

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Машины и технология обработки
металлов давлением»

В. И. Любимов

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

Учебно-методическое пособие
для студентов специальности 1-36 01 05
«Машины и технология обработки материалов давлением»

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

Минск
БНТУ
2018

УДК 621.98.043(075.8)

ББК 34.623я7

Л93

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Полиграфическое оборудование и системы
обработки информации» Белорусского государственного
технологического университета (зав. каф., канд. техн. наук,
доцент *М. С. Шмаков*);
канд. техн. наук *А. Н. Давидович*

Любимов, В. И.

Л93 Технология листовой штамповки: учебно-методическое пособие
для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология об-
работки металлов давлением» / В. И. Любимов. – Минск : БНТУ,
2018. – 59 с.

ISBN 978-985-550-643-1.

Издание предназначено для самостоятельного изучения дисциплины «Техноло-
гия листовой штамповки» студентами заочной формы получения образования и со-
держит программу курса, сведения о рекомендуемой литературе, методические ука-
зания и контрольные вопросы по каждой теме, задания к контрольной работе и кур-
совому проекту, а также рекомендации по их выполнению.

УДК 621.98.043(075.8)

ББК 34.623я7

ISBN 978-985-550-643-1

© Любимов В. И., 2018

© Белорусский национальный
технический университет, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель дисциплины – подготовка специалистов, способных решать вопросы технологии промышленного производства деталей машин, аппаратов и приборов в современных условиях.

Задача дисциплины – формирование умений и навыков разработки технологических процессов листовой штамповки и проектирования инструментальной оснастки для их реализации.

В результате освоения дисциплины «Технология листовой штамповки» студент должен

знать:

классификацию основных операций листовой штамповки;
схемы деформирования и физическую сущность протекающих процессов, поле распределения напряжений и деформаций на разных участках очага деформаций;

методику расчета основных технологических и энергосиловых параметров при выполнении операций листовой штамповки;

уметь:

выбирать наиболее оптимальный вариант технологического процесса, рассчитывать его;

разрабатывать технологическую документацию;

выполнять расчеты на прочность и жесткость при проектировании штампов;

выбирать материалы деталей штампов с обоснованием норм твердости и видов термической и упрочняющей обработки;

обоснованно выбирать нормы точности изготовления, допуски и посадки при проектировании штампового инструмента.

Согласно учебному плану предусматриваются следующие виды занятий:

лекции – 18 ч;

лабораторные занятия – 10 ч;

контрольная работа;

курсовой проект.

Успешное изучение курса по возможности требует более полного использования рекомендуемой литературы.

1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1.1. Введение

Тема 1. Общая характеристика технологии листовой штамповки

Рассматриваемые вопросы. Область и масштабы применения технологии листовой штамповки, ее значение в общем комплексе технологии машиностроения. Достоинства листовой штамповки. Основные направления развития листовой штамповки. Классификация операций листовой штамповки и их общая характеристика.

Литература: [1, введение, глава 3 § 3.1, раздел 3]; [2, введение, глава 1 §§ 1, 2, глава 17 § 66]; [3, введение]; [4, введение].

Методические указания. При изучении данной темы необходимо уяснить возможности листовой штамповки и ее преимущества перед другими методами изготовления деталей различного назначения, которые определяют ее значение и место в общем комплексе технологии машиностроения.

Следует изучить классификацию операций листовой штамповки и их назначение. При этом необходимо уметь выполнять технологические схемы операций и давать их четкое определение. Необходимо понимать, что разделительные операции предназначены для отделения одной части металла от другой, то есть в очаге деформации металл доводится до разрушения. Формоизменяющие операции, в отличие от разделительных, предназначены только для пластического формоизменения заготовок, до разрушения заготовки не доводятся.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные технико-экономические достоинства листовой штамповки, по сравнению с другими методами обработки металлов.
2. На какие основные группы разделяются листоштамповочные операции?
3. Какие операции относятся к разделительным (формоизменяющим, штампо-сборочным)?

4. В чем заключается принципиальное отличие разделительных и формоизменяющих операций?

5. Дайте определение и приведите схемы основных разделительных операций.

6. Дайте определение и приведите схемы основных формоизменяющих операций.

7. Какова роль листовой штамповки и каков удельный вес листоштампованных деталей в основных отраслях промышленности?

8. Укажите основные направления развития листоштамповочного производства.

1.2. Материалы для листовой штамповки и оценка их штампуемости

Тема 2. Материалы для листовой штамповки

Рассматриваемые вопросы. Характеристика листового проката из конструкционных углеродистых сталей по ГОСТ 380-2005 «Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки» и по ГОСТ 1050-88 «Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия».

Характеристика листового проката из конструкционных легированных сталей (марганцовистых, кремнистых, хромистых, хромоникелевых, и др.).

Характеристика листового проката специального назначения (декапированной стали, жести, биметаллов и др.), листового проката из цветных металлов (меди, никеля, алюминия, цинка, титана) и сплавов на их основе.

Сортамент листового проката. ГОСТы. Маркировка и условные обозначения.

Неметаллические материалы, применяемые для листовой штамповки (пластические массы слоистой и гомогенной структуры, материалы на основе бумаги и резины, материалы минерального происхождения, композиционные материалы), особенности структуры, физические и механические свойства, области применения.

Литература: [1, глава 1]; [2, глава 2 § 3, § 4]; [3, раздел 5 главы 1, 2]; [4, раздел 5 главы 1, 2]; [5, глава 1, глава 2 § 5].

Методические указания. При изучении раздела следует уяснить, что листовой штамповкой обрабатываются как черные, так и цветные металлы, и их сплавы, а также различные неметаллические материалы. Материал, применяемый в листоштамповочном производстве, может поставляться с металлургических предприятий в виде листов, полос, лент (рулонов). Необходимо ознакомиться с характеристиками и областями применения различных марок сталей, цветных металлов и их сплавов, неметаллических материалов; сортаментом, маркировкой и условными обозначениями листового проката.

Контрольные вопросы

1. Приведите марки листовой углеродистой конструкционной стали обыкновенного качества.
2. Приведите марки листовой углеродистой качественной конструкционной стали.
3. Дайте сравнительную характеристику маркам стали обыкновенного качества и качественной. Поясните области их применения.
4. Как подразделяется листовой прокат по точности прокатки, качеству отделки поверхности, способности к вытяжке и другим параметрам.
5. Назовите виды листового проката специального назначения и охарактеризуйте области их применения.
6. Приведите марки листового проката из цветных металлов и их сплавов. Охарактеризуйте их технологические свойства и области применения.
7. Какие неметаллические материалы применяют для изготовления деталей листовой штамповкой? Охарактеризуйте их физические, механические и технологические свойства.

Тема 3. Штампуемость листового материала и методы ее оценки

Рассматриваемые вопросы. Понятие штампуемости. Факторы, влияющие на штампуемость. Способы испытания листовых материалов.

Физико-химические исследования (химический анализ и металлографические исследования). Влияние на штампуемость металла

химического состава, размера и формы зерен, наличия внешних и внутренних дефектов, структурного состояния, анизотропии, склонности к деформационному старению, полосчатости микро-структуры и др.

Механические испытания (испытание на растяжение, определение твердости по Бринеллю, Роквеллу, Викерсу, микротвердости и др.). Влияние на штампуемость металла его механических свойств (относительного равномерного удлинения, показателя деформационного упрочнения, коэффициента нормальной анизотропии, твердости).

Технологические испытания (технологические пробы). Назначение и методика проведения испытаний на вырубку-пробивку, изгиб и перегиб, глубину формовки сферической лунки; вытяжку цилиндрического колпачка, вытяжку конического колпачка, отбортовку, протягивание клинового образца и др. Корреляция результатов испытаний.

Понятие о ресурсе пластичности.

Деформационное и естественное («временное») старение металла. Меры борьбы со старением. Коррозионное растрескивание и методы борьбы с ним.

Литература: [1, раздел 1 глава 2]; [2, раздел 1 глава 2]; [3, раздел 5 глава 1]; [4, раздел 5 глава 2]; [5, глава 3 § 4]; [8, глава 1 §§ 1.4 – 1.6].

Методические указания. Технологический процесс изготовления деталей листовой штамповкой предполагает использование материалов, обладающих различными технологическими свойствами, и применение операций, требующих различных условий их выполнения. Поэтому не существует какого-либо универсального критерия, позволяющего оценить способность материалов с различными свойствами воспринимать пластические деформации, свойственные различным технологическим операциям. В качестве основного показателя пригодности металла для изготовления деталей листовой штамповкой служит штампуемость. Под штампуемостью понимается обобщенная сравнительная характеристика, отражающая возможность пластической обработки металла до требуемой степени деформации. При изучении данной темы необходимо уяснить, как различные факторы влияют на штампуемость металла и какие существуют методы для ее оценки.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под штампуемостью металла?
2. Какие существуют методы оценки штампуемости листовых металлов?
3. Как влияют на штампуемость металла его химический состав, величина зерна и структурное состояние?
4. Как влияют на штампуемость механические свойства металла?
5. Какой вид технологических испытаний применяют для определения сопротивления металла срезу и высоты блестящего пояска? Охарактеризуйте условия проведения испытаний.
6. Приведите схему технологического испытания на изгиб и перегиб. Поясните, как оно проводится?
7. Как проводится испытание листового проката на выдавливание сферической лунки? Какие параметры принимаются во внимание для оценки штампуемости при этом испытании?
8. Что является причиной появления линий скольжения при штамповке листовых металлов? Как можно устранить это явление?

1.3. Разделительные операции листовой штамповки

Тема 4. Механизм деформирования в разделительных операциях

Рассматриваемые вопросы. Схема действия сил и характер деформирования заготовки. Стадии процесса деформирования. Развитие очага деформации во времени.

Схемы напряженного состояния, эпюры напряжений и деформаций в различных зонах очага деформации.

Характерные зоны поверхности среза – зоны скругления, смятия, скалывания, блестящий поясок. Размерные характеристики инструмента в разделительных операциях. Влияние зазора на качество поверхности среза. Понятие об оптимальном зазоре. Факторы, влияющие на величину оптимального зазора. Понятие об относительном зазоре.

Изменение усилия при деформировании. Величина распорного (бокового) усилия. Работа деформирования.

Размеры упрочненной зоны. Влияние на размеры очага деформации механических свойств материала заготовки, скорости деформирования, величины зазора, степени притупления режущих кромок. Причины образования торцового заусенца.

Понятие сопротивления срезу в разделительных операциях.

Особенности процесса разделения неметаллических материалов.

Литература: [1, раздел 2 главы 3,4]; [2, раздел 2 главы 3,4]; [3, раздел 1 глава 1 §§ 1–5]; [4, раздел 1 глава 1 §§ 1–5]; [6, глава 2 § 1]; [8, глава 2 § 2.1].

Методические указания. При изучении механизма деформирования металла при разделительных операциях необходимо понимать, что это сложный процесс, представляющий собой деформацию пластического сдвига в сочетании с деформациями изгиба, растяжения и сжатия, завершающийся разрушением материала. С целью локализации очага пластической деформации разделение листового металла на ножницах и в штампах производят с острозаточенными режущими кромками инструмента при малых зазорах, составляющих десятые или даже сотые доли толщины деформируемого материала.

