



Министерство образования
Республики Беларусь

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра «Машины и технология обработки металлов
давлением»**

**Л. А. Исаевич
В. И. Любимов**

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

**Пособие к выполнению
курсовых проектов**

**Минск
БНТУ
2016**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Машины и технология обработки металлов давлением»

Л. А. Исаевич
В. И. Любимов

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

Пособие к выполнению курсовых проектов
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
2016

УДК 621.983:378.147.091.313 (075.8)

ББК 34.623я7

И85

Рецензенты:

кафедра «Технология металлов» Белорусского государственного
аграрного технического университета
(зав. каф., д-р техн. наук, профессор *В. М. Капцевич*),
д-р техн. наук, доцент *М. А. Белоцерковский*

Исаевич, Л. А.

И85 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.
ISBN 978-985-550-872-5.

Издание поможет студентам выполнить курсовой проект по дисциплине «Технология листовой штамповки». Оно включает задания на проектирование, содержание пояснительной записки и графической части проекта, методические указания по разработке технологического процесса и проектированию штампового инструмента, а также требования к оформлению работы.

УДК 621.983:378.147.091.313 (075.8)

ББК 34.623я7

ISBN 978-985-550-872-5

© Исаевич Л. А., Любимов В. И., 2016

© Белорусский национальный
технический университет, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Холодная штамповка является самостоятельным видом обработки металлов давлением, объединяющим ряд технологических процессов, осуществляемых холодной пластической деформацией при помощи различного типа штампов, непосредственно деформирующих металл и выполняющих требуемую операцию. Это один из наиболее прогрессивных технологических методов производства деталей, который имеет ряд преимуществ перед другими видами обработки металлов как в техническом, так и экономическом отношении.

Разработка технологических процессов холодной штамповки и проектирование штампов неразрывно связаны между собой, хотя и могут выполняться разными лицами. Технолог должен хорошо знать конструкцию штампов, а конструктор должен обладать основными технологическими знаниями по холодной штамповке.

Цель курсового проекта – приобретение студентами 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 по дисциплине «Технология листовой штамповки» является завершающей стадией изучения этой дисциплины и выполняется сугубо индивидуально при консультировании со стороны преподавателя.

1. СОДЕРЖАНИЕ, ОБЪЕМ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект предусматривает разработку технологического процесса листовой штамповки детали в соответствии с выданным заданием и проектирование штампа для ее изготовления. Он состоит из пояснительной записки и графической части.

1.1 Содержание пояснительной записки и требования к ее оформлению

Пояснительная записка объемом 30–40 листов формата А4 выполняется в соответствии с ГОСТ 2.105–95 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 2.106–96 «Единая система конструкторской документации. Текстовые документы» и включает:

- титульный лист (см. приложение);
- задание к курсовому проекту;
- содержание;
- введение;
- описание детали и анализ ее технологичности;
- анализ возможных вариантов изготовления детали и обоснование наиболее экономически целесообразного варианта технологического процесса;
- конструктивную схему предложенного в соответствии с выбранным вариантом технологического процесса штампа с кратким описанием его устройства и работы;
- 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 (усилие, закрытая высота, ход ползуна, размеры стола и др.);
- выбор модели прессы с приведением его основных характеристик;
- организация рабочего места (планировка);
- мероприятия по охране труда и техника безопасности (отдельно выделить меры, предусмотренные в конструкции спроектированного штампа);
- расчет экономической эффективности разработанного технологического процесса;
- выводы;
- список использованных источников;
- приложение (спецификация).

Текст пояснительной записки должен быть разделен на разделы, нумеруемые арабскими цифрами без точки.

Формулы, имеющиеся в пояснительной записке, должны быть пояснены. Обозначения, символы и числовые коэффициенты, если они не пояснены ранее в тексте, следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны. Формулы нумеруются сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формул справа в круглых скобках. Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, в формуле (1).

Все рисунки должны быть пронумерованы сквозной нумерацией арабскими цифрами. Они должны иметь наименование и при необходимости пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных следующим образом: Рисунок 5 – Схема раскроя.

Таблицы нумеруют арабскими цифрами сквозной нумерацией. Слева над таблицей помещают слово «Таблица» с указанием ее номера. При наличии заголовка таблицы его располагают следующим образом: Таблица 3 – Механические свойства листовой и рулонной стали. Точка в конце заголовка не ставится. На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте с указанием ее номера.

Все материалы, приводимые в записке, должны быть четко и аккуратно оформлены, произвольное сокращение слов не допускается.

Справочные данные, приводимые в записке, должны иметь ссылки на использованные источники, их приводят в квадратных скобках. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источник в тексте пояснительной записки в соответствии с ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

1.2 Требования к оформлению чертежей

Графическая часть курсового проекта объемом четыре–пять листов формата А1 должна содержать сборочный чертеж указанного в задании штампа со встроенными средствами автоматизации (один–два листа формата А1) и частичную его детализовку (три листа формата А1).

Сборочный чертеж штампа должен содержать фронтальный разрез (при необходимости и другие разрезы) и план низа (вид сверху на нижнюю часть штампа при снятой верхней части). Сборочный чертеж штампа со встроенными средствами автоматизации выполняется в сомкнутом состоянии (в крайнем нижнем положении), как правило, в масштабе 1 : 1. На дополнительных видах, разрезах, сечениях допускается изображать штампы в раскрытом состоянии. При этом над изображением следует приводить надпись «В раскрытом состоянии». План низа изображают, как правило, в проекционной связи с главным видом (разрезом). Если же план низа выполнен не в проекционной связи с главным видом, то над его изображением следует наносить надпись «План низа». При необходимости выполняют план верха (вид сверху на верхнюю часть штампа). Вид сверху, как правило, изображают не в прямой проекционной связи с главным видом, над изображением помещают надпись «План верха». Фронтальная сторона штампа, если она повернута к наблюдателю на угол 90 или 180°, на сборочном чертеже обозначается надписью «Фронт». Заготовка или деталь в разрезах и сечениях показывается при толщине материала до 2 мм утолщенной линией, при толщине материала более 2 мм – заштрихованными участками по три штриха, а на плане низа – в виде обстановки тонкой сплошной линией.

На первом листе сборочного чертежа штампа в правом верхнем углу помещают эскиз отштампованной детали в том виде и с теми размерами, которые получаются после обработки в данном штампе, и в том же положении, в каком происходит ее штамповка. Под опера-

ционным эскизом приводят сведения о материале заготовки, ее форме и размерах и о требуемом для штамповки усилии. При штамповке из полосы или ленты рядом с эскизом детали приводят схему раскроя, из штучной заготовки – ее эскиз. При необходимости приводятся переходы штамповки. На плане схемы раскроя штриховкой выделяют зоны материала, отделяемые от заготовки. Указанные эскизы допускается выполнять на отдельном (последнем) листе сборочного чертежа. На сборочном чертеже помещают указания по технике безопасности при эксплуатации штампа (о применении пинцетов, способе включения пресса и пр.).

На сборочном чертеже указывают габаритные и сборочные размеры: размеры штампа в плане; закрытую высоту (расстояние между опорными поверхностями плит, когда штамп находится в крайнем нижнем положении); вылет (расстояние от продольной оси штампа до наиболее удаленной от этой оси точки, находящейся на его задней поверхности); расстояние между осями направляющих колонок (на плане низа); размеры, относящиеся к расположению фиксаторов, упоров и направляющих линеек; размеры, определяющие взаимное расположение отдельных инструментов; и размеры, характеризующие вид соединения отдельных сопрягающихся деталей штампа в буквенном обозначении по ГОСТ 25346–82 «Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений».

Сборочный чертеж должен содержать:

- размеры, предельные отклонения, другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;
- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры.

Сборочные чертежи следует выполнять с упрощениями в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД (ГОСТ 2.109–73 «Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам», (ГОСТ 2.315–68 «Единая система конструкторской документации. Изображения упрощенные и условные крепежных деталей» и др.). На сборочных чертежах допускается не показывать:

- фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки, оплетки и другие элементы;

- зазоры между стержнем и отверстием;
- крышки, щиты, кожухи, перегородки и т. п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. При этом над изображением делают соответствующую надпись, например: «Крышка поз. 3 не показана»;
- видимые составные части изделия или их элементы, расположенные за сеткой, а также частично закрытые впереди расположенными составными частями.

На сборочном чертеже все детали штампа, включая встроенное в штамп средство автоматизации (подача, удаляющее устройство), нумеруют. Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей. Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже.

После вычерчивания сборочного чертежа составляется спецификация деталей штампа и разрабатываются рабочие чертежи деталей с простановкой размеров, допусков, параметров обработки поверхностей, указанием термической обработки и других технических требований.

На последующих трех листах формата А1, разделенных графически на необходимые форматы, выполняются рабочие чертежи основных деталей штампа (нижней и верхней плиты, пуансонов и матриц, пуансонодержателя, матрицедержателя, прижима, съемника, направляющих колонок и втулок, хвостовика). На этих чертежах детали вычерчиваются в рабочем положении. На чертежах деталей приводится материал с указанием ГОСТа, размеры, допускаемые отклонения, шероховатости поверхностей, термообработка и другие параметры, необходимые для изготовления и контроля детали.

Чертежи необходимо выполнять по правилам, установленным ГОСТ 2.424–80 «Правила выполнения чертежей штампов», стандартами на отдельные детали штампов и стандартами единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

2.1 Введение

Во введении следует охарактеризовать листоштамповочное производство с точки зрения его технологических возможностей (видов обрабатываемых материалов, номенклатуры, точности размеров и качества поверхности получаемых деталей, производительности, возможности механизации и автоматизации технологических процессов) и преимуществ в техническом и экономическом отношении, а также отметить специфику листовой штамповки в различных отраслях промышленности и особенности организации листоштамповочного производства в условиях серийного и массового производства.

2.2 Анализ технологичности детали

В этом разделе описывается конструкция и назначение детали, приводятся сведения о материале детали, его химическом составе и механических свойствах. Анализируется технологичность детали и дается заключение о возможности изготовления ее методами листовой штамповки или необходимости применения дополнительной обработки другими методами. Выбирается тип производства в соответствии с заданной производственной программой.

Прежде чем разрабатывать технологический процесс изготовления детали, технолог должен проверить ее технологичность. Под технологичностью детали понимают такое сочетание основных элементов ее конструкции, которое обеспечивает наиболее простое и экономичное изготовление, а также высокие качества в эксплуатации.

Основными показателями технологичности являются: минимальный расход металла, минимальное число операций и их низкая себестоимость, отсутствие или небольшой объем последующей механической обработки, высокая производительность на всех операциях изготовления, высокая стойкость штампов.

Анализ технологичности штампуемой детали проводят обязательно с учетом конкретных производственных условий и масштаба

производства. Суммарной оценкой технологичности конструкции обычно является себестоимость штампуемой детали, которая в значительной мере зависит от объема выпуска изделий. При массовом производстве штампуемых деталей основными показателями при оценке технологичности является расход материала и трудоемкость изготовления. Уменьшение трудоемкости изготовления может быть достигнуто совмещением операций, применением сложных штампов-автоматов, пресс-автоматов, автоматических линий.

При мелкосерийном производстве на себестоимость продукции большое влияние оказывает стоимость штампа, поэтому затраты на проектирование и изготовление оснастки должны быть минимальными. Для сокращения затрат технологический процесс расчленяют на ряд отдельных простых операций, а штампы оснащают только относительно простыми пуансонами и матрицами.

