МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

*Д. Г. ЧЕРНИКОВ, С. В. СУРУДИН, Ю. С. ОХАПКИН*

# ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ШТАМПОВ ПРОСТОГО ДЕЙСТВИЯ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве учебного пособия для обучающихся по основной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение

САМАРА
Издательство Самарского университета
2026

УДК 621.961.2(075)
ББК К623.3я7
Ч-492

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. К. В. Никитин,
д-р техн. наук, проф. В. Н. Самохвалов

***Черников, Дмитрий Генадьевич***

Ч-492 **Основы проектирования разделительных штампов простого действия:** учебное пособие / *Д. Г. Черников, С. В. Сурудин, Ю. С. Охапкин.* – Самара: Издательство Самарского университета, 2026. – 144 с.

**ISBN 978-5-7883-2323-7**

В учебном пособии приводятся основы проектирования вырубных и пробивных штампов. Рассмотрены основные сведения по классификации штампов для листовой штамповки, их основных деталей и креплений. Приведенная в книге информация поможет разобраться с процессом проектирования вырубных и пробивных штампов.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение.

Подготовлено на кафедре обработки металлов давлением.

УДК 621.961.2(075)
ББК К623.3я7

ISBN 978-5-7883-2323-7 © Самарский университет, 2026

# ОГЛАВЛЕНИЕ

**ВВЕДЕНИЕ** ..... **4**
**1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ** ..... **6**
1.1 Классификация штампов для листовой штамповки ..... 6
1.2 Основные детали штампов и их крепление ..... 10
1.3 Процесс реза металла ..... 16
**2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫРУБНОГО ШТАМПА ПРОСТОГО ДЕЙСТВИЯ** ..... **24**
2.1 Исходные данные для проектирования ..... 24
2.2 Определение способа получения детали ..... 25
2.3 Определение заготовки ..... 29
2.4 Определение усилия вырубки ..... 36
2.5 Определение центра давления штампа ..... 39
2.6 Определение рабочих размеров ..... 42
2.7 Построение штампа ..... 49
**3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОБИВНОГО ШТАМПА ПРОСТОГО ДЕЙСТВИЯ** ..... **110**
3.1 Исходные данные для проектирования ..... 110
3.2 Определение способа получения детали ..... 112
3.3 Определение заготовки ..... 114
3.4 Определение усилия пробивки ..... 114
3.5 Определение центра давления штампа ..... 114
3.6 Определение рабочих размеров ..... 115
3.7 Построение штампа ..... 117
**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ** ..... **138**

# ВВЕДЕНИЕ

Детали, получаемые методами холодной листовой штамповки, широко распространены в окружающем нас мире. Трудно себе представить, но детали и конструкции, в целом изготовленные штамповкой, окружают нас повсеместно. При этом полное понимание процессов, происходящих во время операций листовой штамповки, до сих пор отсутствует. Основным способом удостовериться, что же в итоге получится в результате той или иной операции листовой штамповки, – является проектирование, изготовление инструментального штампа и выполнение операции штамповки.

Методы компьютерного моделирования процессов холодной листовой штамповки с помощью таких программных комплексов, как AutoForm, PamStamp, ANSYS/LS-DYNA и другие, конечно, позволяют спрогнозировать с достаточной точностью на этапе проектирования, что же получится при работе на проектируемом инструменте, но даже они не дают полной уверенности в результате. Более того, для того чтобы программный комплекс рассчитал тот или иной процесс, сам процесс необходимо сначала разработать. А для разработки технологического процесса, проектирования инструмента и способа получения детали требуется иметь достаточно большой опыт работы в данной сфере. Имеющаяся литература по холодной листовой штамповке предлагает разнообразные типовые схемы, которые могут помочь при проектировании типовых конструкций, однако и здесь имеются свои сложности, связанные с используемым оборудованием и возможностями конкретного инструментального производства. Зачастую для получения одной и той же детали, но на разном оборудовании, требуется полностью переработать конструкцию инструмента. А возможности инструментального производства могут превратить идеальный проект в набор иллюстраций, который невозможно реализовать на практике.

В этой связи как никогда является актуальным вопрос подготовки специалистов, способных оценить деталь, разработать технологический процесс, продумав все последствия своих решений, способных предугадать все трудности изготовления детали и возможности производства. Таким образом, данное учебное пособие поможет в будущей работе не только инженерам-конструкторам, но и технологам, позволяя оценить на начальном этапе заказа оснастки возможность ее проектирования и изготовления.

# 1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

## 1.1 Классификация штампов для листовой штамповки

В настоящее время существует множество различных способов классификации деталей и инструмента – штампа для листовой штамповки. Практически в каждой книге и учебнике автор предлагает свою систему. В данном учебном пособии принята классификация штампов по выполняемым в них технологическим операциям.

*Исходя из этого, штампы для холодной листовой штамповки можно разделить на 5 групп:*

1. Разделительные штампы;
2. Штампы для формообразующих операций;
3. Штампы для сборочных операций;
4. Комбинированные штампы;
5. Специальные методы штамповки.

**К первой группе** относятся штампы, предназначенные для отделения одной части материала заготовки от другой. Это отделение может происходить с образованием отхода (вырубка, пробивка), без образования отхода (надрезка, отрезка) или без полного разделения (просечка).

**Ко второй группе** относятся штампы, в которых в процессе штамповки детали видоизменяют свою пространственную форму.

**К третьей группе** относятся штампы для выполнения каких-либо операций по деформированию детали или группы деталей с целью их соединения.

**К четвертой группе** относятся штампы, в которых происходит совмещение нескольких операций, как однотипных, так и принадлежащих к разным группам. Например, для получения

детали необходимо произвести и операции реза, и операции формообразования, или необходимо произвести несколько операций формообразования в одном штампе.

**К пятой группе** относятся специальные методы штамповки, такие как: формообразование и резка с помощью эластичной среды, методы, использующие энергию взрыва или электромагнитного поля, или использующийся в основном в аэрокосмической отрасли метод штамповки на падающих молотах и др.

В подавляющем большинстве случаев для получения детали необходимо выполнить несколько операций: вырезать заготовку, а потом ее согнуть или вытянуть, или произвести какие-либо другие операции. Соответственно, для получения детали требуется изготовить несколько штампов или разработать сложный комбинированный штамп, или некоторые операции выполнить методом механической обработки. В любом случае, для составления технологии изготовления детали нужно выбрать способ получения детали (методом штамповки или механической обработки), составить последовательность простых операций, а затем рассматривать возможность их объединения.

В контексте учебного процесса представленная структура является наиболее целесообразной, поскольку она позволяет последовательно освоить основные базовые варианты конструкций и принципы штамповки, а затем применить полученные знания для изучения более сложных комбинированных методов штамповки.

***Первую группу можно разделить на следующие подгруппы:***

1. Вырубные штампы – штампы, в которых деталь получается путем отделения от заготовки с образованием отхода по внешнему контуру;

2. Пробивные штампы – штампы, в которых происходит отделение отхода от детали с образованием отверстий;

3. Отрезные штампы – штампы, в которых происходит отделение части заготовки с образованием отхода или детали;

4. Надрезные штампы – штампы, в которых происходит резка без образования отхода;

5. Зачистные штампы – штампы, в которых происходит снятие определенного припуска по контуру детали для повышения точностных характеристик и/или класса шероховатости;

6. Просечные штампы – штампы, в которых происходит образование отверстий без отделения отхода.

***Вторую группу можно разделить на следующие подгруппы:***

1. Штампы гиба – штампы для образования пространственных элементов с прямой линией перегиба;

2. Штампы вытяжки – штампы для образования пространственных элементов с кривой линией перегиба;

3. Штампы формовки – штампы для образования пространственных элементов с кривой линией перегиба, образовывающихся за счет утонения материала;

4. Штампы для раздачи – штампы для увеличения периметра поперечного сечения детали на некоторой высоте;

5. Штампы для обжима – штампы для уменьшения периметра поперечного сечения детали на некоторой высоте;

6. Чеканочные штампы – штампы для получения объемной формы на поверхности детали выдавливанием металла.

***Четвертую группу можно делить на:***

1. Штампы последовательного действия – штампы, в которых операции производятся последовательно за несколько ходов пресса (как разного типа, так и одного);

2. Штампы совмещенного действия – штампы, в которых все операции производятся за один ход пресса (как разного типа, так и одного).

*В общем случае штампы для разделительных операций можно разделить на следующие виды:*

**По виду применяемой заготовки:**

– Штампы для штамповки из полосы/ленты (заготовка определенной ширины и длиной достаточной для вырубки нескольких деталей последовательно за каждый рабочий ход пресса при сдвиге полосы);

– Штампы для штамповки из карточки (заготовка определенных размеров и формы для получения 1 детали, после проведения операции вырубки полностью удаляемая из штампа).

**По виду съемника:**

– Штампы без съемника;

– Штампы с жестким съемником – съемник жестко прикреплен к одной из частей штампа и не обеспечивает прижима заготовки;

– Штампы с мягким съемником – съемник прикреплен к одной из частей штампа таким образом, чтобы обеспечивать, как прижим заготовки, так и съем готовой детали или отхода.

**По способу удаления детали из штампа:**

– На провал через провальное отверстие в штампе и прессе под действием силы тяжести;

– С помощью специального инструмента или способов, например, пинцетом, крюком, струей сжатого воздуха;

– Автоматизированные методы (с помощью специальных механизмов, устройств работающих автономно или от действия ползуна пресса, также возможна подача с помощью роботов).

**По расположению рабочих деталей (пуансона и матрицы):**

– Прямое – пуансон сверху, матрица снизу;

– Обратное – пуансон снизу, а матрица сверху.

**По способу крепления штампа к прессу:**

– Крепление верхней части штампа к ползуну пресса через хвостовик;

– Крепление верхней части штампа к ползуну пресса станочными болтами через Т-образные пазы;

– Крепление нижней части штампа к подштамповой плите с помощью прихватов;

– Крепление нижней части штампа к подштамповой плите станочными болтами через Т-образные пазы;

– Автоматизированные способы крепления с помощью специальных устройств.

**По степени безопасности:**

– Первая;

– Вторая;

– Третья;

Штампы с автоматической подачей (без степени безопасности).

## 1.2 Основные детали штампов и их крепление

Основные детали штампа – это пуансон и матрица, именно они непосредственно участвуют в процессе получения детали, все остальные детали выполняют вспомогательную роль. Для получения детали достаточно, чтобы присутствовали только эти две детали. Наличие всех остальных диктуется дополнительными требованиями, которые предъявляются к качеству получаемой детали, ресурсу, технике безопасности. Наглядный пример пуансона и матрицы демонстрирует дырокол. Его часть с отверстиями под пробиваемые отверстия – матрица, а штыри, пробивающие эти отверстия – пуансоны.

На рисунке 1 показан самый простой разделительный штамп для кривошипного пресса, состоящий только из пуансона и матрицы.

Такие штампы до сих пор встречаются на определенных производствах. Их главным достоинством является простота.

Пуансон крепится к ползуну пресса, матрица – к подштамповой плите (рис. 2).

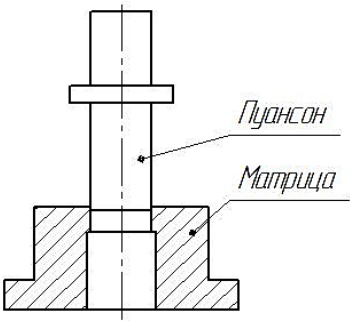



Рис. 1. Схема простейшей конструкции разделительного штампа

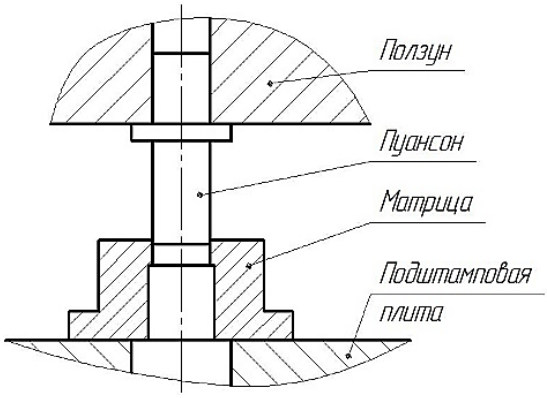



Рис. 2. Крепление пуансона и матрицы

Крепление осуществляется следующим образом. Матрица с пуансоном в собранном состоянии располагаются в рабочей зоне пресса. Ползун пресса опускается в крайнее нижнее положение таким образом, чтобы при фиксации пуансона в ползуне последний не выходил из зацепления с матрицей.

В конструкции ползуна пресса предусмотрен зажим. В центральной части ползуна расположено отверстие, одна половина которого находится в ползуне, а другая – в зажиме. В данное отверстие вставляется пуансон, а зажим, с помощью гаек, фиксирует его (рис. 3).

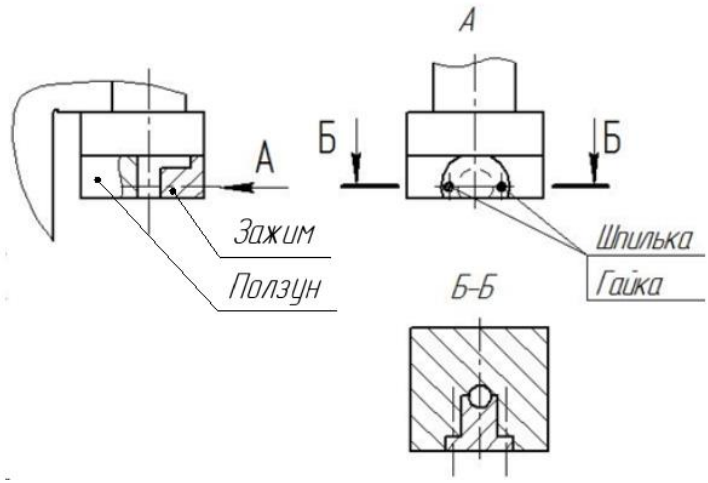



Рис. 3. Крепление пуансона к ползуну пресса

Матрица выставляется таким образом, чтобы зазор между ней и пуансоном был равномерным и далее прижимается к подштамповой плите, в которой имеются Т-образные пазы (рис. 4). В зависимости от конструкции прессов их положение и габариты могут отличаться, но общий их вид одинаков.

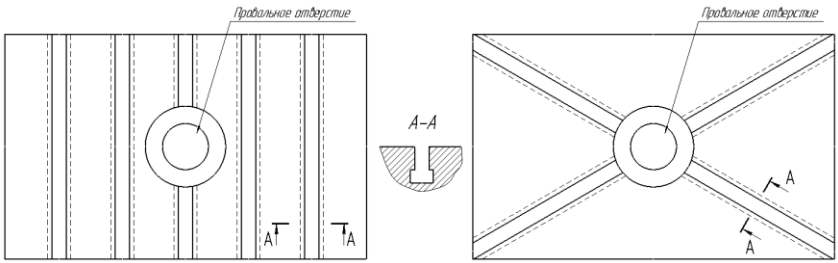



Рис. 4. Конфигурация и расположение
в подштамповых плитах Т-образных пазов

В Т-образные пазы, расположенные в подштамповых плитах, устанавливаются станочные болты (рис. 5) согласно ГОСТ 13152-67 «Приспособления станочные. Детали и узлы» [1].

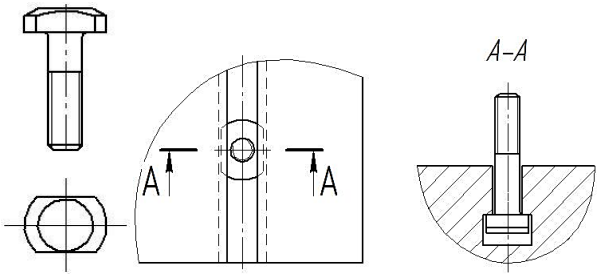



Рис. 5. Расположение станочных болтов в Т-образных пазах

Станочные болты подводятся к матрице, приставляется ступенчатая опора, прихват кладется одним краем на матрицу, а другим на опору, при этом болт проходит через паз прихвата (рис. 6). Сверху прижим зажимается шестигранной гайкой с буртиком согласно ГОСТ 8918-69 «Гайки шестигранные с буртиком» [2]. Край прихвата, лежащий на опоре, должен быть не ниже края зажимаемого штампа. С этой целью опора имеет несколько ступеней для крепления различных штампов.

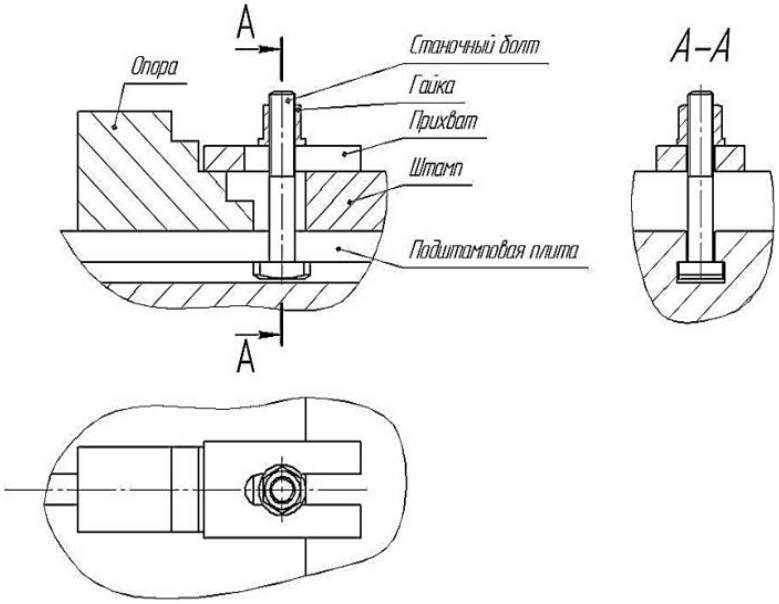



Рис. 6. Крепление нижней плиты штампа с помощью станочных болтов

После фиксации деталей штампа выставляется его закрытая высота из условия внедрения пуансона в матрицу на глубину равную 1 мм и согласно конструкторской документации.

После этого ползун поднимается в верхнее положение, на матрицу укладывается заготовка, и далее ползун вместе с пуансоном совершает рабочий ход, т.е. из крайнего верхнего положения движется до крайнего нижнего положения и возвращается в исходное верхнее положение, вырубив деталь. Как видно, данная конструкция штампа крайне проста, его можно изготовить в мастерской цеха, установить на пресс, закрепив универсальными зажимами, и изготавливать соответствующие детали. Данный вариант эффективен, если необходимо изготовить небольшое количество деталей с минимальными затратами на инструмент.

**Данный штамп имеет ряд недостатков:**

1. Не соответствует требованиям техники безопасности – руки оператора могут попасть в опасную зону и быть травмированы;

2. Подобная конструкция может быть применена только для вырубки круглых деталей, так как при съеме отхода с пуансона возможно проворачивание последнего вокруг оси, после чего рабочий контур пуансона не будет совпадать с рабочим контуром матрицы. При следующем рабочем ходе пуансон ударит по матрице, что может привести к их разрушению с образованием осколков, разлетающихся в разные стороны с высокой скоростью;

3. Низкое качество получаемых деталей, а именно наличие заусенцев из-за неравномерности зазора. Это связано с тем, что при установке матрица центрируется по пуансону вручную, что не позволяет точно выставить зазор между ними;

4. Быстрый износ инструмента – по той же причине, что пункт 2. В то время как с одной стороны получается заусенец из-за большого зазора, с противоположной стороны зазор может быть нулевой и пуансон при каждом рабочем ходе ползуна истирает матрицу. Может произойти даже разрушение рабочих инструментов, так как напряжение при вырубке со стороны малого зазора выше, чем со стороны большого, то при каждом рабочем ходе ползуна происходит изгиб пуансона;

5. Отход остается на пуансоне и его съем осуществляется вручную;

6. Отсутствует четкая фиксация заготовки, так как она свободно расположена на матрице, закрывая рабочее отверстие. Оператор укладывает заготовку по наружному контуру матрицы вручную. В то же время заготовка может поменять свое положение в процессе работы пресса от рабочих вибраций. Для компенсации этих погрешностей заготовка укладывается больших, чем этого требуется для качественного протекания процесса реза, размеров, что,

в свою очередь, дополнительно приводит к повышенному расходу материала.

Для устранения рассмотренных недостатков к рабочим деталям штампа добавляются вспомогательные.

### 1.3 Процесс реза металла

Перед рассмотрением конструкций разделительных штампов сначала разберем процесс реза. В начальный момент заготовка расположена на матрице, сверху на нее опускается пуансон (рис. 7).

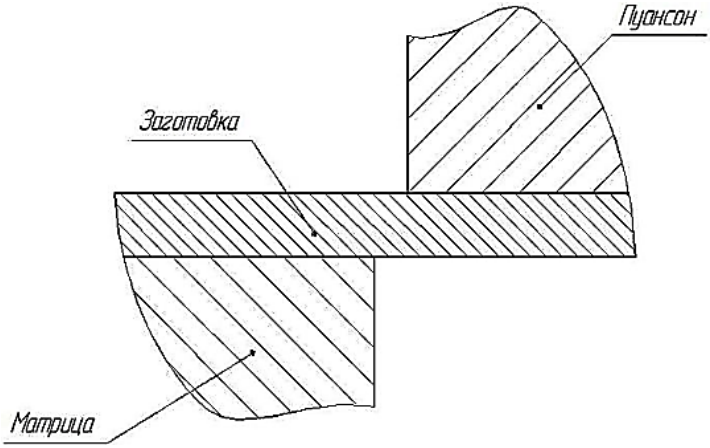



Рис. 7. Начальное положение

При дальнейшем ходе пуансона вниз происходит пластическая деформация материала заготовки, при этом пуансон внедряется в нее, а часть металла под пуансоном внедряется в матрицу (рис. 8).

Дальнейший ход пуансона приводит к образованию трещин, зарождающихся от режущих кромок пуансона и матрицы, направленных друг навстречу к другу (рис. 9).

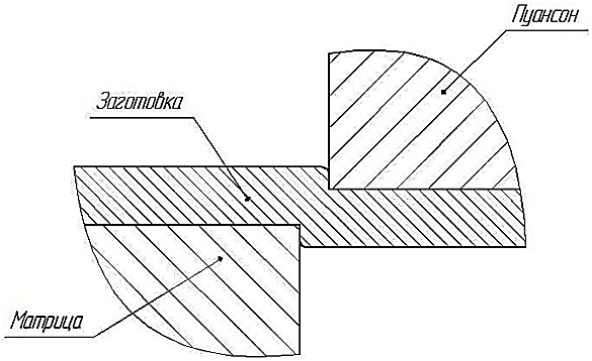



Рис. 8. Внедрение пуансона в заготовку, а заготовки в матрицу

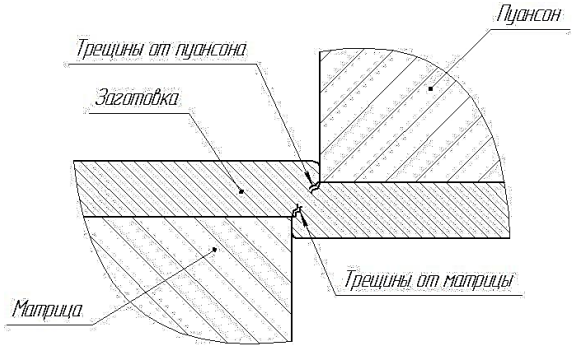



Рис. 9. Зарождение трещин в заготовке

При дальнейшем перемещении пуансона вниз, в момент, когда трещины встречаются, происходит скол, при котором одна часть заготовки отделяется от другой (рис. 10).