Необходимо знать напряженное и деформированное состояние материала в различных зонах очага деформации, стадии процесса разделения, что собой представляет поверхность среза. Следует знать, как влияет величина зазора на качество поверхности среза и технологическое усилие, какими параметрами оценивается точность деталей, получаемых разделительными операциями.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют стадии процесса отрезки металла?
2. Приведите схему действия сил, действующих на инструмент со стороны деформируемой заготовки и эпюры распределения напряжений на контактных поверхностях с материалом.
3. Охарактеризуйте форму и размеры очага деформации в разделительных операциях.
4. Схематично изобразите профиль поверхности среза, охарактеризуйте ее отдельные зоны и поясните, каким стадиям процесса они соответствуют.
5. Какой зазор между ножами считается оптимальным? Что влияет на его величину?
6. Как изменяется значение оптимального зазора с изменением толщины металла и его пластических свойств?
7. Как влияет износ инструмента на характер деформирования металла?

Тема 5. Отрезка на ножницах с возвратно-поступательным и вращательным движением ножей

Рассматриваемые вопросы. Характеристика операции «отрезка». Схемы отрезки на ножницах с возвратно-поступательным движением ножей при параллельном и наклонном расположении режущих кромок. Схема действия сил. Усилие и работа деформирования при отрезке. Зазор между режущими кромками ножей. Факторы, влияющие на искажение формы отрезаемой заготовки. Конструкции и материал ножей. Главные параметры ножниц. Области применения ножниц различных типов.

Схемы отрезки на ножницах с вращательным движением ножей. Условия захвата заготовки дисковыми ножами. Минимальный диаметр дискового ножа, обеспечивающий устойчивый процесс отрезки. Усилие отрезки и крутящий момент. Возможные схемы взаимного расположения ножей. Двухдисковые и многодисковые ножницы, области их применения. Продольная отрезка широкорулонной ленты на специализированных линиях продольной резки. Области применения ножниц различных типов.

Отрезка в штампах. Особенности отрезки профильного проката. Особенности отрезки труб. Схемы штампов.

Характеристика операции «вырезка». Вырезка на дисковых ножницах с наклонным расположением ножей. Особенности их настройки. Факторы, влияющие на величину минимального радиуса кривизны вырезаемого контура.

Вырезка на вибрационных ножницах. Особенности их настройки и эксплуатации.

Литература: [1, раздел 2 глава 3]; [2, раздел 2 глава 3]; [3, раздел 1 глава 1 §§ 1,2]; [4, раздел 1 глава 1 §§ 1,2]; [6, глава 2 § 1]; [8, глава 2 §§ 2.2–2.3].

Методические указания. Необходимо знать характерные особенности процесса отрезки листового металла на различных типах ножниц, особенности их настройки, формулы для определения силовых параметров отрезки, особенности процесса отрезки труб и профильного проката.

Контрольные вопросы

1. Приведите схему сил, действующих на металл при отрезке ножницами.
2. С какой целью наклоняют нож? Каким должен быть угол его наклона и почему?
3. Как рассчитывается технологическое усилие и работа деформирования при отрезке на ножницах с параллельными и наклонными ножами?
4. Из каких материалов рекомендуется изготавливать ножи ножниц?
5. Охарактеризуйте области применения ножниц с наклонным ножом, с параллельными ножами, вибрационных ножниц.
6. Каковы главные параметры ножниц с наклонным ножом? По каким параметрам выбирают ножницы?
7. В чем заключается особенность отрезки на дисковых ножницах?
8. Приведите схему действия сил при отрезке листа на дисковых ножницах.
9. Каково условие захвата листа? Как влияет толщина металла на условие захвата при отрезке на дисковых ножницах?
10. Каким должен быть диаметр ножей для захвата заготовки и устойчивого процесса отрезки?
11. Охарактеризуйте области применения дисковых ножниц с различным расположением ножей.
12. На каких ножницах можно вырезать заготовки с криволинейным контуром?
13. Какие существуют способы отрезки сортового металла и труб? Какова область их применения?

Тема 6. Вырубка и пробивка

Рассматриваемые вопросы. Характеристика операций вырубки и пробивки, назначение, область применения. Схема сил, действующих на металл при вырубке-пробивке. Форма очага пластической деформации. Схемы напряженного состояния в очаге деформации, характер распределения напряжений и деформаций. Причины, вызывающие неравномерное распределение напряжения и деформаций по очагу деформации.

Усилие при вырубке и пробивке. График изменения усилия деформирования по ходу движения пуансона. Способы уменьшения усилия. Применение скошенных режущих кромок матрицы и пуансона. Усилия для проталкивания изделий через матрицу и снятия материала с пуансона.

Точность при вырубке и пробивке. Факторы, влияющие на точность. Зазоры между пуансоном и матрицей. Методика определения исполнительных размеров рабочих частей пуансонов и матриц при вырубке и пробивке.

Перемычки при вырубке. Факторы, влияющие на размер перемычки. Минимальные размеры пробиваемых отверстий. Факторы, влияющие на минимальные размеры пробиваемых отверстий. Способы пробивки отверстий с размерами, значительно меньшими толщины заготовки.

Особенности вырубки и пробивки неметаллических материалов. Технологические возможности вырубки-пробивки. Требования к конструкции деталей, получаемых вырубкой-пробивкой.

Литература: [1, раздел 2 глава 4]; [2, раздел 2 глава 4]; [3, раздел 1 глава 1 §§ 3–5]; [4, раздел 1 глава 1 §§ 3–5]; [6, глава 2 § 1]; [7, глава 2]; [8, глава 2 § 2.4].

Методические указания. Необходимо изучить схему действия сил на материал при вырубке-пробивке, механизм процесса, влияние различных факторов на точность получаемых деталей. Важно понять, что размеры деталей, получаемых вырубкой, определяются размерами матрицы, а размеры отверстий, получаемых пробивкой, – размерами пуансонов. Следует научиться пользоваться таблицами для выбора технологического зазора между пуансоном и матрицей. В процессе эксплуатации штампа в результате износа рабочих частей происходит изменение их размеров. Поэтому особое внимание рекомендуется уделить изучению методики определения исполнительных размеров рабочих частей пуансонов и матриц. Необходимо уметь рассчитывать размеры рабочих элементов пуансонов и матриц с учетом величины зазора, допусков на размеры изделия и максимально допустимого износа штампа.

Нужно знать формулы для определения энергосиловых параметров вырубки-пробивки.

Необходимо изучить возможности получения различных элементов наружного и внутреннего контуров деталей (наименьших

размеров пробиваемых отверстий, пазов, радиусов сопряжений отдельных элементов, расстояний между отверстиями, отверстиями и наружным контуром и др.) с помощью вырубки и пробивки.

Контрольные вопросы

1. Приведите схему сил, действующих на металл при вырубке-пробивке.
2. Охарактеризуйте форму и размеры очага деформации при вырубке.
3. Приведите эпюры распределения напряжений в очаге деформации.
4. Как рассчитывается технологическое усилие при вырубке-пробивке?
5. Как определить усилие проталкивания деталей через матрицу и усилие снятия материала с пуансона?
6. Охарактеризуйте точность деталей, получаемых вырубкой-пробивкой.
7. Как определяются исполнительные размеры пуансонов и матриц при вырубке и пробивке?
8. Как выбирают размеры перемычек при вырубке?
9. Охарактеризуйте особенности вырубки-пробивки неметаллических материалов.
10. Какие существуют способы уменьшения усилия при вырубке и пробивке?
11. Охарактеризуйте предельные возможности получения различных элементов плоских деталей вырубкой и пробивкой.

Тема 7. Чистовая вырубка и пробивка

Рассматриваемые вопросы. Сущность способов чистовой вырубки и пробивки, особенности процесса, область применения.

Чистовая вырубка со сжатием. Схема рабочего инструмента, последовательность его работы. Назначение клинового ребра.

Вырубка пуансоном полнее матрицы (с «отрицательным зазором»), с притуплением режущей кромки матрицы, в матрице с обратным конусом.

Чистовая пробивка пуансоном с притупленной режущей кромкой, ступенчатым и конусным пуансоном.

Литература: [1, раздел 2 глава 5]; [2, раздел 2 глава 5]; [3, раздел 1 глава 1 § 6]; [4, раздел 1 глава 1 § 6]; [6, глава 2 § 3]; [8, глава 2 § 2.5].

Методические указания. При вырубке и пробивке деталей из листового материала вследствие зазора между матрицей и пуансоном поверхность среза получается неровной. Она имеет две характерные зоны: зону среза (гладкую поверхность с небольшим скруглением кромки) и зону скола (слегка коническую шероховатую поверхность). При отступлении от оптимальных зазоров на поверхности среза дополнительно образуются вырывы и значительные заусенцы. Такие неровности и дефекты недопустимы при изготовлении точных деталей, которые должны иметь перпендикулярную гладкую поверхность по всей высоте детали (отверстия).

Наиболее экономичным способом получения таких деталей в массовом и крупносерийном производстве является чистовая вырубка-пробивка. Применение данного способа позволяет заменить механическую обработку и этим существенно уменьшить расход металла и себестоимость выпускаемой продукции.

Все способы чистовой вырубке-пробивки сводятся к тому, чтобы исключить (или существенно уменьшить) зону скола, а высоту блестящего пояса увеличить вплоть до полной толщины заготовки. Это обеспечивается за счет создания в очаге деформации схемы напряженного состояния неравномерного всестороннего сжатия, способствующего увеличению пластичности материала.

При изучении темы необходимо изучить особенности различных способов чистовой вырубке-пробивки и их возможности.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность чистовой вырубке-пробивки? За счет чего достигается чистая боковая поверхность вырубленной детали?
2. Какие существуют способы чистовой вырубке и пробивки? Каковы области их применения?
3. Приведите схему чистовой вырубке со сжатием. Охарактеризуйте особенности процесса, штампового инструмента и оборудования для чистовой вырубке-пробивки со сжатием.

4. Приведите схему чистовой вырубке пуансоном полнее матрицы и поясните сущность процесса.

5. Охарактеризуйте способы чистовой вырубке с притупленной режущей кромкой матрицы и в матрице с обратным конусом.

6. Приведите схемы чистовой пробивке с притупленной режущей кромкой пуансона, ступенчатым пуансоном, конусным пуансоном, охарактеризуйте возможности способов.

7. Какие материалы подвергают чистовой вырубке и пробивке? Охарактеризуйте качество поверхности среза при чистовой вырубке-пробивке различных материалов.

Тема 8. Зачистка листового материала

Рассматриваемые вопросы. Назначение и область применения операции зачистки.

Зачистка деталей по наружному контуру. Зачистка пуансоном меньше матрицы. Схема операции, расчет припуска на зачистку, определение количества зачистных операций, зазоры между пуансоном и матрицей, точность обработки, шероховатость поверхности среза, определение усилия для зачистки. Расчет размеров пуансонов и матриц вырубных и пробивных штампов с учетом последующей зачистки.

Зачистка пуансоном больше матрицы. Схема операции, особенности процесса, область применения, шероховатость поверхности среза.

Зачистка обжатием. Схема операции, особенности процесса, область применения.

Зачистка деталей по внутреннему контуру. Схема операции, точность обработки, шероховатость поверхности среза.

Вибрационная зачистка. Сущность процесса, характеристика качества зачищаемой поверхности.

Совмещение вырубке с зачисткой и пробивке с зачисткой в одном штампе.

Влияние смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) на чистоту поверхности и стойкость инструмента.

Литература: [1, раздел 2 глава 5 § 5.2]; [2, раздел 2 глава 5 § 18]; [3, раздел 1 глава 1 § 7]; [4, раздел 1 глава 1 § 7]; [6, глава 2 § 1]; [8, глава 2 § 2.6].