Общие технологические требования к конструкции штампуемых деталей. Конфигурация детали или ее развертки должна обеспечивать наибольший коэффициент использования материала.

Допуски на размеры деталей должны устанавливаться в зависимости от экономической и технологически достижимых возможностей штамповки (11–14 квалитет). В случае необходимости повышенной точности (6–9 квалитет) может быть получена введением дополнительных операций (защипки, калибровки, правки и др.).

При выборе оптимальных параметров штамповки учитывают требования к точности наружных размеров, диаметров отверстий и их взаимного расположения, формы контура, угловых размеров, плоскостности и т. п.

Практикой листовой штамповки установлены определенные критерии технологичности, которые определяют критические параметры деталей, отклонение от которых приводит к повышению трудоемкости операции штамповки, а также сложности и стоимости штампов.

Требования к деталям, получаемым вырубкой, пробивкой, отрезкой. При анализе плоских деталей, изготавливаемых преимущественно разделительными операциями, проверяют ограничения по геометрической форме детали, размерам пазов и уступов, форме и взаимному расположению отверстий, расположению отверстий относительно наружного контура. Проверяют также требования к от-

клонениям от плоскостности, наличию заусенцев, сколов и других дефектов.

Форма детали должна быть простой, без резких переходов, узких и длинных открытых прорезей. Стороны вырубаемого контура должны сопрягаться плавными кривыми возможно большего радиуса, так как малые радиусы понижают стойкость штампа, затрудняют его изготовление и ухудшают поверхность среза. Минимальный радиус сопряжения равен половине толщины металла.

Рабочие части штампов, оформляющие узкие пазы и выступы, особенно при отсутствии закругленных углов, быстро изнашиваются. Ширина паза не должна быть менее двух толщин металла. А конец паза необходимо закруглить радиусом $r \geq s$ (s – толщина материала). Пазы и выступы треугольной формы более технологичны, чем пазы и выступы с параллельными сторонами. Пазы и выступы шириной меньше толщины можно изготовить лишь обработкой резанием.

Минимальные размеры пробиваемых отверстий зависят от их формы, механических свойств штампуемого материала, конструкции пробивного штампа и приведены в справочной и учебной литературе [1–4].

Наименьшие расстояния между краями пробиваемых отверстий, а также расстояния от края отверстия до края детали составляют $e \geq s$ для круглых отверстий и $e \geq (1,5-2,0)$ – для прямоугольных. Уменьшение этих расстояний может привести к разрывам перемычек между отверстиями, выпучиванию или выворачиванию края детали.

При пробивке отверстий в согнутых или вытянутых деталях необходимо выдерживать определенное расстояние между отверстиями и вертикальной стенкой детали во избежание захода края отверстия на сопряженную часть стенок. Это расстояние L должно быть больше (или равно) суммы радиуса закругления $r_{\text{вн}}$ и половины диаметра отверстия $d/2$, то есть $L \geq r_{\text{вн}} + d/2$.

Требования к деталям, получаемым гибкой. При определении технологичности деталей, получаемых гибкой, следует обратить внимание на правильный выбор радиусов сопряжения отгибаемых полок и размеры этих полок. Уменьшение радиуса изгиба приводит к росту напряжений во внутренних и наружных слоях металла, которые могут быть причиной разрушения заготовки при изгибе. Минимальный радиус гибки зависит от механических свойств штампу-

емого материала, угла гибки, толщины заготовки, состояния поверхности и кромки заготовки, положения линии гибки к направлению прокатки, способа гибки и других факторов. Чем ниже предел текучести и больше относительное удлинение, тем меньше может быть r_{\min} .

При гибке с малыми радиусами положение линиигиба вдоль направления прокатки металла может привести к трещинам. Минимальное значение радиуса гибки можно принимать, если линиягиба расположена под углом 90° к направлению волокон. Минимальные радиусы гибки r_{\min} следует применять лишь в случаях конструктивной необходимости. Практически гибку осуществляют с радиусами в 1,5–2 раза большими минимально допустимого радиуса.

Для получения П-образных деталей с вертикальными стенками высота полок должна быть в два-три раза больше толщины металла. В противном случае приходится назначать технологический припуск на высоту полок с последующей его отрезкой по размеру на специальном отрезном штампе, что удлиняет технологический процесс, или подчеканить зону радиусов изгиба.

Требования к деталям, получаемым вытяжкой. Для деталей, получаемых путем вытяжки и формовки, особое внимание должно быть обращено на правильный выбор радиусов сопряжения стенок с дном и фланцем, соотношение размеров, характеризующих поперечное сечение и высоту вытягиваемой детали. От радиуса закругления вытяжной кромки матрицы зависят напряжения в вытягиваемом материале, допустимый коэффициент вытяжки, гофрообразование и вероятность разрушения заготовки.

Обычно значения минимально допустимых радиусов сопряжения внутренних стенок с дном для материалов толщиной от 1 до 6 мм, не вызывающих удлинения технологического процесса, составляют от 2 до 10–12 мм ($r_{\text{н}} \geq 2s$), а наружных стенок с фланцем – от 3 до 12–15 мм ($r_{\text{м}} \geq 3-4s$). Указанные радиусы при необходимости могут быть уменьшены до $(0,1-0,4)s$, но при условии введения дополнительной операции калибровки.

2.3 Разработка технологического процесса

Технологический процесс листовой штамповки объединяет операции по подготовке материала, изготовлению заготовок (разреза-

ние листов на полосы, полос на штучные заготовки); деформирующие операции (разделительные, формоизменяющие); операции термической обработки (промежуточный отжиг для снятия наклепа, полученного при деформации металла; закалка и отпуск для придания необходимых свойств); отделочные операции (удаление заусенцев, промывка, окраска, декоративное покрытие и др.). В технологии должны быть предусмотрены и контрольные операции, необходимые для проверки размеров и качества полуфабрикатов и деталей.

Разработка технологического процесса листовой штамповки включает в себя анализ технологичности детали (исследование формы, соотношения размеров, объема выпуска, штампуемости материала); определение формы и размеров заготовки; выбор методов подготовки материала под штамповку, режимов термической обработки; определение операций и переходов штамповки; конструирование штампов, выбор типа оборудования, средств механизации и автоматизации.

Приступая к разработке технологического процесса штамповки детали, следует сразу же установить характер и последовательность выполнения операций листовой штамповки. Необходимо провести сравнение различных вариантов, которыми может быть изготовлена деталь, и выбрать наиболее оптимальный с точки зрения экономичности, производительности, точности и качественных показателей.

В этом разделе необходимо обосновать выбор типа штампа, способа подачи материала в штамп, способа удаления деталей и отходов, количества одновременно штампуемых деталей, средств механизации и автоматизации.

Выбор типа штампа является начальным этапом при разработке его конструкции. Для выбора типа штампа анализируется конструкция и размеры детали, требуемая точность размеров, вид исходного материала (лист, полоса, лента, штучная заготовка), способы подачи и фиксации заготовок, способы удаления штампуемых деталей и отходов, средства безопасности, заданная производительность и т. д. На основании этих данных выбирают тип штампа. Одним из решающих факторов при его выборе является экономический – себестоимость производимых деталей.

При разработке технологического процесса нужно придерживаться следующих общих положений.

В большинстве случаев штамповку какой-либо детали можно осуществлять тремя способами: на нескольких штампах простого действия, в каждом из которых выполняется только одна операция; в штампах последовательного и совмещенного действия, в которых одновременно выполняется несколько операций.

Во всех случаях необходимо стремиться принимать наименьшее количество операций и увеличивать производительность штамповки. Только в мелкосерийном производстве может оказаться экономически более выгодным разделение технологического процесса штамповки на простейшие операции, которые выполняются в простых и недорогих штампах.

При изготовлении изогнутых деталей с отверстиями последовательность операций зависит от точности расположения отверстия относительно базы. При повышенной точности их расположения пробивать отверстия следует после гибки, при пониженной – перед ней. Если отверстия расположены близко к линии изгиба, то в процессе гибки может искажаться их форма. Поэтому пробивать отверстия в этом случае следует после гибки.

При изготовлении полых деталей с фланцем, но без дна, для низких деталей следует применять отбортовку, а для высоких – неглубокую вытяжку с последующей пробивкой и отбортовкой. В зависимости от соотношения высоты и диаметра вытягиваемой детали, а также от относительной толщины заготовки, вытяжка может быть осуществлена за одну или несколько операций.

В целях увеличения производительности, уменьшения количества штампов и прессов вместо обычной отдельной штамповки применяется комбинированная, заключающаяся в объединении нескольких операций в одном штампе. Объединение операций можно осуществлять либо в штампах последовательного действия, в которых все необходимые операции выполняются последовательно в направлении подачи полосы или штучной заготовки на протяжении нескольких ходов пресса, но при установившемся режиме за каждый ход пресса получается готовая деталь, либо в штампах совмещенного действия, в которых все операции выполняются последовательно или одновременно в направлении перемещения ползуна пресса. В некоторых случаях объединение операций выполняются по обоим принципам: в начале процесса – последовательной штамповкой, а в конце – совмещенной.

Достоинством штамповки в последовательных штампах является возможность получения изделий любой сложности при достаточной прочности и стойкости рабочих частей штампа. Недостатком этого метода является пониженная точность, вызванная погрешностями при подаче полосы. Этот метод применяется для изготовления деталей размером до 150 мм 12-го–14-го квалитета точности.

Совмещенная штамповка применяется для изготовления деталей размерами до 600 мм и может обеспечить 8-й–12-й квалитет точности. Число совмещаемых операций не превышает четырех. При определенных соотношениях наружного и внутреннего контура детали толщина стенок у пуансонов и матриц получается слишком малой, затрудняя их изготовление и термообработку. При этом способе штамповки труднее автоматизировать технологический процесс, так как необходимо обеспечить надежный способ удаления отштампованной детали.

Штамповка в штампах последовательного действия осуществляется по различным схемам. Наиболее распространенной схемой является штамповка с отделением готовой детали на последнем переходе. В этих штампах легко автоматизировать подачу ленты. При шагах перемещения менее 50 мм механизм подачи может быть встроен в штамп, а при больших перемещениях он является дополнительным узлом прессы.

Автоматизация технологических процессов листовой штамповки позволяет не только увеличить производительность труда и экономическую эффективность изготовления деталей, но и наиболее полно исключить возможность получения травм штамповщиками. Тип автоматической подачи, выбираемый в каждом конкретном случае, зависит от размеров и точности штампуемой детали, толщины материала, шага подачи, производительности и производственной программы. Вопросы, связанные с автоматизацией процессов штамповки, подробно освещены в работах [2–5, 8].

Таким образом, изготовление штампованных деталей при соблюдении всех требований технологического характера может быть осуществлено различными технологическими способами и вариантами технологического процесса. Наиболее рациональным вариантом будет тот, который обеспечивает наименьшую себестоимость деталей и является наиболее выгодным с экономической точки зрения. Определение экономической эффективности различных вари-

антов технологических процессов холодной штамповки приведено в работе [3].

Системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) штамповки позволяют интенсифицировать процесс разработки и оптимизировать технологические процессы листовой штамповки. С помощью САПР ТП рассчитывают размеры развертки пространственных деталей (изогнутых и полых); выбирают рациональный вариант раскроя в листе, ленте, полосе с расчетом коэффициента использования штампуемого материала; выбирают оптимальный маршрут технологического процесса.