Таким образом, в общем случае образуется 2 участка: блестящий поясок (участок упругого внедрения пуансона или матрицы) и зона скола (участок, на котором образовались трещины и по которым произошел скол). Длина блестящего пояска составляет приблизительно 30% от толщины материала заготовки, но данная величина зависит от твердости материала, от величины зазора и от усилий,

возникающих в процессе реза. Так, чем тверже материал, тем меньше протяженность участка упругого внедрения пуансона и матрицы и тем раньше начнут образовываться трещины и произойдет скол.

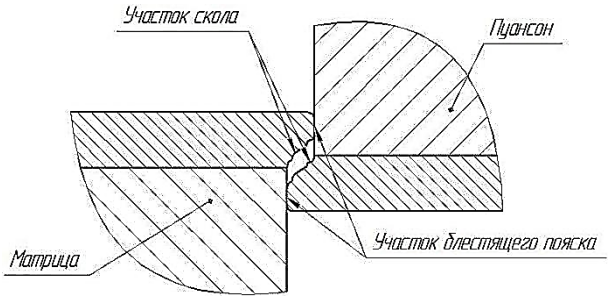



Рис. 10. Образование скола

При увеличении зазора между пуансоном и матрицей высота блестящего пояска уменьшается, при этом увеличивается зона скола и появляются заусенцы.

При уменьшении зазора между пуансоном и матрицей возможно достичь увеличения высоты блестящего пояска, однако это приводит к повышенному износу инструмента. При заниженном зазоре увеличивается усилие реза, что в свою очередь приводит к увеличению сил, действующих на режущие кромки и, соответственно, к их повышенному износу. При износе режущих кромок пуансона и матрицы, они начинают притупляться, что приводит к еще большему увеличению усилия реза. Усилие реза увеличивается экспоненциально и в результате повышенного износа притупляются кромки и увеличивается зазор, что приводит к низкому качеству получаемых деталей, что выражается в виде протяженного участка скола и наличия заусенцев.

Для предотвращения этого матрицу и пуансон изготавливают из высокопрочных инструментальных сталей, способных долгое

время сохранять острую режущую кромку, применяют вставки из твердосплавных материалов или перешлифовывают рабочие поверхности (рис. 11).

Процесс перешлифовки заключается в снятии слоя металла, на глубине которого произошло притупление режущих кромок, т.е. образование радиуса на режущих кромках.

На рисунке 11 представлен утрированный вариант. На самом деле снимаемый слой металла измеряется в сотых долях миллиметра.

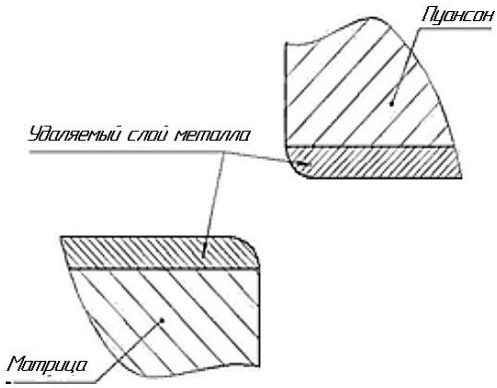



Рис. 11. Перешлифовка рабочих поверхностей пуансона и матрицы

Таким образом, в большинстве случае следует, что размер зазора между пуансоном и матрицей должен быть оптимальным, при котором достигается хорошее качество реза при минимальном износе рабочих кромок. В научных работах и большинстве учебников и справочников можно найти методики расчета этих зазоров учитывающих множество факторов. Но на практике пользуются справочными данными, которые предлагают значение зазора в зависимости от толщины материала заготовки и его твердости.

В некоторых случаях назначение завышенных или, наоборот, заниженных зазоров может приводить к изменению схемы реза.

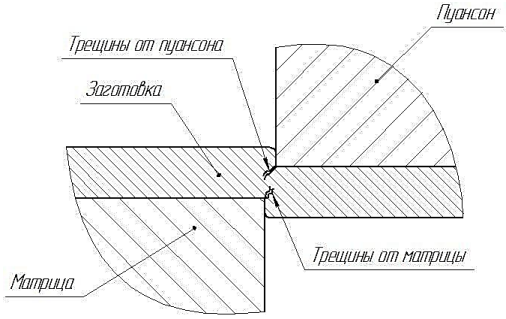



Рис. 12. Образование нескольких трещин

Так при заниженных зазорах может наблюдаться эффект нескольких сколов. Это происходит при образовании трещин от режущих кромок пуансона и матрицы, направление развития которых параллельно друг другу (рис. 12).

Одновременно с этим возникающие изгибающие моменты приводят к изгибу заготовки (рис. 13).

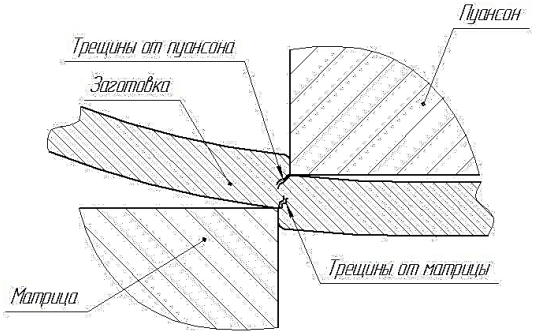



Рис. 13. Деформирование заготовки и детали
в результате возникновения изгибающих моментов

При дальнейшем развитии трещин от режущей кромки пуансона происходит скол, в то время как скол от режущей кромки матрицы еще не наступил (рис. 14).

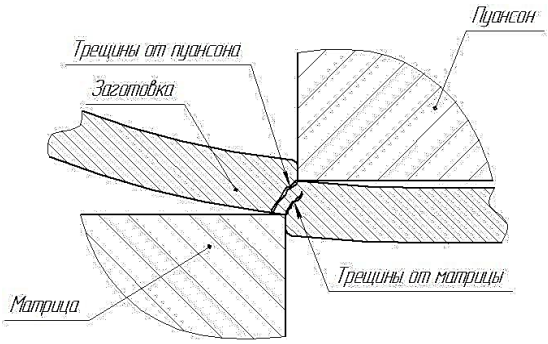



Рис. 14. Образование заусенца на заготовке

Полученный заусенец срезается при дальнейшем ходе пуансона, образуя второй блестящий поясок. При определенных сочетаниях твердости материала и зазора между пуансоном и матрицей может образоваться и более двух блестящих поясков (рис. 15) по тому же механизму.

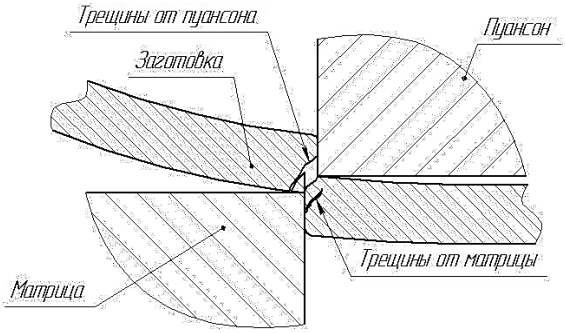
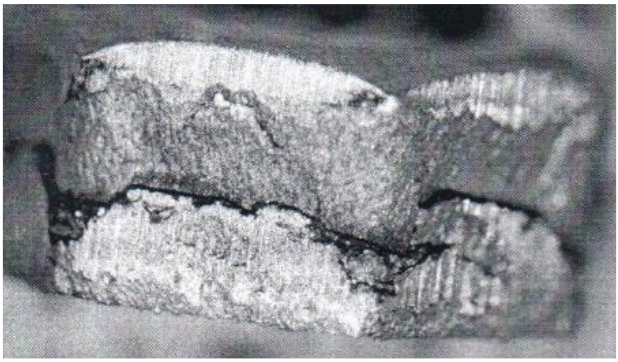
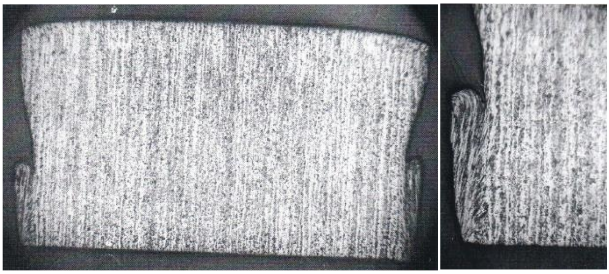



Рис. 15. Образование более двух блестящих поясков на заготовке

На рисунке 16 а,б представлены фотографии внешнего вида подобного дефекта на детали «Гайка» и микроструктура в зоне дефекта.



а)



б)

Рис. 16. Внешний вид и микроструктура дефекта:
а – внешний вид дефекта; б – микроструктура дефекта

Для предотвращения данного дефекта существуют следующие технические приемы:

1. Увеличить зазор между пуансоном и матрицей;
2. Ввести на матрице скругление вместо режущей кромки.

Данные приемы увеличивают усилие реза и могут привести к появлению большого заусенца, однако предотвращают появление дополнительного скола. Оптимальный радиус, при котором отсутствуют трещины и участки скола и образуется небольшой заусенец, подбирается экспериментальным путем.

Из вышеописанного механизма реза материала заготовки следует еще один немаловажный факт – пробиваемое отверстие

имеет размер пуансона, а вырубаемая деталь соответствует размерам матрицы. Причину этого иллюстрирует нижеприведенная схема (рис. 17).

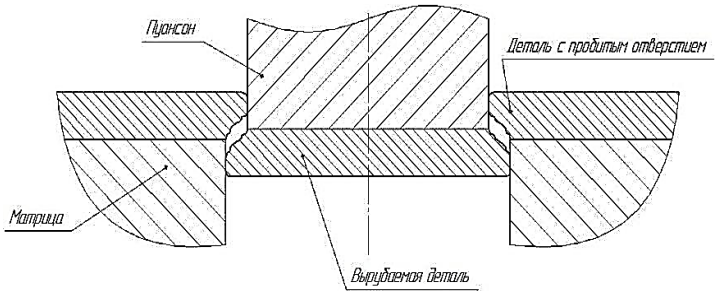



Рис. 17. Обеспечение соответствия геометрических параметров детали размерам деформирующего инструмента

Данное свойство необходимо при расчете рабочих размеров пуансона и матрицы, и его мы рассмотрим далее. На схеме видно, что после скола образуются блестящие пояски. По блестящему пояску будут измерять пробиваемое отверстие и вырубаемую деталь. Материал, проваливающийся в отверстие матрицы, имеет ее размер, а образованное отверстие в материале, находящемся на матрице, имеет размер пуансона. Однако следует учитывать, что представленная схема описывает идеальный случай. На практике размеры пробиваемого отверстия и вырубаемой детали отличаются от размеров пуансона и матрицы вследствие действия дополнительных факторов: упругого восстановления материала после снятия нагрузки, величины и равномерности зазора, скорости деформирования, состояния режущих кромок и сил трения. В типовых технологических процессах данное отличие не превышает нескольких сотых долей миллиметра, что при назначении соответствующих допусков на готовую деталь позволяет им пренебречь.

# 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫРУБНОГО ШТАМПА ПРОСТОГО ДЕЙСТВИЯ

## 2.1 Исходные данные для проектирования

Рассмотрим поэтапно создание проекта классического вырубного штампа для получения детали «Пятак» с разбором типовых элементов штампа.

Деталь «Пятак» диаметром Ø40h14($_{-0,64}$) мм, толщиной 2 мм, из материала Ст3 (рис. 18).

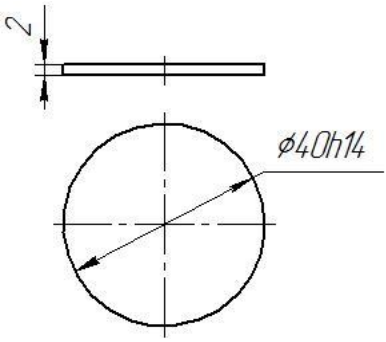



Рис. 18. Деталь «Пятак»

Заготовкой для получения данной детали будет являться полоса, вырезанная из листа на гильотинных ножницах (рис. 19).

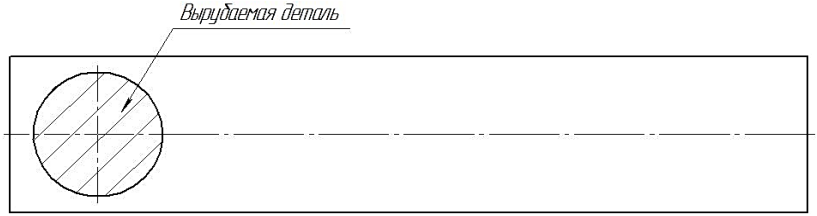



Рис. 19. Вариант расположения детали на полосе

**Оборудование:** пресс усилием 160 кН (необходимое оборудование подбирается из перечня доступного в цехе с учетом загрузки, габаритов изготавливаемой детали и потребного усилия вырубки, которое будет рассчитано далее).

Проектирование штампа представляет собой процесс, который начинается с технологических расчетов и разработки отдельных деталей и постепенно переходит к созданию общей сборки. Однако в процессе проектирования в большинстве случаев происходит возврат к тому или иному этапу проектирования для изменения конструкции отдельных деталей штампа, а иногда и к критичным изменениям схемы штамповки или ее параметров.

## 2.2 Определение способа получения детали

Перед началом проектирования штампа и проведения расчетов необходимо определиться со способом получения детали. Также необходимо рассмотреть схему получения детали, последовательность и состав операций. Не всегда деталь, которую необходимо вырубить, можно получить в вырубном штампе за одну операцию.

Например, для получения нижеприведенной детали необходимо предварительно пробить отверстия, а затем вырубить контур, так как при вырубке всего контура в один переход вырубная матрица содержит тонкую перемычку шириной 1,34 мм, по которой может произойти ее разрушение в процессе изготовления (закалки) или в процессе ее работы (рис. 20).

Также за несколько переходов вырубают детали, имеющие тонкие и длинные пазы, например, как рисунке 21.

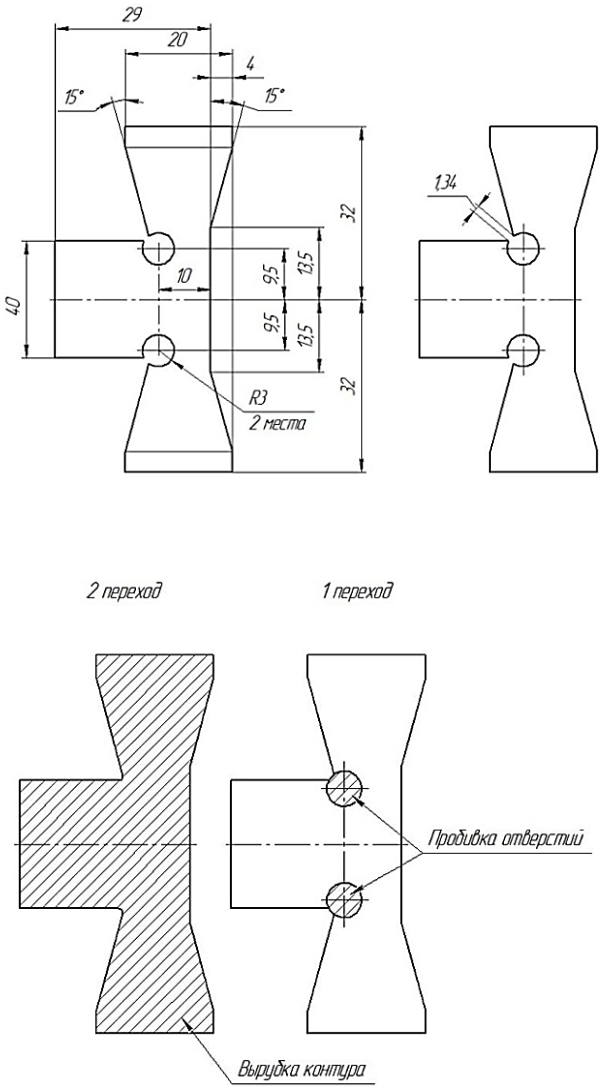



Рис. 20. Пример изменения схемы получения детали с перемычкой

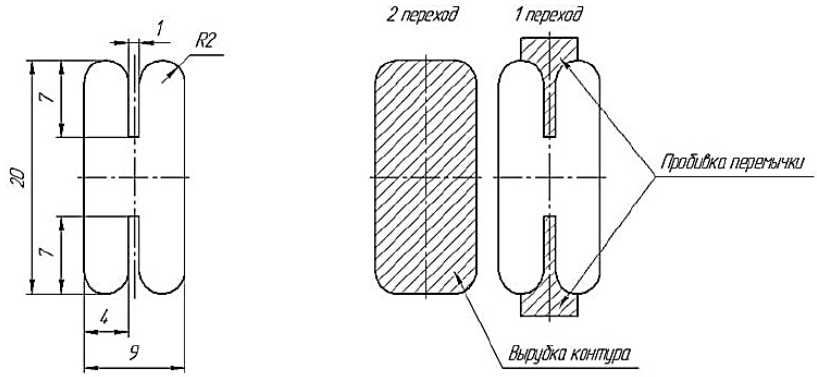



Рис. 21. Пример получения детали с пазами

Многие учебные и справочные материалы предлагают, а стандарты обязывают придерживаться некоторых соотношений размеров детали, при которых ее можно получить методами холодной листовой штамповки. Например, согласно ОСТ 92-1051-83 «Детали холодноштампуемые. Технические условия» для того, чтобы получить деталь методами холодной листовой штамповки ее размеры при соответствующей толщине S должны быть [3]:

- До 1 мм … не менее 3,0 S;
- Свыше 1 до 2 мм … не менее 2,0 S;
- Свыше 2 до 8 мм … не менее 1,5 S;
- Свыше 8 до 16 мм … не менее 1,0 S.

Также в учебных и справочных пособиях приводится точность деталей, получаемых методами штамповки и чистота их поверхности. Так, в ОСТ 92-1051-83 говорится, что шероховатость поверхности, получаемой с помощью разделительных операций, соответствует Rz80 [3]. А согласно справочному материалу, приблизительная точность размеров плоских штампуемых деталей может быть следующей (табл. 1) [4].

Таблица 1. Приблизительная точность штампуемых размеров

| Толщина материала | Отклонение в зависимости от типа штампа и размеров детали, мм | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Вырубной обычной точности | | | | Вырубной повышенной точности | | | |
| | До 10 | 10-50 | 50-150 | 150-300 | До 10 | 10-50 | 50-150 | 150-300 |
| 0,2 – 0,5 | 0,08 | 0,1 | 0,14 | 0,2 | 0,025 | 0,03 | 0,05 | 0,08 |
| 0,5 – 1,0 | 0,12 | 0,16 | 0,22 | 0,3 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,10 |
| 1,0 – 2,0 | 0,18 | 0,22 | 0,3 | 0,5 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,12 |
| 2,0 – 4,0 | 0,24 | 0,28 | 0,4 | 0,7 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,15 |
| 4,0 – 6,0 | 0,3 | 0,35 | 0,5 | 1,0 | 0,10 | 0,12 | 0,15 | 0,20 |

Если к детали предъявляются повышенные требования по точности размеров и чистоте поверхности (более высокий квалитет допуска и класс шероховатости), стандартного технологического процесса штамповки становится недостаточно. В таких случаях в технологический процесс вводятся дополнительные финишные операции. Для достижения заданных параметров применяются зачистные штампы, позволяющие улучшить качество поверхности и геометрическую точность. Тем не менее, даже изготовление качественного штампа не гарантирует результата с первой попытки при получении сложных деталей. Поэтому практикуется изготовление оснастки с экспериментальными (предварительными) размерами. После цикла испытаний проводится обмер полученной партии деталей, и геометрия рабочих частей штампа корректируется ровно настолько, насколько фактические размеры детали отклонились от требуемых чертежом. Это позволяет компенсировать погрешности расчетов без переделки всего штампа.

При определении способа получения сложной детали можно воспользоваться справочными пособиями [5, 6]. Но основную роль имеет опыт проектирования, изготовления и доработки штампов. Несмотря на стремительное развитие цифровых технологий, на сегодняшний день ни одно программное обеспечение не способно полностью заменить инженерное мышление и самостоятельно гене-

рировать оптимальную технологию изготовления конкретной детали. Следовательно, ключевым условием для овладения искусством проектирования штампов и другой технологической оснастки является исключительно практический опыт. Профессионализм формируется только через непосредственное участие в разработках, тщательный анализ существующих конструкций-аналогов и метод проб и ошибок, позволяющий накапливать бесценные эмпирические знания.

Зачастую на первом этапе трудно оценить все сложности и предугадать все проблемы, которые возникнут при дальнейшем проектировании. Поэтому конструктор возвращается к начальному этапу, меняя схему штамповки и начиная проект заново для получения штампа, который позволит стабильно получать годные детали.

В рассматриваемом нами примере мы будем получать деталь за одну операцию вырубки, так как геометрия детали не содержит никаких усложняющих конструкцию элементов, а точность получаемой детали ниже точности, которую можно получить методами штамповки.

## 2.3 Определение заготовки

Согласно принятой ранее классификации существует два варианта заготовок: полоса/лента и карточка.

Полоса отличается от ленты тем, что лента изготавливается металлургическим заводом с калиброванной шириной, а полосу изготавливают из листа или ленты путем нарезки. При этом точность ширины ленты в большинстве случаев гораздо выше точности ширины полосы, соответственно, это позволит увеличить точность ее позиционирования в штампе. Также ленту можно нарезать определенной длины, это позволит обеспечить расположение требуемого

количества деталей без образования отхода. Использование же полосы в качестве заготовки позволяет выбрать необходимую ширину, при которой расход материала будет меньше.

Необходимость применения полосы или ленты определяется технологом при составлении технологии изготовления детали и зависит, в основном, от наличия того или иного материала на предприятии или возможности его заказа.

Карточка изготавливается путем нарезки из листа или ленты заготовки для получения одной детали. Обычно она используется для тонких деталей или крупногабаритных деталей, для получения которых сложно применять полосы/ленты.

Изготовление деталей из полосы/ленты имеет следующее основное преимущество – скорость получения деталей. Так, при использовании карточки необходимо уложить заготовку, произвести операцию вырубки, а затем удалить отход (а в некоторых случаях и деталь) из зоны штамповки. При штамповке из полосы/ленты заготовка подается в рабочую зону, происходит операция вырубки, а затем заготовка переставляется для вырубки очередной детали.

В рассматриваемом примере будет применяется заготовка в виде полосы.

Далее необходимо определить размеры заготовки и рациональное расположение детали в полосе/ленте.

Расположение детали в полосе, в большинстве случаев, должно обеспечивать наибольший коэффициент использования материала (КИМ). КИМ определяется как отношение площади штампуемого материала к площади заготовки, идущей на изготовление этой детали. Следовательно, необходимо расположить деталь таким образом, чтобы отходов при ее изготовлении оставалось как можно меньше. Этого можно достичь поворотом детали в полосе, размещением одновременно нескольких деталей, штамповкой с переворотом полосы и т.п. (рис. 22).