Методические указания. При вырубке и пробивке деталей из листового материала поверхность среза получается неровной с двумя характерными зонами: среза и скола. При отступлении от оптимальных зазоров на поверхности среза дополнительно образуются вырывы и значительные заусенцы. При изготовлении точных деталей такие дефекты недопустимы. Для обеспечения поверхности среза перпендикулярной плоскости детали и гладкой по всей толщине материала применяют операцию зачистки, которая заключается в снятии тонкой стружки по контуру детали или отверстия.

При изучении темы необходимо уяснить особенности различных способов зачистки деталей по наружному контуру и отверстий, обратить внимание на конструкцию зачистного инструмента, усвоить методику определения припуска на зачистку, количества зачистных операций, размеров рабочих частей вырубных штампов для деталей, подвергаемых зачистке различными способами, силовых параметров процесса.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой зачистка в штампах? Какова область ее применения?
2. Приведите схемы зачистки с зазором между пуансоном и матрицей и пуансоном полнее матрицы, поясните особенности процесса зачистки этими способами.
3. Приведите схему зачистки мелких отверстий и поясните особенности конструкции инструмента.
4. Поясните сущность и преимущества зачистки на вибрационных (репассажных) прессах.
5. Приведите схемы, поясняющие способы определения величины припуска на зачистку.
6. Как определяются размеры матрицы и пуансона для вырубки деталей, подвергаемых зачистке?
7. Как род и состояние материала влияют на величину припуска на зачистку?
8. Охарактеризуйте точность размеров и качество поверхности зачищенных деталей.

Тема 9. Надрезка и обрезка

Рассматриваемые вопросы. Характеристика операции надрезки. Деформирование заготовки при надрезке. Схемы односторонней и двусторонней надрезки. Области применения надрезки. Изготовление «безотходной» сетки.

Характеристика операции обрезки. Применение. Способы обрезки. Обрезка на станках резцами и дисковыми ножницами. Обрезка в штампах. Схемы штампов для обрезки фланца. Величина припуска на обрезку. Совмещение вытяжки с обрезкой на первом и последующих переходах вытяжки.

Литература: [3, раздел 1 глава 1 § 9]; [4, раздел 1 глава 1 § 9]; [8, глава 2 §§ 2.7–2.8].

Методические указания. Необходимо уяснить назначение и особенности выполнения надрезки и обрезки, изучить различные способы реализации этих операций.

Контрольные вопросы

1. Поясните, в чем заключаются отличительные особенности надрезки как разделительной операции? Для изготовления каких деталей она применяется?
2. Для чего применяется обрезка? Приведите схему штампа для обрезки фланца вытянутой детали.
3. Приведите схему штампа, совмещающего вытяжку цилиндрического стаканчика с обрезкой.

Тема 10. Раскрой листового материала

Рассматриваемые вопросы. Понятие о раскрое. Показатели эффективности раскроя. Определение коэффициента использования материала, коэффициента раскроя.

Раскрой листового материала при вырубке деталей (раскрой полосы, ленты). Характеристика основных типов раскроя с отходом (прямого, наклонного, встречного, комбинированного, многорядного, с вырезкой перемычек), малоотходного и безотходного раскроя, области их применения. Сравнительная характеристика многорядного раскроя с параллельным и шахматным расположением рядов. Определение величины перемычки и расчет ширины полосы (ленты).

Раскрой листа. Характеристика продольного, поперечного и косого раскроя листа.

Основные правила (рекомендации), которыми следует руководствоваться при разработке раскроя полосы, ленты, листа.

Пути повышения эффективности раскроя. Оптимизация раскроя с помощью ЭВМ.

Литература: [1, раздел 2 глава 6]; [2, раздел 2 глава 6]; [3, раздел 2 глава 2 § 4]; [4, раздел 2 глава 2 § 4]; [6, глава 14]; [7, глава 1].

Методические указания. В себестоимости деталей, изготавливаемых листовой штамповкой, затраты на материал могут достигать 50–70 %. Поэтому экономия металла и уменьшение отходов являются очень важной задачей в листоштамповочном производстве. Экономия металла достигается путем эффективного раскроя листов на полосы и расположения заготовок на полосе (ленте).

Для овладения данной темой следует изучить основные типы раскроя полос и листов, области наиболее целесообразного их применения, усвоить правила рационального проектирования раскроя. Необходимо знать формулы для расчета ширины полосы (ленты) для различных условий штамповки.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют виды раскроя листового материала?
2. Какие показатели определяют эффективность раскроя металла? От каких факторов зависит эффективность раскроя?
3. Охарактеризуйте области применения основных типов раскроя полосы с отходом.
4. Чем отличается малоотходный раскрой от безотходного и от раскроя с отходом? Приведите примеры малоотходного и безотходного раскроя полосы.
5. Какие преимущества обеспечивает многорядный раскрой, по сравнению с однорядным?
6. Дайте сравнительную характеристику многорядного раскроя с параллельным и шахматным расположением рядов.
7. Как рассчитывается ширина полосы (ленты) при штамповке с боковым прижимом полосы, без бокового прижима, с применением шаговых ножей?

8. Дайте характеристику продольного, поперечного и косо­го раскроя листа. Приведите схемы раскроя.

9. Какими рекомендациями необходимо руководствоваться при раскрое полосы и листа для уменьшения трудоемкости заготови­тельных и штамповочных операций?

10. Какие приемы используются для повышения эффективности раскроя металла?

1.4. Формоизменяющие операции листовой штамповки

Тема 11. Гибка листового материала

Рассматриваемые вопросы. Схемы гибки. Характер деформиро­вания заготовки при гибке. Зоны растяжения и сжатия. Понятие нейтральной поверхности напряжений и деформаций. Особенности процесса гибки широкой и узкой полосы. Схемы напряженного и деформированного состояния в очаге деформации при гибке ши­рокой и узкой полосы. Изменение формы и размеров поперечного сечения заготовки в зоне изгиба. Стадии процесса гибки. Эпюры распределения напряжений и деформаций в очаге деформации на различных стадиях гибки.

Минимально допустимый радиус гибки и факторы, влияющие на его величину.

Определение положения нейтрального слоя. Определение разме­ров исходной заготовки при гибке. Определение энергосиловых па­раметров (моментов, усилий, работы) при гибке.

Точность деталей, получаемых гибкой. Упругое пружинение и факторы, влияющие на его величину. Показатели, оценивающие величину пружинения. Способы компенсации угла пружинения.

Конструктивные элементы гибочных штампов. Расчет исполни­тельных размеров пуансонов и матриц гибочных штампов.

Специальные способы гибки: с растяжением, сжатием. Схемы процесса. Область применения.

Гибка профилей и труб.

Технологические возможности гибки.

Литература: [1, раздел 3 глава 7]; [2, раздел 3 глава 8]; [3, раз­дел 1 глава 2]; [4, раздел 1 глава 2]; [7, глава 3]; [8, глава 3 § 3.1].

Методические указания. При изучении темы необходимо усвоить стадии процесса гибки, изучить схемы напряженного и деформированного состояния в различных зонах очага деформации на каждой стадии процесса при гибке широкой и узкой полосы, характер изменения поперечного сечения заготовки в очаге деформации. Следует уяснить, что на точность получаемых деталей существенно влияет упругое последствие (пружинение). Нужно знать, что на величину угла пружинения при гибке V-образных и U-образных деталей влияют механические свойства материала, относительный радиус и угол гибки, зазор, усилие гибки. Необходимо изучить способы уменьшения пружинения при гибке, в том числе при гибке по большому относительному радиусу. Следует знать, что понимается под минимально допустимым радиусом гибки, какие факторы определяют его значение, как следует раскраивать металл для получения заготовок под гибку с учетом направления прокатки. Необходимо знать методику определения размеров заготовки, расчетные формулы для определения усилия гибки, технологические требования к деталям, изготавливаемым различными методами гибки.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте различные стадии процесса гибки. Приведите эпюры тангенциальных напряжений и деформаций на различных стадиях гибки.
2. Как изменяется форма и размеры поперечного сечения заготовки в зоне изгиба? Какие причины вызывают искажение сечения?
3. Что понимается под нейтральным слоем деформации? Какие факторы влияют на его местоположение? Как определить положение нейтрального слоя? Как определяются размеры заготовки при гибке?
4. Что понимается под минимальным радиусом изгиба? От каких факторов зависит его значение? Как он определяется?
5. В каких случаях необходимо учитывать направление прокатки при раскрое плоских заготовок, подвергаемых гибке?
6. Что является причиной пружинения? Какие показатели применяются для количественной оценки пружинения?
7. Какие факторы влияют на величину пружинения? Как относительный радиус гибки влияет на величину пружинения?

8. Как корректируют размеры инструмента для гибки с учетом упругих деформаций?
9. Охарактеризуйте способы уменьшения пружинения при гибке.
10. Как рассчитать усилие при одно- и двухугловой гибке?
11. Для изготовления каких деталей применяют гибку с растяжением? В чем заключается ее сущность? Приведите схему операции.

Тема 12. Вытяжка листового материала

Рассматриваемые вопросы. Определение и технологическая схема операции вытяжки. Способы вытяжки. Показатели степени формоизменения заготовки при вытяжке.

Вытяжка цилиндрических деталей без принудительного утонения стенки изделия. Напряженно-деформированное состояние заготовки. Физические явления, ограничивающие степень формоизменения заготовки при вытяжке. Расчет силовых параметров, работа деформации при вытяжке. Факторы, влияющие на величину максимальных напряжений в опасном сечении и усилие вытяжки.

Многооперационная осесимметричная вытяжка. Формоизменение заготовки при последующих операциях вытяжки. Расчет числа операций при многопереходной вытяжке.

Аналитический, графический и графоаналитический методы определения размеров заготовки для вытяжки деталей типа тел вращения.

Вытяжка цилиндрических деталей с широким фланцем. Основные правила вытяжки.

Вытяжка ступенчатых и конических деталей. Формоизменение заготовки. Варианты многопереходной вытяжки конических деталей.

Многооперационная последовательная вытяжка в ленте. Область применения. Способы вытяжки в ленте. Форма подрезов в ленте. Технологические расчеты процесса последовательной вытяжки в ленте.

Вытяжка коробчатых деталей. Схемы формоизменения и напряженно-деформированного состояния заготовки в процессе вытяжки коробчатых деталей. Напряженное состояние на прямолинейных и угловых участках фланца заготовки при вытяжке коробчатой детали. Расчет формы и размеров плоской заготовки и выбор способа построения контура при вытяжке низких, средних и высоких коробчатых деталей.

Вытяжка цилиндрических деталей с утонением стенок. Схема процесса. Напряженно-деформированное состояние. Степени деформации при вытяжке с утонением. Установление числа операций. Усилия деформации при вытяжке с утонением.

Комбинированная вытяжка.

Вытяжка кузовных (облицовочных) деталей. Особенности технологии штамповки кузовных деталей. Разработка вытяжных переходов при изготовлении кузовных деталей.

Конструктивные элементы вытяжных штампов. Выбор радиусов закругления матрицы и пуансонов вытяжных штампов, зазора между матрицей и пуансоном. Расчет исполнительных размеров вытяжных матриц и пуансонов.

Роль смазки при вытяжке, характеристика смазок.

Литература: [1], [2, раздел 3 главы 9–15]; [3, раздел 1 глава 3]; [4, раздел 1 глава 3]; [6, главы 4–7]; [7, глава 4]; [8, глава 3 § 3.2].