2.4 Выбор типа штампа

При выборе типа штампа следует руководствоваться следующим. При изготовлении мелких деталей целесообразно применять комбинированные штампы, дающие полностью законченные детали, так как пооперационная штамповка с установкой заготовок вручную пинцетом недостаточно производительна и небезопасна. Иногда возникают трудности при выборе типа штампа совмещенного или последовательного действия. Оба типа, как и сами способы штамповки, имеют достоинства и недостатки, непосредственно отражающиеся на качестве, точности и стоимости детали. В литературе [3, 4, 9, 10] даны общие указания по выбору штампа совмещенного или последовательного типа в крупносерийном и массовом производстве в зависимости от размеров и степени точности деталей.

В массовом производстве мелких деталей, не требующих большой точности, широко применяются штампы последовательного действия, так как они обеспечивают большую производительность, благодаря возможности работы на быстроходных прессах, и более безопасны в работе, чем штампы совмещенного действия. В то же время штампы совмещенного типа обеспечивают получение более точных деталей и изделий больших размеров.

При изготовлении мелких деталей в массовом производстве в целях значительного увеличения производительности и экономии металла следует применять многорядные последовательные штампы, имеющие 2 – 11 рядов и изготавливающие за каждый ход пресса такое же количество готовых деталей. Применение многорядных штам-

пов выгодно еще тем, что их стоимость возрастает меньше, чем рядность штамповки.

Многооперационные последовательные штампы являются наиболее совершенными с точки зрения автоматизации процесса штамповки, так как у них полностью автоматизированы межоперационная передача заготовок и удаление готовых деталей. При применении автоматической подачи ленты эти штампы представляют собой полный автомат, для которого требуется лишь установка нового рулона ленты и периодическое наблюдение за износом рабочих частей и качеством деталей.

В результате решения основных технологических вопросов таких, как установление характера, количества, последовательности и совмещенности операций холодной штамповки, выявляется технологическая схема штампа, которая должна отражать:

- тип штампа в соответствии с характером производимых деформаций;
- количество одновременно выполняемых операций или переходов (совмещенность операций);
- способ выполнения операций по времени (последовательно или параллельно);
- количество одновременно штампуемых деталей;
- схему расположения рабочих частей штампа;
- способ подачи и фиксации материала или заготовки в штампе;
- способ удаления деталей и отходов.

Выбранная конструкция штампа должна обеспечить высококачественную штамповку, максимальную производительность, достаточную стойкость в эксплуатации, сравнительно невысокую стоимость изготовления, а также удовлетворять условиям безопасности.

2.5 Определение формы и размеров заготовки

Форму и размеры заготовки для детали, получаемой вырубкой-пробивкой, определять не требуется, так как они полностью соответствуют рабочему чертежу детали. Для определения длины заготовки при гибке по кривой определенного радиуса часто пользуются способом развертки детали, основанным на том, что нейтральный слой сохраняет при гибке свои первоначальные размеры. Поэтому для

определения длины заготовки, обеспечивающей после гибки получение заданных размеров детали, необходимо:

- определить положение нейтрального слоя деформации;
- разбить контур штампуемой детали на элементы, представляющие собой прямолинейные отрезки и криволинейные участки с одинаковой кривизной;

- просуммировать длины этих участков. Длины прямых участков суммируются без изменения, длины криволинейных участков – с учетом деформации материала и соответствующего смещения нейтрального слоя. Формулы для расчета длины разверток гнутых деталей при различных формах сопряжений приведены в работах [1–4, 7].

Для определения размеров плоской заготовки при вытяжке полых тел исходят из условий равенства поверхностей для деталей, вытягиваемых без утонения стенок, равенства объемов заготовки и вытягиваемой детали – для деталей, имеющих разную толщину стенок и дна, то есть при вытяжке с утонением материала. Размеры заготовки рассчитывают аналитическим, графоаналитическим и графическим способом.

На практике встречаются следующие случаи вытяжки деталей различной конфигурации, требующих различных способов расчета размеров заготовки.

Для вытяжки деталей, имеющих форму тела вращения, заготовки имеют форму круга. Диаметр заготовки рассчитывается с учетом припуска на обрезку, его величина принимается по таблицам, приведенным в работах [3, 4, 7].

Перед проведением расчета вычерчивается эскиз детали с учетом припуска на обрезку. Затем контур детали разбивается на отдельные участки геометрически простой формы, площади или объем которых определяются по формулам [3, 4, 7], суммируются и затем подставляются в расчетные формулы для определения диаметра заготовки [1–4, 7].

Если вытягиваемая деталь имеет сложную форму, то для определения площади ее поверхности, а значит, и диаметра заготовки, следует использовать правило Гюльдена–Паппуша [3, 4, 7].

При определении размеров заготовки в пояснительной записке следует представить расчетный эскиз с обозначением элементов, входящих в расчетные формулы, и эскиз рассчитанной заготовки.

2.6 Раскрой материала

После определения формы и размеров заготовки выбирают сортament материала (лента, лист, полоса) и приступают к его раскрою, то есть к определению размеров полосы, ленты или листа, а также взаимному расположению штампуемых из них деталей. Раскрой материала во многом определяет его экономию в штамповочном производстве, поэтому этому вопросу уделяется большое внимание. Выбор варианта раскроя материала в большей степени зависит от конструкции штампуемой детали. Вопросы раскроя материала наиболее полно отражены в работах [1–4, 7].

Наиболее распространенной заготовкой при штамповке является полоса (лента). Под раскроем полосы понимается расположение штампуемых деталей (заготовок) на полосе, определяющее положение смежных контуров, отсутствие или наличие перемычек, их величину. Различают следующие типы раскроя: с отходами (при наличии перемычек по всему контуру вырубаемой детали), малоотходный (отсутствуют либо междетальные, либо боковые перемычки) и безотходный. Вырубка с перемычками дает более точные детали, так как перемычки по всему контуру позволяют компенсировать погрешности подачи материала. Безотходная штамповка применяется для изготовления деталей простой конфигурации и невысокой точности (не выше 14-го качества) и заготовок, которые подвергаются дальнейшей механической обработке.

Применяемые на практике способы раскроя в зависимости от расположения вырезаемых деталей в полосе могут быть сведены к следующим основным: прямому, наклонному, встречному прямому, встречному наклонному, комбинированному, многорядному, с вырезкой перемычек.

При выборе способа расположения детали на полосе рекомендуется учитывать следующие рекомендации. Прямоугольные детали целесообразно располагать вдоль полосы меньшей стороной для того, чтобы по длине полосы поместилось наибольшее число деталей. При расположении деталей поперек полосы или с наклоном достигается экономия материала, а также увеличение производительности труда благодаря уменьшению шага подачи. При расположении деталей неправильной геометрической формы следует добиваться такого их взаимного расположения на полосе, при котором

экономия материала достигается благодаря уменьшению междетальных перемычек. Это может быть достигнуто за счет их встречного расположения.

Существенная экономия материала и повышение производительности могут быть достигнуты при многорядной штамповке. При этом круглые и многоугольные детали целесообразно располагать в несколько рядов в шахматном порядке. Многорядное расположение позволяет повысить экономичность раскроя на 5–16 %, главным образом, за счет уменьшения величины боковых перемычек, приходящихся на деталь, а при шахматном расположении – за счет уменьшения междетальных отходов и межрядовых перемычек.

Выбор рационального варианта раскроя материала может быть сделан с помощью систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП).

Экономичность раскроя в значительной степени зависит от правильной величины перемычек между вырубаемыми деталями и по краям полосы. Величина перемычек зависит от следующих факторов:

- конфигурации детали: чем сложнее контур и чем меньше радиусы закругления, тем больше должны быть перемычки;
- размеров детали: с увеличением их перемычка увеличивается;
- толщины штампуемого материала;
- механических свойств штампуемого материала: для более мягких материалов размеры перемычек больше, для более твердых – меньше;
- способа подачи полосы, типа упоров (при ручной подаче) и типа захватного органа (при автоматической подаче); при подаче материала автоматической валковой или клещевой подачей величина перемычек уменьшается на 20 %, крючковой – увеличивается на 10–20 % по сравнению с табличными значениями;
- способа вырубки: производится обычная вырубка или с поворотом полосы; при вырубке с поворотом полосы ширина перемычки увеличивается на 30 % по сравнению с табличными значениями вследствие искривления полосы после первого пропускания через штамп;
- необходимости последующей зачистки вырубленной заготовки; если требуется зачистка, то размер перемычек следует увеличить на 20–30 %.

Для определения минимальной величины перемычек для стальной полосы пользуются таблицами, приведенными в работах [2–4, 7]. Для других материалов табличные значения следует умножить на поправочный коэффициент [2–4, 7]. Уменьшение величины перемычек может быть достигнуто применением бокового прижима и путем точной фиксации ленты ловителями.

Рациональный раскрой полосы (ленты) характеризуется коэффициентом, представляющим собой отношение площади штампуемой детали к площади заготовки. Это отношение может выражаться в процентах.

После того, как установлены расположение деталей и величина перемычки, определяют ширину полосы. Подсчет номинальной ширины полосы выполняется по формулам, приведенным в литературе [2–4, 7]. Допуски на ширину для стандартных полос и лент, подставляемые в расчетные формулы, принимаются по соответствующим ГОСТам для данного материала, допуски на ширину полос, нарезанных из листа на гильотинных или многодисковых ножницах, – по таблице [7]. Полученные результаты расчета ширины полос следует округлять до ближайшего целого числа в большую сторону.

Разрезать лист на полосы нужно с таким расчетом, чтобы от него оставалось меньше отходов. При этом располагать полосу можно и вдоль, и поперек листа. Если позволяют габаритные размеры ножниц, лучше всего располагать полосы вдоль длинной стороны листа, так как продольный раскрой всегда производительнее поперечного ввиду того, что в этом случае из полосы получается большее количество деталей, а количество концевых отходов уменьшается. Если вырубаемые детали при последующей обработке подвергаются гибке, необходимо считаться и с расположением линии гибки относительно направления прокатки листа. Также следует помнить, что желательно резать широкие, а не узкие полосы (располагая соответствующим образом детали на полосе), так как при этом требуется меньшее количество резов и меньшая величина подачи при штамповке.

При рассмотрении вариантов раскроя листа определяют количество деталей, получаемых из одной полосы, количество полос, получаемых из листа, общее количество деталей (заготовок), получаемых из листа, и коэффициент использования материала [1–4, 7]. Выбирают тот вариант раскроя, при котором расход материала оказывается

наименьшим. Помимо определения коэффициента использования металла рассчитывают норму расхода металла на одну деталь.

Следует иметь в виду, что при крупносерийном и массовом производстве следует стремиться заменять листовой прокат рулонным, так как это позволяет получить наиболее выгодный раскрой материала и максимально автоматизировать процессы штамповки.

В пояснительной записке при разработке данного раздела необходимо привести эскизы раскроя полосы (ленты) и листа.

2.7 Расчет переходов и технологических усилий штамповки

В этом разделе необходимо определить условия выполнения операций (с прижимом или без прижима материала, с выталкиванием детали из матрицы или удалением на провал), рассчитать количество переходов для каждой операции, а также усилия, необходимые для осуществления каждого перехода штамповки.