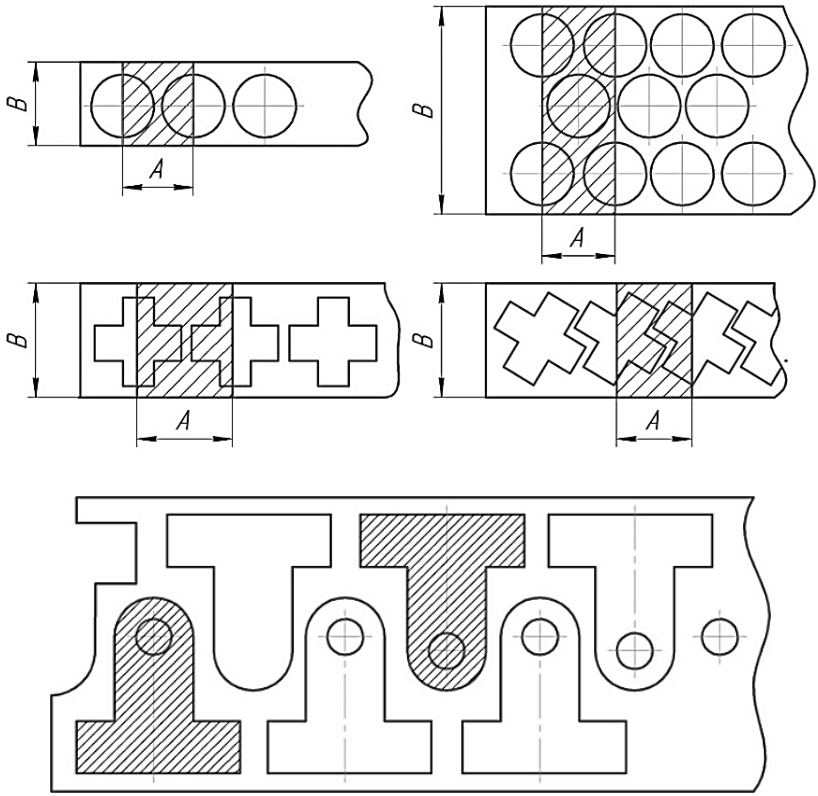
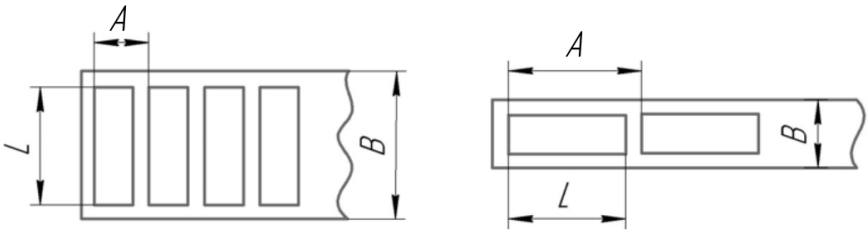



Рис. 22. Варианты расположения деталей на полосе/ленте:
В – ширина полосы; А – шаг подачи

Прямоугольные детали целесообразнее размещать поперек полосы, чтобы разместилось как можно больше деталей (рис. 23). Этим достигается экономия металла и повышение производительности труда.

Однако это не всегда верно, так как при расположении деталей поперек полосы увеличивается ее ширина и вес. Соответственно, для длинномерных деталей данный вариант может быть неприменим.




а) б)

Рис. 23. Варианты расположения прямоугольных заготовок на полосе/ленте [7]:
а) поперечное; б) продольное.
В – ширина полосы; А – шаг подачи; L – номинальный размер детали

Круглые и многоугольные детали целесообразно располагать в несколько рядов в шахматном порядке, что увеличит КИМ и производительность труда. Однако стоимость изготовления соответствующего штампа увеличится за счет введения дополнительных рабочих деталей и общего увеличения его размера. Такой вариант оправдан при массовом производстве, когда дорогостоящая оснастка быстро окупается, а в среднесерийном и мелкосерийном, а зачастую в единичном производстве такое увеличение стоимости штампа нерационально.

В некоторых случаях направление проката может быть задано конструктором в чертеже детали, тогда при размещении детали в полосе придется руководствоваться требованиями чертежа в ущерб КИМ.

При этом наибольший КИМ можно достичь, используя малоотходную или безотходную штамповку. Однако при применении такого способа детали получаются менее точными, чем при штамповке по замкнутому контуру. Кроме того, этот способ может применяться не ко всем видам деталей, также могут появиться дополнительные проблемы с выбором необходимой ширины ленты и сложности в ее направлении и фиксации.

Общим требованием для вышеперечисленных способов является соблюдение нормируемых перемычек. Они разделяют соседние детали в полосе, а также отделяют контур детали от края полосы/ленты (или карточки), обеспечивая жесткость и технологичность процесса.

Перемычки необходимы для обеспечения получения качественной поверхности деталей без утяжек и разрывов. При недостаточной величине перемычки между деталью и краем полосы возможен разрыв по месту минимального расстояния, при котором полоса разделяется на две части или откалывается ее участок. Это может привести к их попаданию в рабочую зону и выводу из строя рабочих деталей или травмированию оператора отлетающим осколком.

Минимальные значения перемычек приведены в таблице 2 [7]. В рассматриваемом примере значения перемычек между краем полосы и деталью составит 1,9 мм, а между соседними вырубаемыми деталями – 1,5 мм. Также примем однорядное расположение как это принято в мелкосерийном/единичном производстве (рис. 24).

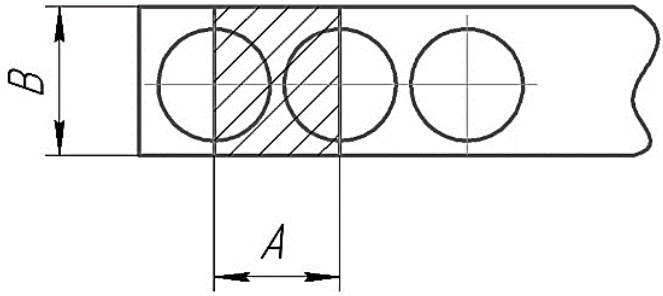



Рис. 24. Однорядное расположение деталей в полосе/ленте

Таблица 2. Минимальные ширины перемычек

| Толщина материала, мм | Обозначение перемычек | Ширина перемычек при вырубке | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Круглых изделий при D | | | | Прямоугольных изделий при L и $L_1$ | | | |
| | | до 50 | св. 50 до 100 | св. 100 до 200 | св. 200 до 300 | до 50 | св. 50 до 100 | св. 100 до 200 | св. 200 до 300 |
| До 0,5 | a | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 2,2 | 1,8 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
| | a1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,5 | 1,7 | 2,2 | 2,7 |
| Св. 0,5 | a | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,5 | 1,7 | 2,2 | 2,7 |
| до 1,0 | a1 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,0 | 1,2 | 1,7 | 2,2 |
| Св. 1,0 | a | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 1,9 | 2,1 | 2,6 | 3,1 |
| до 1,5 | a1 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,4 | 1,6 | 2,1 | 2,6 |
| Св. 1,5 | a | 1,9 | 2,1 | 2,3 | 2,5 | 2,2 | 2,4 | 3,0 | 3,4 |
| до 2,0 | a1 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 1,7 | 1,9 | 2,5 | 2,9 |
| Св. 2,0 | a | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 2,6 | 2,8 | 3,3 | 3,8 |
| до 2,5 | a1 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,2 | 2,4 | 2,9 | 3,4 |
| Св. 2,5 | a | 2,6 | 2,8 | 3,0 | 3,2 | 3,0 | 3,2 | 3,7 | 4,2 |
| до 3,0 | a1 | 2,1 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 2,5 | 2,7 | 3,2 | 3,7 |
| Св. 3,0 | a | 3,0 | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,4 | 3,6 | 4,1 | 4,6 |
| до 3,5 | a1 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,1 | 2,9 | 3,1 | 3,6 | 4,1 |
| Св. 3,5 | a | 3,3 | 3,5 | 3,7 | 3,9 | 3,7 | 3,9 | 4,4 | 4,9 |
| до 4,0 | a1 | 2,8 | 3,0 | 3,2 | 3,4 | 3,2 | 3,4 | 3,9 | 4,4 |
| Св. 4,0 | a | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,0 | 4,2 | 4,7 | 5,2 |
| до 4,5 | a1 | 3,1 | 3,1 | 3,5 | 3,7 | 3,6 | 3,8 | 4,3 | 4,8 |
| Св. 4,5 | a | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,5 | 4,7 | 5,2 | 5,7 |
| до 5,0 | a1 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,0 | 4,2 | 4,7 | 5,2 |
| Св. 5,0 | a | 4,2 | 4,5 | 4,8 | 5,0 | 4,5 | 5,5 | 5,5 | 6,0 |
| до 6,0 | a1 | 3,5 | 3,9 | 4,2 | 4,5 | 4,0 | 4,5 | 4,5 | 5,0 |
| Св. 6,0 | a | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 4,8 | 6,0 | 6,0 | 6,5 |
| до 7,0 | a1 | 3,6 | 4,0 | 4,2 | 4,5 | 4,3 | 5,0 | 5,0 | 5,5 |
| Св. 7,0 | a | 5,0 | 5,5 | 5,8 | 6,0 | 5,3 | 6,5 | 7,0 | 7,8 |
| до 8,0 | a1 | 4,2 | 4,5 | 4,8 | 5,0 | 4,8 | 5,5 | 6,0 | 6,0 |
| Св. 8,0 | a | 5,5 | 6,0 | 6,3 | 6,5 | 5,8 | 7,0 | 7,5 | 8,0 |
| до 9,0 | a1 | 4,5 | 5,0 | 5,2 | 5,5 | 5,3 | 6,0 | 6,5 | 7,0 |
| Св. 9,0 | a | 6,0 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 63 | 7,0 | 7,5 | 8,0 |
| до 10,0 | a1 | 5,0 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 5,8 | 6,0 | 6,5 | 7,0 |

Расстояние А между вырубаемыми деталями будет равно размерам двух половин деталей плюс величина перемычки между ними, т.е. для рассматриваемой детали А=20+1,5+20=41,5 мм.

При расчете ширины полосы следует учесть соответствующий допуск. Полоса может быть получена разными способами. Она может быть нарезана из ленты или листа на гильотинных ножницах. При втором варианте существует свой допуск, который нужно учитывать при расчетах, чтобы перемычка не оказалась меньше минимально допустимой. Для этого к полученному выше значению ширины полосы добавляется величина допуска.

В нашем примере в соответствии со справочными значениями допуск на ширину полосы составит 0,5 мм (табл. 3).

Таблица 3. Допуски на ширину полосы

| Ширина полосы | Толщина материала, s | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | До 1 | Св. 1 до 2 | Св. 2до 3 | Св. 3 до 5 | Св. 5 до 10 |
| | Допуски на ширину полосы, Δп | | | | |
| До 50 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,8 |
| Св. 50 до 100 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 2,0 |
| Св. 100 до 150 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 1,1 | 2,5 |
| Св. 150 до 220 | О,7 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 3,0 |
| Св. 220 до 300 | 0,8 | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 4,0 |

Таким образом, ширина полосы будет складываться из диаметра заготовки, двух перемычек (расстоянием между краем полосы и деталью) и допуска на отрезку полосы, т.е. 40+1,9+1,9+0,5=44,3 мм.

При расчете ширины полосы полученное значение обычно округляют до большего целого значения. Это делается для удобства при проведении работ по резке. Однако, когда достижение наиболее выгодного КИМ является критически важным, то такого округления размера можно не делать. Так, например, при массовом произ-

водстве экономия материала, например, 0,5 мм на деталь при суточном выпуске в 10000 штук приводит к экономии полосы в 5 метров, что уже существенно.

В нашем случае округлим и получим ширину полосы равной $45_{-0,5}$ мм.

В соответствии с ГОСТ 2.424-80 «Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей штампов» [8] в правом верхнем углу сборочного чертежа (или на последнем листе сборочных чертежей, если их несколько и на первом листе недостаточно места) необходимо поместить помимо операционного эскиза, представляющего собой чертеж получаемой детали, дополнительно схему раскроя. В соответствии с приведенными расчетами схема раскроя будет выглядеть, как показано на рисунке 25.

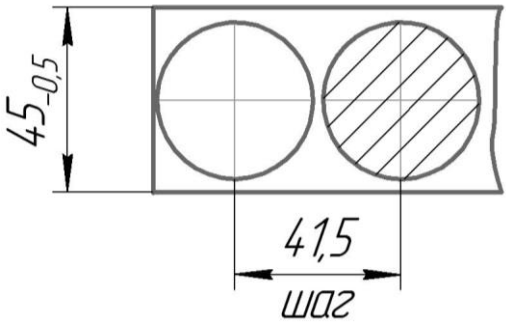



Рис. 25. Схема раскроя

## 2.4 Определение усилия вырубки

На следующем этапе производится расчет усилия, которое необходимо для вырубки и пробивки детали, а также подбор соответствующего оборудования.

Усилие реза или технологическое усилие определяется как произведение длины реза (периметр вырубаемой детали или пробиваемого отверстия) (L) на толщину материала заготовки (s) и на сопротивление материала срезу ($\sigma_{ср}$).

При выборе необходимого оборудования знание одного усилия реза недостаточно, к нему следует добавить сопутствующие усилия, такие как:

- усилие проталкивания вырубленной детали сквозь отверстие матрицы;
- повышение твердости (наклеп) материала заготовки при ее деформировании;
- трение в узлах штампа и др.

Существуют точные аналитические методы учета этих составляющих, однако в инженерной практике для расчета потребного усилия пресса применяют упрощенный подход – умножают основное усилие реза на поправочный коэффициент 1,25. Это позволяет компенсировать влияние притупления кромок, трения, наклепа материала и др.

В рассматриваемом примере усилие реза и потребное усилие пресса составят соответственно:

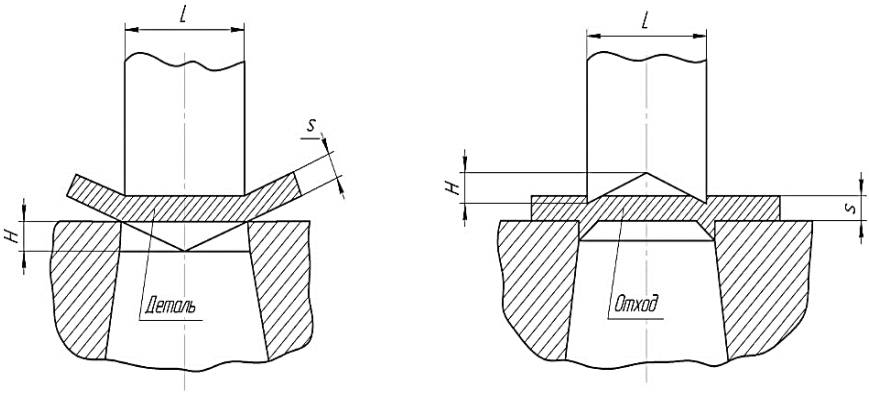
$$P = 1{,}25 \cdot \pi \cdot D \cdot s \cdot \sigma_{ср} = 1{,}25 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}002 \cdot 38 \cdot 10^6 = 119320 \text{ Н}.$$

После проведения расчета усилия, проводят сравнение расчетного усилия пресса с усилием пресса, заданного в разделе 2.1 на проектирование штампа.

Если усилие пресса недостаточно для обеспечения работы штампа, существуют способы для снижения усилия реза:

- скошенные рабочие кромки;
- пуансоны разной высоты.

При вырубке для снижения усилия реза применяют скошенные кромки на матрице, при пробивке – на пуансоне. Скос должен быть двухсторонним и симметричным. Однако применение скошенных кромок усложняет изготовление оснастки и снижает ее стойкость, так как износ скошенных кромок происходит быстрее (рис. 26).




а б

Рис. 26. Схема оснастки при использовании [7]:
а – пуансон без скошенных кромок; б – пуансон со скошенными кромками

В штампах с несколькими пуансонами снижения усилия реза можно достичь за счет ступенчатого расположения пуансонов (рабочие кромки пуансонов находятся на разной высоте). Однако при применении такого варианта необходимо произвести дополнительно расчет работы штампа при вырубке/пробивке и сравнить его с работой пресса (рис. 27).

При применении ступенчатого расположения пуансонов необходимо, чтобы центр давления штампа (равнодействующая сила реза) совпадал для каждого уровня расположения пуансонов. Иначе это приведет к быстрому износу всех деталей штампа и его быст-

рому выходу из строя. На рисунке 27, крайние пуансоны расположены на одном уровне, следовательно, рассчитанный центр давления штампа для центрального пуансона должен совпадать с центром давления крайних пуансонов.

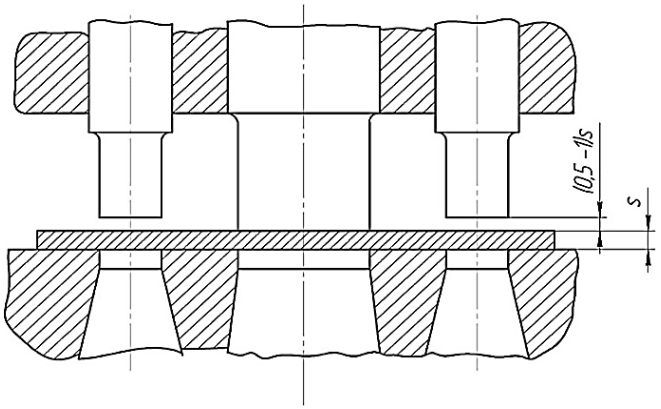



Рис. 27. Ступенчатое расположение пуансонов [7]

Учитывая вышесказанное, при наличии нескольких подходящих прессов следует выбрать более мощный пресс, что обеспечит устойчивую работу штампа.

В рассматриваемом примере оставляем заявленный пресс усилием 160 кН.

### 2.5 Определение центра давления штампа

В соответствии с ГОСТ 2.424-80 «Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей штампов» необходимо нанести и обозначить на чертеже оси штампа, которые будут служить конструкторскими базами для размеров, определяющих взаимное расположение деталей [8]. Ось штампа следует совмещать с осью пресса для равномерного приложения

нагрузки. Соответственно, по оси штампа следует располагать хвостовик для крепления штампа к ползуну пресса. Это необходимо для предотвращения перекосов, несимметричности зазора, износа направляющих элементов штампа и быстрого выхода из строя его рабочих деталей.

Центром давления штампа является равнодействующая всех усилий, возникающих при резке материала заготовки.

При вырубке осесимметричных деталей, таких как рассматриваемая в качестве примера, центром давления будет являться центр симметрии, и совпадать с центром окружности. При вырубке деталей сложной формы, а также в штампах с несколькими пуансонами необходимо провести соответствующий расчет.

Так как усилие реза есть произведение длины реза на толщину материала заготовки и сопротивление материала срезу, а толщину заготовки и сопротивление срезу можно принять одинаковым для всей заготовки, то расчет ведется только по длине реза. Для этого все сложные контуры разбиваются на простые участки – прямые и радиусные, определяется центр приложения усилия (геометрический центр) для каждого простого участка. Произвольно выбирается система координат и от нее задаются расстояния до каждого центра приложения усилия (геометрический центр) (рис. 28). После чего координаты центра давления штампа относительно заданной системы координат определяются согласно формуле:

$$x_0 = \\ = \frac{l_1 \times x_1 + l_2 \times x_2 + l_3 \times x_3 + l_4 \times x_4 + l_5 \times x_5 + l_6 \times x_6 + l_7 \times x_7 + l_8 \times x_8}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + l_8},$$

$$y_0 = \\ = \frac{l_1 \times y_1 + l_2 \times y_2 + l_3 \times y_3 + l_4 \times y_4 + l_5 \times y_5 + l_6 \times y_6 + l_7 \times y_7 + l_8 \times y_8}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + l_8},$$

где $l_1$, $l_2$, $l_3$, $l_4$, $l_5$, $l_6$, $l_7$, $l_8$ – длины соответствующих простых участков контура вырубаемой (пробиваемой) детали;

$x_1$, $x_3$, $x_5$, $x_7$ – расстояния от геометрического центра соответствующих прямолинейных участков до оси OY;

$x_2$, $x_4$, $x_6$, $x_8$ – координаты центра тяжести криволинейных участков до оси OY;

$y_1$, $y_3$, $y_5$, $y_7$ – расстояния от геометрического центра соответствующих прямолинейных участков до оси OX;

$y_2$, $y_4$, $y_6$, $y_8$ – координаты центра тяжести криволинейных участков до оси OX.

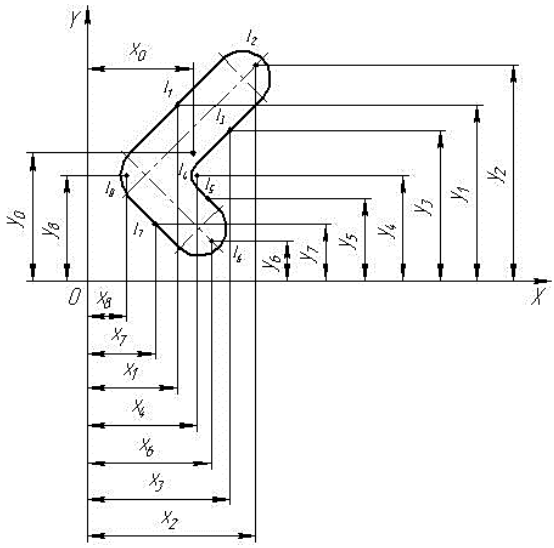



Рис. 28. Определение центра приложения усилия реза

В настоящее время большинство систем автоматизированного проектирования, например, КОМПАС-3D, позволяют найти характеристики детали, включая центр масс деталей. При расчете деталей простой конфигурации, например, шайб, прямоугольных планок с отверстиями и т.п., центр масс с достаточной степенью точности

совпадает с центром давления. Однако центр масс для операции просечки, вырубки и пробивки деталей сложной конфигурации не совпадает с центром давления. Пример такого случая приведен на рисунке 29.

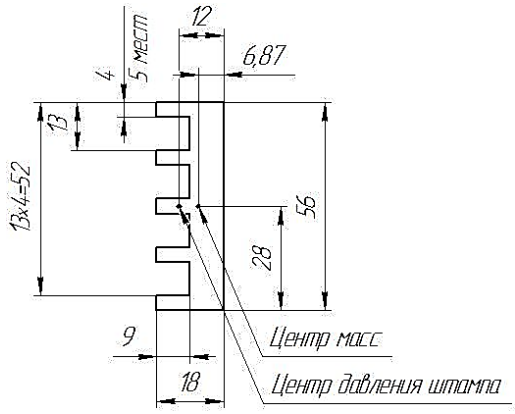



Рис. 29. Пример различия расположения центра масс
и центра давления штампа

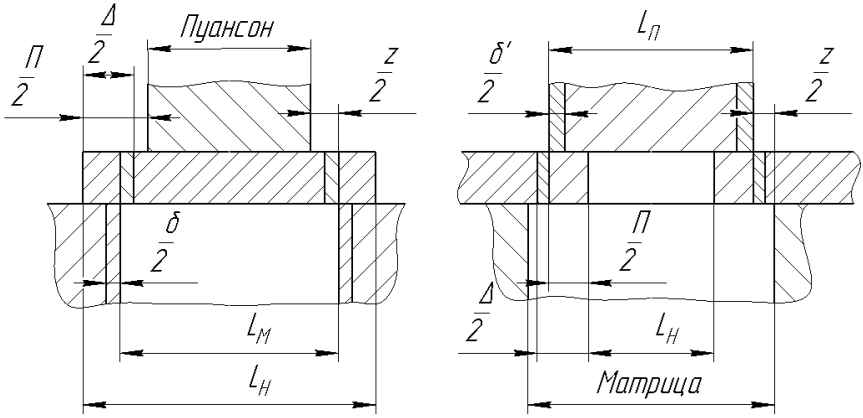
В данном случае центр масс смещен правее в сторону, где расположена основная масса детали, а центр давления штампа находится левее, где расположено наибольшее количество вырезов.