Методические указания. Операция вытяжки применяется для изготовления полых деталей разнообразных форм, что требует различных условий ее осуществления. Необходимо изучить различные способы вытяжки и, прежде всего, процесс превращения плоской заготовки в полое изделие или полуфабрикат, а также дальнейший процесс формоизменения полого полуфабриката в полое изделие. Надо знать схемы напряженного и деформированного состояния, возникающие в различных частях заготовки при разных способах вытяжки. Следует уяснить, какие показатели используются для оценки степени формоизменения заготовки при вытяжке, усвоить методику определения количества переходов вытяжки и пооперационных размеров, знать формулы для расчета усилия вытяжки и прижима заготовки к матрице, изучить влияние сил трения и роль смазки в процессе вытяжки.

Следует уяснить особенности вытяжки ступенчатых, конических, коробчатых, кузовных деталей, деталей с широким фланцем, последовательной вытяжки в ленте. Необходимо изучить процесс вытяжки с принудительным утонением стенки, методику расчета количества переходов и пооперационных размеров, усилия вытяжки.

Нужно овладеть методикой расчета размеров плоских заготовок для вытяжки цилиндрических и коробчатых деталей, деталей, получаемых вытяжкой с утонением стенки, деталей типа тел вращения с криволинейной образующей.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение и приведите технологическую схему операции вытяжки.
2. Какие существуют способы вытяжки?
3. Условия выполнения вытяжки (состояние рабочих кромок матрицы и пуансона, величина зазора).
4. Где находится очаг пластической деформации при вытяжке без принудительного утонения стенки?
5. Напряженно-деформированное состояние в различных зонах вытягиваемой заготовки.
6. Показатели, характеризующие степень формоизменения заготовки при вытяжке.
7. Где находится опасное сечение детали, получаемой вытяжкой? В связи с чем оно является опасным?
8. Какие физические явления ограничивают степень формоизменения заготовки при вытяжке?
9. Что является причиной обрыва дна вытягиваемого изделия?
10. По какой причине и в каких случаях образуются складки во фланце заготовки?
11. В каких случаях вытяжка ведется с прижимом заготовки, а в каких без нее? Как определить необходимость применения прижима при вытяжке?
12. Каким условиям должно удовлетворять усилие прижима? Как его определить?
13. Что представляет собой пульсирующая вытяжка? Какова область ее применения?
14. Что понимается под предельно допустимым коэффициентом вытяжки? Какие факторы влияют на его величину?
15. Какое влияние оказывает смазка при вытяжке? На какие поверхности ее следует наносить и почему?
16. Как рассчитывается усилие вытяжки?
17. Что такое фестоны? Какие причины их появления? Как получить стакан с равномерной высотой по периметру?
18. Как рассчитать диаметр заготовки для осесимметричной детали, получаемой вытяжкой?
19. Как определить форму и размеры заготовки для вытяжки низкой прямоугольной коробчатой детали?

20. Как определить число переходов при вытяжке?
21. Какова особенность вытяжки деталей с широким фланцем?
22. Поясните особенности вытяжки деталей в ленте? Какова область применения этого способа вытяжки?
23. В чем назначение перетяжных ребер при вытяжке деталей сложной формы?
24. В чем особенности вытяжки с утонением стенки? Что обеспечивает высокую степень деформации при вытяжке с утонением?
25. Что собой представляет комбинированная вытяжка?

Тема 13. Отбортовка, обжим, раздача

Рассматриваемые вопросы. Отбортовка отверстий. Напряженное и деформированное состояние при отбортовке. Явление, ограничивающее степень деформации при отбортовке. Коэффициент отбортовки и факторы, влияющие на его величину. Расчет силовых и технологических параметров при отбортовке отверстий. Отбортовка с утонением материала, отверстий сложной формы и наружного контура.

Обжим полых цилиндрических заготовок. Напряженное и деформированное состояние при обжиге. Явления, ограничивающие степень деформации при обжиге. Коэффициент обжима и факторы, влияющие на его величину. Усилие обжима.

Раздача полых цилиндрических заготовок. Напряженное и деформированное состояние при раздаче. Явления, ограничивающие степень деформации при раздаче. Коэффициент раздачи и факторы, влияющие на его величину. Усилие раздачи.

Литература: [1, раздел 3 глава 9]; [2, раздел 3 глава 16]; [3, раздел 1 глава 4]; [4, раздел 1 глава 4]; [6, главы 9, 10]; [7, глава 5]; [8, глава 3 §§ 3.3–3.5].

Методические указания. Операции отбортовки, обжима и раздачи относятся к формоизменяющим операциям, изменяющим форму листовой заготовки за счет местных деформаций различного характера. При изучении раздела необходимо уяснить назначение и сущность операций, особенности протекания процессов деформирования заготовок и напряженно-деформированного состояния в очаге деформации, какие показатели используются для оценки степени формоизменения заготовки, какие физические явления ограничива-

ют возможную степень деформации и как различные факторы влияют на предельно допустимые степени формоизменения заготовки. Необходимо уметь определять размеры заготовок, усилия для осуществления операций, а также пользоваться справочными таблицами для технологических расчетов.

Контрольные вопросы

1. Приведите технологическую схему отбортовки и охарактеризуйте напряженное и деформированное состояние заготовки в очаге деформации.

2. Что называется коэффициентом отбортовки? Что понимается под предельно допустимым коэффициентом отбортовки? Какое явление ограничивает степень деформации при отбортовке?

3. Как влияют на предельно допустимый коэффициент отбортовки механические свойства материала, относительная толщина заготовки, способ получения отверстий и состояние их кромок, форма рабочей части пуансона.

4. Как рассчитать диаметр отверстия под отбортовку с заданной высотой бурта?

5. Как рассчитать усилие отбортовки?

6. Что представляет собой отбортовка с утонением стенки? В чем заключаются ее преимущества и недостатки, по сравнению с отбортовкой без утонения стенки?

7. Приведите определение и схему операции обжима.

8. Охарактеризуйте напряженное состояние в очаге деформации при обжиме.

9. Какое явление ограничивает деформацию при обжиме? Каким показателем она оценивается?

10. С какой целью применяется операция раздачи?

11. Какие явления ограничивают возможность раздачи с высокой степенью деформации?

12. Какой показатель используется для оценки формоизменения заготовки при раздаче?

13. Какие физические явления ограничивают степень формоизменения при раздаче?

Тема 14. Рельефная формовка, правка, калибровка, чеканка

Рассматриваемые вопросы. Технологические схемы и характеристика процессов. Напряженное и деформированное состояние. Расчет силовых параметров процессов.

Литература: [1, раздел 3 глава 10]; [2, раздел 3 глава 16]; [3, раздел 1 глава 4]; [4, раздел 1 главы 4, 5]; [7, глава 5]; [8, глава 3 § 3.1]; [8, глава 3 § 3.7].

Методические указания. Необходимо уяснить сущность и назначение операций. Знать основные способы их реализации. Уметь рассчитывать силовые параметры процессов.

Контрольные вопросы

1. Для чего применяется рельефная формовка? Охарактеризуйте сущность операции.
2. Как рассчитать усилие рельефной штамповки?
3. Поясните сущность и назначение операций правки, калибровки и чеканки.
4. В каких случаях используют правку в штампах с гладкой, вафельной и точечной поверхностью рабочего инструмента?
5. Как рассчитывается усилие правки и чеканки?

Тема 15. Штамповка неметаллических материалов

Рассматриваемые вопросы. Основные виды неметаллических материалов, применяемых в холодной штамповке. Особенности отрезки, вырубки и пробивки пластичных и хрупких неметаллических материалов. Характеристика точности и качества получаемых деталей. Виды материалов, подвергаемых формоизменяющим операциям. Особенности гибки, вытяжки и формовки неметаллических материалов, температурный режим обработки.

Литература: [2, раздел 4 глава 20]; [3, раздел 1 глава 5]; [4, раздел 1 глава 7]; [6, глава 16]; [8, глава 4].

Методические указания. Необходимо изучить виды неметаллических материалов, применяемых в листовой штамповке, особенности их строения, механические свойства, способность к пластическому деформированию, уяснить особенности выполнения разделки-

тельных и формоизменяющих операций в зависимости от вида обрабатываемого материала, в том числе режимы обработки (зазоры, необходимость применения прижима и нагрева заготовки и др.).

Контрольные вопросы

1. Какие неметаллические материалы применяются в холодной штамповке?
2. Какие требования необходимо выполнить при проведении операций отрезки, вырубки-пробивки различных неметаллических материалов для получения качественных деталей?
3. Поясните особенности вырубки слоистых пластиков (гетинакса, текстолита, стеклопластиков) и слюды.
4. Приведите схему штампа для высечки (просечки) неметаллических материалов (бумаги, картона, кожи, фетра и др.) и поясните его конструктивные особенности.
5. Охарактеризуйте условия для гибки, вытяжки и формовки неметаллических материалов и возможности формоизменения при этих операциях.

1.5. Особые виды обработки листовых материалов давлением

Тема 16. Импульсные высокоскоростные методы штамповки

Рассматриваемые вопросы. Штамповка взрывом. Электрогидравлическая штамповка. Магнитно-импульсная штамповка. Сущность, области применения и схемы установок.

Литература: [3, раздел 1 глава 6 § 39]; [4, раздел 3 глава 6 § 41].

Методические указания. Необходимо изучить сущность методов штамповки с использованием энергии взрывчатых веществ, высоковольтных разрядов в жидкости, импульсного магнитного поля, схемы установок для их реализации, уяснить достоинства и недостатки способов, их возможности и области применения.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте сущность штамповки взрывом, ее возможности и область применения.

2. На чем основан метод электроимпульсной штамповки? Какова область его применения?

3. Поясните принцип, на котором основан метод штамповки с использованием импульсного магнитного поля. Охарактеризуйте технологические возможности метода.

Тема 17. Ротационная вытяжка

Рассматриваемые вопросы. Сущность процесса ротационной вытяжки. Особенности процесса формоизменения заготовки, характеристика очага деформации. Характеристика формы и размеров деталей, получаемых ротационной вытяжкой. Инструмент и оборудование для ротационной вытяжки.

Литература: [3, раздел 1 глава 6 § 41]; [4, раздел 3 глава 6 § 44], [6, глава 12].

Методические указания. Необходимо изучить схемы процесса ротационной вытяжки, инструмент и оборудование, особенности деформирования заготовки, возможности процесса (формы и размеры изделий, размерная точность, качество поверхности, производительность, области применения).

Контрольные вопросы

1. Приведите схемы ротационной вытяжки деталей различной формы.

2. Охарактеризуйте особенности процесса, деформирующий инструмент и оборудование для ротационной вытяжки.

3. Охарактеризуйте форму и размеры деталей, получаемых ротационной вытяжкой, их размерную точность и качество поверхности.

Тема 18. Штампо-сборочные операции

Рассматриваемые вопросы. Сборка холодной штамповкой. Сборка холодной сваркой. Сборка импульсной обработкой. Сборка ротационным локальным деформированием. Штампосварные конструкции.

Литература: [2, раздел 4 глава 17 § 66]; [4, раздел 1 глава 6 § 47], [6, глава 13]; [8, глава 3 § 3.7].

Методические указания. Необходимо изучить способы создания неразборных соединений различных деталей, знать, какие операции для этого применяются.

Контрольные вопросы

1. Какие преимущества имеют штампо-сборные и штампо-сварные конструкции, по сравнению с цельными?
2. Какие штамповочные операции используют для неразъемного соединения деталей? Приведите схемы сборки деталей с применением этих операций.
3. Поясните сущность сборки деталей холодной сваркой. Приведите схемы осуществления неразъемных соединений этим методом.

1.6. Технологическая подготовка производства

Тема 19. Технологичность конструкции штампованных деталей

Рассматриваемые вопросы. Общие технологические требования к конструкции листоштампованных деталей. Показатели технологичности.