Для расчета необходимого числа переходов при вытяжке целесообразно использовать расчет по коэффициентам вытяжки [1–4, 7]. При вытяжке фланец заготовки под действием сжимающих тангенциальных напряжений может потерять устойчивость, в результате чего в нем возникают складки (гофры). Поэтому при определенных соотношениях диаметров заготовки и готового изделия применяют прижим фланцевой части заготовки. Для каждого перехода вытяжки следует установить необходимость применения прижима, а также рассчитать усилия прижима.

Расчет усилий технологических операций выполняется по соответствующим формулам, приведенным в учебной и справочной литературе [1–4, 6, 7]. В пояснительной записке все расчеты усилий должны быть приведены с написанием формулы и указанием численных значений всех параметров, входящих в эти формулы. При выборе соответствующих параметров или коэффициентов из таблиц, графиков следует давать ссылку на используемую литературу.

При разработке раздела в пояснительной записке необходимо привести эскизы переходов штамповки с указанием получаемых на этих переходах размеров. Далее определяют усилия снятия полосы с пуансонов и проталкивания деталей и (или) отходов через матрицу, усилия сжатия буферов (пружин), используемых для прижима заготовки и выталкивания детали из матрицы.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ШТАМПА

3.1 Порядок проектирования штампа

Проектирование штампа включает следующие элементы: обоснование выбора конструктивной схемы штампа; подбор деталей и сборочных единиц штампов, форма и размеры которых регламентированы стандартами (плиты, пуансоны, матрицы, направляющие колонки, втулки, хвостовики и пр.); поверочный расчет на прочность и жесткость наиболее нагруженных деталей штампа; определение координат центра давления штампа, с которым должна совпадать ось хвостовика штампа; выбор способа подачи заготовки в штамп и фиксации ее в нем; выбор способа удаления детали и отходов из штампа; выбор способа закрепления деталей штампа в плитах (врезание, закрепление винтами с фиксацией штифтами и пр.); разработка мероприятий, обеспечивающих безопасность работы согласно требованиям ГОСТ 12.2.109–89 «Система стандартов безопасности труда. Штампы для листовой штамповки. Общие требования безопасности»; оформление сборочного чертежа штампа; составление спецификации деталей штампа; выполнение рабочих чертежей деталей штампа.

После установления типа и принципиальной конструктивной схемы штампа, выполнения основных технологических расчетов необходимо решить вопрос о количестве и расположении направляющих устройств, типе упоров, прижиме, съемнике, других деталей штампа, влияющих на качество штамповки.

Следующий этап проектирования заключается в вычерчивании сборочного чертежа штампа: выполняется план низа (вид сверху нижней части штампа), продольный или (и) поперечный разрез штампа; при необходимости выполняется план верха (вид штампа сверху) и другие разрезы.

Чертеж лучше всего начинать с расположения на плане низа плана всех переходов штамповки (как рабочих, так и нерабочих) в соответствии со схемой раскроя полосы (ленты). На плане располагают направляющие для полосы, упор и другие узлы и детали, присущие выбранной конструкции штампа. Затем намечают, где будут штифты и винты для крепления матрицы, направляющих для по-

лосы и съемника. После чего определяют габаритные размеры матрицы (матрицедержателя) в плане и расположение направляющих колонок. Отталкиваясь от размеров матрицы, расположения направляющих колонок и элементов для крепления нижней плиты штампа к подштамповой плите прессы (пазы для болтов или площадки для прихватов), вычерчивают нижнюю плиту.

Затем переходят к главному разрезу. В месте, отведенном для этой проекции, проводят линию, определяющую нижнюю плоскость нижней плиты штампа. Затем определяют толщину нижней плиты, матрицы, направляющих планок для полосы и неподвижного съемника (если он предусмотрен в конструкции штампа).

Приступая к вычерчиванию пуансонов нужно помнить, что сборочный чертеж штампа вычерчивают в сомкнутом состоянии. Поэтому пуансоны для формоизменяющих операций должны входить в матрицу настолько, чтобы обеспечить получение требуемых размеров изделия. При этом нижние торцы разделительных пуансонов не должны входить в матрицу глубже, чем на 1–2 мм.

Пуансоны крепятся к верхней плите с помощью пуансонодержателя. Его толщина должна быть достаточной для обеспечения требуемой точности направления пуансонов. От длины сопряжения пуансона с пуансонодержателем зависит его перпендикулярность к плоскости плиты.

Длину пуансонов определяют, учитывая необходимость размещения между пуансонодержателем и матрицей прижима подвижного съемника, а также обеспечения зазоров безопасности между подвижными элементами, закрепленными на верхней плите, и неподвижными элементами нижней плиты. На верхней плите устанавливают хвостовик, ось которого должна совпадать с центром давления штампа.

Следующий этап проектирования сводится к выполнению необходимых конструкторских расчетов: к определению центра давления штампа; величины зазора между пуансоном и матрицей; исполнительных размеров пуансонов и матриц; проверке основных деталей штампа на прочность; подбору и проверке пружинных, резиновых или полиуретановых буферов.

3.2 Рекомендации по конструированию деталей штампов

Штампом называют технологическую оснастку для обработки давлением, с помощью которой заготовка приобретает требуемые форму и размеры. Штамп – сложный инструмент, состоящий из большого числа деталей, которые можно разделить на две большие группы: детали технологического назначения, непосредственно взаимодействующие с материалом штампуемого изделия, и конструктивные элементы, имеющие сборочно-монтажное назначение. К деталям технологического назначения относятся рабочие, фиксирующие, прижимные и удаляющие детали.

К рабочим (деформирующим) деталям относятся матрицы, пуансоны, пуансон-матрицы, отрезные ножи, непосредственно выполняющие разделение или формоизменение заготовки. К фиксирующим деталям относятся направляющие планки и боковые прижимы для материала, упоры, фиксаторы, ловители, трафареты, шаговые ножи, обеспечивающие необходимое положение заготовки во время выполнения операции.

Упоры служат для точной фиксации подаваемого в штамп листа, полосы или заготовки. Подаваемая заготовка упирается в упор и устанавливается строго определенно в направлении подачи относительно пуансона и матрицы. Упоры применяются при штамповке с ручной подачей. Они могут быть подвижными и неподвижными.

Ловители применяют в штампах последовательного действия для устранения погрешности подачи полосы или ленты. Ловитель устанавливают во второй или одной из последующих позиций штамповки. Входя в ранее пробитое отверстие, он точно фиксирует положение полосы или заготовки в штампе.

Фиксаторы и трафареты, установленные на поверхности матрицы, применяют для точного ориентирования штучных заготовок относительно пуансонов и матриц в двух направлениях.

Направляющие планки и боковые прижимы ориентируют полосу или ленту в штампе только в поперечном направлении.

К прижимным и удаляющим деталям относятся съёмники, прижимы, выталкиватели, сбрасыватели, ножи для резки отхода, предназначенные для удержания заготовки, а также для съема и удаления детали и отхода после выполнения операции.

Прижимы предупреждают образование складок при вытяжке, кроме этого их применяют и для предупреждения искривления плоских деталей при вырубке или пробивке. Одновременно они могут служить и съемниками.

Съемники (подвижные или неподвижные) предназначены для того, чтобы снять заготовку с пуансона, которая, упруго деформируясь при вырубке или пробивке, плотно охватывает пуансон.

Выталкиватели применяют для удаления деталей из матрицы, если при вырубке, гибке, вытяжке деталь не удастся удалить через отверстие матрицы.

К деталям конструктивного назначения относятся монтажные, направляющие, крепежные детали.

К монтажным деталям относятся плиты, пуансонодержатели, матрицедержатели, подкладные плитки, служащие для монтажа элементов. Плиты служат для монтажа всех деталей штампа.

Пуансоны и матрицы крепят к верхней или нижней плите штампа непосредственно или с помощью пуансоно- и матрицедержателей. Пуансоно- и матрицедержатели крепят к плите винтами и фиксируют штифтами. Между пуансонодержателем и плитой помещают стальную закаленную опорную плитку, предохраняющую верхнюю плиту штампа от вмятин, которые могут образоваться при надавливании пуансона.

Небольшие матрицы запрессовывают в державки, которые винтами и штифтами крепят к соответствующей плите штампа. Крупные пуансоны и матрицы запрессовывают в специально расточенные места в плитах штампа или привертывают винтами к шлифованной поверхности плит и фиксируют штифтами. Если пуансон или матрица собраны из отдельных секций, то каждую секцию отдельно привертывают не менее чем двумя винтами и фиксируют не менее чем двумя штифтами.

К направляющим деталям относятся колонки и втулки, служащие для направления верхней и нижней частей штампа. К крепежным деталям относятся болты, винты, гайки, штифты, хвостовики.

Кроме того, в некоторых штампах применяется группа деталей кинематического назначения, обеспечивающих преобразование вертикального движения ползуна прессы в поступательные, вращательные, колебательные движения отдельных элементов штампов.

Блоки штампов. Требования к точности блоков. Штамп состоит из двух основных сборочных единиц – блока и пакета. Блок служит для крепления пакета и совмещения рабочих деталей штампа во время штамповки. Он состоит из верхней и нижней плиты, направляющих колонок и втулок. Для штампов небольших размеров в состав блока входит еще и хвостовик.

Чем больше число направляющих пар, тем выше точность блока (по совпадению верха с низом). Если колонок две, то их располагают или по оси, или сзади, или по диагонали. Если колонок четыре, то их ставят по углам плит. Часто применяют блоки с тремя колонками. Переднюю колонку монтируют обычно в левом углу.

Требования к блокам для совмещенных и последовательных штампов предъявляют, исходя из тех операций, точность которых наибольшая по сравнению с другими. Обычно такими определяющими являются разделительные операции.

Колонки устанавливают преимущественно в нижней плите. Однако они могут запрессовываться и в верхнюю плиту. Применяют также комбинированный вариант: в двухколонном блоке одна колонка размещается в нижней плите, а вторая – в верхней; в четырехколонном – соответственно две в нижней плите, а две – в верхней. Комбинированный способ позволяет шлифовать (затачивать) нижние и верхние инструменты без их разборки.

Блоки штампов листовой штамповки изготавливают по трем классам точности в соответствии с ГОСТ 13139–74 «Блоки штампов для листовой штамповки. Нормы точности»:

- первый – для блоков штампов с шариковыми направляющими;
- второй – для блоков штампов с направляющими скольжения с предельными отклонениями диаметра направляющих колонок по $h5$ и втулок по $H6$;
- третий – для блоков штампов с направляющими скольжения с предельными отклонениями диаметра направляющих колонок по $h6$ и втулок по $H7$.

Базовыми поверхностями для проверок блоков являются нижняя плоскость нижней плиты и верхняя плоскость верхней плиты блока. Отклонение от плоскостности базовой поверхности нижней плиты и базовой поверхности верхней плиты блока не должны превышать значений, указанных в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Отклонение от плоскостности базовых
поверхностей нижней и верхней плиты блока

Длина измерения, мм	Предельные отклонения, мкм		
	Класс точности блока		
	1	2	3
160	10	16	25
До 400	16	25	40
400–1000	25	40	60

Примечание. Выпуклость не допускается.