## 2.6 Определение рабочих размеров

После определения схемы штамповки (количества и видов операций, выполняемых в штампе, а также положения детали в полосе), размеров заготовки и центра давления штампа выполняется расчет исполнительных рабочих размеров пуансона и матрицы. Рабочие размеры – это размеры, которые будут иметь пуансон и матрица, и которые будут определять контур изготавливаемой детали. В большинстве случаев размеры, проставленные на чертеже детали

и размеры, проставленные на чертеже пуансона и матрицы, будут не совпадать. Это связано с характером протекания процесса реза.

Как говорилось ранее, пробиваемое отверстие имеет размер пуансона, а вырубаемое отверстие – матрицы. На практике все размеры деталей имеют свой допуск, в том числе и пуансон с матрицей. Кроме того, все детали подвержены износу, в связи с чем размеры изменяются в процессе работы штампа. Размер пуансона (рис. 30) будет уменьшаться во время работы от трения детали по его боковой кромке с пробитым отверстием, а размер матрицы будет увеличиваться от трения с вырубаемой деталью. Одновременно с изменением размеров пуансона и матрицы, будут изменяться и размеры получаемых деталей. В связи с этим необходимо проанализировать размеры детали и скомпенсировать влияние износа за счет правильного назначения допуска.




Размеры, увеличивающиеся при износе штампа (вырезка контура)

Размеры, уменьшающиеся при износе штампа (пробивка контура)

Рис. 30. Схема вырубки (пробивки) детали

Сначала необходимо определить, как будет изменяться размер в процессе работы (рис. 31). В зависимости от направления износа все размеры делятся на 3 вида:

– размеры, уменьшающиеся в процессе износа ($l_0$, $l'_0$, $L_0$, $B_0$, $L_0'$, $L''_0$, $d$);

– размеры, увеличивающиеся в процессе износа ($L$, $L_1$, $B$, $l_1$, $l_2$);

– размеры, не изменяющиеся в процессе износа ($A$, $b$).

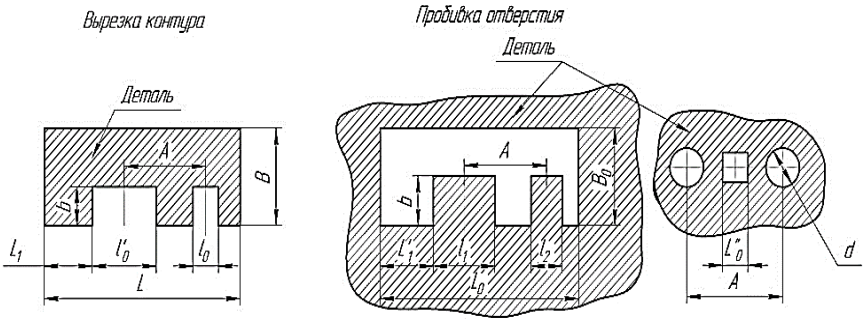



Рис. 31. Схема условного расположения максимально допустимых припусков на износ матрицы и пуансона [7]

В соответствии с этим необходимо пересчитать размеры детали таким образом, чтобы при износе они изменялись в пределах допуска. Величину допустимого износа рабочего инструмента (пуансона или матрицы) обычно принимают равной 0,8 от поля допуска на соответствующий размер детали. Полученное значение округляют до десятых долей миллиметра в меньшую или в большую сторону, но в пределах диапазона 0,75÷0,85 от поля допуска.

Пересчитанный размер присваивается основной рабочей детали, по которой происходит образование размера. А ответной детали назначается размер с учетом необходимого зазора между пуансоном и матрицей.

Неизменяемые размеры необходимо пересчитать на симметричный допуск, если они имеют плюсовой или минусовой допуск, и не пересчитывать, если имеют симметричный допуск. Так, если на рисунке выше размер b=10±0,2 мм для вырубаемой детали, то на матрице (так как размеры вырубаемого контура соответствуют размерам матрицы) также будет стоять размер 10 мм с соответствующим допуском. Однако, если размер $b=10_{-0,4}$, то на матрице необходимо поставить размер $10-\frac{0,4}{2}=9,8$ мм с соответствующим допуском. Также и при размере $b=10^{+0,4}$ мм, то на матрице $10+\frac{0,4}{2}=10,2$ мм с соответствующим допуском.

Пересчет увеличивающихся размеров рассмотрим на примере рассматриваемой детали «Пятак».

В рассматриваемом случае диаметр детали равен Ø40h14 мм. Допуск по посадке h14 составит -0,64 мм, согласно ОСТу. Таким образом, рассматриваемая деталь может быть любого размера из интервала от Ø39,36 мм (Ø40-0,64) до Ø40 мм.

Получаемая деталь, как говорилось выше, будет иметь размер матрицы (рис. 32).

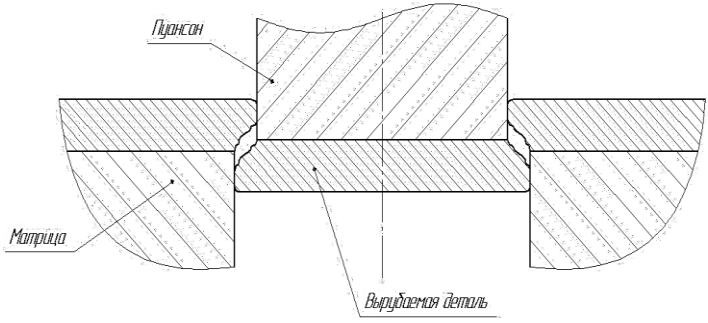



Рис. 32. Схема вырубки детали по размеру матрицы

Если диаметр матрицы будет равен Ø40 мм, то это приведет к следующим последствиям:

1. Размер рабочего отверстия матрицы имеет свой допуск на изготовление, и этот допуск, как известно будет иметь верхний предел допуска. Соответственно нижний предел будет составлять Ø40 мм, а верхний будет больше чем Ø40 мм;

2. При работе штампа, каждая вырубаемая деталь соприкасается боковыми кромками о внутреннюю поверхность отверстия матрицы, таким образом, со временем изнашивая ее. При этом диаметр матрицы будет со временем увеличиваться.

В связи с этим получаемая деталь, повторяя размер матрицы, будет иметь размер больше чем Ø40 мм, что недопустимо согласно чертежу. Для этого произведем пересчет:

$$0{,}8 \times 0{,}64 = 0{,}512 \text{ мм.}$$

Округлим данный размер до 0,5 мм (т.е. $0{,}78 \times 0{,}64 = 0{,}5$ мм).

Таким образом, размер отверстия матрицы составит

$$Ø\ 40 - 0{,}5 = 39{,}5 \text{ мм.}$$

Для примера произведем расчет размера, указанного на рисунке ниже для вырубаемой детали (рис. 33).

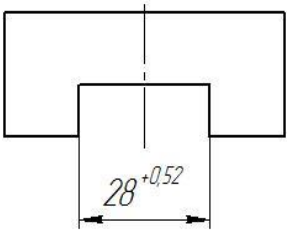



Рис. 33. Пример расчет размера для вырубаемой детали

Так как деталь получается за счет операции вырубки, то размеры детали будут соответствовать размерам матрицы. При износе указанный размер матрицы будет уменьшаться. Соответственно его необходимо пересчитать.

$$0{,}8 \times 0{,}52 = 0{,}416 \text{ мм.}$$

Округляя полученное значение до 0,4 мм, получим следующий размер на матрице:

$$28 + 0{,}4 = 28{,}4 \text{ мм}.$$

Рассчитанным размерам необходимо присвоить соответствующие допуски на изготовление. От точности изготовления пуансона и матрицы зависит не только точность получаемых в штампе деталей, но и их качество.

Допуск на изготовление обычно выбирается в зависимости от допуска на изделие. При расстановке допусков на рабочие детали, можно воспользоваться следующей зависимостью для фасонного контура (т.е. сложного контура отличного от простых фигур типа круга, квадрата и т.п.) (табл. 4).

Таблица 4. Рабочие допуска

| Квалитет точности штампуемых деталей | 11 | 12 | 14 |
|---|---|---|---|
| Квалитет точности основной детали штампа (пуансона или матрицы) | 7 | 8 | 9 |

Для круглого контура применяются пуансоны с полем допуска h5, h6, h8 и матрицы с полем допуска H6, H7, H9 с учетом квалитета точности изделия (11, 12, 14).

В рассматриваемом случае при допуске на изделии h14 допуск на матрице будет H9.

Таким образом, рабочий размер матрицы будет $Ø39{,}5H9(^{+0{,}062})$.

Определим рабочий размер пуансона (рис. 34). Как уже говорилось выше, зазор между пуансоном и матрицей должен составлять определенную величину. Согласно справочным данным, для материала Ст3 при толщине 2 мм двухсторонний зазор между пуансоном и матрицей составляет 0,12 мм [7]. Двухсторонний зазор означает сумму зазоров между пуансоном и матрицей слева и справа от оси симметрии, если смотреть на сечение рабочей части.

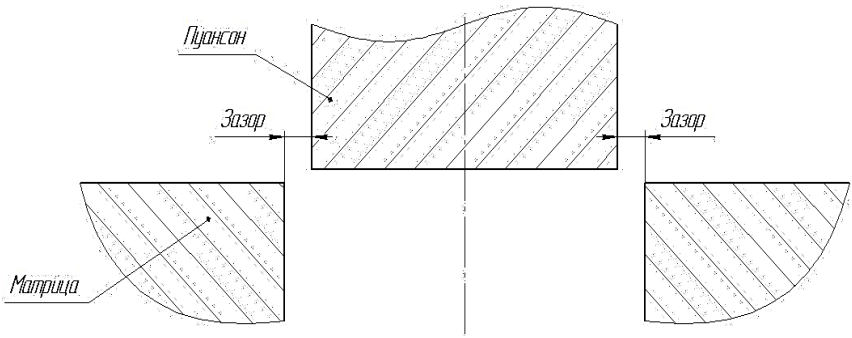



Рис. 34. Схема определение размера пуансона с учетом зазора

В данном случае рабочий размер пуансона будет равен Ø39,5 – 0,12 = Ø39,38 мм. Допуск на рабочий размер пуансона будет соответствовать h8. Таким образом, диаметр рабочей части пуансона будет равен Ø39,38h8($_{-0,039}$).

При расстановке допусков на рабочие размеры пуансона и матрицы можно пользоваться вышеприведенной зависимостью от точности изготовления детали, однако необходимо учитывать, чтобы общая сумма их допусков не превышала допуска на зазор, который представлен в таблице зазоров. При этом выдерживание этого допуска можно обеспечить 2 способами:

1. За счет ужесточения требований по точности изготовления рабочих размеров пуансона и матрицы. В первую очередь следует ужесточать допуск на деталь, которую проще изготовить;

2. Изготовить основную рабочую деталь штампа (которая обеспечивает получение размера детали) с допуском согласно вышеприведенной зависимости от степени точности детали, а ответную подогнать по первой с необходимым зазором.

В данном случае допуск на зазор составляет 0,05 мм. Предельные отклонения для H9 составляют 0,062 мм, а предельное откло-

нение для h8 – 0,039 мм. Следовательно, общий допуск на изготовление рабочих деталей штампа составляет 0,062 + 0,039 = 0,101 мм, что больше допуска на величину зазора. Ужесточаем допуск на изготовление сначала пуансона до h7, что соответствует предельному отклонению 0,025 мм. При этом допуск на изготовление рабочих деталей штампа составит 0,062 + 0,025 = 0,087 мм. Устанавливая более строгий допуск на изготовление матрицы соответствующий H7 (предельное отклонение составит 0,025 мм), допуск на изготовление рабочих деталей штампа составит 0,025 + 0,025 = 0,05 мм. Соответственно для получения требуемого размера на детали необходимо изготовить матрицу с рабочим размером Ø39,5H7 и пуансона – Ø39,38h7.

Другим вариантом достижения необходимого зазора является простановка на чертеже матрицы размера Ø39,5H9, а на чертеже пуансона рабочий диаметр проставляется как размер матрицы со сноской (т.е. Ø39,5*), а в технических требованиях чертежа вводится пункт: «*Пригнать по матрице с зазором 0,06 мм на сторону». Такая запись означает, что матрица будет изготовлена с проставленным допуском, а пуансон будет изготавливаться в зависимости от действительного размера матрицы (размера, замеренного на матрице после ее изготовления).

Выбор того или иного варианта зависит от возможностей инструментального производства, имеющегося на конкретном предприятии. В рассматриваемом примере принимаем первый вариант, т.е. размеры рабочих частей пуансона и матрицы: Ø39,38h7 и Ø 39,5H7 соответственно.

## 2.7 Построение штампа

Как уже говорилось выше, основные детали штампа являются матрица и пуансон, поэтому с них и начинается построение штампа.

Изобразим пуансон и матрицу с их рабочими размерами, рассчитанными выше. Штамп проектируется в нижнем рабочем положении, т.е. в положении, когда рабочий ход совершен, но до момента его возвращения в начальное положение. Для вырубного штампа это соответствует крайнему нижнему положению, когда пуансон входит в матрицу на глубину равную 1 мм. Это обеспечивает гарантированное отделение готовой детали от отхода. Однако, на практике довольно сложно проверить действительно ли пуансон вошел в матрицу именно на 1 мм, так как этого просто не видно. Для точного определения можно, например, замерить высоту всей сборки и высчитать при каком расстоянии между нижней поверхностью ползуна и верхней поверхностью подштамповой плиты будет обеспечено это вхождение. Однако на практике при наладке штампа наладчик определяет достаточность вхождения пуансона в матрицу получением пробной детали.

Начинается построение чертежа штампа с изображения главного вида. Для наглядности примем главный вид как сечение, проходящее через ось штампа, которая совпадает с осью симметрии матрицы и пуансона. Под главным видом размещается вид сверху на нижнюю часть штампа (согласно ГОСТ 2.424-80 «ЕСКД. Правила выполнения чертежей штампов») и называется «план низа» [8]. На свободном поле чертежа размещается «План верха» с заголовком «План верха», который представляет собой вид сверху на верхнюю часть штампа (рис. 35).

Высоту пуансона примем условную, она будет выбираться далее из условий дальнейшего проектирования. Толщина матрицы, ее габариты, количество и размер крепежа выбирается в зависимости от усилия реза и габаритов детали (табл. 5). При выборе толщины матрицы следует руководствоваться как справочными данными, так и условиями производства, и опытом проектирования конкретного предприятия. Можно воспользоваться справочником [7].

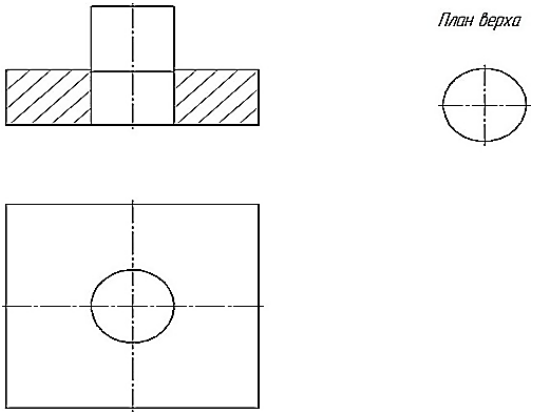



Рис. 35. Главный вид, план верха и план низа

Таблица 5. Взаимосвязь габаритных размеров матрицы и ее конструктивных элементов

| Наименование конструктивных элементов матриц | Обозначения | Рекомендуемые размеры, мм | |
|---|---|---|---|
| Толщина (наименьшая) | H | $H \approx 7 + s + K\sqrt{l+b}$ | |
| Расстояние между краем матрицы и рабочим отверстием (наименьшее) | $B_1$ | $B_1 \approx H$ | |
| Диаметр (наименьший) и количество отверстий под винты | d | d = 6,5 при L×B до 80×60<br>d = 8,5 при L×B свыше 80×60 до 120×100<br>d = 10,5 при L×B свыше 120×100 до 170×140 | 4 отв. |
| | | d = 12,5 при L×B свыше 170×140 до 600×300 | 6 отв. |
| | | d = 16,5 при L×B свыше 300×200 до 600×300 | 8 отв. |
| Диаметр отверстий под штифты | $d_1$ | $d_1 = d - (1 + 2)$ | |
| Расстояние между отверстием под винт и под штифт (наименьшее) | $A_1$ | $A_1 \approx 0{,}8d + \frac{d + d_1}{2}$ | |
| Расстояние от края матрицы до центра крепежного отверстия (наименьшее) | $\frac{B-A}{2}$ | $\frac{B-A}{2} = 1{,}2d$ при $d \leq 8{,}5$ | |
| | | $\frac{B-A}{2} = 1{,}4d$ при $d > 8{,}5$ | |
| Толщина стенки между рабочими отверстиями | $S_1$ | $S_1 = 2S$, но не менее 1,5 мм<br>(S – толщина штампуемого материала) | |

Расчетную толщину матрицы следует округлять до ближайшего большего значения по следующему ряду размеров толщин: 16, 20, 25, 30 и далее кратно 5. В рассматриваемом случае примем толщину матрицы равную 30 мм.

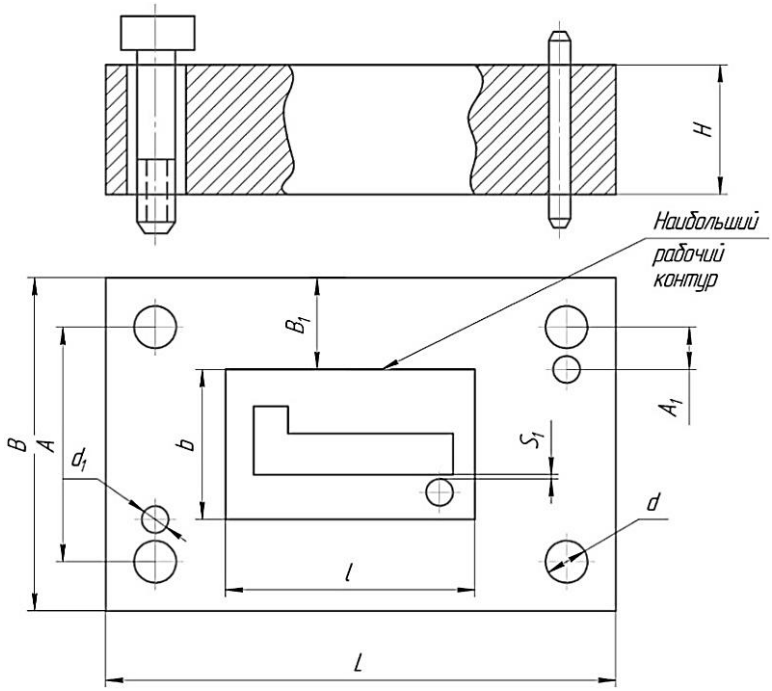



Рис. 36. Соотношение между размерами конструктивных элементов и габаритами матриц [7]

Далее необходимо определить форму освобождения рабочего контура матрицы (рис. 37). Так как толщина матрицы составляет 30 мм, а пуансон утопил деталь всего на 1 мм, из этого следует следующее. Для того, чтобы готовая деталь, толщиной 2 мм, выпала из матрицы необходимо вырубить еще 14 деталей, которые будут проталкивать глубже первую вырубленную деталь. При этом все эти вырубленные детали будут зажаты в рабочем отверстии матрицы,

тем самым увеличивая усилие вырубки и создавая дополнительные напряжения не только на пуансон, но и на матрицу. В результате это увеличивается износ. Для предотвращения этого явления применяют освобождение рабочего контура, который делят на 3 типа.

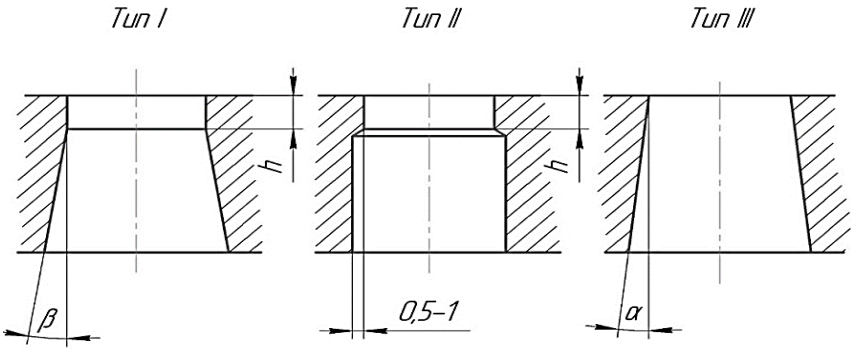



Рис. 37. Тип профилей отверстий матриц [7]

Тип I наиболее точный и обеспечивает максимальную прочность рабочего контура, не ослабляя его. Тип III применяется для менее точных деталей, однако он наиболее прост при изготовлении, а вырубаемые детали не застревают в матрице, исключая ее износ. Его основным недостатком является изменение размеров рабочего контура при износе и перешлифовке. Тип II является промежуточным, он технологичен в плане изготовления, но менее прочен по отношению к другим вариантам. Применение того или иного варианта диктуется возможностями конкретного инструментального производства. В рассматриваемом примере примем II тип. При этом высота рабочего пояска составит 8 мм согласно таблице 6. При такой высоте пояска в нем будет находиться не более 4 деталей.

При сложной конфигурации деталей или при крупных габаритах могут применяться составные матрицы. Составные матрицы бывают секционные, с вкладышами и комбинированные.

Таблица 6. Взаимосвязь высоты пояска и углов от типа профиля отверстия

| Толщина материала S, мм | β | α | Конусность рабочего отверстия | Высота пояска h в зависимости от толщины материала H, мм | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | До 20 | Св. 20 |
| До 0,5 | 2° | 0°10' | 1 : 200 | 6 | |
| Св. 0,5 до 1,0 | | 0°15' | 1 : 100 | 6 | 8 |
| Св. 1,0 до 2,5 | | 0°20' | | | |
| Св. 2,5 до 4,0 | 3° | 0°30' | 1 : 50 | 8 | 10 |
| Св. 4,0 до 5,0 | | 0°45' | 1 : 38 | | |
| Св. 5,0 до 10 | | 1° | 1 : 30 | 15 | |

Секционные матрицы состоят из двух или более секций, образующих рабочий контур. Примеры применения секционных матриц представлены в таблице 7.

Составная матрица с вкладышами – это матрица, состоящая из обоймы (как закаленной, так не каленой) и вставок. Примеры представлены в таблице 8.

При этом установка вкладышей в каленую обойму производится по глухой переходной посадке (когда возможен как небольшой зазор, так и небольшой натяг, например, H7/n6), а в не каленую – по переходной тугой посадке (когда более вероятен натяг, например, H7/m6).