Требования к деталям, получаемым при помощи разделительных операций (отрезки, вырубки, пробивки).

Требования к деталям, получаемым при помощи формоизменяющих операций (гибки, вытяжки, формовки).

Точность листоштампованных деталей, изготовленных посредством разделительных и формоизменяющих операций. Нормы точности.

Способы повышения технологичности конструкций листовых штампованных деталей.

Литература: [2, раздел 5 глава 22]; [3, раздел 2 глава 1], [4, раздел 2 глава 1], [7, главы 2–4], [8, глава 8].

Методические указания. Технологичность холодноштампованных деталей является важной предпосылкой прогрессивности и экономичности их производства. Под технологичностью понимают такое сочетание конструктивных элементов детали, которое обеспечивает наиболее простое и экономичное их изготовление в условиях данной серийности производства при соблюдении технических

и эксплуатационных требований к ним. Создание технологичных форм штампуемых деталей упрощает производственный процесс и имеет решающее значение для экономии материалов в штамповочном производстве. Зачастую незначительные изменения конфигурации позволяют получить существенную экономию материала, уменьшить трудоемкость изготовления деталей, повысить производительность труда и стойкость штампов. Следует уяснить, что листовой штамповкой невозможно или затруднительно получить целый ряд конструктивных элементов определенных размеров. При изучении данной темы необходимо изучить общие технологические требования к конструкции штампованных деталей, а также требования к деталям, получаемым при помощи различных операций.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под технологичностью штампованных деталей?
2. Перечислите эксплуатационно-технические требования к холодно-штампованным деталям.
3. Перечислите основные показатели технологичности холодноштампованных деталей.
4. Охарактеризуйте общие технологические требования к конструкции штампованных деталей.
5. Охарактеризуйте требования к конструкции деталей, получаемых вырубкой и пробивкой.
6. Охарактеризуйте требования к конструкции деталей, получаемых гибкой.
7. Охарактеризуйте требования к конструкции деталей, получаемых вытяжкой и формовкой.
8. Охарактеризуйте методы повышения технологичности штампуемых деталей.

Тема 20. Технологическая подготовка производства в листовой штамповке

Рассматриваемые вопросы. Содержание технологической подготовки производства.

Порядок разработки технологических процессов листовой штамповки.

Содержание работ при проектировании и расчете технологических процессов. Техническое задание на проектирование штампа. Технологическая документация.

Автоматизация технологической подготовки производства.

Литература: [2, раздел 5 глава 23]; [3, раздел 2 глава 2], [4, раздел 2 глава 2]; [8, глава 9].

Методические указания. Технологическая подготовка производства – это сложная комплексная задача. Ее решение заключается в создании наиболее экономичного варианта технологического процесса на основе оптимизации при данных производственных условиях. В основу разработки технологических процессов положены два принципа: технический и экономический. В соответствии с техническим принципом проектируемый технологический процесс должен обеспечить выполнение требований чертежа и технических условий на изготовление деталей. В соответствии с экономическим принципом изготовление детали должно выполняться с наименьшей трудоемкостью и затратами. При изучении темы необходимо усвоить порядок и последовательность этапов разработки технологических процессов, а также содержание работ и расчетов при их выполнении. Необходимо знать какая технологическая документация оформляется при разработке технологического процесса листовой штамповки, какая информация содержится в техническом задании на проектирование штампа.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте содержание технологической подготовки производства листоштампованных деталей.
2. Поясните порядок разработки технологических процессов листовой штамповки плоских, гнутых и полых деталей.
3. Какие параметры процесса производства детали влияют на выбор способа и средств штамповки?
4. Приведите содержание технического задания на проектирование штампа.
5. С какой целью применяют САПР в технологической подготовке листоштамповочного производства?
6. Какая технологическая документация оформляется при разработке технологических процессов листовой штамповки?

Тема 21. Штампы для листовой штамповки. Расчет деталей штампов на прочность

Рассматриваемые вопросы. Типовая конструкция штампа. Назначение основных элементов штампа. Классификация штампов. Материалы и термическая обработка рабочих деталей штампов.

Требования к сталям для изготовления рабочих деталей штампов, их характеристика. Термическая обработка деталей штампов. Стойкость рабочих деталей штампов. Факторы, влияющие на стойкость штампов. Химико-термические способы повышения стойкости штампов. Использование инструмента, армированного твердыми сплавами (вставками).

Расчет деталей штампов на прочность, жесткость, устойчивость. Расчет пуансонов малого диаметра на прочность и устойчивость. Расчет матриц на прочность. Приближенный расчет плит штампов. Определение центра давления штампа.

Литература: [1, раздел 4]; [2, раздел 6]; [3, раздел 3 главы 1–3]; [4, раздел 3 главы 1–3]; [6, главы 18, 19]; [7]; [8, глава 5]; [9]; [10]; [11].

Методические указания. Необходимо изучить типовую конструкцию штампа, назначение его отдельных элементов, типовые конструкции штамповых блоков, рабочих, фиксирующих, направляющих, удаляющих и крепежных деталей. Следует ознакомиться с классификацией штампов по технологическому признаку (по характеру выполняемых операций), числу одновременно выполняемых операций, способу направления и другим признакам. Нужно изучить требования к рабочим и другим деталям штампов, уяснить, какие стали применяются для их изготовления и какая требуется термообработка. Необходимо усвоить методы расчета основных деталей штампов на прочность.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под блоком и пакетом штампа?
2. Какие детали штампа называются рабочими?
3. Какие функции выполняют фиксирующие и направляющие элементы штампа?
4. Как классифицируются штампы по числу одновременно выполняемых операций?

5. Какие детали штампов регламентированы государственными стандартами?

6. Перечислите требования к точности изготовления и термообработке пуансонов и матриц, назовите применяемые для их изготовления марки сталей и охарактеризуйте их механические свойства.

7. Какие требования предъявляются к направляющим колонкам и втулкам штампов? Охарактеризуйте материалы, применяемые для их изготовления и особенности термообработки.

8. Что понимают под стойкостью штампов? Какие существуют способы ее повышения?

9. В чем заключается проверочный расчет пуансонов малого диаметра и цельных кольцевых матриц?

10. Что такое центр давления штампа? Как его определяют?

Тема 22. Методика проектирования штампов

Рассматриваемые вопросы. Порядок и этапы проектирования штампов. Исходные данные. Выбор и обоснование конструктивной схемы штампа. Подбор стандартных деталей и сборочных единиц. Проверочный расчет на прочность и жесткость отдельных деталей штампа. Технологические расчеты. Компоновка деталей штампа. Требования техники безопасности в конструкциях штампов. Основные правила выполнения сборочных чертежей штампов. Сущность системы автоматизированного проектирования штампов (САПР Ш).

Литература: [1, раздел 4]; [2, раздел 6 глава 30]; [3, раздел 3 глава 4]; [4, раздел 3 глава 4]; [7]; [12], [13].

Методические указания. Необходимо уяснить, что конструкция штампа должна полностью отвечать требованиям технологического процесса в отношении формы и точности размеров штампуемой детали, обеспечивать необходимую производительность и безопасность работы, а также быть технологичной в изготовлении и экономически эффективной для данного масштаба производства. Следует разобраться в последовательности этапов проектирования штампа и их содержании, усвоить правила выполнения сборочных чертежей штампов и рабочих чертежей деталей.

Контрольные вопросы

1. В какой последовательности ведется проектирование штампов?
2. Какие требования безопасности предъявляются к конструкции штампов?
3. На какие категории по степени безопасности подразделяются штампы листовой штамповки?
4. Сформулируйте основные правила выполнения сборочных чертежей штампов.
5. Для чего нужна система автоматизированного проектирования штампов (САПР Ш)? Какие функции она выполняет?

Тема 23. Автоматизация технологических процессов листовой штамповки

Рассматриваемые вопросы. Автоматизация технологических процессов листовой штамповки из ленты, полосы, штучных заготовок. Цели автоматизации технологических процессов. Особенности автоматизации листоштамповочного производства. Методы и средства автоматизации. Средства автоматизации для листовой штамповки из рулонного проката. Разматывающе-правильные устройства (приводные и неприводные), подающие устройства (крючковые, валковые, клещевые), устройства для удаления деталей и отходов (сбрасывающего и выносящего действия).

Средства автоматизации для листовой штамповки из штучных заготовок. Автоматические бункерные загрузочно-ориентирующие устройства (АБЗОО), вибробункеры, магазинные накопительно-загрузочные устройства, шиберные, револьверные и грейферные подающие и передающие устройства.

Применение промышленных роботов, автоматических штамповочных линий, программно-управляемого штамповочного оборудования, гибких производственных модулей и роботизированных технологических комплексов.

Особенности применения средств автоматизации в массовом и серийном производстве.

Литература: [2, раздел 7]; [3, раздел 4]; [4, раздел 4 глава 2]; [6, глава 9 § 2]; [7]; [8, глава 10].

Методические указания. При изучении данной темы необходимо усвоить, что автоматизация технологических процессов осуществ-

ляется в целях увеличения производительности труда, уменьшения трудоемкости, улучшения организации и условий работы. Следует уяснить, что наиболее просто и эффективно автоматизация процессов листовой штамповки решается при использовании непрерывных материалов (ленты, проволоки, широкорулонной стали). Необходимо изучить конструкции и принцип работы разматывающе-правильных, подающих, удаляющих устройств различных типов.

Необходимо усвоить особенности автоматизации технологических процессов листовой штамповки из штучных заготовок, затрудняющих процесс автоматизации, изучить конструкции и принципы работы автоматических устройств различных типов для накопления, ориентации и поштучной выдачи штучных заготовок.

Следует также уяснить, что подходы к автоматизации различных типов производства различны. Методы автоматизации должны соответствовать особенностям производства, но при этом автоматизация должна быть экономически оправдана.

Контрольные вопросы

1. С какой целью осуществляется автоматизация?
2. В чем заключаются основные особенности автоматизации листоштамповочного производства?
3. Какие методы и средства автоматизации применяют в массовом и серийном производстве?
4. Поясните конструкцию и принцип работы неприводного (приводного) устройства для разматывания рулонного материала.
5. Поясните конструкцию и принцип работы неприводного (приводного) устройства для правки рулонного материала.
6. Поясните конструкцию и принцип работы крючковой (валковой) подачи.
7. Поясните конструкцию и принцип работы роliko-клиновой (клиноножевой) подачи.
8. Приведите схему, поясните принцип работы и области применения АБЗОУ с крючковым, карманчиковым, секторным и ножевым захватным органом.
9. Поясните устройство и принцип работы шибберных питателей. Охарактеризуйте типы приводов, применяемых в шибберных устрой-

ствах. Укажите достоинства, недостатки и область применения шибберных питателей.

10. Поясните устройство и принцип работы револьверных подач. Охарактеризуйте типы приводов, применяемых в этих устройствах.

11. Охарактеризуйте принцип работы и область применения рейферных передающих устройств.

12. Приведите схемы удаляющих устройств сбрасывающего действия (пневматических, шибберных, маятниковых и др.) с различными типами приводов.

2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Цель лабораторных работ – закрепление и углубление знаний, полученных студентами при изучении курса «Технология листовой штамповки», а также освоение методик проведения экспериментальных исследований и обработки полученных результатов.

При выполнении лабораторных работ студенты изучают особенности технологических операций, устанавливают влияние отдельных факторов на процесс деформирования заготовки, допустимую степень деформации, усилие деформирования, сопоставляют экспериментальные данные с расчетными, знакомятся с конструкциями штампов и принципами их работы.