Отклонения от перпендикулярности колонок относительно базовой поверхности нижней плиты блока не должны превышать значений, указанных в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Отклонение от перпендикулярности колонок
относительно базовой поверхности плиты блока

Класс точности блока	Предельные отклонения, мкм (на длине 100 мм)
1	10
2	16
3	25

Отклонения от параллельности базовых поверхностей верхней и нижней плиты блока не должны превышать значений, указанных в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Отклонение от параллельности поверхностей
верхней и нижней плиты блока

Длина измерения, мм	Предельные отклонения, мкм		
	Класс точности блока		
	1	2	3
160	25	40	60
До 400	40	60	100
400–1000	60	100	160

Отклонения межосевых расстояний отверстий под направляющие колонки и втулки в комплекте нижних и верхних плит не должны превышать значений, указанных в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Предельные отклонения межосевых расстояний
отверстий под направляющие колонки и втулки

Межосевые расстояния между направляющими колонками и втулками, мм	Предельные отклонения, мкм
До 120	10
Св. 120 до 180	12
180 до 250	14
250 до 360	16
360 до 500	18
500	20

Направляющие элементы блока. Направляющие элементы блока предназначены для обеспечения высокоточного совпадения рабочих частей верха штампа с рабочими частями низа. Они должны обладать высокой точностью и жесткостью, достаточной стойкостью

и удобством в эксплуатации. Требования к точности и жесткости определяются характером технологической операции, величиной зазора между инструментами, а также конструкцией и габаритными размерами штампа.

Направляющие элементы делятся на два вида: скольжения и качения. Первые широко применяются во всех разновидностях штампов (разделительных, формоизменяющих, совмещенных и др.), а вторые – преимущественно в прецизионных разделительных штампах.

Направляющие скольжения изготавливают цилиндрическими и призматическими. Массовое распространение получили цилиндрические направляющие как наиболее точные и технологичные в изготовлении. Классической универсальной направляющей парой является комплект из колонки и втулки (рис. 3.1).

Рабочие поверхности их обрабатывают с шероховатостью поверхности по 8–10 классу (R_a от 0,63 до 0,16 мкм). Колонку делают обычно гладкой, а втулку – с канавками для смазки. Для смазки направляющей пары скольжения используют преимущественно густую смазку, которую периодически наносят на колонку. Она задерживается в канавках втулки.

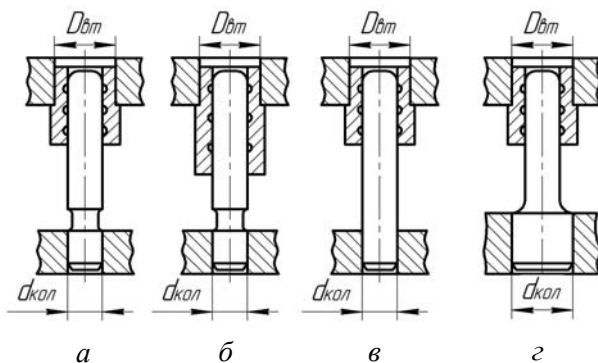


Рис. 3.1. Типовые конструкции направляющих пар скольжения

При выборе колонок и втулок необходимо соблюдать следующее условие: при положении штампа в крайнем верхнем положении колонка не должна терять контакта с втулкой, при положении штампа в крайнем нижнем положении колонка должна не доходить до верхней плоскости верхней плиты не менее чем на 5–10 мм.

Большинство колонок и втулок изготавливают по системе отверстия. Короткую часть колонок с проточкой (рис. 3.1, *а, б*) запрессовывают в плиту, а длинную – пригоняют по посадке с минимальным зазором с втулкой. Чтобы при достаточно большом ходе ползуна прессы и открытом штампе колонки не выходили из втулок, рекомендуется использовать втулки с удлиненной выступающей частью (рис. 3.1, *б*). Используют и гладкие колонки (рис. 3.1, *в*), которые сопрягают с плитой по системе вала. Преимуществом такой конструкции является возможность обработки ее на бесцентровочно-шлифовальных станках. Технологически также удобно посадочный диаметр запрессовываемой части колонки выполнять равным диаметру направляющей втулки (рис. 3.1, *з*), что позволяет одновременно растачивать обе плиты штампа и получать отверстия одного размера. Последнее обеспечивает применение двух вариантов компоновки направляющих: с запрессовкой колонок в нижнюю или верхнюю плиту. Длина зоны контакта колонки с втулкой при полном ее заглублении должна быть не менее $2d_{\text{кол}}$.

Основным методом соединения цилиндрических направляющих с плитами блока является запрессовка их с определенным натягом. Величина натяга зависит от принятого класса посадки. Для преобладающего большинства колонок и втулок применяют посадку $H7/s6$ как наиболее доступную и приемлемую при изготовлении штампов. Минимально допускаемая глубина запрессовки $(0,8-1,0)d$. Однако для более надежного соединения желательно запрессовывать на глубину не менее $(1,2-1,5)d$. От относительной глубины запрессовки направляющего элемента зависит не только прочность соединения, но и перпендикулярность к плоскости плиты. Чем глубже запрессовка, тем больше возможность высокоточной посадки. В прецизионных штампах рекомендуется производить запрессовку на глубину не менее $2d$.

Рабочая часть направляющей пары скольжения пригоняется по посадкам H/h , H/f . Квалитет точности назначают в зависимости от выполняемой технологической операции, конструкции штампа и степени точности штампуемой детали. При выполнении разделительных операций необходимо соблюдать условие – зазор между колонкой и втулкой не должен превышать половины режущего зазора. Для металлов толщиной до 3 мм это условие обеспечивается посадками $H6/h5$, $H7/h6$. При толщине металла более 3 мм можно приме-

нять посадку $H7/f7-H9/f9$. Пригонка направляющих элементов прецизионных штампов осуществляется в основном по посадке $H6/h5$.

В формоизменяющих штампах допускается пригонять колонку с втулкой по посадке $H9/f9$. Однако более распространены случаи, когда их назначают из стандартизованных колонок и втулок, выполненных по 7-му и 8-му качеству точности по посадке H/h .

Направляющие колонки и втулки изготовляют из сталей 15 и 20 с последующей цементацией поверхностного слоя на глубину 0,8–1,2 мм и закалкой до твердости 59–63 HRC. После такой термической обработки колонки и втулки имеют вязкую середину и твердую поверхность, что обеспечивает их высокую износостойкость при необходимой прочности.

Диаметр колонок и втулок, а также число пар направляющих назначают в зависимости от габаритных размеров плит, характера технологической операции, толщины штампуемого материала, закрытой высоты штампа, а также габаритных размеров и усилия прессы. Основными показателями являются ширина плиты и характер технологической операции.

Конструкции и размеры гладких направляющих колонок и втулок приведены соответственно в ГОСТ 13118–83 «Штампы для листовой штамповки. Колонки направляющие гладкие. Конструкция и размеры» и ГОСТ 13120–83 «Штампы для листовой штамповки. Втулки направляющие гладкие. Конструкция и размеры». Конструкции и размеры ступенчатых направляющих колонок и втулок приведены в ГОСТ 13119–81 «Штампы для листовой штамповки. Колонки направляющие ступенчатые. Конструкция и размеры» и ГОСТ 13121–81 «Штампы для листовой штамповки. Втулки направляющие ступенчатые. Конструкция и размеры».

Предельные отклонения диаметров направляющих колонок и втулок для блоков с направляющими скольжения должны соответствовать полю допуска – $h5$ и $H6$ для блоков второго класса точности и $h6$ и $H7$ – для блоков третьего класса.

Хвостовики. Хвостовик служит для соединения верхней плиты с ползуном прессы. Крепление верхней плиты штампа к прессу с помощью хвостовика применяется только для штампов небольших размеров. У штампов больших габаритных размеров верхняя плита крепится к ползуну прессы болтами или прижимами, также как крепится и нижняя плита штампа к столу прессы. В этом случае хвосто-

вик вовсе не ставят, а если и применяют, то только для облегчения установки штампа в центре ползуна, используя для этого центральное отверстие последнего.

Государственными стандартами предусмотрено пять основных видов хвостовиков: с буртиком (рис. 3.2, *а*), резьбой (рис. 3.2, *б*), резьбой и буртиком (рис. 3.2, *в*), фланцем (рис. 3.2, *г*) и плавающий (рис. 3.2, *д*). Хвостовики с буртиком, резьбой, резьбой и буртиком, фланцем изготовляют двух вариантов: без центрального отверстия и с центральным отверстием для размещения толкателя.

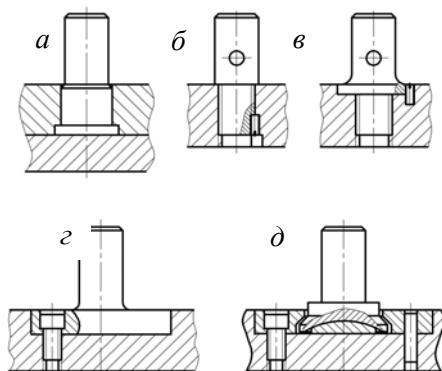


Рис. 3.2. Виды хвостовиков

Наиболее прочное соединение с верхней плитой обеспечивает хвостовик с буртиком по ГОСТ 16715–71 «Хвостовики с буртиком для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры» (см. рис. 3.2, *а*). Рекомендуется его применять в разделительных штампах при больших усилиях съема материала с пуансонов.

Универсальный (по назначению) хвостовик с большим фланцем по ГОСТ 16718–71 «Хвостовики с фланцем для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры» (см. рис. 3.2, *г*) устанавливают в штампах, где по конструктивным соображениям нельзя применять хвостовики другого типа.

Хвостовики с резьбовым соединением по ГОСТ 16716–71 «Хвостовики с резьбой для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры» и ГОСТ 16717–71 «Хвостовики с резьбой и буртиком для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры» (см. рис. 3.2, *б*, *в*)

имеют небольшую погрешность в перпендикулярности к плоскости штампа и они менее надежны в работе. Их необходимо стопорить винтом или штифтом. Такие хвостовики применяют главным образом для вытяжных и гибочных штампов. Жесткие хвостовики изготавливают из стали 35.

Плавающие хвостовики (ГОСТ 16719–71 «Хвостовики плавающие для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры») (см. рис. 3.2, *д*) образуют между ползуном прессы и штампом соединение в виде шарнира, что уменьшает вредное влияние несоосности направляющих ползуна и колонок. Плавающие хвостовики рекомендуется использовать в разделительных штампах при зазорах менее 0,05 мм, в штампах, армированных твердым сплавом, в блоках с шариковыми направляющими.

Пуансоны. Конструкции и размеры пуансонов небольших размеров регламентированы государственными стандартами (ГОСТ 16621–80 – 16635–80). Крепление пуансонов может осуществляться посадкой в плиту; в пуансонодержателе с помощью фланца; в пуансонодержателе с помощью расклепки пуансона. Пуансоны для некруглых отверстий при сравнительно небольших размерах окружности, в которую они вписываются, следует изготавливать с круглой посадочной частью и фиксировать их положение путем посадки фланца с лысками в паз пуансонодержателя (рис. 10 [7]).

При конструировании некруглых пуансонов необходимо по возможности форму сечения пуансона выдерживать одинаковой по всей длине. В этом случае пуансон является основной деталью, по которой необходимо пригонять отверстие пуансонодержателя. При этом простановку соответствующих размеров с предельными отклонениями выполняют по системе вала: как правило, $N7/h6$; для больших усилий – $R7/h6$. Если же посадочную часть пуансона изготавливают несколько больших размеров, чем рабочую, то может быть применена посадка в системе отверстия $H7/n6$.