Линии стыка отдельных секций должны проходить через центр дуги, соединяющей две стороны рабочего окна, а при сопряжении дуги и прямого участка должны быть расположены в месте перехода от дуги к прямому участку.

Для предотвращения смещения отдельных секций матриц относительно друг друга, а также для предотвращения появления зазоров между секциями применяют следующие приемы:

1. Соединение посредством замка;
2. Врезка в обойму;
3. Крепление каждой секции винтами и штифтами.

Таблица 7. Применение секционных матриц [7]

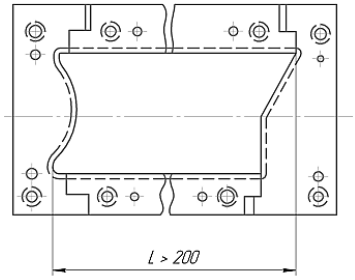
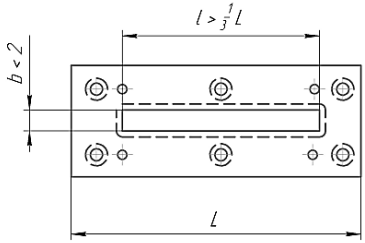
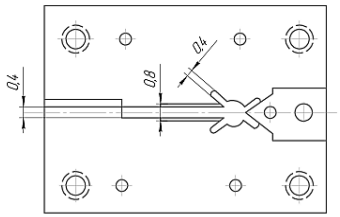
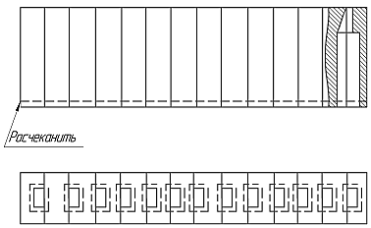
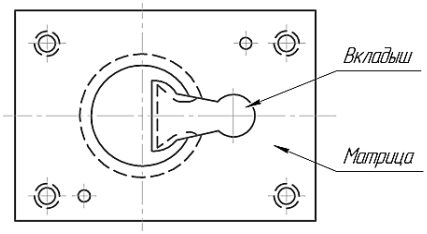
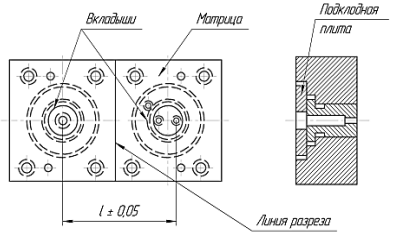
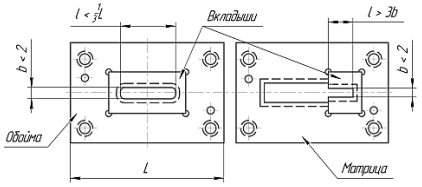
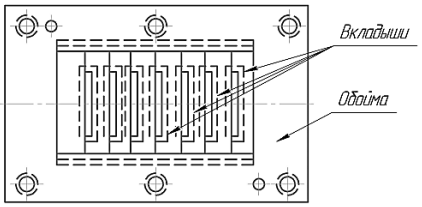
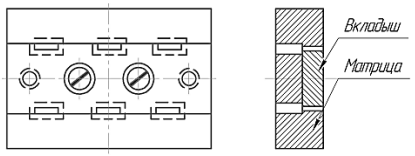
| Эскизы секционных матриц | Применение |
|---|---|
|  | При рабочих окнах L>200 мм с прямыми, острыми, тупыми углами или с закруглениями в углах |
|  | При рабочих окнах с размерами b>2 мм и l>L |
|  | При сложной конфигурации штампуемых деталей и наличие труднодоступных мест для обработки матриц в цельном виде |
|  | При изготовлении пуансон-матриц, имеющих труднодоступные для обработки места рабочего контура |

Таблица 8. Применение сборных (составных) матриц [7]

| Эскизы секционных матриц | Применение |
|---|---|
|  | При наличии выступов в рабочем окне |
|  | При наличии отверстий диаметром до 5 мм в матрицах с L>200 мм (для обеспечения точности межосевых расстояний матрицу следует делать разрезной) |
|  | При наличии рабочих контуров с участками b>2 мм и l>1/3L. При наличии рабочего участка, труднодоступного для обработки, матрицы рекомендуется проектировать с местным вкладышем |
|  | При наличии нескольких одинаковых по конфигурации рабочих отверстий |
|  | При наличии большого числа одинаковых по конфигурации рабочих отверстий, расположенных по краям детали |

Комбинированная матрица – это секционная матрица, имеющая вставки (рис. 38).

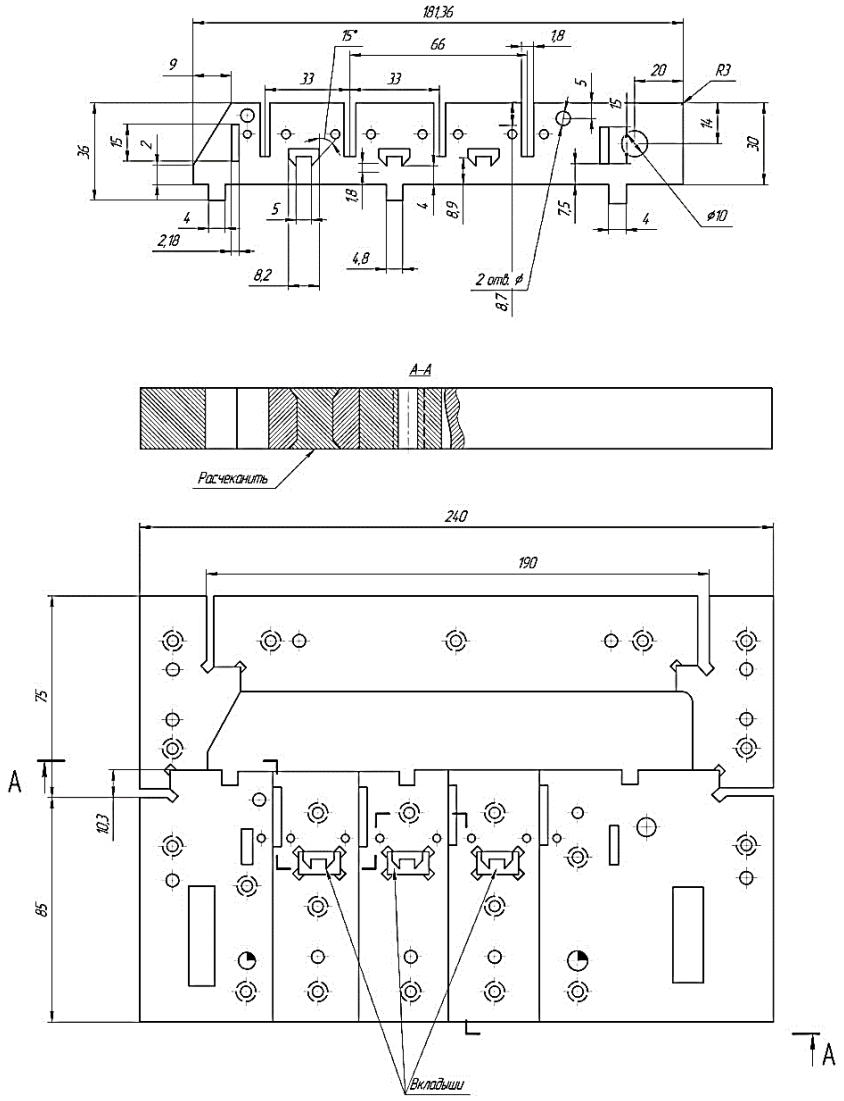



Рис. 38. Комбинированная матрица [7]

В каждом конкретном случае применяется или одни из приведенных методов, или комплекс методов в зависимости от условий работы.

Часто для сокращения количества деталей штампа, секции матрицы запрессовывают в нижнюю (или в верхнюю, в зависимости от места расположения матрицы) плиту штампа. В любом случае для обеспечения надежного крепления матрицы необходимо произвести запрессовку на две трети ее высоты.

Вернемся к рассмотрению этапов проектирования штампа. На данный момент мы рассмотрели основные детали штампа. Однако для обеспечения его корректной работы необходимо расположить полосу в строго определенном положении. Если полосу уложить неточно, то с ее одной стороны перемычки будут больше, чем это необходимо, а с другой – меньше, что приведет к низкому качеству получаемых деталей. Для направления полосы применяют направляющие планки. Расстояние между ними выбирается с учетом ширины полосы и зазора, который определяется согласно таблице 9. Данный зазор обеспечивает свободное проталкивание полосы. При выборе значений зазоров по справочным данным следует учитывать, что эти значения приведены максимально возможные и на практике их следует уменьшать в 1,5 ÷ 2 раза, что повышает точность позиционирования полосы. В рассматриваемом случае значение данного зазора составит 0,75 ÷ 2 = 0,375. Округлив полученное значение двухсторонний зазор составит 0,4 мм. Допуск на расстояние между планками в общем случае принимается по посадке H11. Таким образом, расстояние между планками составит: 45 + 0,4 = = 45,4H11 мм.

Таблица 9. Зазор между планками в зависимости от ширины полосы и толщины материала

| Ширина полосы B | Толщина материала, s | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Св. 0,5 до 1 | Св. 1 до 2 | Св. 2 до 3 | Св. 3 до 5 | Св. 5 до 10 |
| | Зазор, $z_з$ | | | | |
| До 50 | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,0 | 1,5 |
| Св.50 до 100 | 0,75 | 0,80 | 1,0 | 1,2 | 1,5 |
| Св.100 до 150 | 1,00 | 1,00 | 1,2 | 1,4 | 2,0 |
| Св.150 до 200 | 1,00 | 1,20 | 1,4 | 1,6 | 2,0 |
| Св.200 до 300 | 1,20 | 1,40 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |

Высота планок зависит от толщины детали и должна обеспечивать строгое направление полосы. В данном примере толщина планок составит 6 мм (рис. 39).

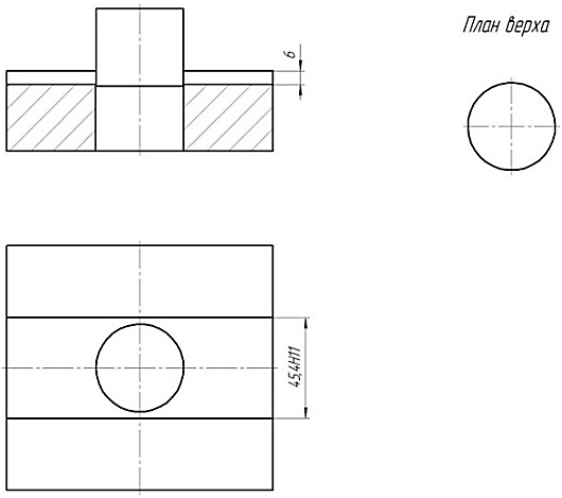



Рис. 39. Планка в оснастке

Для обеспечения точного позиционирования полосы в направлении ее подачи применяют разнообразные упоры, такие как:

– упоры грибковые и цилиндрические [9] (рис. 40);

– упоры со скосом (рис. 41);
– упоры Г-образные (рис. 42);
– упоры ступенчатые утопающие (рис. 43,а);
– упоры ступенчатые утопающие с пластиной (рис. 43,б);
– упоры утопающие с пружиной кручения (рис. 43,в);
– упоры пазом под пружину (рис. 44);
– упоры со скосом и лыской (рис. 45);
– упоры шаговые шарнирные (рис. 46);
– и другие упоры.

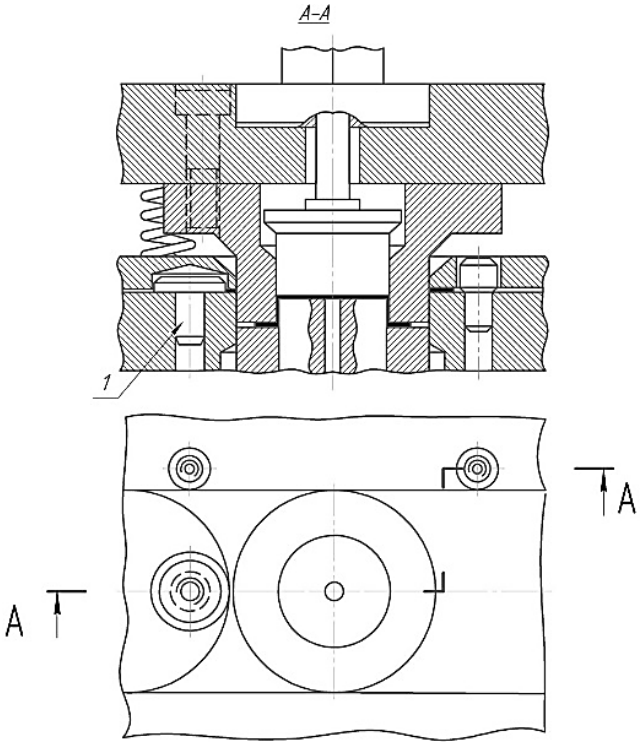



Рис. 40. Упоры грибковые и цилиндрические в оснастке

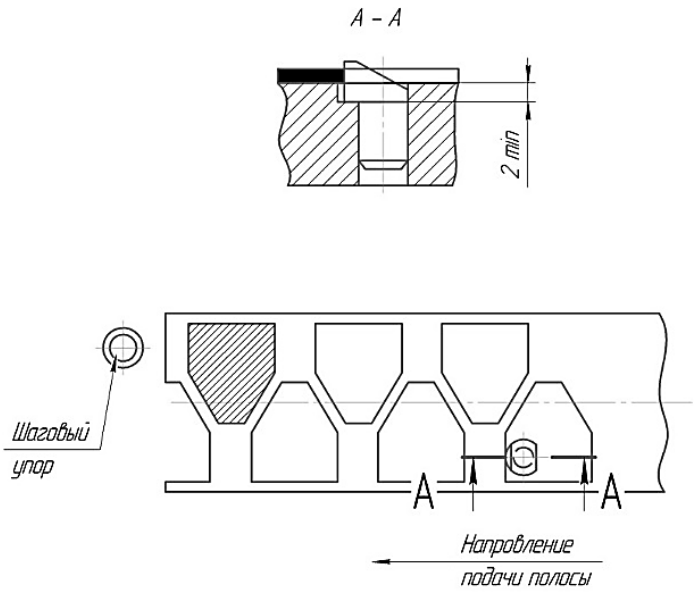



Рис. 41. Упоры со скосом в оснастке [7]

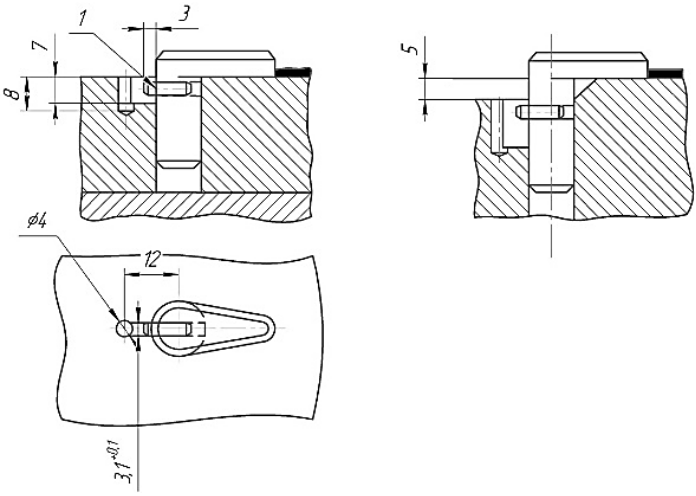



Рис. 42. Упоры Г-образные в оснастке [7]

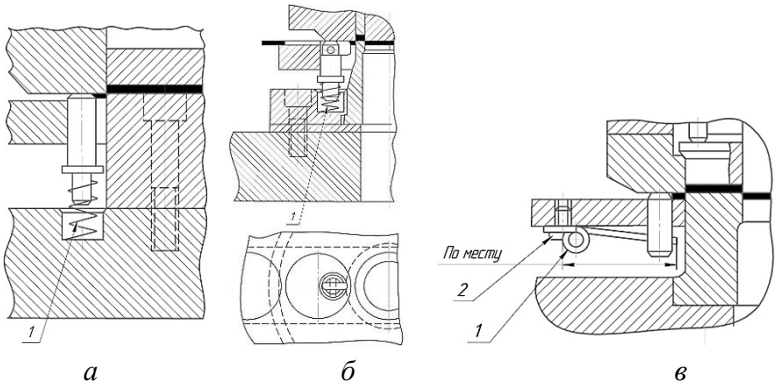



Рис. 43. Упоры утопающие в оснастке [7]:
*1* – пружина; *2* – винт

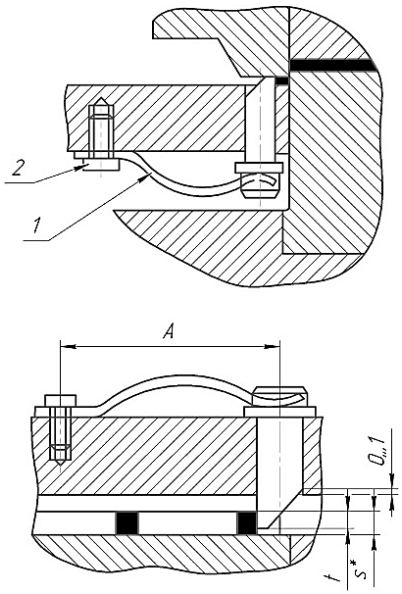



Рис. 44. Упоры с пружиной в оснастке [7]:
*1* – пружина по ГОСТ 18751-80; *2* – винт по ГОСТ 1491-80;
*S** – толщина штампуемого материала

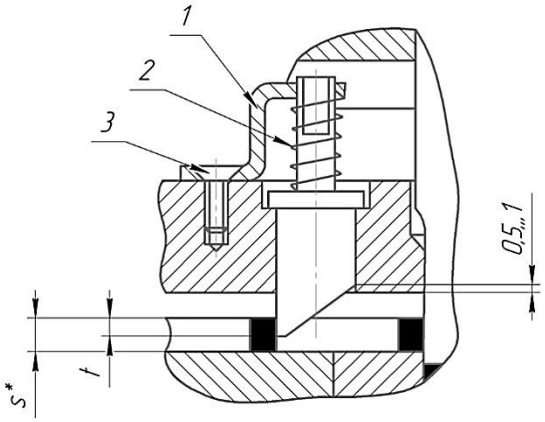



Рис. 45. Упоры со скосом и лыской в оснастке [7]:
*1* – кронштейн; *2* – пружина по ГОСТ 18793-80; *3* – винт по ГОСТ 17475-80;
*S** – толщина штампуемого материала

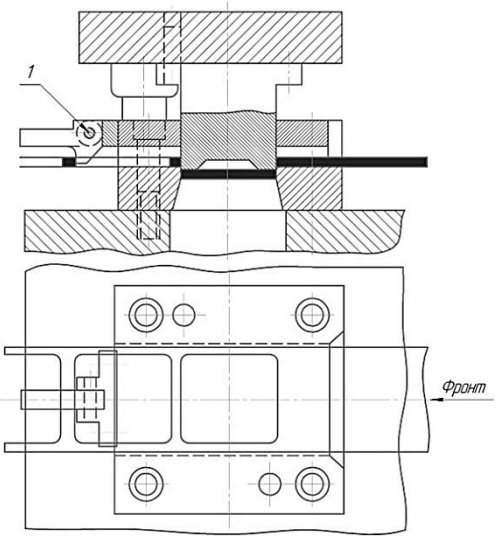



Рис. 46. Упоры шаговые шарнирные в оснастке [7]:
*1* – штифт типа 1 по ГОСТ 3128-70

В рассматриваемом случае применим грибковый упор по ГОСТ 18743-80 «Упоры грибковые. Конструкция и размеры» [9]. Он запрессовывается в матрицу на определенном расстоянии от центра штампа так, чтобы его шляпка обеспечивала при упоре в нее полосы необходимый размер перемычки. Выбор соответствующего упора осуществляется в зависимости от толщины материала заготовки. Упор должен обеспечивать фиксацию полосы, предотвращая ее проскальзывание.

Приподнимать полосу придется после вырубки детали для установки полосы в новое положение и вырубки следующей детали.

Таким образом, сначала оператор упирает край полосы в упор и вырубает первую деталь в полосе. Далее он приподнимает полосу и переставляет ее в новое положение, при котором упор будет упираться в край отверстия, оставшегося от вырубленной детали в полосе, и т. д. до вырубки всех деталей из полосы.

Грибковый упор можно установить двумя способами: с упором по ходу полосы и с упором при возвратном движении полосы (рис. 47).

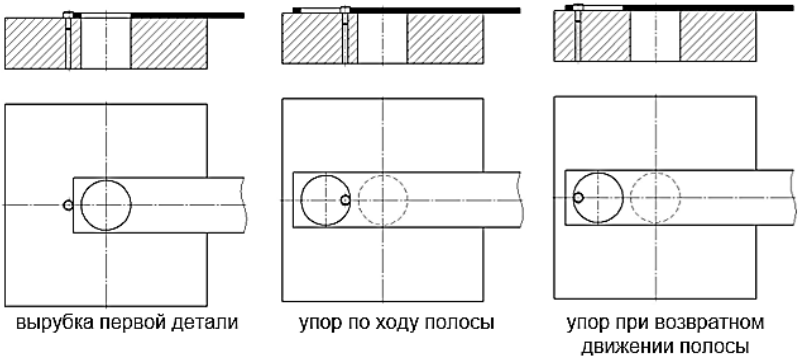



Рис. 47. Способы установки грибкового упора

Упор по ходу полосы обеспечивает экономию материала на первом ударе, а упор при возвратном движении полосы обеспечивает

большую перемычку между посадочным отверстием грибкового упора и рабочего отверстия матрицы предотвращая образования трещин между ними. В рассматриваемом примере применим первый вариант (рис. 48).

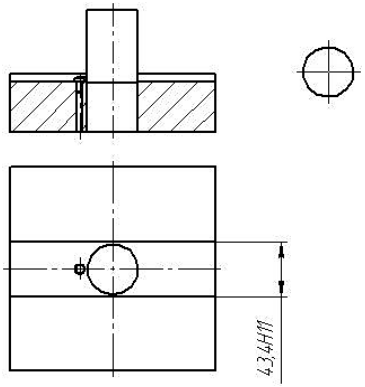



Рис. 48. Применение упора в оснастке

Определив необходимую высоту по таблице 10 (в нашем примере это 3 мм) подбираем необходимый грибковый упор согласно ГОСТ 18743-80 «Упоры грибковые. Конструкция и размеры» [9]. В данном случае выбираем упор 1050-0842, так как этот упор, при имеющихся размерах диаметра головки и посадочного стержня, обеспечит наибольшее расстояние в матрице между отверстием под упор и рабочим отверстием, при диаметре головки упора позволяющем надеть на него полосу.

Координата положения упора выбирается из условия обеспечения требуемой перемычки в полосе. Таким образом, расстояние от центра вырубаемой детали (в рассматриваемом случае совпадает с осью штампа) до центра отверстия под упор составит сумму половины диаметра вырубаемой детали (его максимально возможный размер, который в данном случае будет равен номинальному размеру), размеры перемычки и половины диаметры головки упора.