Перечень выполняемых лабораторных работ

1. Оценка штампуемости листового металла методом выдавливания сферической лунки.
2. Исследование процесса вырубки листового металла в штампах.
3. Изучение влияния пружинения на точность деталей при гибке в штампах.
4. Определение минимального коэффициента вытяжки цилиндрических деталей из плоских заготовок без прижима.
5. Изучение процесса многооперационной вытяжки цилиндрических деталей.
6. Изучение конструкции штампа для вырубки и пробивки, разборка и сборка штампа.

3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Общие методические указания и требования к оформлению контрольной работы

Задание на контрольную работу по курсу «Технология листовой штамповки» дано в 20 вариантах. Номер выполняемого варианта соответствует порядковому номеру студента в списке группы.

Контрольные работы представляют собой письменные ответы на вопросы, приведенные в задании. Ответы должны быть краткими и четкими, по существу заданных вопросов; переписывание литературных источников не допускается.

Излагаемый материал необходимо сопровождать рисунками, графиками, эскизами. Иллюстрации, помещаемые в работе, именуяются рисунками и нумеруют. Под рисунком обязательно помещается подпись, раскрывающая его смысл. Если рисунок заимствован, то в соответствующем месте текста приводят ссылку на литературный источник, номер которого указывают в квадратных скобках в соответствии со списком литературы, помещаемым в конце работы. Рисунки должны быть выполнены от руки, ксерокопии не допускаются. Таблицы должны иметь номер и название.

В список литературы включают только те источники, на которые сделаны ссылки в тексте, а наименования источников располагают в порядке появления ссылок в тексте. После номера источника указывают фамилии и инициалы авторов, наименование книги, место издания, издательство, год издания, количество страниц.

При выполнении контрольной работы должны соблюдаться следующие правила:

– контрольная работа выполняется в отдельной тетради, на обложке которой указывается название университета, фамилия, имя и отчество студента, его шифр, номер группы, наименование дисциплины, название работы, вариант задания, домашний адрес;

– работа должна быть написана четким разборчивым почерком фиолетовыми или черными чернилами (шариком) на одной стороне листа, оставляя его соседнюю сторону свободной для возможных исправлений, исключив необходимость полного переписывания неправильных ответов;

– листы должны быть пронумерованы, для замечаний рецензента на страницах должны быть предусмотрены поля шириной 35–40 мм;

– ответы на вопросы контрольной работы следует давать в том порядке, в каком они приведены в задании; перед каждым ответом необходимо написать вопрос;

– оформленная работа подписывается студентом с указанием даты исполнения.

В случае невыполнения вышеприведенных требований контрольная работа не засчитывается.

Контрольная работа должна быть сдана на проверку за один месяц до начала сессии.

Варианты заданий

Вариант № 1

1. Какое основное правило положено в основу методов расчета заготовки при вытяжке деталей? Какие методы расчета применяются при вытяжке осесимметричных деталей? Поясните сущность этих методов. В каких случаях они применимы?

2. Охарактеризуйте сущность зачистной штамповки, область ее применения, точность размеров и качество поверхности зачищенных деталей. Приведите схемы различных способов зачистки деталей по наружному контуру и отверстий. Поясните, как определяется припуск на зачистку, размеры матрицы и пуансона для вырубкис пробивки деталей, подвергаемых зачистке, усилие зачистки?

3. Приведите схему вытяжного штампа с гидроэластичным пуансоном. Охарактеризуйте преимущества и недостатки таких штампов, по сравнению с обычными металлическими. В каких случаях применяются такие штампы?

4. Определите форму и размеры инструмента для гибки полосы толщиной 3 мм, шириной 50 мм и длиной 400 мм на угол 90° при внутреннем радиусе изгиба 100 мм. Материал заготовки – сталь 10.

Вариант № 2

1. Что понимается под штампуемостью листового металла? Какие существуют методы оценки штампуемости? Как влияют на

штампруемость металла его химический состав, величина зерна, структурное состояние, механические характеристики?

2. В каких случаях применяется гибка с растяжением? В чем заключается сущность процесса? Для пояснения приведите эпюры тангенциальных деформаций при обычной гибке и гибке с растяжением.

3. Приведите схему штампа для первого перехода вытяжки на прессе двойного действия. Поясните его устройство и принцип работы. Для вытяжки каких деталей применяются такие штампы?

4. Определите количество переходов вытяжки для изготовления стаканчика диаметром 20 мм и высотой $50_{-0,5}$ мм с учетом последующей обрезки фестонов. Радиус скругления дна – 3 мм. Материал заготовки – сталь 10 кп толщиной 1 мм.

Вариант № 3

1. Дайте сравнительную характеристику различных способов раскроя круглых заготовок в полосе (ленте). Как определяется эффективность раскроя?

2. Приведите схемы операций вырубки и пробивки. Охарактеризуйте условия их проведения (величина зазора, состояние рабочих кромок матрицы и пуансона). Поясните, как влияет величина зазора на качество среза и технологическое усилие? Какой зазор считается оптимальным? Как рассчитывается усилие вырубки-пробивки?

3. Приведите схему штампа для второго и последующих переходов вытяжки на прессе двойного действия. Поясните его устройство и принцип работы. Для вытяжки каких деталей применяются такие штампы?

4. Определите форму и размеры инструмента для гибки полосы толщиной 4 мм, на угол 90° при внутреннем радиусе изгиба 5 мм. Материал заготовки – сталь 10.

Вариант № 4

1. Охарактеризуйте материалы, применяемые для листовой штамповки, сортамент листового проката, способы производства, качественные характеристики (точность проката, качество отделки поверхности, способность к вытяжке и другие параметры). Укажите маркировку, условные обозначения, соответствующие ГОСТы.

2. Что называется предельно допустимым коэффициентом вытяжки, как влияют на его величину диаметр вытягиваемого изделия, толщина заготовки, механические характеристики материала заготовки, скорость деформирования, порядковый номер перехода вытяжки?

3. Приведите схему штампа для отбортовки отверстия на кривошипном прессе простого действия. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Поясните методику расчета исполнительных размеров матрицы и пуансона для вырубki-пробивки. Определите размеры матрицы и пуансона для вырубki круглой детали диаметром $60_{-0,3}$ мм, толщиной 2 мм из стали марки 20.

Вариант № 5

1. Охарактеризуйте различные способы резки листового материала на полосы. Приведите схему сил, действующих на металл при отрезке ножницами. С какой целью осуществляют наклон ножа? Каким должен быть угол наклона ножа и почему? Как рассчитывается технологическое усилие и работа деформирования при отрезке на ножницах с параллельными и наклонными ножами?

2. Приведите схемы вытяжки полых деталей с подогревом фланца, поясните сущность процесса и область его применения.

3. Приведите схему штампа совмещенного действия для вырубki и вытяжки на прессе простого действия. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите количество переходов вытяжки, необходимых для изготовления стаканчика диаметром 50 мм с фланцем диаметром 100 мм с учетом последующей обрезки фланца. Радиус сопряжения цилиндрической части детали с дном 2 мм, с фланцем 4 мм. Материал заготовки – сталь марки 08 толщиной 1 мм.

Вариант № 6

1. Охарактеризуйте особенности технологии листовой штамповки с точки зрения технико-экономических показателей. Приведите классификацию операций листовой штамповки. В чем заключается принципиальное отличие разделительных и формоизменяю-

щих операций? Дайте определение и приведите схемы основных разделительных и формообразующих операций.

2. Охарактеризуйте распределение напряжений на различных участках заготовки при вытяжке коробчатых деталей. Поясните, как определяют форму и размеры заготовки для вытяжки низких и высоких прямоугольных и квадратных коробчатых деталей.

3. Приведите схему штампа совмещенного действия для вырубки шайбы. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите технологическое усилие и усилие прижима, необходимые для вытяжки детали диаметром 100 мм, высотой 40 мм и радиусом сопряжения стенки с дном 4 мм. Материал заготовки – сталь марки 08 толщиной 1 мм. Радиус вытяжного ребра матрицы – 6 мм. Поясните, для чего и в каких случаях применяется прижим заготовки. Обоснуйте необходимость прижима в данном задании.

Вариант № 7

1. Охарактеризуйте (с приведением поясняющих схем) методы расчета диаметра заготовки для вытяжки деталей, имеющих форму тел вращения со сложной криволинейной образующей.

2. Охарактеризуйте влияние сил трения на различных участках вытягиваемой детали. Покажите на схеме направление сил трения, действующих на заготовку. Объясните, как влияет смазка со стороны матрицы и пуансона на процесс деформирования при вытяжке.

3. Приведите схему штампа последовательного действия для вырубки шайбы. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите, какую максимальную толщину листа с пределом прочности материала 400 МПа можно разрезать на гильотинных ножницах, если в их паспорте указано, что максимальная толщина разрезаемого материала при пределе прочности 500 МПа составляет 20 мм.

Вариант № 8

1. Дайте определение упругой, упругопластической и чистопластической стадии процесса гибки заготовки. Приведите эпюры распределения тангенциальных напряжений, соответствующих этим стадиям. Что понимается под нейтральным слоем деформации?

Какие факторы влияют на его местоположение? Как определить положение нейтрального слоя? Как определяются размеры заготовки при гибке?

2. Поясните суть способа вытяжки в ленте. В каких случаях и с какой целью выполняются надрезы в ленте? Приведите схему процесса, укажите его преимущества, недостатки и области возможного применения.

3. Приведите схему штампа совмещенного действия для пробивки и отбортовки. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите исполнительные размеры матрицы и пуансона для пробивки отверстия диаметром $40^{+0,25}$ мм в заготовке из стали марки 20 толщиной 2 мм.

Вариант № 9

1. Приведите схему вытяжки деталей с утонением стенки. Охарактеризуйте напряженно-деформированное состояние деформируемой заготовки. Поясните, какие показатели используются для оценки степени формоизменения заготовки при вытяжке с утонением, как определяются размеры заготовки и количество необходимых переходов вытяжки, как рассчитывается усилие деформации при вытяжке с утонением.

2. Дайте определение и приведите схемы операций обжима и раздачи. Охарактеризуйте напряженное состояние в очаге деформации при обжиме и раздаче. Поясните, какие явления ограничивают степень формоизменения при обжиме и раздаче, какие показатели используются для оценки формоизменения заготовки при раздаче и обжиме?

3. Приведите схему штампа для гибки с растяжением. Поясните его устройство и принцип работы. В каких случаях применяют такие штампы?

4. Определите усилие прессы, необходимое для вырубki круглой заготовки диаметром 80 мм и толщиной 2 мм. Материал заготовки – сталь марки 45. Штамповка осуществляется «на провал». Высота цилиндрической шейки матрицы – 6 мм.

Вариант № 10

1. Охарактеризуйте способы вытяжки ступенчатых и конических деталей. Приведите схемы, поясняющие суть этих способов.

2. Поясните, как выбирается пресс для различных операций листовой штамповки? Что понимается под закрытой высотой штампа и прессы?

3. Приведите схему штампа для отрезки и гибки на кривошипном прессе простого действия. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите, при каких условиях отбортовкой можно получить горловину диаметром 50 мм, высотой 21 мм в заготовке толщиной 4 мм при радиусе сопряжения горловины 8 мм. Материал заготовки – сталь марки 08.

Вариант № 11

1. Дайте сравнительную характеристику маркам стали обыкновенного качества и качественной. Поясните области их применения. Укажите маркировку, условные обозначения, приведите соответствующие ГОСТы.

2. Поясните методику определения исполнительных размеров пуансонов и матриц при вырубке и пробивке?

3. Приведите схему штампа совмещенного действия для вытяжки и пробивки. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите ширину полосы для вырубке круглых заготовок диаметром 80 мм из стали марки 10 толщиной 3 мм при штамповке в штампе с прижимом и без прижима полосы к направляющей планке.