Некруглые пуансоны малых размеров закрепляют в пуансонодержателе путем расклепки. Глубина фаски под расклепку зависит от технологического усилия штамповки. Пуансоны закаливают по всей высоте, исключая хвостовую часть под расклепку.

Матрицы. Общим конструктивным элементом матриц вырубных и пробивных штампов является форма рабочего отверстия. Типы рабочих отверстий вырубных и пробивных матриц и указания по

их применению приведены в табл. 184 [3]. Конструкции и размеры сменных пробивных матриц небольших размеров регламентированы государственными стандартами (ГОСТ 16637–80 – 16647–80). В табл. 185 [3] приведены типы сменных пробивных матриц и рекомендации по их применению.

Винты и штифты. В подавляющем большинстве конструкций штампов можно обойтись следующими типами крепежных деталей: винтом с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ (ГОСТ 11738–84 «Винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ класса точности А. Конструкция и размеры»), винтом ступенчатым с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ (ГОСТ 18786–80 «Винты ступенчатые с шестигранным углублением под ключ. Конструкция и размеры») или винтом ступенчатым с цилиндрической головкой со шлицом (ГОСТ 18787–80 «Винты ступенчатые со шлицем. Конструкция и размеры») для съемников, складкодержателей и других узлов), винтом с цилиндрической головкой со шлицом (ГОСТ 1491–80 «Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры»).

Выбор винта не с наружным, а с внутренним шестигранником объясняется тем, что необходимый диаметр гнезда для головки с внутренним шестигранником примерно в два раза меньше, чем для головки с наружным шестигранником с учетом ключа для него. Что касается винтов со шлицом, то их применяют только в исключительных случаях. Такие винты завинчивают отверткой, в силу чего их нельзя надежно затянуть, как винты, имеющие шестигранное углубление.

Цилиндрические штифты по ГОСТ 3128–70 «Штифты цилиндрические незакаленные. Технические условия» служат не только для правильного центрирования деталей при сборке, но и для восприятия боковых нагрузок во время работы штампов (гибочные несимметричные матрицы, сборные матрицы и др.). Диаметры штифтов обычно принимают больших размеров, чем диаметры, полученные расчетом на срез, и, как правило, не менее 6 мм. При соединении двух термически не упрочненных деталей производится совместное сверление их с последующей обработкой разверткой. При соединении незакаленной детали с закаленной отверстия в последней обрабатывают разверткой до закалки. После закалки отверстия в зависимости от их размеров зачищают или шлифуют. После креп-

ления матрицы к плите винтами в плите сверлят отверстия под штифты и обрабатывают их разверткой, при этом отверстие матрицы служит кондуктором. Штифты сопрягаются с соединяемыми деталями по переходной посадке $H7/m6$. Длина посадочной части отверстий под штифты в деталях, имеющих толщину более двух диаметров штифтов, должна быть не более двух диаметров. Диаметр остальной части отверстий следует выполнять не менее чем на 1 мм больше диаметра штифта.

Число винтов определяют из условия, что расстояние между двумя ближайшими винтами не должно превышать 90 мм. Однако в отдельных случаях возникает необходимость некоторого отклонения от приведенного требования.

Число штифтов определяют из условия, что каждый самостоятельный элемент штампа, который должен быть неподвижным относительно матрицы, и сама матрица должны фиксироваться двумя штифтами.

3.3 Определение центра давления штампа

Если штамп крепится к прессу с помощью хвостовика, то хвостовик следует размещать так, чтобы его ось совпадала с центром давления штампа, то есть с точкой, к которой приложена равнодействующая всех сил, действующих в направлении, параллельном оси хвостовика. Методика определения центра давления штампа приведена в источниках [3, 4, 7]. Центр давления штампа является точкой пересечения осей штампа, используемых в качестве конструкторских баз для простановки размеров на рабочих чертежах деталей штампа.

3.4 Расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа

В процессе эксплуатации штампов изнашиваются матрицы и пуансоны, поэтому их первоначальные размеры необходимо назначать с учетом их последующего износа. Рабочие детали штампов для вырубки и пробивки, матрицу и пуансон можно изготавливать отдельно и совместно. При отдельном изготовлении матрица и пуансон обрабатываются без взаимного согласования. При этом должно быть соблюдено условие, что сумма абсолютных значений допусков на

размер матрицы и пуансона не должен превышать значения предельного отклонения оптимального зазора. Выполнение этого условия не всегда возможно. При совместном изготовлении одна из рабочих деталей дорабатывается по другой. При вырубке матрица определяет размеры штампуемой детали и является основной рабочей деталью. Пуансон дорабатывается (подгоняется) по матрице с зазором, обеспечивающим получение качественной поверхности среза. При пробивке пуансон определяет размер отверстия и является основной рабочей деталью, а матрица пригоняется по пуансону с требуемым зазором. Методика расчета размеров пуансонов и матриц приведена в справочной литературе [2–4, 7].

При проектировании рабочих деталей гибочных штампов устанавливают размеры радиусов закруглений пуансонов и матриц, зазоров между ними, углов и радиусов гибки с учетом пружинения, величину которого определяют по таблицам или номограммам [2–4, 7].

При проектировании пуансонов и матриц вытяжных штампов определяют их диаметральные размеры с учетом припуска на износ и радиусы закругления их рабочих кромок. При увеличении радиуса закругления матрицы уменьшается усилие вытяжки, что позволяет снизить растягивающие напряжения в опасном сечении. Однако при этом уменьшается площадь заготовки, находящейся под прижимом, что может привести к образованию гофров. Зазоры между пуансоном и матрицей следует назначать с учетом утолщения края заготовки.

Сведения по расчету размеров рабочих деталей вытяжных штампов приведены в источниках [2–4, 7].

3.5 Расчет основных деталей штампа на прочность

На прочность рассчитываются пуансоны, матрицы и нижние плиты.

Пуансоны необходимо проверять на смятие поверхности плиты опорной поверхностью головок пуансона, на сжатие и изгиб – самого пуансона в наименьшем сечении. Напряжение смятия $\sigma_{см}$, создаваемое опорной поверхностью пуансона, определяют по формуле $\sigma_{см} = P/F_{гол}$, где P – технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, Н; $F_{гол}$ – площадь опорной поверхности пуансона, мм². Если $\sigma_{см} > 100$ МПа (для стальной плиты) и $\sigma_{см} > 50$ МПа (для чугунной), то пуансон следует упирать головкой в стальную закаленную под-

кладную плитку. Методика расчета пуансонов на прочность и продольный изгиб приведена в источниках [3, 4, 7].

Расчет матриц на прочность обычно не выполняют, а определяют по эмпирическим формулам и соотношениям. Форма и размеры матрицы определяются формой и размерами штампуемой детали. Размеры прямоугольной матрицы определяют (ориентировочно) исходя из размеров ее рабочей зоны. В табл. 17 [7] приведена зависимость наименьших габаритных размеров прямоугольной матрицы от размеров прямоугольной рабочей зоны. Размеры матрицы уточняют с учетом требуемых величин перемычек между отверстиями, конкретного размещения рабочей зоны и отверстий. При конструировании матриц других штампов (простого, совмещенного действия и т. д.) можно также пользоваться данными, приведенными в табл. 17–20 [7]. Пример размещения рабочей зоны и отверстий для крепления матрицы штампа последовательного действия показан на рис. 9, а [7]. Соответствующие зависимости для определения координат отверстий под элементы крепления приведены в табл. 19 и 20 [7]. Размеры и размещение отверстий должны уточняться конструктивно, исходя из конкретных форм и размеров рабочей зоны матрицы.

Толщину матрицы H_M определяют из следующей эмпирической зависимости, мм:

$$H_M = s + K_M \sqrt{a_p + b_p} + 7,$$

где s – толщина штампуемого материала, мм;

a_p и b_p – размеры рабочей зоны матрицы, мм;

K_M – коэффициент, принимаемый по табл. 3.5.

Таблица 3.5

Значения коэффициента K_M

σ_B , МПа	До 120	120–200	200–300	300–500	500–1000	Св. 1000
K_M	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5–2,0

Примечание. σ_B – предел прочности материала.

Ориентировочно диаметры винтов и штифтов для крепления матрицы выбирают по табл. 18 [7]. Пример расчета матрицы и пуансона для пробивки отверстия приведен на стр. 104 [7].

Плиты штампов должны обладать достаточной прочностью и жесткостью (устойчивостью на упругий изгиб). Необходимая жесткость достигается за счет увеличения толщины плиты. Толщину верхней и нижней плиты следует определять соответствующим расчетом на прочность и жесткость. Расчет плит на прочность выполняется только в случае необходимости. Наибольшему деформированию подвергается обычно нижняя плита, так как она часто оказывается в более неблагоприятных условиях. Поскольку нижняя плита установлена над отверстием в столе прессы, она работает на изгиб. Способа расчета толстых плит с нагрузкой вдоль контуров отверстий произвольной формы не существует. В зависимости от формы рабочего контура, характера нагружения и конструкции опоры используют различные упрощенные методы расчета прочности и допускаемого упругого прогиба плит. Методика расчета нижних плит штампов приведена в источниках [3, 4, 7, 11]. Если конструктивные соображения допускают, толщину верхней плиты можно принять не более 0,6–0,8 от толщины нижней плиты.

Размеры в плане нижней и верхней плиты определяют из конструктивных соображений по размерам пакета. Габаритные размеры нижней плиты должны обеспечивать возможность крепления нижней части штампа крепежными болтами или прихватами.

Пружины, резиновые и полиуретановые буферы применяются в штампах для разделительных и формоизменяющих операций, где они служат для создания усилия, необходимого для прижима заготовки или выталкивания детали. Методика расчета пружин различного типа приведена в справочниках [3, 4]. Порядок расчета резиновых и полиуретановых буферов изложен в справочнике [7].

3.6 Выбор материалов для изготовления деталей штампа и их термообработка

При изготовлении штампов для листовой штамповки применяют разные марки стали в соответствии с назначением, условиями эксплуатации и технологией изготовления деталей штампа. От правильного выбора материала для каждого вида деталей и соответ-

ствующего режима его термической обработки зависит работоспособность, прочность и сохранение размеров рабочих частей штампов. Так, например, для изготовления вырубного штампа для холодной штамповки из листового материала необходимо, чтобы сталь, идущая на изготовление пуансонов и матриц, обладала следующими основными свойствами: была высокопрочной, так как в процессе работы штамп испытывает большие усилия и ударные нагрузки; обладала высокой твердостью и износостойкостью; имела высокую вязкость, чтобы вследствие частых и сильных ударов режущие кромки не выкрашивались; обладала хорошей закаливаемостью. Рекомендации по выбору материалов для изготовления деталей штампов различного назначения и нормы их твердости приведены в справочной литературе [3, 4, 7].

3.7 Проектирование средств автоматизации

Механизация и автоматизация позволяют значительно повысить производительность штамповочного оборудования, улучшить условия труда и безопасность работы. При использовании ручных приемов загрузки заготовки и удаления готовой детали вспомогательное время значительно больше основного, а частота ходов пресса используется лишь на 10–15 %. Применяя средства автоматизации, можно довести процент использования частоты ходов до 100 %.