Таблица 10. Зазор между планками в зависимости от ширины полосы и толщины материала

| Толщина материала, мм | Высота неподвижного упора h | Толщина направляющих планок, мм | |
|---|---|---|---|
| | | При длине матрицы | |
| | | До 200 мм | Свыше 200 мм |
| До 1 | 2 | 6 | 10 |
| Св. 1 до 2 | 3 | | |
| Св. 2 до 3 | | 10 | 15 |
| " 3 " 4 | 4 | | |
| " 4 " 6 | 6 | 15 | 20 |
| " 6 " 8 | 8 | 20 | 25 |
| " 8 " 10 | | 25 | |

После вырубки детали, когда пуансон пробил отверстие в полосе и утопил готовую деталь в матрицу, полоса осталась на пуансоне. Это происходит в связи с тем, что диаметр пуансона и диаметр пробитого отверстия равны. Для того чтобы снять полосу потребуется усилие равное 2% ÷ 5% от усилия вырубки. Значение зависит от рода материала и сложности контура. Меньшее значение при простом контуре типа круга и квадрата, большее – для сложных контуров неправильной формы. При расчете лучше всего брать больший коэффициент и считать по варианту, требующему большее усилие снятия. В рассматриваемом случае это будет усилие равное 3580 Н. Съем вручную будет затруднителен, но даже при небольшом усилии тратить время на постоянный съем отхода с пуансона нецелесообразно, а главное опасно, так как при снятии полосы руки штамповщика будут находиться в зоне реза. Для съема отхода (или детали) применяются съемники. Штампы по виду применяемых съемников могут быть разделены в общем случае на два вида:

штамп с жестким съемником и штампы с «мягким» съемником (рис.49). Жесткий съемник жестко прикреплен к остальным деталям штампа и съем происходит за счет движения деталей штампа. Мягкий съемник подвижен и съем детали производится движением съемника. За счет того, что мягкий съемник подвижен, он может выполнять роль прижима.

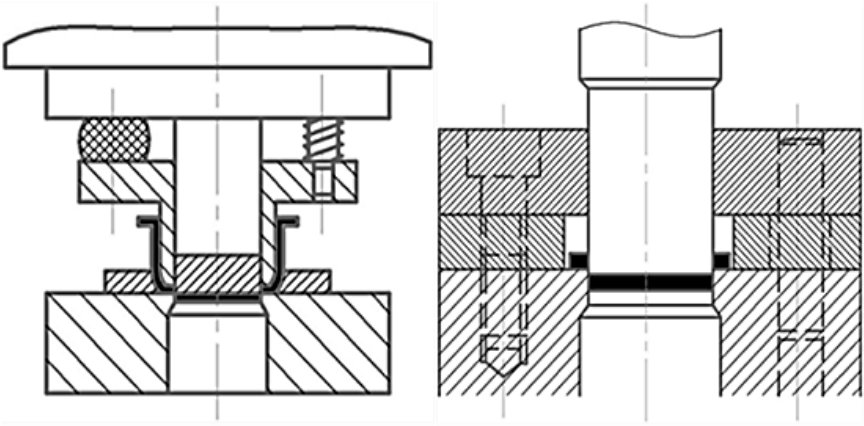


Рис. 49. Применение съемников в штамповой оснастке («мягкий» и жесткий)

Выбор вида съемника производится из условий проектирования. При наличии жесткого съемника легче обеспечить безопасность работы, закрыв опасную зону. Так же жесткий съемник обеспечивает съем при высоких усилиях съема. Однако мягкий съемник обеспечивает прижим заготовки предотвращая изгиб при резе.

Согласно рисунку 50, изгиб детали может привести как к изменению формы детали и необходимости ее правки в дальнейшем, так и к изменению размеров детали. Изгиб при резке происходит в связи с возникновением крутящего момента между пуансоном и матрицей (рис. 51).

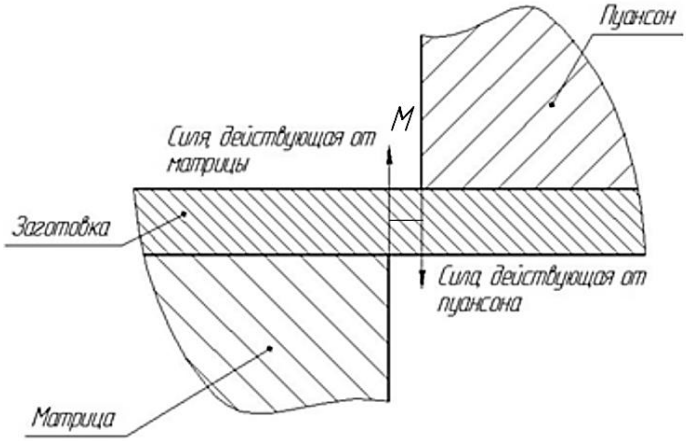



Рис. 50. Действующие силы при вырубке детали

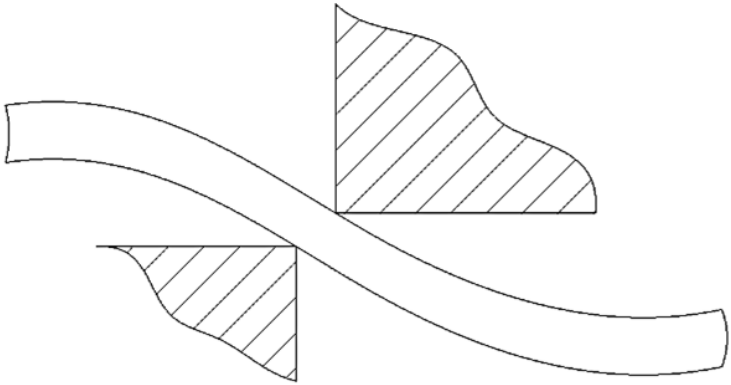


Рис. 51. Процесс начала реза

Деталь принимает следующее положение, и рез происходит не по нормали к поверхности полосы (рис. 52).

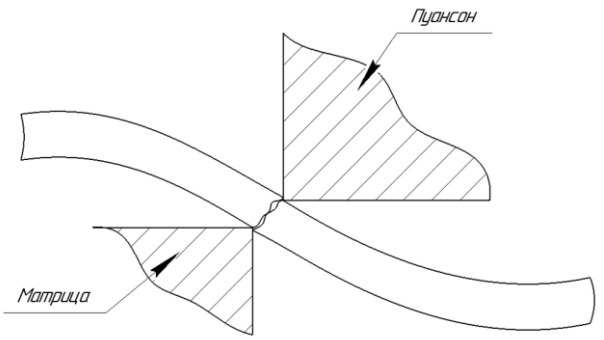



Рис. 52. Образование скола

Деталь после скола имеет следующий вид (рис. 53).




Рис. 53. Вырубленная деталь с сколом на торце

Соответственно если ее распрямить, то габариты такой детали будут больше, чем габарит матрицы, и не будет соответствовать требуемым размерам. При больших толщинах материала, при которых имеет место большой зазор между пуансоном и матрицей и малых допусках на готовое изделие подобный эффект может привести к получению бракованной детали с размерами, превышающими предельно допустимые. Малая перемычка между деталями способна еще больше усугубить этот эффект. Однако следует учитывать и то, что при повышении толщины детали увеличивается ее устойчивость к изгибу.

Поэтому как правило прижим применяется при вырубке деталей толщиной менее 1 мм.

Так как толщина материала в нашем примере 2 мм, то принимаем конструкцию штампа с жестким съемником (рис. 54). Толщина съемника выбирается из условия обеспечения жесткости и прочности, для чего необходимо произвести соответствующий расчет. На практике такого расчета не производится, а толщина выбирается из опыта производства и обеспечения гарантированной жесткости (табл. 11).

Таблица 11. Зависимости крепежа винтов, от толщины съемника

| Диаметр винта, мм | Толщина съемника, мм |
|---|---|
| 8 | 12 |
| 10 | 14 |
| 12 | 16 |
| 16 | 20 |
| 20 | 24 |

Примем в рассматриваемом случае толщину съемника 14 мм.

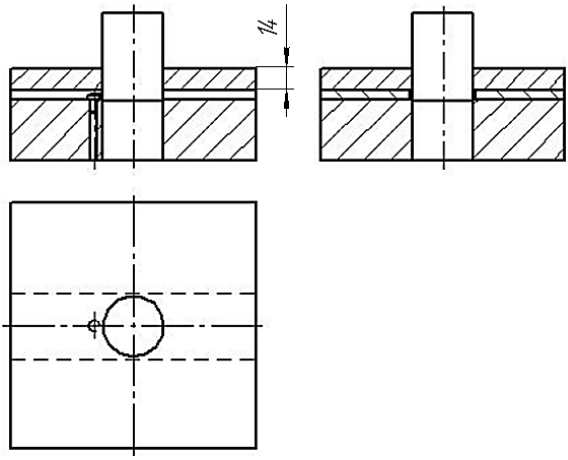



Рис. 54. Конструкция штампа с жестким съемником

Зазор между пуансоном и съемником имеет определенное значение (табл.12). Он должен быть таким, чтобы в него не затек материал и зависит от материала: его толщины и твердости. При использовании значений из справочников следует иметь в виду, что приводимые значения являются максимально допустимыми и их следует уменьшать в 2 ÷ 3 раза. В данном случае это 0,3 мм на сторону.

Таблица 12. Зазор между пуансоном и съемником в зависимости от марки материала детали и толщины [7]

| Марка материала | Максимальный зазор, $z_1$ | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Толщина материала | | | | | | | | | | | |
| | 0,1 | 0,2 | 0,35 | 0,5 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 4 |
| Медь мягкая М1, М2, М3 | 0,04 | 0,08 | 0,15 | 0,20 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,3 | 1,7 |
| Латунь Л63, Л68 мягкая | 0,05 | 0,1 | 0,18 | 0,25 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,3 | 1,6 | 2,2 |
| Латунь ЛС59-1 мягкая | 0,06 | 0,12 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 2,3 |
| Сталь 10 и 45 | 0,09 | 0,18 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,2 | 2,6 | 3,5 |
| Дюралюминий Д1А | 0,10 | 0,20 | 0,35 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,9 | 2,4 | 2,9 | 3,9 |
| Алюминиевый сплав АМц | 0,14 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 2,1 | 2,9 | 3,6 | 4,3 | 5,8 |

Из принятых значений толщин грибкового упора и направляющих планок получается, что для проталкивания полосы над упором остается расстояние 6 – 3 = 3 мм. С учетом толщины материала 2 мм остается зазор в 1 мм. В такой зазор будет достаточно трудно

продвинуть полосу, тем более что она будет неровной и иметь некоторый изгиб, в процессе штамповки. Для облегчения проталкивания полосы увеличим толщину направляющих планок с 6 мм до 8 мм, это обеспечит гарантированный зазор в 3 мм и свободное проталкивание.

С целью обеспечения равномерного технологического зазора между пуансоном и матрицей по всему контуру вырубки в конструкцию штампа необходимо ввести направляющие элементы. Их функция – гарантировать неизменность заданной величины припуска и соосность рабочих деталей в процессе их относительного перемещения при рабочих ходах пресса. В штампах эту функцию обычно выполняют направляющие колонки со втулками, запрессованные в нижнюю и/или верхнюю плиты соответственно, к которым уже крепятся матрица и пуансон. Устанавливать колонки в матрицу не экономично, потому что потребует увеличения ее размера для их размещения, а матрица изготавливается из инструментальной стали, которая не только дорога сама по себе, но и трудна и трудоемка в обработке. Поэтому матрица выполняется размером необходимым для размещения крепежа и выполнения требований по технике безопасности и крепится к нижней плите, а пуансон соответственно к верхней, если применяется прямое расположение рабочих деталей.

В общем случае применяются колонки по ГОСТ 13119-81 «Колонки направляющие ступенчатые» (рис. 55) [15], имеющие посадочную часть, предназначенную для надежной запрессовки в плиту, и рабочую, обеспечивающую направление по втулке.

Втулки (рис. 56) в основном применяются по ГОСТ 13121-83 «Штампы для листовой штамповки. Втулки направляющие ступенчатые» [16].

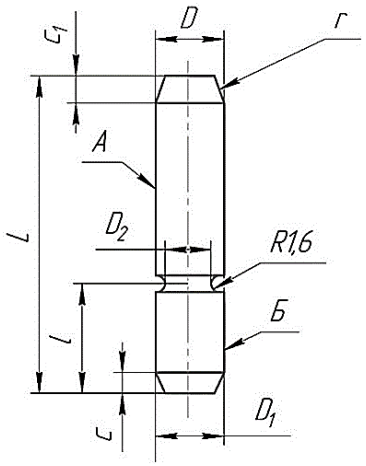



Рис. 55. Конструкция и размеры колонки направляющей ступенчатой [15]

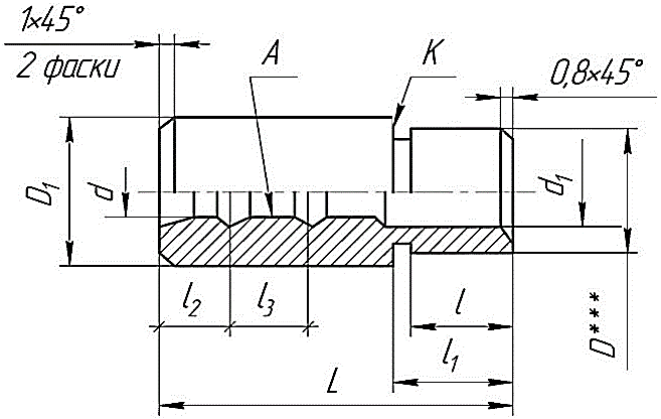



Рис. 56. Конструкция и размеры втулки направляющей [16]

В случае, когда зазор между пуансоном и матрицей менее 0,01 мм на сторону, то применять стандартные колонки не рекомендуется, а выполнять собственные идентичные по конструкции

с ГОСТ, но на диаметр, сопрягаемый со втулкой, ставится не допуск, а приписка «Притереть по соответствующим втулкам с зазором 2-3 мм на сторону». При этом зазор между втулкой и колонкой назначается меньшим в 2-3 раза, чем зазор между пуансоном и матрицей. Если условия производства не позволяют выполнить притирку с требуемым размером, то применяются колонки с шариковыми направляющими по ГОСТ 14676-83 «Штампы для листовой штамповки. Узлы направляющие шариковые для штампов» (рис. 57) [17]. Данная система представляет собой подобие подшипника, где шарики, закрепленные в сепараторе, находятся между колонкой и втулкой. При применении шариковых направляющих выход колонок из втулок при рабочем ходе пресса не допускается.

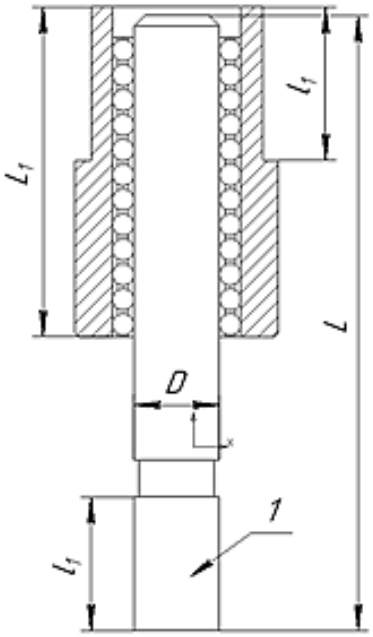



Рис. 57. Конструкция и размеры шариковых направляющих узлов [17]

Количество и диаметр колонок выбирается в зависимости от толщины материала, габаритов штампа, типа штампа. В общем случае для штампов, выполняющих разделительные операции, используют три колонки, но при вырубке (пробивке) простого контура небольших размеров возможно применение и двух колонок. Четыре колонки используют только в крупных штампах. Диаметр применяемых колонок зависит от усилия вырубки и в общем случае можно применить следующее правило: при вырубке на прессах усилием 160 кН и 250 кН использовать колонки 20 или 25 мм, на прессах 400 кН - 25 мм или 28 мм, 630 кН - 28 мм или 32 мм, 1000 кН - 32 мм или 36 мм и т.д. Расположение колонок должно обеспечивать наилучшее направление, не мешать укладке заготовок или подаче полосы, удалению материала и не загораживать обзор рабочей зоны (когда она открыта). Для обеспечения наилучшего направления колонки должны быть расположены как можно дальше друг от друга, располагаться симметрично относительно осей штампа. Однако это зачастую противоречит удобству подачи заготовок. Самый удобный вариант расположения колонок – две колонки позади матрицы. Однако такой вариант наихудший по точности направления из-за консольного расположения колонок. Наилучший вариант это с тремя колонками, обеспечивающих лучшее направление, но такой вариант сложен в изготовлении и не каждое инструментальное производство может его изготовить. Вариант расположения двух колонок на горизонтальной оси штампа проще в изготовлении, обеспечивает хорошее направление, но такой вариант не всегда возможно применить (так при подаче полосы справа налево они будут мешать, так как полоса будет в них упираться). Вариант расположения двух колонок по диагонали не рекомендуется из-за не очень хорошего направления и неудобства работы, он используется в особых случаях, когда другие варианты не подходят. Расположение колонок по углам плит обеспечивает хорошее направление, но на уровне трех

колонок, а четвертая колонка обеспечивает устойчивость конструкции к перекосам и применяется на больших штампах (рис. 58).

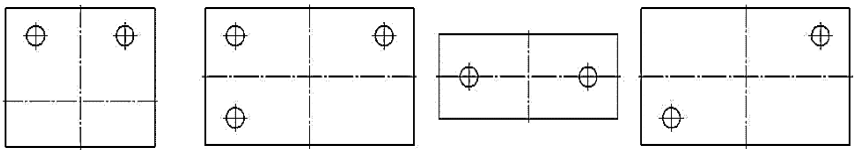


Рис. 58. Варианты расположения направляющих колонок

При выборе длины колонок необходимо учесть, что они не должны упираться в ползун (или в подштамповую плиту, если они закреплены в верхней плите) при нижнем положении пресса. Минимальный зазор, который должен остаться 5 ÷ 10 мм.

При работе штампа колонки не должны выходить из зацепления с втулками в верхнем положении пресса. Этого можно достичь за счет увеличения длины колонок и втулок или за счет ограничения хода ползуна пресса. Если этого невозможно предусмотреть (обычно это бывает на крупногабаритных прессах), то необходимо в конструкции штампа выполнить:

1. Заходную сторону колонок таким образом, чтобы она обеспечивала свободный их вход во втулки;
2. Колонки и втулки должны быть в зацеплении до момента касания пуансона заготовки.

В нашем примере применим три колонки диаметром 25 мм. Длину колонок и втулок выберем максимальную при которой они могут быть установлены в наш штамп. Таким образом обеспечится постоянное направление штампа, без выхода колонок из зацепления со втулками.

Верхние и нижние плиты штампов могут быть как литыми, так и механически обработанными; как стандартными, так и специальных конструкций. Вариант использования зависит от конкретного

производства. Существенных преимуществ того или иного варианта нет, так как трудоемкость изготовления зависит от развития конкретного производства (механического или литьевого), а использование стандартных плит целесообразно при проектировании штампов на однотипные детали.

Применим в нашем примере механически обработанные плиты.

Толщина плиты выбирается из условия обеспечения жесткости и прочности при изгибе, для чего необходимо произвести соответствующий расчет. На практике такого расчета не производится, а толщина выбирается из опыта производства и обеспечения гарантированной жесткости.

Примем в нашем примере толщину нижней плиты 35 мм, а верхней 30 мм.

Габариты плит выбираются из условия, что расстояние от колонок или втулок до других элементов должно быть не менее 3 мм (оптимально иметь расстояние 5 мм), а расстояние от центра отверстия под втулку до края плиты должно быть равно 1,1 ÷ 1,2 диаметра отверстия посадочного втулки. Расстояние от края полосы до края колонки должно быть 10 ÷ 15 мм для удобства подачи. Габарит верхней плиты нежелательно делать больше габарита нижней плиты. Во-первых, при работе на штампе, когда он установлен в прессе, габарит штампа определяется по нижней плите, потому что верхнюю плохо видно из-под ползуна и есть опасность травмирования оператора. Во-вторых, для транспортировки штампа, его необходимо захватить за нижнюю плиту и, если верхняя будет больше, сделать это будет проблематично. К тому же габарит нижней плиты понадобиться для крепления штампа к подштамповой плите прихватами. При назначении габаритов плит и координат отверстий следует помнить о нормальном ряде размеров согласно ЕСКД (рис. 59). Или же можно ставить размеры кратные 5, что будет удобно и при производстве, и при чтении чертежа.

Теперь расставим крепеж для соединения плиты, матрицы, планок и съемника. Требуемый диаметр винтов и штифтов зависти от усилия вырубки (и соответственно усилия съема) и габаритов матрицы. При конструировании штампов следует соблюдать правило унификации диаметров крепежных и фиксирующих элементов: диаметры установочных штифтов назначаются равными диаметрам крепежных винтов. Уменьшение диаметра штифтов по сравнению с винтами не допускается, так как это снижает надежность фиксации и усложняет обработку отверстий.

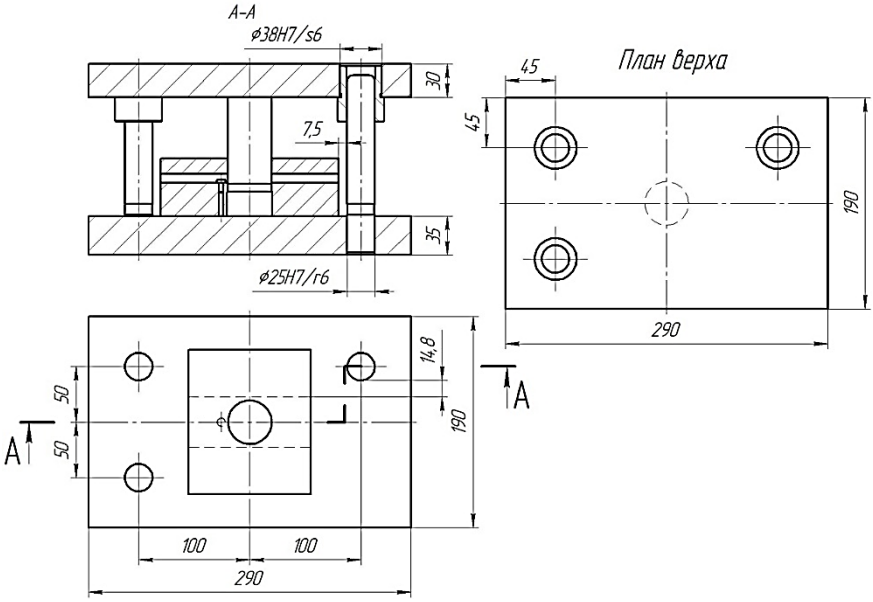



Рис. 59. Расположение в штампе направляющих колонок
и втулок и габариты плит нижней и верхней

При выборе крепежа сначала принимается предварительный размер матрицы, затем расставляется крепеж и далее размер матрицы корректируется. Данные, приведенные в таблице, не строго

обязательны к выполнению, а носят рекомендательный характер и могут корректироваться в зависимости от конкретных условий работы штампа. Основное условие, которое должно выполняться при выборе размеров и количества крепежа — это надежность крепления матрицы к пуансону, а съемника к матрице (или других элементов между собой в зависимости от конструкции штампа). Основное усилие, которое действует на крепеж – это усилие, возникающее при съеме отхода с пуансона. Это усилие передается через отход на съемник, а от съемника к матрице, и, при условии, что нижняя плита надежно прикреплена к подштамповой плите штампа, пытается оторвать матрицу и съемник от плиты. Также крепеж воспринимает усилия, возникающие от трения между собой частей штампа. При этом необходимо учесть, что возникающие нагрузки действуют не статически, а переменно и меняются во времени: от усилий, направленных вниз при ходе ползуна вниз, 0 - при крайнем нижнем положении ползуна, и усилий, направленных вверх при обратном ходе ползуна.