Вариант № 12

1. Приведите схемы различных способов отрезки листового металла на ножницах с вращательным движением ножей, охарактеризуйте области их применения. Приведите схему действия сил при отрезке листа на дисковых ножницах и поясните условие захвата заготовки дисковыми ножами. Каким должен быть диаметр ножей для захвата заготовки и устойчивого процесса отрезки? Как определяется крутящий момент, необходимый для резки на дисковых ножницах?

2. Поясните, какие факторы влияют на точность деталей, полученных гибкой? Что понимается под упругим пружинением при гибке? Что является причиной пружинения? Какие показатели применяются для количественной ее оценки? Какие факторы влияют на величину пружинения? Охарактеризуйте способы уменьшения пружинения при гибке.

3. Приведите схему штампа последовательного действия для пробивки, отбортовки и вырубки. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите исполнительные размеры пуансона и матрицы для вытяжки цилиндрического стаканчика с наружным диаметром $50_{-0,25}$ мм и толщиной стенки 2 мм.

Вариант № 13

1. Приведите схему сил, действующих на металл при вырубке-пробивке. Охарактеризуйте форму и размеры очага деформации при вырубке. Приведите эпюры распределения напряжений в очаге деформации. Поясните, как рассчитывается технологическое усилие при вырубке-пробивке, усилие снятия полосы с пуансонов, усилие проталкивания деталей и отходов через матрицу. Как сказывается состояние режущих кромок на процесс вырубки-пробивки? Укажите, какими способами можно уменьшить усилия при вырубке и пробивке?

2. Поясните, что понимается под раскроем полосы (ленты), листа. Как определяется эффективность раскроя? Дайте характеристику основных типов раскроя полосы с отходом (прямого, наклонного, встречного, комбинированного, многорядного, с вырезкой перемычек). Приведите примеры малоотходного и безотходного раскроя полосы. Какие преимущества многорядного раскроя, по сравнению с однорядным?

3. Приведите схему штампа для последовательной вытяжки в ленте. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите диаметр ножей дисковых ножниц и величину крутящего момента дискового ножа, необходимые для резки листа из стали марки 45 толщиной 2 мм.

Вариант № 14

1. Поясните сущность процесса чистовой вырубки-пробивки? За счет чего достигается качественная поверхность вырубленной детали? Какие существуют способы чистовой вырубки и пробивки (приведите схемы)? Какие материалы подвергают чистовой вырубке и пробивке? Охарактеризуйте качество поверхности среза при чистовой вырубке-пробивке различных материалов.

2. Приведите рекомендации, которыми следует руководствоваться при разработке раскроя полосы (ленты) для уменьшения трудоемкости заготовительных и штамповочных операций. Поясните назначение перемычек в полосе и укажите, какие факторы влияют на минимальный размер перемычек. Поясните, как рассчитывается ширина полосы (ленты) при штамповке с боковым прижимом полосы, без бокового прижима, с применением шаговых ножей?

3. Приведите схему штампа совмещенного действия для вытяжки и обрезки. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите длину заготовки для гибки детали П-образной формы толщиной 3 мм с высотой отгибаемых полок 30 мм, расстоянием между ними 80 мм, при углах изгиба полок 90° и радиусах гибки 3 мм.

Вариант № 15

1. Охарактеризуйте напряженное и деформированное состояние в очаге деформации при гибке широкой и узкой полосы. Поясните, как изменяется форма и размеры поперечного сечения заготовки в зоне изгиба. Какие причины вызывают искажение сечения? Что понимается под минимально допустимым радиусом гибки, какие факторы влияют на его величину? В каких случаях при гибке деталей необходимо учитывать направление прокатки листа?

2. Дайте характеристику продольного, поперечного и косоугольного раскроя листа. Приведите схемы раскроя. Какими рекомендациями необходимо руководствоваться при раскрое листа для уменьшения трудоемкости заготовительных и штамповочных операций?

3. Приведите схему штампа совмещенного действия для вырубки, вытяжки и пробивки. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите исполнительные размеры пуансона и матрицы для вытяжки цилиндрического стаканчика с внутренним диаметром $60^{+0,3}$ мм и толщиной стенки 2 мм.

Вариант № 16

1. Охарактеризуйте условия выполнения вытяжки без принудительного утонения стенки изделия (состояние рабочих кромок матрицы и пуансона, величина зазора), напряженно-деформированного состояния в различных зонах вытягиваемой заготовки. Поясните, какие физические явления ограничивают степень формоизменения заготовки при вытяжке, какие показатели характеризуют степень формоизменения заготовки, как определить число вытяжных переходов.

2. Охарактеризуйте технологические требования к конструкции деталей, получаемых вырубкой-пробивкой.

3. Приведите схему штампа последовательного действия для пробивки, отрезки и гибки. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите размеры заготовки для вытяжки полого цилиндрического стаканчика и размеры промежуточных полуфабрикатов с учетом припуска на обрезку. Исходные данные: наружный диаметр вытянутого стаканчика – 30 мм, высота – 85 мм, толщина днышка – 4 мм, толщина стенки – 0,6 мм, внутренний радиус сопряжения стенки с дном – 2 мм, материал – сталь марки 10 кп.

Вариант № 17

1. Приведите технологическую схему отбортовки отверстия и охарактеризуйте напряженное и деформированное состояние заготовки в очаге деформации. Поясните, что называется коэффициентом отбортовки и какое явление ограничивает степень деформации при отбортовке, как влияют на предельно допустимый коэффициент отбортовки механические свойства материала, относительная толщина заготовки, способ получения отверстий и состояние их кромок, форма рабочей части пуансона. Как рассчитывается диаметр отверстия под отбортовку с заданной высотой бурта, усилие отбортовки?

2. Охарактеризуйте технологические требования к конструкции деталей, получаемых вытяжкой и формовкой.

3. Приведите схему штампа последовательного действия для вытяжки, пробивки и вырубки. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите размеры матрицы и пуансона для вырубки круглой детали из стали марки 45 диаметром 40_{-0,6} мм, толщиной 4 мм.

Вариант № 18

1. Какие неметаллические материалы применяют для изготовления деталей листовой штамповкой? Охарактеризуйте особенности их структуры, физические, механические и технологические свойства, особенности их обработки, области их применения.

2. Охарактеризуйте технологические требования к конструкции деталей, получаемых гибкой.

3. Приведите схему штампа последовательного действия для пробивки и отрезки. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите исполнительные размеры пуансона и матрицы для вытяжки из плоской заготовки диаметром 140 мм и толщиной 3 мм цилиндрического стаканчика с наружным диаметром 80_{-0,74} мм.

Вариант № 19

1. Приведите схемы различных технологических испытаний листовых металлов на штампуемость, поясните цель испытаний и условия их проведения.

2. Охарактеризуйте типы рабочих отверстий вырубных и пробивных матриц. Укажите, в каких случаях они применяются.

3. Приведите схему штампа для гибки хомутика. Поясните его устройство и принцип работы.

4. Определите, какую максимальную высоту борта можно получить и при каких условиях при отбортовке отверстия диаметром 40 мм, полученного в заготовке из стали 08 кп толщиной 2 мм пробивкой в штампе, и такого же отверстия, полученного сверлением с последующей зачисткой?

Вариант № 20

1. Охарактеризуйте особенности вытяжки цилиндрических деталей с широким фланцем. Поясните порядок расчета технологических параметров вытяжки.

2. Поясните методику определения исполнительных размеров матрицы и пуансона при П-образной гибке деталей.

3. Приведите схемы комбинированных штампов совмещенного и последовательного действия. Поясните принцип их работы, достоинства и недостатки.

4. Определите исполнительные размеры матрицы и пуансона для пробивки отверстия диаметром $10^{+0,36}$ мм в заготовке из стали марки 08 кп толщиной 1 мм.

4. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Цель курсового проекта – приобретение практических навыков самостоятельного проектирования технологических процессов листовой штамповки и конструирования штампов. Курсовое проектирование развивает навыки самостоятельной работы, дает возможность студенту закрепить и углубить полученные знания, научиться пользоваться справочными материалами.

Курсовой проект предусматривает разработку технологического процесса листовой штамповки предусмотренной заданием детали и проектирование штампа для ее изготовления.

Графическая часть курсового проекта должна содержать сборочный чертеж штампа, указанного в задании, с элементами средств механизации и автоматизации и его частичную детализацию. Общий объем графической части проекта 4–5 листов формата А1.

Сборочный чертеж штампа должен содержать фронтальный разрез (при необходимости и другие разрезы) и план низа. Сборочный чертеж штампа со встроенными средствами автоматизации выполняется в сомкнутом состоянии (в крайнем нижнем положении), как правило, в масштабе 1:1 и размещается на 1–2 листах формата А1. На последующих трех листах формата А1, разделенных графически на необходимые форматы, выполняются рабочие чертежи основных деталей штампа (нижней и верхней плит, пуансонов и матриц, пуансонодержателя, матрицедержателя, прижима, съёмника, направляющих колонок и втулок, хвостовика). Чертежи необходимо выполнять по правилам, установленным ГОСТ 2.424-80 «ЕСКД. Правила выполнения чертежей штампов», стандартами на отдельные детали штампов и стандартами ЕСТД.

Пояснительная записка объемом 30–40 страниц текста формата А4 должна содержать:

- введение;
- описание детали и анализ ее технологичности;
- анализ возможных вариантов изготовления детали и обоснование наиболее экономически целесообразного его варианта;
- краткое описание устройства и работы штампов, необходимых для изготовления детали в соответствии с выбранным вариантом технологического процесса;
- определение формы и размеров заготовки;
- проектирование раскроя материала и определение коэффициента использования металла;
- расчет переходов штамповки с приведением операционных эскизов;
- расчет технологических усилий штамповки;
- определение центра давления штампа;
- расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа;
- расчет деталей штампа на прочность и жесткость;
- выбор материалов для изготовления деталей штампа и их термообработка;
- описание конструкции и работы штампа и средств автоматизации по сборочному чертежу;
- определение параметров, необходимых для выбора штамповочного оборудования (усилия, закрытой высоты, хода ползуна, размеров стола и др.);
- выбор модели прессы с приведением его основных характеристик;
- организация рабочего места (планировка);
- мероприятия по охране труда и технике безопасности (отдельно выделить меры, предусмотренные в конструкции спроектированного штампа);
- расчет экономической эффективности разработанного технологического процесса;
- выводы;
- список использованных источников;
- приложение (спецификация).

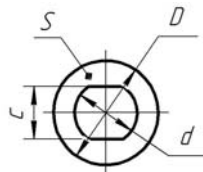
Методические указания по выполнению курсового проекта и требования к его оформлению изложены в пособии [14].

5. ЗАДАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Номер выполняемого задания соответствует порядковому номеру студента в списке группы. Каждое задание имеет два варианта. Варианты задания № 1 и № 2 выполняются соответственно в нечетном и четном календарном году.