В зависимости от вида исходного материала, из которого штампуются детали, применяют различные автоматизирующие устройства. При штамповке из ленты в штампы встраивают валковые, ролико-клиновые и клещевые подачи. При штамповке из штучных заготовок наиболее часто применяют шиберные и револьверные подающие устройства. В штампы могут встраиваться различные устройства для автоматического удаления отштампованных деталей и отходов сбрасывающего и выносящего действия (рычажные, шиберные, лотковые, ковшовые). Привод автоматических подающих и удаляющих устройств, встраиваемых в штампы, чаще всего осуществляется от ползуна пресса (верхней плиты штампа).

Вопросы, связанные с механизацией и автоматизацией штамповочных процессов, подробно освещены в работах [2–6, 8, 10, 12].

4. ВЫБОР МОДЕЛИ ПРЕССА

В данном разделе необходимо определить требуемые характеристики для выбора пресса (усилие штамповки, закрытая высота штампа, размеры нижней плиты штампа, ход ползуна, число ходов ползуна и др.) и по ним выбрать конкретную модель пресса с приведением его технической характеристики.

Выбор пресса по усилию производится следующим образом. Складывают усилие, необходимое для выполнения технологической операции (при комбинированной штамповке суммарное усилие всех операций или переходов), с усилиями сжатия буферов, выталкивателей, снятия полосы с пуансонов, проталкивания деталей (отходов). Обычно для надежности выбирают пресс с номинальным усилием на 10–20 % больше расчетного. Это обеспечивает повышенную жесткость и меньшее пружинение станины, благодаря чему увеличивается стойкость штампов и долговечность самого пресса.

Следует иметь в виду, что в каталогах и в паспорте пресса указано номинальное усилие $P_{\text{ном}}$, создаваемое в конце рабочего хода (при недоходе кривошипа до нижнего крайнего положения на угол $\alpha = 20\text{--}30^\circ$). В другом положении ползуна допустимое усилие будет меньше (оно ограничивается величиной допустимого крутящего момента, прочностью зубчатых колес) и рассчитывается по уравнению: $P = P_{\text{max}} / (2\sin\alpha)$. Это необходимо учитывать при операциях, требующих большой величины рабочего хода, например, при глубокой вытяжке. Поэтому номинальное усилие пресса может быть полностью использовано для вырубки, пробивки, чеканки и гибки, но не может быть использовано для глубокой вытяжки. В связи с этим номинальное усилие пресса при использовании его для вытяжных работ должно быть увеличено. Приблизительно считают, что наибольшее усилие вытяжки должно составлять при глубокой вытяжке $(0,5\text{--}0,6)P_{\text{ном}}$, а при неглубокой – $(0,7\text{--}0,8)P_{\text{ном}}$. При совмещенных операциях таких, как вырубка-вытяжка, также возможна перегрузка пресса, так как вырубной переход выполняется задолго до достижения усилия номинальной величины.

В паспортах кривошипных прессов обычно указывают диаграмму допустимых усилий по прочности коленчатого вала. При выборе пресса по усилию сопоставляют графики усилий, необходимых для выполнения данной операции, с диаграммой допустимых усилий

пресса. Пресс подходит по усилию для выполнения данной операции, если график усилий не выходит за пределы допустимых нагрузок. Такое сопоставление проводят при разработке формоизменяющих операций, требующих большой длины хода ползуна, например, при глубокой вытяжке. При операциях вырубки и пробивки такую проверку не делают и подбирают пресс лишь по величине номинального усилия.

Для формоизменяющих операций – гибки, глубокой вытяжки и формовки – пресс следует выбирать также и по работе, так как затрачиваемая работа на деформацию металла значительна и пресс может быть перегружен не по усилию, а чаще всего по работе. Расчетные формулы для определения работы деформирования приведены в работах [2–4]. Найденную величину работы суммируют с работой сжатия буфера и выталкивателя и сравнивают с работой, которую может выполнить пресс за один рабочий ход.

В системе привода пресса предусматривается маховик. При включении электродвигателя маховик разгоняется и запасает значительную энергию. Во время рабочего хода ползуна, то есть при штамповке, маховик отдает часть запасенной энергии. При этом скорость его вращения уменьшается. При холостом ходе ползуна электродвигатель снова разгоняет маховик до прежней скорости. При перегрузке пресса уменьшается число оборотов маховика и выходит из строя электродвигатель. Таким образом, недостаточно выбирать прессу только по усилию. Возможны следующие случаи перегрузки пресса:

1. Пресс перегружен по допускаемому усилию. В результате происходит деформация вала, а затем и поломка пресса.

2. Пресс перегружен по мощности. В этом случае происходит резкое падение числа оборотов маховика, вызывающее недопустимое скольжение электродвигателя, перегрев его обмотки и порчу изоляции. В результате непродолжительной работы электродвигатель выходит из строя.

3. Пресс перегружен одновременно и по усилию, и по мощности. В этом случае обычно происходит заклинивание ползуна пресса в нижней точке и поломка механизма включения.

Штамповка может выполняться в режиме одиночных ходов с включением-выключением муфты на каждом из них и в режиме последовательных непрерывных ходов без выключения муфты.

При работе в режиме непрерывных ходов восстановление частоты вращения маховика (частичное или полное) происходит только в период холостого хода ползуна. Если при штамповке расходуется энергии больше, чем накапливает маховик за время одного хода, то штамповка в автоматическом режиме невозможна (пресс быстро останавливается). В этом случае необходимо выбрать пресс с увеличенной мощностью электродвигателя.

При работе прессы одиночными ходами допустимо уменьшение частоты вращения маховика на 20 %, а при непрерывной работе – на 10 %. При этом величина полезной работы, которую может выполнять пресс при непрерывном действии, почти в два раза меньше, чем при его работе одиночными ходами. При выборе прессы нужно также учитывать, что в автоматическом режиме работы пресс может развить не более 70 % номинального усилия.

Выбор прессы по величине хода имеет особое значение для вытяжных и гибочных работ, требующих большой величины хода прессы. Обычно величина хода прессы для вытяжки берется в 2,5 раза больше высоты вытягиваемой детали, чтобы обеспечить возможность удаления готовой детали. Для вырубных работ достаточно иметь ход прессы на 2–3 мм больше величины просвета между матрицей и съемником.

Если в штамп встроены средства автоматизации, предназначенные для подачи заготовок или удаления деталей и имеющие привод от ползуна прессы, это необходимо соответствующим образом учесть. Так, при наличии в штампе автоматической подачи ленты требуемая величина хода ползуна должна быть рассчитана исходя из условия, что подача материала может быть начата только после того, как пуансоны выйдут из матрицы и лента будет снята съемником с пуансонов, и завершиться подача должна до момента контакта пуансонов с материалом. Таким образом, требуемый ход ползуна прессы будет состоять из перемещения, необходимого для осуществления технологической операции, и перемещения, необходимого для обеспечения требуемого шага подачи материала.

Закрытая высота прессы должна быть на 5–7 мм больше закрытой высоты штампа. Закрытая высота прессы определяет максимальную высоту штампа, который может быть установлен на данном прессе. Закрытая высота прессы – расстояние от подштамповой

плиты до ползуна пресса в его нижнем положении при наибольшей величине хода и наименьшей длине шатуна.

Размеры стола и ползуна пресса должны соответствовать размерам штампа, а размеры отверстия в столе пресса должны обеспечивать возможность выпадения деталей и отходов при работе на провал.

Число ходов пресса должно соответствовать характеру работы и типу штампа и должно быть по возможности большим для обеспечения высокой производительности штамповки.

Гильотинные ножницы для резки листового материала выбираются по наибольшей толщине, наибольшей длине разрезаемых листов и значению предела прочности разрезаемого материала, указанных в паспорте ножниц. При резке металла с другим значением предела прочности делается перерасчет допускаемой толщины материала [2, 3].

Основные параметры кузнечно-прессовых машин регламентированы соответствующими ГОСТами, а также приведены в каталогах.

5. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

Обеспечение высокой производительности труда, качества выпускаемой продукции, а также безопасных условий работы невозможно без правильной организации рабочих мест и порядка их обслуживания. В данном разделе необходимо привести схему планировки рабочего места; осветить вопросы организации работ, связанных с доставкой заготовок и штамповой оснастки, наладкой и обслуживанием оборудования, средств автоматизации, удалением отштампованных деталей и отходов с указанием применяемых для выполнения этих работ технических средств (мостовых кранов, кран-балок, электротельферов, электрокаров, ручных тележек). Вопросы организации работ в листоштамповочных цехах освещены в работах [3, 4].

6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

В этом разделе следует описать комплекс организационно-технических мероприятий по охране труда, проводимых в цехах листовой штамповки. Наиболее эффективными средствами по охране труда являются: создание безопасных конструкций штампов, автоматизация и механизация процессов штамповки, применение подвижных загра-

дений на прессах. Наряду с описанием общих мероприятий по охране труда необходимо отметить требования безопасности, предъявляемые к конструкции штампа. Общие требования безопасности к конструкции штампа приведены в ГОСТ 12.2.109–89 «Штампы для листовой штамповки. Общие требования безопасности».

Необходимо перечислить конкретные меры безопасности, предусмотренные в спроектированном штампе.

7. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Оценка экономической эффективности применения разработанного в проекте штампа с применением средств механизации и автоматизации заключается в сопоставлении единовременных затрат на изготовление более сложной технологической оснастки с ожидаемой экономией на производственной заработной плате, расходе штампуемого материала и цеховых расходах. В качестве показателей экономической эффективности применения разработанного штампа в данном разделе определяется технологическая себестоимость изготовления детали при штамповке в комбинированном штампе и в простых однооперационных штампах, а также срок окупаемости затрат, представляющий собой отношение величины единовременных дополнительных затрат к суммарной величине годовой экономии на текущих затратах производства.

Технологическую себестоимость изготовления детали определяют по формуле

$$K = \frac{Wm + V}{N} + \frac{t(1 + 0,01H)}{T} + M,$$

где W – стоимость изготовления одного штампа, руб.;

$m = \frac{N}{C}$ – число штампов для изготовления заданной партии деталей, шт.;

лей, шт.;

N – годовая программа выпуска штампуемых деталей, шт.;

C – стойкость штампов;

V – стоимость изготовления автоматической подачи, руб.;

t – средняя заработная плата рабочего на данной операции, руб.;

H – цеховые накладные расходы за один день, руб.;

T – производительность в смену, шт.;

M – стоимость материала, определяемая по норме расхода.

Срок окупаемости затрат на средства автоматизации подсчитываются по формуле

$$C_o = \frac{Z_d}{N\Delta(1+0,01Hk)},$$

где Z_d – дополнительные затраты на средства автоматизации;

N – годовая программа выпуска штампуемых деталей, шт.;

Δ – экономия на заработной плате на одну штампуемую деталь, определяемая разностью расценок до и после автоматизации;

H – процент цеховых накладных расходов;

k – коэффициент, учитывающий отсутствие экономии по некоторым статьям цеховых накладных расходов при наличии экономии на производственной заработной плате.

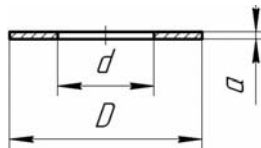
При постоянной годовой программе выпуска изделий $k = 0,2-0,5$.

