность (без наплывов, прожогов, сужений и перерывов) и плавный переход к основному металлу; наплавленный металл должен быть плотным по всей длине шва, не иметь трещин, скоплений и цепочек поверхностных пор (отдельно расположенные поры допускаются); подрезы основного металла допускаются глубиной не более 0,5 мм при толщине свариваемого металла до 10 мм и не более 1 мм при толщине свыше 10 мм.

Порядок выполнения работы

1. Провести анализ чертежа детали, полученного в соответствии с заданием, с целью определения степени свариваемости металла заготовки и возможности расчленения ее на простые элементы.

2. Наметить типы сварных соединений и формы подготовки кромок под сварку.

3. Назначить припуски на поверхности, подлежащие обработке после сварки заготовки.

4. Выполнить эскизы составных частей заготовки с простановкой размеров, допусков и шероховатости поверхностей.

5. Составить эскиз сварной заготовки с указанием размеров, допусков на размеры, шероховатости поверхностей и технических требований.

6. Выбрать тип, марку и диаметр электродов, определить необходимую силу сварочного тока, его род и полярность.

7. Выбрать источник питания электрической дуги.

8. Рассчитать основное время, необходимое для сварки заготовки.
9. Выполнить эскиз анализируемой заготовки с указанием контролируемых размеров разделок и швов. Установить критерии оценки состояния сварных швов.
10. Произвести измерение геометрических параметров разделок и швов и результаты занести в таблицу.
11. Произвести оценку качества составных частей сварной заготовки, качества сборки и сварки.
12. Дать краткую характеристику качества подготовки составных частей, сборки и сварки.

Содержание отчета

1. Название работы, цель работы.
2. Содержание задания.
3. Эскизы отдельных элементов проектируемой сварной заготовки и эскиз спроектированной сварной заготовки.
4. Выбор типа и марки электрода.
5. Расчет силы сварочного тока.
6. Выбор сварочного оборудования.
7. Расчет основного времени.
8. Эскиз анализируемой заготовки.
9. Таблица измерений параметров разделок и швов.
10. Результаты анализа качества подготовки составных частей, сборки и сварки.
11. Выводы.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит свариваемость металла?
2. Какими технологическими возможностями располагает электродуговая сварка?
3. Какими параметрами и их значениями характеризуется электрическая дуга?
4. Какой род тока применяется при дуговой сварке?
5. Перечислите преимущества и недостатки применения постоянного и переменного тока при сварке?
6. Какие вы знаете источники питания электрической дуги?

7. Что означают цифры в индексации модели источника питания?
8. Как расшифровывается индекс типа электрода?
9. Чем определяется марка электрода? От чего зависит его диаметр?
10. С какой целью ведут сварку с обратной полярностью тока?
11. Как рассчитывается необходимая сила сварочного тока?
12. Как назначаются припуски на последующую обработку?
13. Как рассчитывается основное время на сварку?
14. Какие типы сварных соединений вы знаете? Какие формы подготовки кромок под сварку вам известны?

Литература

1. Кириллов, Е. С. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: учебное пособие / Е. С. Кириллов, В. П. Меринов, А. Г. Схиртладзе. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 155 с.
2. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку: ГОСТ 26645-85.
3. Клушин, В. А. Совершенствование поперечно-клиновой прокатки / В. А. Клушин, Е. М. Макушок, В. Я. Щукин. – Мн.: Наука и техника, 1980. – 280 с.
4. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски: ГОСТ 7505-89.
5. Тялина, Л. Н. Новые композиционные материалы: учебное пособие / Л. Н. Тялина, А. М. Минаев, В. А. Пручкин. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2017. – 80 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа № 1. Анализ качества и проектирование заготовок, получаемых литьем в песчано-глинистые формы	5
Лабораторная работа № 2. Анализ качества и проектирование заготовок, получаемых литьем в кокиль	15
Лабораторная работа № 3. Анализ качества и проектирование заготовок, получаемых порошковой металлургией.....	25
Лабораторная работа № 4. Анализ качества и проектирование заготовок, штампуемых на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах (ГКМ)	43
Лабораторная работа № 5. Анализ качества и проектирование заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой	60
Лабораторная работа № 6. Анализ качества и проектирование сварных заготовок.....	72
Литература	87

Учебное издание

ШКИНЬ Наталья Васильевна
РОМАНЕНКО Владимир Иванович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК

Учебно-методическое пособие
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»

Редактор *А. С. Мокрушников*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 02.11.2021. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 5,17. Уч.-изд. л. 4,05. Тираж 100. Заказ 400.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.