Задание 1

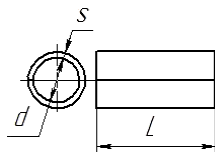
№ вар.	S	D	d	c	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность					
	–	h14	H14	H14		
1	1,2	18	9	7	Последовательный трехрядный	Подача ролико-клиновья
2	2,0	28	15	12	Последовательный	Подача клещевая



Материал: Ст 3
Производств. прогр.:
950 тыс./год

Задание 2

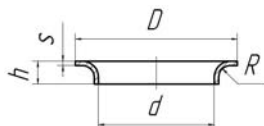
№ вар.	s	d	L	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	–	H14	h14		
1	1,0	10	25	Последовательный	Подача клещевая
2	1,2	12	30	Последовательный	Подача валковая



Материал: Ст 10
производств. прогр.:
600 тыс./год

Задание 3

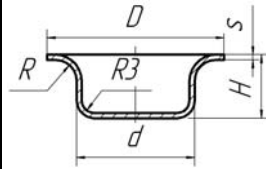
№ вар.	s	D	d	h	R	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность						
	–	h14	H14	h14	–		
1	1,5	42	25	7	5	Совмещенный	Подача валковая
2	2,0	38	20	8	6	Совмещенный	Подача ролико-клиновья



Материал: Сталь 08кп
Производств. прогр.:
700 тыс./год

Задание 4

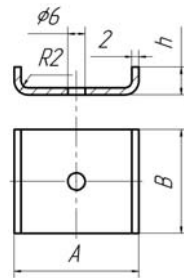
№ вар.	s	D	d	H	R	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность						
	–	h14	h14	h14	–		
1	1,2	32	20	12	5	Совмещенный	Подача роликотупиная
2	1,5	36	24	14	6	Совмещенный	Подача валковая



Материал: Сталь 08кп
Производств. прогр.:
750 тыс./год

Задание 5

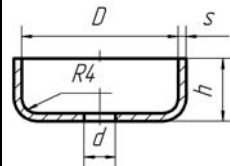
№ вар.	A	B	h	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	h14	h14	h14		
1	42	30	12	Гибочный	Шиберный питатель с магазином для штучных заготовок
2	36	24	15	Последовательный	Подача роликотупиная



Материал: Сталь 20
Производств. прогр.:
500 тыс./год

Задание 6

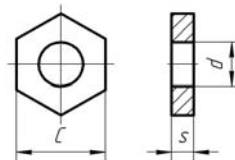
№ вар.	s	D	d	h	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность					
	–	H14	H14	h14		
1	1,5	28	8	10	Совмещенный	Подача валковая
2	2,0	24	10	12	Совмещенный	Подача клещевая



Материал: Сталь 10
производств. прогр.:
550 тыс./год

Задание 7

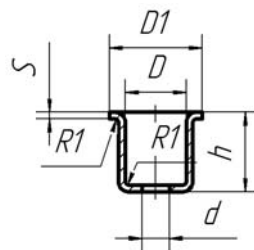
№ вар.	s	d	C	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	–	H12	h12		
1	4,0	6,8	13	Последовательный пятирядный	Подача клещевая
2	5,0	8,5	17	Последовательный трехрядный	Подача валковая



Материал: Сталь 35
Производств. прогр.:
950 тыс./год

Задание 8

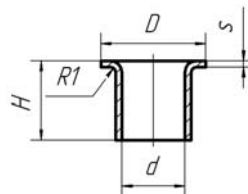
№ вар.	s	$D1$	D	d	h	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность						
	–	h12	H12	H12	h12		
1	1,0	16	10	4,2	10	Последовательный (вытяжка в ленте)	Подача валковая
2	1,2	20	12	6	12	Последовательный (вытяжка в ленте)	Подача ролико-клиновья



Материал: Сталь 10
Производств. прогр.:
700 тыс./год

Задание 9

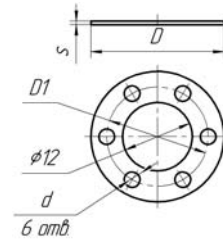
№ вар.	s	D	d	H	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность					
	–	h12	H12	h12		
1	0,8	20	12	14	Последовательный (вытяжка в ленте)	Подача валковая
2	1,2	22	14	16	Последовательный (вытяжка в ленте)	Подача клещевая



Материал: Сталь 08 кп
производств. прогр.:
750 тыс./год

Задание 10

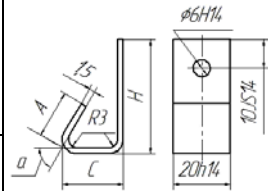
№ вар.	s	D	$D1$	d	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность					
	–	h12	$\pm 0,3$	H12		
1	1,2	30	21	4	Последовательный	Подача клещевая
2	1,5	36	24	6	Последовательный	Подача валковая



Материал: Ст 3
производств. прогр.:
800 тыс./год

Задание 11

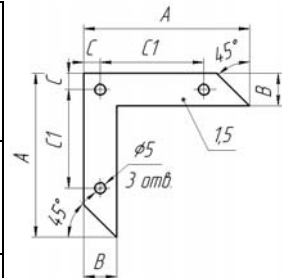
№ вар.	A	C	H	a°	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность					
	h14	h14	h14	–		
1	25	30	45	60	Гибочный	Сбрасыватель автоматический
2	30	40	55	50	Гибочный	Сбрасыватель автоматический



Материал: Сталь 08кп
Производств. прогр.:
700 тыс./год

Задание 12

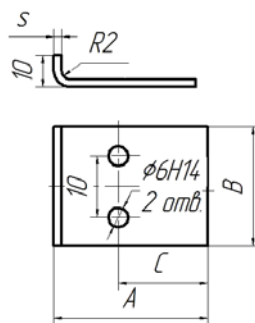
№ вар.	A	B	C	$C1$	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность					
	h14	h14	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$		
1	60	12	6	42	Последовательный	Подача клещевая
2	75	15	7,5	52	Последовательный	Подача ролико-клиновая



Материал: Сталь 08кп
Производств. прогр.:
650 тыс./год

Задание 13

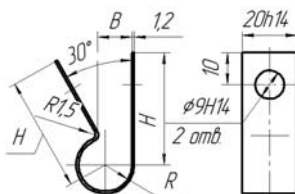
№ вар.	<i>s</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность					
	–	h14	h14	±0,3		
1	1,5	25	30	10	Последовательный	Подача роliko-клиновaя
2	2,0	28	28	12	Последовательный	Подача клещевaя



Материал: Сталь 30
Производств. прогр.:
600 тыс./год

Задание 14

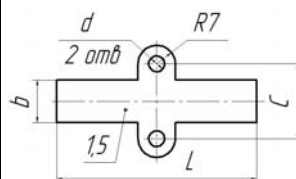
№ вар.	<i>H</i>	<i>R</i>	<i>B</i>	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	±0,3	–	H14		
1	40	8	10	Гибочный	Сбрасыватель автоматический
2	50	10	15	Гибочный	Сбрасыватель автоматический



Материал: Сталь 08кп
Производств. прогр.:
700 тыс./год

Задание 15

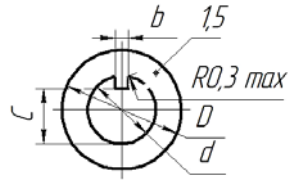
№ вар.	<i>L</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>C</i>	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность					
	h14	h14	H14	±0,3		
1	64	14	6	24	Последовательный	Подача клещевaя
2	50	10	5	18	Последовательный	Подача валковaя



Материал: Ст 3
Производств. прогр.:
900 тыс./год

Задание 16

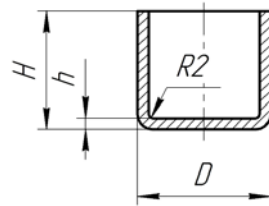
№ вар.	D	d	b	C	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность					
	h12	H12	h12	H12		
1	22	12	4	8	Последовательный трехрядный	Подача ролико-клиновья
2	30	16	5	12	Последовательный	Подача клещевая



Материал: Ст 3
Производств. прогр.:
950 тыс./год

Задание 17

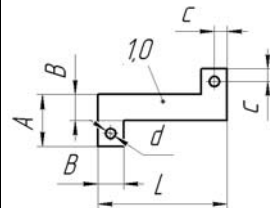
№ вар.	D	H	h	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	h14	h14	–		
1	32	15	2	Вытяжной	Шибберный питатель с магазином для штучных заготовок
2	28	12	1,5	Совмещенный	Подача валковая



Материал: Сталь 10
Производств. прогр.:
650 тыс./год

Задание 18

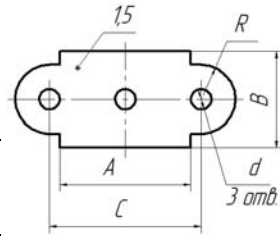
№ вар.	L	A	B	d	c	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность						
	h14	h14	h14	H14	$\pm 0,2$		
1	50	20	10	4,2	5	Последовательный	Подача клещевая
2	45	18	9	4	4,5	Последовательный	Подача ролико-клиновья



Материал: Сталь 20
Производств. прогр.:
750 тыс./год

Задание 19

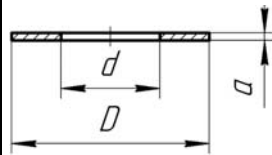
№ вар.	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>d</i>	<i>R</i>	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность						
	h12	h12	±0,3	H12	–		
1	36	28	42	5,2	10	Последовательный	Подача ролико-клиновья
2	42	32	48	6	11	Совмещенный	Подача валковая



Материал: Ст 5
Производств. прогр.:
800 тыс./год

Задание 20

№ вар.	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>D</i>	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	–	H12	h12		
2	1,5	16	32	Совмещенный	Подача валковая
3	2,0	20	40	Совмещенный	Подача клещевая



Материал: Сталь 20
Производств. прогр.:
600 тыс./год

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Аверкиев, Ю. А. Технология холодной штамповки: учебник для вузов по специальностям «Машины и технология обработки металлов давлением» и «Обработка металлов давлением». / Ю. А. Аверкиев, А. Ю. Аверкиев. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
2. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машина и технология обработки металлов давлением» / М. Е. Зубцов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение; Ленинградское отд., 1980. – 432 с.
3. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский. – 6-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с.
4. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский. – 5-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1971. – 782 с.
5. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. Т.1. / ред. совет Е. И. Семенов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 568 с.
6. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. Т. 4. / ред. совет Е. И. Семенов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1987. – 544 с.
7. Справочник конструктора штампов: листовая штамповка / под общ. ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.
8. Попов Е. А. Технология и автоматизация листовой штамповки: учебник для вузов / Е. А. Попов, В. Г. Ковалев, И. Н. Шубин. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2000. – 480 с.
9. Мещерин, В. Т. Листовая штамповка : атлас схем / В. Т. Мещерин. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1975. – 226 с.
10. Штампы для холодной штамповки мелких деталей : альбом конструкций и схем / М. И. Дурандин [и др.] – М.: Машиностроение, 1978.
11. Скворцов, Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки / Г. Д. Скворцов. – М.: Машиностроение, 1972. – 360 с.
12. Правила выполнения чертежей штампов : ГОСТ 2.424.80.
13. Штампы для листовой штамповки. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.2.109-89.

14. Исаевич Л. А. Технология листовой штамповки : пособие к выполнению курсовых проектов для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» / Л. А. Исаевич, В. И. Любимов. – Минск: БНТУ, 2016. – 56 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ	4
1.1. Введение	4
1.2. Материалы для листовой штамповки и оценка их штампуемости	5
1.3. Разделительные операции листовой штамповки	8
1.4. Формоизменяющие операции листовой штамповки	19
1.5. Особые виды обработки листовых материалов давлением	27
1.6. Технологическая подготовка производства	29
2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	36
3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ	37
4. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	48
5. ЗАДАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ	50
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	57

Учебное издание

ЛЮБИМОВ Виктор Иванович

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

Учебно-методическое пособие

для студентов специальности 1-36 01 05

«Машины и технология обработки материалов давлением»

Редактор *Е. С. Кочерго*

Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 26.10.2018. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 2,73. Тираж 100. Заказ 907.

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.