Винты могут быть рассчитаны на разрыв по следующей формуле:

$$\sigma_{\text{р}} = \frac{\text{Р}}{\frac{\pi \times d_1^2}{4}} \leq \sigma_{\text{д}},$$

где $\sigma_р$ – напряжение при разрыве, МПа (кгс/мм$^2$);

Р – растягивающая нагрузка (подсчитывается как отношение усилия съема к количеству винтов или болтов, одновременно воспринимающих эту нагрузку), Н, кгс;

$d_1$ – внутренний диаметр резьбы, мм;

$\sigma_д$ – допускаемое напряжение на разрыв, МПа, кгс/мм$^2$ (например, для Ст3 принимается равным 110...150 МПа или 11...15 кгс/мм$^2$).

Допускаемая нагрузка на резьбу при действии переменной нагрузки и условиях указана в таблице 13.

В штампах для крепления рекомендуется использовать винты с внутренним шестигранником по ГОСТ 11738-84 «Винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ класса точности А. Конструкция и размеры» (рис. 60), так как они обеспечивают наилучшее усилие затяжки [18].

Необходимая длина завинчивания должна быть 8÷12 витков, дополнительные витки работать не будут, поэтому использование необоснованно длинных винтов только увеличит толщины деталей, не обеспечив дополнительной прочности свинчивания. Рекомендуемая длина завинчивания резьбовых соединений составляет от 8 до 12 витков. Увеличение числа витков сверх указанного диапазона нецелесообразно, поскольку они не воспринимают рабочую нагрузку и не повышают прочность соединения. Применение излишне длинных винтов ведет лишь к неоправданному увеличению толщины сопрягаемых деталей. Выбор конкретного значения глубины завинчивания осуществляется по таблице 14.

Таблица 13. Допускаемая нагрузка на резьбу [7]

| Обозначение резьбы | Опасное сечение резьбы, $см^2$ | Допускаемая нагрузка при изготовлении из стали, Н | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 35 | 45 | 40 Х |
| М 6 | 0,17 | 1600 | 1900 | 3000 |
| М 8 | 0,31 | 3000 | 3400 | 5400 |
| М 10 | 0,49 | 4700 | 5400 | 8600 |
| М 12 | 0,71 | 6800 | 7800 | 12400 |
| М 16 | 1,37 | 13000 | 15000 | 24000 |
| М 20 | 2,15 | 20400 | 23700 | 37600 |
| М 22 | 2,70 | 25700 | 29700 | 47300 |
| М 24 | 3,10 | 29500 | 34100 | 54300 |
| М 27 | 4,10 | 39000 | 45100 | 71800 |
| М 30 | 4,55 | 43200 | 50000 | 79600 |
| М 36 | 7,30 | 69400 | 80300 | 127800 |

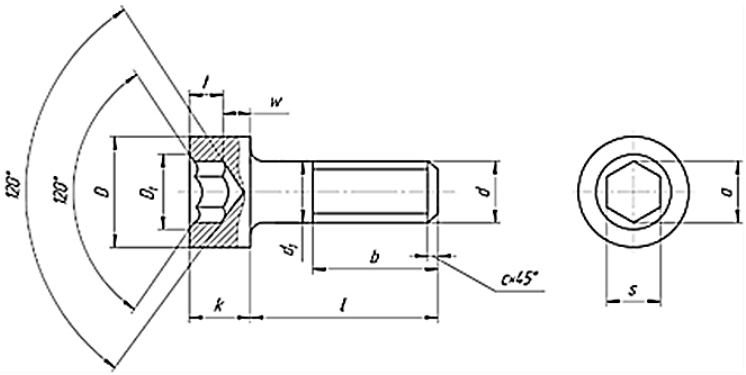



Рис. 60. Конструкция и размеры винтов по ГОСТ 11738-84 [18]

Таблица 14. Глубина завинчивания для винтов [7]

| Обозначение резьбы | Шаг резьбы | Глубина завинчивания |
|---|---|---|
| М4 | 0,7 | 6…8 |
| М5 | 0,8 | 8…9 |
| М6 | 1,0 | 9…10 |
| М8 | 1,25 | 12…14 |
| М10 | 1,5 | 14…16 |
| М12 | 1,75 | 16…20 |
| М16 | 2,00 | 18…24 |
| М20 | 2,5 | 22…30 |
| М24 | 3,0 | 25…36 |

Для увеличения прочности резьбового соединения необходимо взять резьбу большего диаметра. Длину нарезаемой резьбы в детали необходимо брать не длиннее необходимой с учетом недореза и сбега резьбы по ГОСТ 10549-80 «Выход резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски» [19]. Дальнейшее нарезание резьбы нецелесообразно увеличивает трудоемкость изготовления оснастки. Штифты

используются обыкновенные по ГОСТ 3128-70 «Штифты цилиндрические незакаленные. Технические условия» (рис. 61) [10].

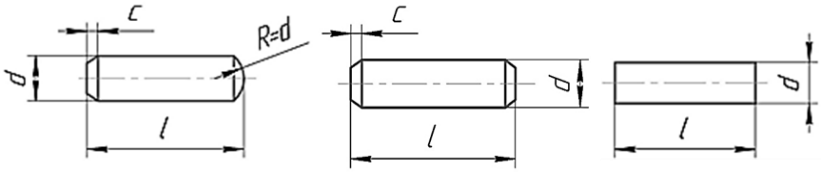



Рис. 61. Конструкция и размеры штифтов по ГОСТ 3128-70 [10]

При расстановке штифтов нужно иметь в виду, что для возможности разборки конструкции должен быть доступ к штифту с двух сторон: как для забивки, так и для выбивки. Если это невозможно обеспечить, то используются штифты по ГОСТ 12207-79 «Штифты цилиндрические с внутренней резьбой. Технические условия» (рис. 62) [20].

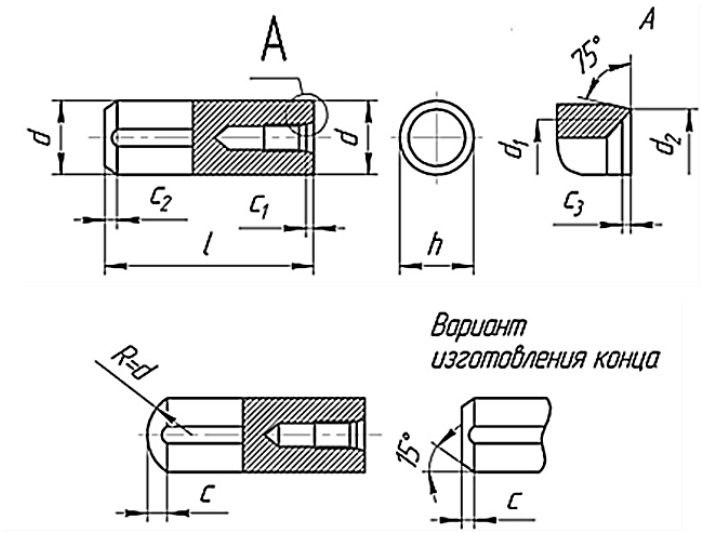



Рис. 62. Конструкция и размеры штифтов по ГОСТ 12207-79 [20]

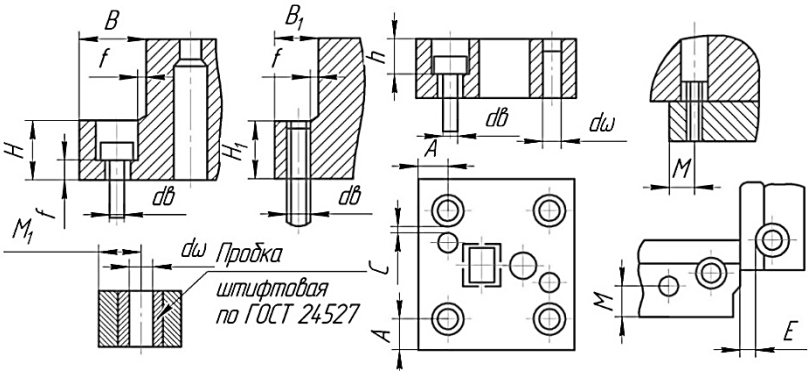
Минимально допустимая длина рабочей части штифта в сопрягаемой детали должна составлять не менее 2–2,5 его диаметра. Только при таком вхождении обеспечивается надежная фиксация и исключается перекос или выдавливание штифта под нагрузкой. При этом остальное отверстие делается обычно большим на 1 мм. Также допускается при необходимости выполнять оставшуюся длину отверстия как того же диаметра (только со свободным допуском), так и меньшего диаметра.

Направление завинчивания допускается любое, как от плиты к матрице, так и от матрицы к плите с обеспечением удобства сборки и разборки пакета. Допускается крепить весь пакет, состоящий из плиты нижней, матрицы, планки и съемника винтами и штифтами насквозь. Однако такой способ следует применять лишь при особой необходимости, так как это затрудняет сборку и разборку пакета. Целесообразно крепить отдельно съемник, планки и матрицу и отдельно плиту нижнюю с матрицей. Это позволяет производить последовательную сборку и пригонку отдельных деталей штампа друг с другом.

Важное уточнение по термообработке: плиты штампа и съемник в данной конструкции не подвергаются закалке и используются в сыром (нормализованном) состоянии. В то же время матрица и направляющие планки проходят полный цикл закалки для обеспечения необходимой износостойкости.

Значения в таблице 15 рекомендуемые и их использование обеспечит достаточно длительное время эксплуатации штампа и гарантированно не приведет к таким нежелательным дефектам как трещины, сколы и разрушения (если конечно в деталях при обработке не проявятся такие дефекты материала как раковины и др. брак материала). Однако в особых случаях возможно применение и перемычек меньших, указанных в таблице, но не менее 3 мм в незакаленных деталях, и 5 мм в закаленных.

Таблица 15. Минимальные расстояние между отдельными крепежными изделиями и между крепежными изделиями и элементами конструкции [7]




| Размер в детали | Состояние скрепляемой стальной детали | Диаметр винта ($d_B$) или штифта ($d_ш$), мм | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 20 |
| A | Закаленная | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 22 | 26 |
| | Незакаленная | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 20 |
| B | Закаленная | 16 | 20 | 23 | 26 | 30 | 36 | 42 |
| | Незакаленная | 14 | 17 | 20 | 22 | 26 | 30 | 36 |
| $B_1$ | Закаленная | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 28 | 34 |
| | Незакаленная | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 30 |
| C | Закаленная | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 |
| | Незакаленная | 3 | 4 | 5 | 6 | | 8 | |
| r | Закаленная | 4 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 13 |
| | Незакаленная | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 |
| H | Закаленная | 10 | 15 | 18 | 20 | 25 | 30 | 36 |
| | Незакаленная | 10 | 13 | 16 | 19 | 20 | 25 | 30 |
| $H_1$ | Любое | | 12 | 15 | 18 | | | |
| h | | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 21 |
| M | Закаленная | 9 | 11 | 13 | 15 | 16 | 20 | 25 |
| | Незакаленная | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 20 |
| $M_1$ | Закаленная | 10 | 12 | 16 | 18 | - | 22 | 28 |
| E | | 6 | 8 | 9 | 10 | 11 | 13 | 16 |

Существуют еще несколько требований при расстановке крепежа:

1. Винты должны располагаться ближе к месту возникновения нагрузки (так как чем ближе винт, тем меньше возникающий рычаг, образующийся от точки приложения нагрузки до винта);
2. Штифты для обеспечения наилучшей фиксации должны располагаться как можно дольше друг от друга;
3. Для фиксации деталей в одном узле достаточно двух штифтов. Допускается использовать и большее количество при фиксации узких и длинных деталей или имеющих очень большие габариты.

При расстановке крепежа может сложиться такая ситуация, что габарит матрицы можно уменьшать практически до соприкосновения штифтов, что недопустимо. Минимальное расстояние в таком случае следует принимать как расстояние 40 мм между центрами отверстий под штифты.

На основании вышеизложенного разместим крепеж на нашем штампе (рис. 63). Стоит отметить, что этап размещения крепежа должен быть сразу после определения ширины полосы, рабочих размеров деталей и центра давления штампа, так как расстановка крепежа зачастую определяет габарит пакета штампа.

Поскольку для фиксации необходимо только два штифта, а крепление сделано совместное между матрицей, планками и съемником, то под «лишние» штифты в съемнике сделаны освобождения.

Как можно заметить все размеры проставлены от осей. Это необходимое правило черчения штампов согласно ГОСТ 2.424-80 «ЕСКД. Правила выполнения чертежей штампов»: все размеры штампа должны быть проставлены от осей штампа [8]. Оси штампа тоже должны быть подписаны.

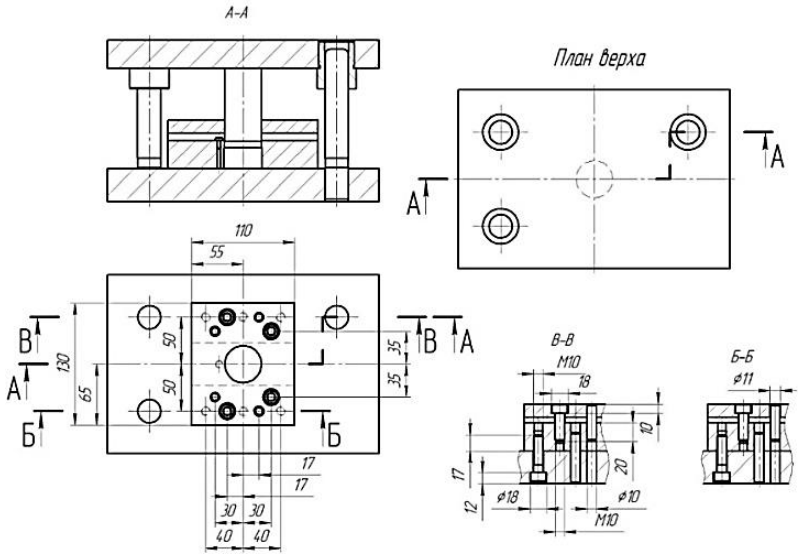



Рис. 63. Чертеж штампа с размещенным крепежом на плане низа

Далее при деталировке штампа на координаты отверстий следует проставлять следующие допуски (табл. 16):

– Координаты отверстий для штифтов назначаются в чертежах всех деталей от осей штампа с допуском ±0,01 мм.

– Для винтов диаметры отверстий и допуски на координаты от осей штампа назначать согласно таблице 16.

Таблица 16. Допуска на винты [7]

| Диаметр винта, мм | Диаметр отверстия под винт, мм | Допуск, мм |
|---|---|---|
| 4 | 4,5 | ± 0,1 |
| 5 | 5,5 | ± 0,1 |
| 6 | 6,5 | ± 0,1 |
| 8 | 9 | ± 0,2 |
| 10 | 11 | ± 0,2 |
| 12 | 13 | ± 0,2 |
| 16 | 17 | ± 0,2 |
| 20 | 21 | ± 0,2 |

После расстановки размеров крепежа можно откорректировать общие габаритные размеры штампа. И одновременно с этим, введем освобождение в съемнике сверху и заходной угол в планках для более удобного укладывания полосы (рис. 64).

Для удаления вырубленных деталей в плите необходимо предусмотреть провальное отверстие, через которое готовая деталь будет падать в отверстие в плите пресса. Провальное отверстие в плите штампа должно быть на 1÷3 мм больше провального отверстия в матрице. По возможности форму провального отверстия в плите следует упрощать, однако не следует сильно освобождать пространство под матрицей, чтобы рабочая ее часть не висела в воздухе.

Если в плите пресса нет отверстия, то необходимо предусмотреть сквозные пазы внизу плиты штампа для удаления деталей путем их проталкивания через эти пазы (рис. 65).

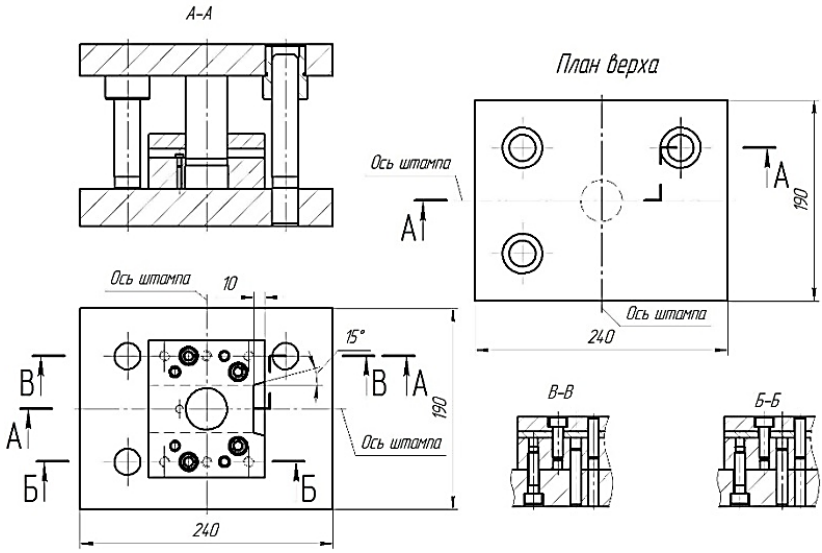



Рис. 64. Чертеж штампа с откорректированными габаритами и с освобождением под полосу

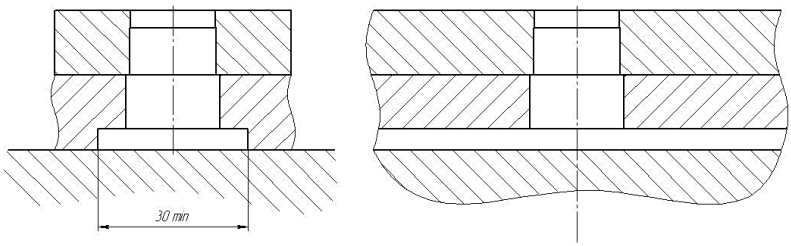



Рис. 65. Виды пазов для удаления деталей в нижней плите:
а – поперечный паз; б – продольный паз

Если отверстие в матрице выходит за пределы провального отверстия в плите пресса, то отверстие в нижней плите штампа делается под определенным углом, который позволит детали упасть в отверстие в прессе. Угол можно брать не более 45º от вертикали, а рекомендуемое значение 30º от вертикали (рис. 66).

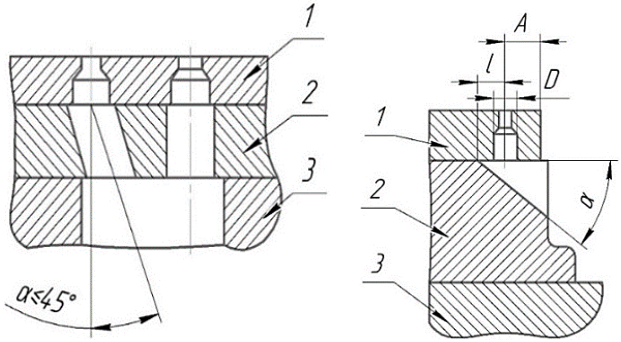



Рис. 66. Применение скосов в нижней плите [7]:
1 – матрица; 2 – плита штампа; 3 – плита пресса

Если деталь превышает размеры отверстия в плите пресса (или если его нет) применяют лотки для сбора отхода и/или готовых деталей (рис. 67).

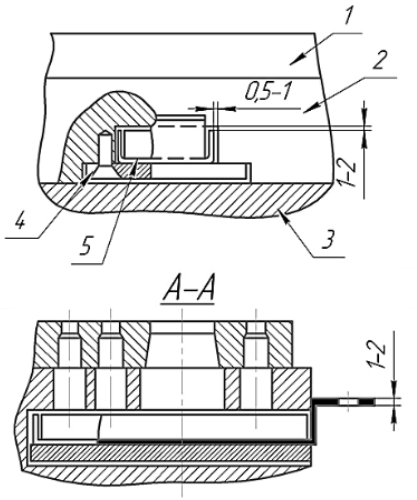



Рис. 67. Конструкция и размеры лотка в нижней плите [7]:
1 – матрица; 2 – плита нижняя; 3 – плита пресса; 4 – планка; 5 – лоток

В нашем штампе применим провальное отверстие в нижней плите штампа диаметром Ø 42 мм, что на 1,5 мм больше провального отверстия высвобождения под рабочим пояском в матрице.

Перед рассмотрением крепления пуансона к верхней плите, рассмотрим крепление штампа к прессу.

Существует несколько основных способов крепления штампа к прессу:

– С помощью прихватов (крепление прихватами верхней части штампа к ползуну не рекомендуется);

– С помощью болтов для станочных приспособлений, которые вставляются в Т-образные пазы в подштамповой плите или ползуне пресса и в специальные пазы в плитах штампа, а затем затягиваются гайкой;

– Крепление верхней части штампа к ползуну через хвостовик.

Крепление с помощью болтов для станочных приспособлений является предпочтительным, однако их применение приводит к увеличению габаритов штампа, а иногда и нецелесообразно, когда Т-образные пазы в прессе проходит мимо штампа. Поэтому использование того или иного способа выбирается с учетом конструкции каждого конкретного штампа.

Для закрепления нижней плиты штампа прихватами требуется длина паза за пределами нижней плиты штампа – не менее 100 мм. Поэтому следует устанавливать наибольшую длину нижних плит штампа в случае крепления прихватами (табл. 17).

Площадка плиты штампа для крепления к прессу с помощью прихватов для штампов должна быть не менее 16 мм.

При креплении верхней части штампа при помощи хвостовика, его размеры должны соответствовать размеру отверстия в ползуне пресса. Применение переходных втулок на хвостовике допускается только в том случае, если хвостовик используется только для центрирования, а крепление производится с помощью других средств.

Таблица 17. Допускаемые размеры нижней плиты штампа

| Усилие пресса, кН (тс) | Длина стола, мм | Длина нижней плиты штампа, мм |
|---|---|---|
| 160 (16) | 420 | 250 |
| 250 (25) | 500 | 330 |
| 400 (40) | 600 | 400 |
| 630 (63) | 710 | 500 |
| 1000 (100) | 850 | 640 |

Нами выбран пресс усилием 160 кН и габарит нижней плиты проходит под крепление прихватами. Верхнюю часть штампа закрепим через хвостовик. У пресса усилием 160 кН диаметр отверстия под хвостовик составляет Ø 40 мм. Выберем вариант хвостовика.