Допустимые сроки окупаемости затрат на изготовление комбинированных штампов с автоматическими подачами для массового и крупносерийного производства составляет один и два года соответственно.

8. ЗАДАНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Задание 1

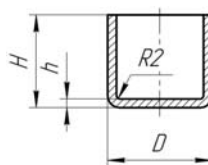
№ вар.	D	d	a	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	$h12$	$H12$	–		
1	20	10	1,0	Последовательный	Подача ролико-клиновья
2	30	15	1,2	Последовательный	Подача валковая
3	40	20	1,5	Последовательный	Подача клещевая



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

Задание 2

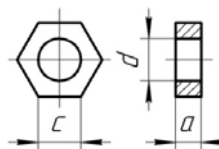
№ вар.	D	H	h	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	$h12$	$h12$	–		
1	30	14	2	Последовательный	Подача валковая
2	36	16	1,5	Совмещенный	Подача шибберная



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

Задание 3

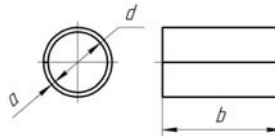
№ вар.	a	d	c	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	–	$H12$	$h12$		
1	4	6	6	Последовательный пятирядный	Подача клещевая
2	6	10	10	Последовательный трехрядный	Подача ролико-клиновья



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

Задание 4

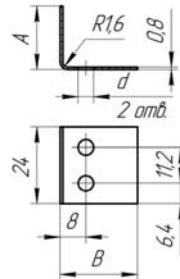
№ вар.	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>a</i>	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	<i>h14</i>	<i>H14</i>	–		
1	32	18	1,5	Последова- тельный	Подача валковая
2	25	16	1,2	Последова- тельный	Подача клещевая
3	20	12	1,0	Последова- тельный	Подача роликоткиновая



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

Задание 5

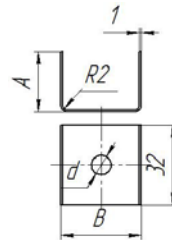
№ вар.	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>d</i>	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	<i>h12</i>	<i>h12</i>	<i>H12</i>		
1	15	20	3	Последова- тельный	Подача клещевая
2	12	22	4	Последова- тельный	Подача валковая
3	18	26	6	Последова- тельный	Подача роликоткиновая



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

Задание 6

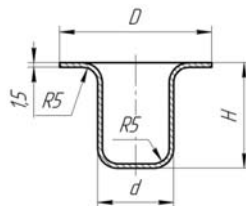
№ вар.	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>d</i>	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	<i>h14</i>	<i>h14</i>	<i>H14</i>		
1	15	20	4	Последова- тельный	Подача клещевая
2	12	20	6	Последова- тельный	Подача валковая
3	18	26	8	Последова- тельный	Подача роликоткиновая



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

Задание 7

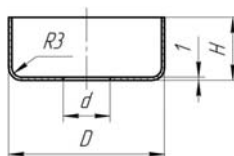
№ вар.	d	D	H	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	$h14$	$h14$	$\pm 0,5$		
1	20	30	18	Последовательный (вытяжка в ленте)	Подача валковая
2	22	34	25	Последовательный (вытяжка в ленте)	Подача клещевая



Материал: Сталь 08
Производств. прогр.:
500 тыс./год

Задание 8

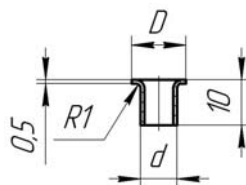
№ вар.	D	H	d	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	$h12$	$\pm 0,5$	$H12$		
1	30	12	10	Совмещенный	Подача валковая
2	36	14	12	Совмещенный	Подача роликоткиновая



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

Задание 9

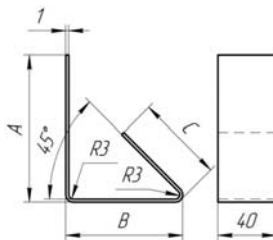
№ вар.	d	D	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность			
	$H12$	$h14$		
1	6	10	Последовательный (вытяжка в ленте)	Подача валковая
2	5	8	Последовательный (вытяжка в ленте)	Подача роликоткиновая
3	8	12	Последовательный (вытяжка в ленте)	Подача клещевая



Материал: Сталь 08
Производств. прогр.:
800 тыс./год

Задание 10

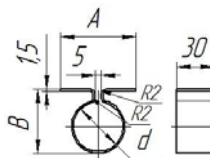
№ вар.	A	B	C	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	±0,5	h14	±0,5		
1	80	60	45	Клиновой	Сбрасыватель автоматический
2	70	55	40	Клиновой	Сбрасыватель автоматический
3	60	50	35	Клиновой	Сбрасыватель автоматический



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

Задание 11

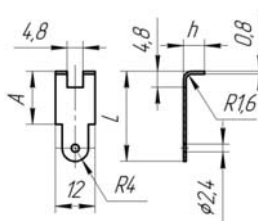
№ вар.	A	B	d	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	±0,5	h14	H14		
1	50	40	30	Кулачковый	Сбрасыватель
2	60	50	40	Клиновой	Сбрасыватель



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

Задание 12

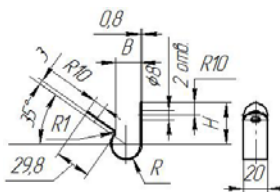
№ вар.	A	L	h	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	h14	h14	±0,2		
1	10	15	7	Последова- тельный	Подача роликотклиновая
2	15	22	8	Последова- тельный	Подача валковая
3	20	29	8	Последова- тельный	Подача клещевая



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

Задание 13

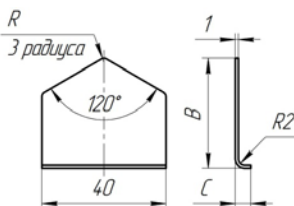
№ вар.	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>R</i>	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	±0,5	±0,2	H14		
1	30	18	12	Кулачковый	Сбрасыватель
2	34	20	13	Кулачковый	Сбрасыватель



Материал: ЛС59-1
Производств. прогр.:
800 тыс./год

Задание 14

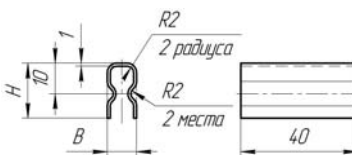
№ вар.	<i>B</i>	<i>C</i>	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность			
	<i>h</i> 14	<i>h</i> 14		
1	30	6	Гибочный	Шиберная подача
2	32	5	Гибочный	Шиберная подача
3	35	4	Гибочный	Шиберная подача



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

Задание 15

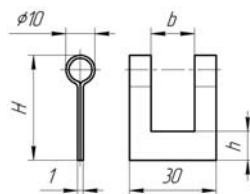
№ вар.	<i>H</i>	<i>B</i>	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность			
	<i>h</i> 14	<i>h</i> 14		
1	15	8	Гибочный	Сбрасыватель
2	18	10	Гибочный	Сбрасыватель



Материал: Сталь 15
Производств. прогр.:
500 тыс./год

Задание 16

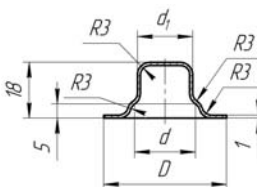
№ вар.	H	b	h	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	$h12$	$H12$	$h12$		
1	20	10	5	Гибочный	Сбрасыватель автоматический
2	30	15	10	Гибочный	Сбрасыватель автоматический



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

Задание 17

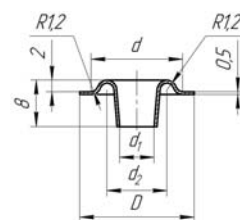
№ вар.	D	d	d_1	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность				
	$h12$	$H12$	$h12$		
1	36	22	16	Последовательный (вытяжка в ленте)	Подача валковая
2	30	16	12	Последовательный (вытяжка в ленте)	Подача роликоткиновая



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

Задание 18

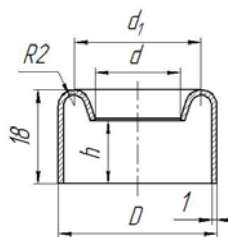
№ вар.	D	d	d_1	d_2	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность					
	$h12$	$h12$	$H12$	$H12$		
1	16	12	3	6,5	Последовательный (вытяжка в ленте)	Подача клещевая
2	20	16	6	10,5	Последовательный (вытяжка в ленте)	Подача роликоткиновая



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

Задание 19

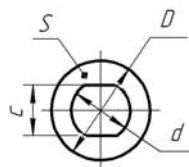
№ вар.	D	d	d_1	h	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность					
	$h12$	$H12$	$H12$	$\pm 0,5$		
1	22	12	20	10	Совмещенный	Подача ролико-клиновья
2	30	16	24	12	Совмещенный	Подача валковая



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

Задание 20

№ вар.	S	D	d	c	Тип штампа	Средства автоматизации
	Точность					
		$h12$	$H12$	$h12$		
1	1,0	16	10	8	Последовательный трехрядный	Подача клещевая
2	2,0	30	16	12	Совмещенный	Подача валковая



Материал: Ст 3
Производств. прогр.:
900 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. / ред. совет: Е. И. Семенов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 568 с.

6. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. / ред. совет: Е. И. Семенов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1987. – Т. 4. – 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. Устройства автоматические для подачи рулонного материала, встраиваемые в штампы листовой штамповки: основные и присоединительные размеры : ГОСТ 21141–84 – 21147–84, ГОСТ 26390–84, ГОСТ 26391–84. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 31 с. : ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Образец оформления титульного листа курсового проекта

Белорусский национальный технический университет
Кафедра «Машины и технология обработки металлов давлением»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА к курсовому проекту по дисциплине «Технология листовой штамповки»

Тема «Разработка технологического процесса и проектирование штампа для изготовления детали “Крышка”»

Исполнитель: _____ (Фамилия, инициалы)
(подпись)

студент _____ курса _____ группы

Руководитель: _____ (Фамилия, инициалы)
(подпись)

Минск 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СОДЕРЖАНИЕ, ОБЪЕМ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	4
1.1. Содержание пояснительной записки и требования к ее оформлению	4
1.2. Требования к оформлению чертежей	6
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	9
2.1. Введение	9
2.2. Анализ технологичности детали	9
2.3. Разработка технологического процесса	12
2.4. Выбор типа штампа	16
2.5. Определение формы и размеров заготовки	17
2.6. Раскрой материала	19
2.7. Расчет переходов и технологических усилий штамповки	22
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ШТАМПА	23
3.1. Порядок проектирования штампа	23
3.2. Рекомендации по конструированию деталей штампов	25
3.3. Определение центра давления штампа	36
3.4. Расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа	36
3.5. Расчет основных деталей штампа на прочность	37
3.6. Выбор материалов для изготовления деталей штампа и их термообработка	39
3.7. Проектирование средств автоматизации	40
4. ВЫБОР МОДЕЛИ ПРЕССА	41
5. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА	44
6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА	44
7. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	45
8. ЗАДАНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ	47
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	54
ПРИЛОЖЕНИЕ	55

Учебное издание

ИСАЕВИЧ Леонид Александрович
ЛЮБИМОВ Виктор Иванович

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

Пособие к выполнению курсовых проектов
для студентов специальности 1-36 01 05
«Машины и технология обработки материалов давлением»

Редактор *Е. С. Кочерго*
Компьютерная верстка *С. А. Маслера, Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 09.12.2016. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,55. Тираж 100. Заказ 621.

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.