Ниже приведены варианты конструкций хвостовиков (табл. 18). Наиболее часто используемыми конструкциями являются с буртиком и без буртика с резьбой. Плавающие хвостовики целесообразно использовать при применении шариковых направляющих. Конструкция хвостовика с буртиком предпочтительна, так как обеспечивает наилучшее центрирование и не разбалтывается со временем как хвостовик с резьбой. Хвостовик с резьбой применяется в случаях, когда нельзя поставить хвостовик с буртиком и только в формообразующих штампах, в разделительных штампах его применение крайне нежелательно. Хвостовики с фланцем удобны в плане установки и замены, центрируют лучше, чем хвостовик с резьбой, но требуют большего места для крепления. Выберем вариант хвостовика с буртиком (рис. 68).

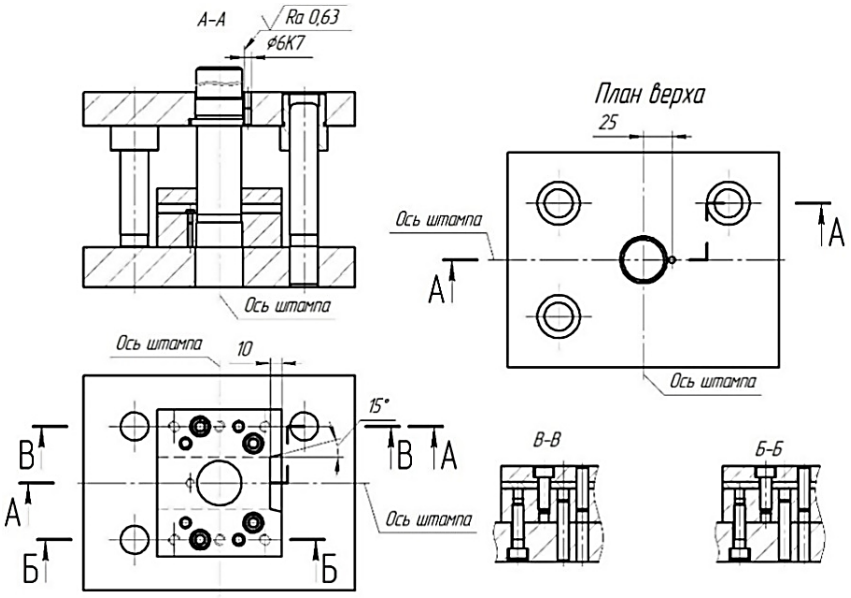
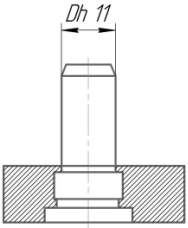
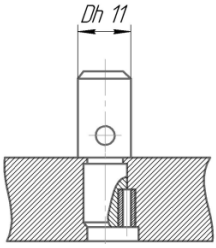
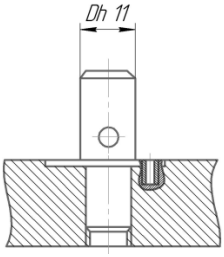
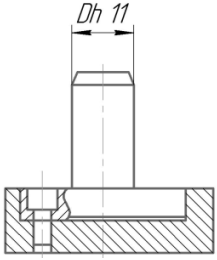
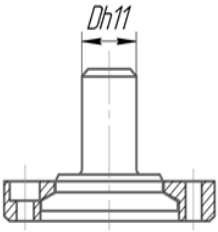
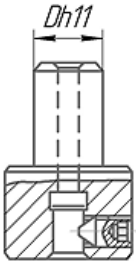
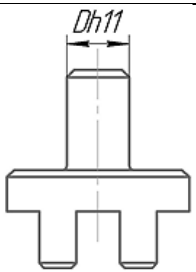



Рис. 68. Штамп с хвостовиком

Таблица 18. Виды хвостовиков [7]

| Наименование хвостовиков | Эскизы | Применение |
|---|---|---|
| С буртиком ГОСТ 16715 «Хвостовики с буртиком для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры» |  | Для всех нормализованных разделительных штампов |
| Без буртика с резьбой ГОСТ 16716 «Хвостовики с резьбой для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры» |  | Для вытяжных и гибочных штампов |
| С резьбой и буртиком ГОСТ 16717 «Хвостовики с резьбой и буртиком для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры» |  | |
| С фальцем ГОСТ 16718 «Хвостовики с фальцем для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры» |  | Для всех нормализованных разделительных штампов |

Продолжение таблицы 18. Виды хвостовиков [7]

| Наименование хвостовиков | Эскизы | Применение |
|---|---|---|
| Плавающие ГОСТ 16719 «Хвостовики плавающие для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры» |  | Для тонколистовых материалов (толщиной 0,5 мм) для штампов, армированных твердым сплавом, в блоках с шариковыми направляющими |
| С отверстием под пуансон ГОСТ 16720 «Хвостовики с отверстием под пуансон для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры» |  | Для вытяжных штампов |
| Вильчатые ГОСТ 16721 «Хвостовики вильчатые для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры» |  | Для вытяжных штампов |

Как видно, мы вставили штифт, предотвращающий проворот хвостовика. Элементы фиксации хвостовика указаны в ГОСТах на них. Эти элементы выполняются после сборки хвостовика со штампом, поэтому размеры, шероховатость и координаты на отверстие ставится на сборочном чертеже. В деталировке это отверстие не показывается. В случае прорисовки данного отверстия в деталировке, размеры на координаты ставятся со справкой, а размер на диаметр

заключается в круглые скобки и делается приписка в ТТ чертежа: «Размеры в скобках – после сборки».

Теперь выберем способ крепления пуансона к верхней плите штампа (рис. 69). Есть три основных способа крепления пуансона:

1. Пуансоны, выполненные совместно с хвостовиком (их мы рассмотрели в самом начале);
2. Пуансоны с креплением непосредственно к верхней плите (для пуансонов больших габаритов);
3. Крепление через пуансонодержатель.

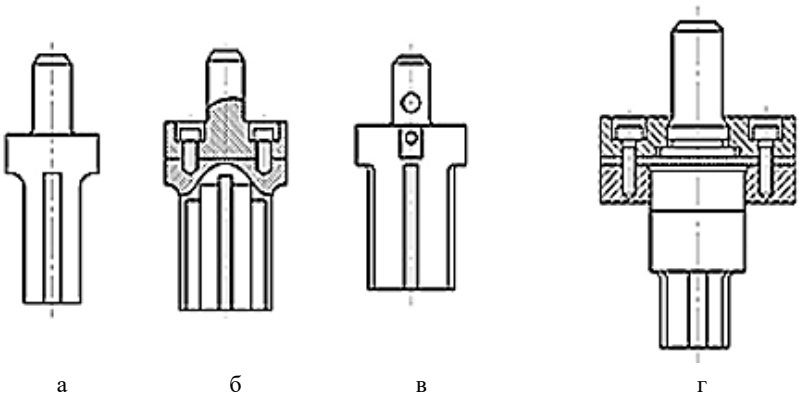



Рис. 69. Варианты крепления пуансона к верхней плите [7]

Выполнение пуансонов совместно с хвостовиком (вариант, а) или крепление хвостовика непосредственно к пуансону (вариант б, в) предполагает отсутствие направления пуансона по матрице и, следовательно, такой вариант не рекомендуется. Вот вариант г – это и есть крепление пуансона к верхней плите в пуансонодержателе.

Остальные два варианта равноценны. Третий вариант применяется, когда нет места разместить крепления к плите или нет возможности вставить крепление в пуансон. Например, в нашем штампе хвостовик мешает разместить штифты и винты. Но если даже его не

было, сам габарит пуансона недостаточен, для размещения крепежа. Поэтому мы будем использовать пуансонодержатель. Толщина пуансонодержателя должна составлять приблизительно треть высоты пуансона для обеспечения направления.

Крепление пуансона в пуансонодержателе бывает двух видов с расклепкой и с буртиком (рис. 70).

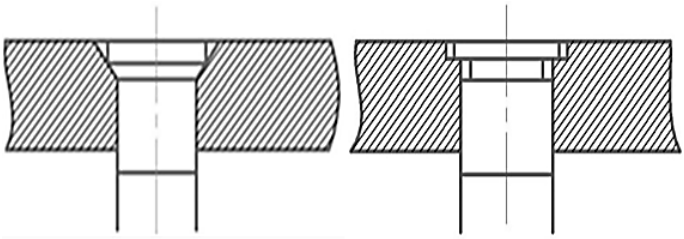


Рис. 70. Варианты крепления пуансона в пуансонодержателе [7]

В обоих вариантах пуансон вставляется в пуансонодержатель по посадке с натягом H7/n6. Вариант с буртиком предпочтительней, так как он обеспечивает наибольшую прочность. Вариант с расклепкой используется для сложных фасонных контуров, где выполнение буртика очень трудоемко.

Диаметр буртика принимается на 3 ÷ 5 мм больше посадочного диаметра пуансона в пуансонодержатель. Высота буртика варьируется от 4 мм для малоразмерных штампов, 6 мм для средних и 8 мм для крупных. Диаметр освобождения в пуансонодержателе под буртик делается на 1 ÷ 2 мм больше диаметра буртика пуансона. При выполнении буртика допуск на его толщину ставится + 0,1 мм, а на пуансонодержателе допуск на глубину цековки под буртик ставится - 0,1 мм. Это делается для обеспечения гарантированного выступания буртика из пуансонодержателя после чего производится их совместная шлифовка, для чего в чертеже пуансона делается соответствующая запись. Совместная шлифовка обеспечивает ровное

прилегание пуансона без перекосов. При расклепанном пуансоне делается тоже самое только в чертеже не указывается толщина буртика, а дается необходимая дополнительная высота под расклепку.

Применим в нашем варианте пуансон с буртиком, так как вырубаемый контур не является фасонным.

Крепление пуансонодержателя к верхней плите расставляется по таким же принципам, как и крепление матрицы к плите (рис. 71). С одним условием, винты всегда должны вкручиваться в пуансонодержатель.

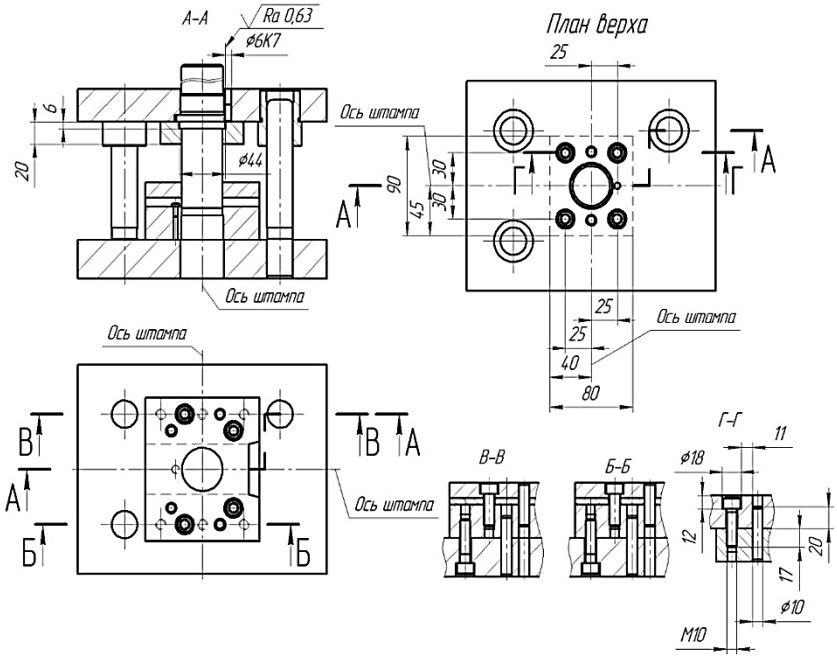



Рис. 71. Чертеж штампа с пуансонодержателем

Также требуется определить необходимость применения подкладной плитки. Она применяется как прокладка между каленой деталью, воспринимающей некоторую нагрузку (в рассматриваемом

случае пуансон) и некаленой, на которую эта нагрузка передается. Она применяется при удельном давлении, передаваемом через опорную часть, свыше 50 МПа (5 кгс/см$^2$) при чугунных плитах и 100 МПа (10 кгс/см$^2$) при стальных плитах. Посчитаем удельное давление, передаваемое пуансоном:

$$\sigma = \frac{P_{\text{выр}}}{S_{\text{опоры}}} = \frac{9550{,}44}{\frac{\pi \times 44^2}{4}} = 6{,}28 \text{ кгс/мм}^2 = 628 \text{ кгс/см}^2.$$

Следовательно, необходимо применять подкладную плитку. Толщину ее обычно берут минимально 5 мм. Применим в рассматриваемом случае также 5 мм.

Ближний правый угол верхней плиты, который остался свободным от колонки, рекомендуется срезать для уменьшения массы штампа, а также для лучшего контроля укладывания полосы (рис. 72).

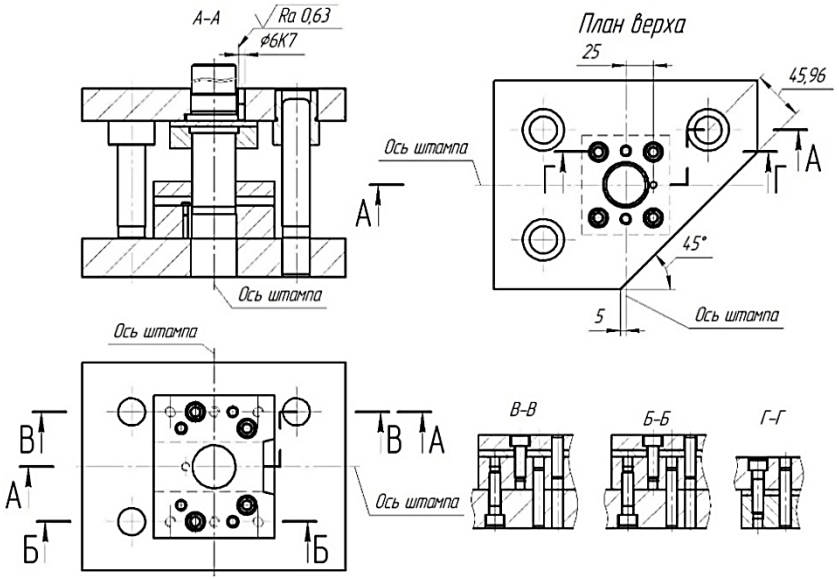



Рис. 72. Чертеж штампа со срезанным углом верхней плиты

Необходимо сказать несколько слов о форме пунсона. В рассматриваемом случае пуансон простой формы и ровных размеров, поэтому делать рабочую часть и посадочную часть разными не имеет смысла. Однако при сложных формах пуансона, при малом диаметре рабочей части имеет смысл рабочую часть и посадочную делать разной формы и размеров. Для пуансонов со сложной, фасонной рабочей частью посадочную часть следует делать простой формы. При этом наибольшие размеры рабочей части могут совпадать с габаритными размерами посадочной части (рис. 73).

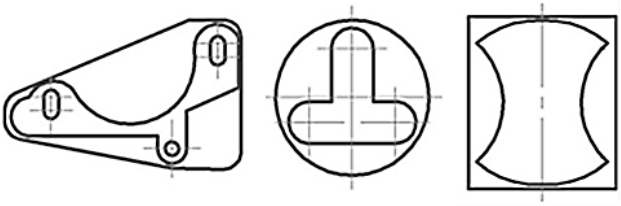


Рис. 73. Габариты посадочной части [7]

Если же сделать посадочную часть простой формы в пуансонодержателе нет возможности, то посадочный контур пуансонодержателя пригоняется по пуансону (вырубному или пробивному) по посадке N7/h6. При этом в чертеже пуансонодержателя в ТТ делается запись: «Обеспечить посадку с пуансоном ... (№ чертежа пуансона)».

В случае, когда зазор между пуансоном и матрицей менее 0,01 мм на сторону, не следует применять пуансоны по ГОСТ, так как у них предельное отклонение посадочного диаметра предусмотрено по квалитету n6, что соответствует переходной посадке (при применяемой в общем случае посадке в пуансонодержателе по H7); в переходной посадке при определенном сочетании действительных размеров вала и отверстия возможно их сопряжение друг с другом с зазором (хотя и с небольшим), что недопустимо. В этом случае

надо в соединении пуансона с пуансонодержателем применять посадку исключающую зазор в посадке.

При малом диаметре рабочей части, посадочную часть обычно увеличивают для придания пуансону прочности.

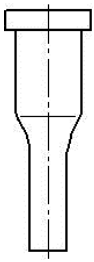


Рис. 74. Пуансон по ГОСТ

При проектировании штампов по возможности нужно использовать стандартные пуансоны (рис. 74) по ГОСТ 16621-80 «Пуансоны круглые диаметром от 1 до 24 мм. Конструкция и размеры», ГОСТ 16623-80 «Пуансоны круглые с увеличенным посадочным диаметром. Конструкция и размеры», ГОСТ 16625-80 «Пуансоны круглые диаметром от 24 до 52 мм. Конструкция и размеры» (по порядку обозначений) [24-26].

При проектировании штампа необходимо продумать такелажные узлы. Если штамп весит более 20 кг они обязательны к использованию (согласно ГОСТ 12.2.109-89 «Штампы для листовой штамповки. Общие требования безопасности»). Такелажные узлы подбирается в зависимости от веса штампа. Если масса верхней части штампа превышает 20 кг, такелажные элементы предусматривают отдельно для верхней и нижней его частей. При этом расчет веса следует вести в соответствии с общей массой штампа (сумма верхней и нижней частей). При транспортировке штамп обычно фиксируют за такелажный узел, размещенный в нижней части штампа, а верхний такелажный узел необходим для разъема

штампа. Верхний такелажный узел штампа должен выдерживать общий его вес, так как разъем обычно происходит достаточно затруднительно, для этого штамп постепенно поднимают на небольшие высоты, при этом поднимается весь штамп, а дальше с помощью слабых простукиваний штамп разнимается.

В рассматриваемом случае применим такелажный узел (рис. 75) по ГОСТ 8922-69 «Винты грузовые (цапфы). Конструкция» [27] только в нижней части штампа (возможно применение и других ГОСТ, например, ГОСТ 4751-73 «Рым-болты. Технические условия») [28].

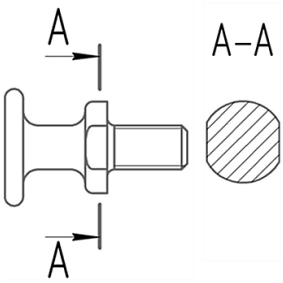



Рис. 75. Цапфа грузовая [27]

Самая важная задача при проектировании штампа – обеспечение безопасности при его работе. При проектировании необходимо учитывать не только возможные риски получения травм, но и случайные. А также предотвращать травмирование при поломке штампа. Знание ГОСТ 12.2.109-89 «Общие требования безопасности» обязательно при работе со штампами [29].

Степень безопасность (согласно ГОСТ 12.2.109-89) – это характеристика, отражающая выполнение норм техники безопасности и оснащенность штампа техническими средствами для обеспечения безопасности работы [29].

Поскольку знание этого ГОСТа обязательно, то его объяснение в данной работе не приводится.

Применительно к нашему штампу степень безопасности может быть первой. Для этого согласно ГОСТ 12.2.109-89 минимальное расстояние между подвижными и неподвижными частями штампа должно быть не менее 25 мм [29]. В нашем случае это расстояние между съемником и пуансонодержателем, а также между съемником и втулкой. Величину данного расстояния следует принимать равным 27 мм (25 мм обязательный зазор и 2 мм на переточку пуансона). С учетом этих зазоров высота пуансона составит 70 мм (рис. 76).

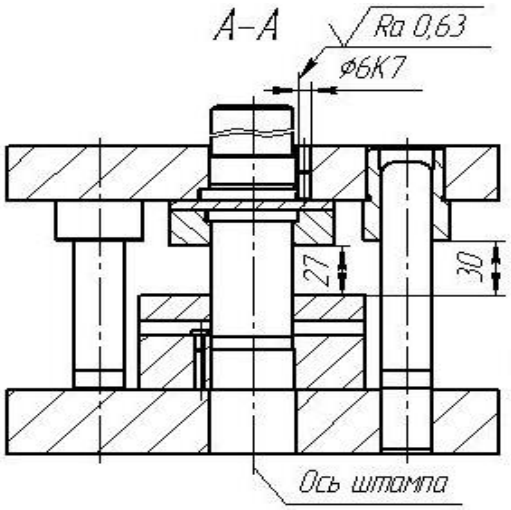



Рис. 76. Штамп с зазорами безопасности

Для обеспечения максимального зазора между подвижными и неподвижными частями штампа в 8 мм необходимо ограничить ход ползуна пресса таким образом, чтобы пуансон выходил из съемника не более чем на 8 мм. В рассматриваемом случае допускается выход

пуансона из зацепления со съемником так как мы не делали точного направления пуансона по съемнику. Максимальная величина хода пресса таким образом составит: 1 мм вхождение пуансона в матрицу +8 мм толщина планок +14 мм толщина съемника +8 мм максимальная величина зазора = 31 мм.

Следовательно, в ТТ сборочного чертежа следует ввести пункт: «Ход ползуна пресса не более 31 мм».

Теперь следует проверить возможность установки полученного штампа на заданный пресс усилием 160 кН. Его характеристики, следующие:

Ход ползуна: 5 ÷ 55 мм.

Закрытая высота пресса (расстояние между нижней поверхностью ползуна и верхней поверхностью подштамповой плиты в крайней нижней точке): 135 ÷ 180 мм.

Расстояние от оси ползуна до станины (вылет): 160 мм.

Размер подштамповой плиты: слева направо – 420 мм, спереди назад – 280 мм.

Провальное окно/цековка в плите пресса: 60 мм / 100 мм.

Нижняя плита штампа должна перекрывать размер цековки провального окна плиты пресса минимум на 10 мм, желательно от 15 мм и выше. Если этого не делать, то при работе штамп будет изгибаться и будет повышенный износ частей штампа. В рассматриваемом случае габарит нижней плиты штампа 240×190 мм, что вполне перекрывает цековку провального окна пресса.

При проектировании штампов следует избегать выступания направляющих колонок за габариты ползуна пресса. Выход колонок за пределы ползуна нежелателен, так как это снижает безопасность эксплуатации и увеличивает вероятность их повреждения или заклинивания.

Величина хода ползуна пресса должна позволять установить деталь, снять ее и быть достаточной для выполнения штамповочной

операции. В нашем варианте ход пресса ограничен верхним пределом в 31 мм, что удовлетворят характеристикам оборудования.

Закрытая высота штампа должна быть меньше наибольшей закрытой высоты пресса на 10 мм и больше наименьшей закрытой высоты пресса на 10 ÷ 15 мм. В рассматриваемом случае это величина 169 мм, которая удовлетворяет этому условию.

Далее необходимо окончательно оформить чертеж штампа. В правом верхнем углу необходимо поместить табличку с комплектом штампов. В нее входят все штампы необходимые для изготовления детали (при необходимости). Под табличкой комплекта штампов помещают операционный эскиз. Эскиз детали, получаемой на данном конкретном штампе с простановкой всех необходимых размеров, получаемых на этом штампе. Допускается слева от операционного эскиза помещать изображение заготовки со всеми необходимыми размерами. Если заготовка – это лента или полоса, то следует на ней разместить переходы штамповки. Все виды необходимо подписывать сверху. Масштаб изображений не обязательно должен соответствовать масштабу чертежа или быть 1:1, он может отличаться от общего масштаба. Главное, чтобы изображение было легко читаемым. Под операционным эскизом помещается необходимая информация: материал детали, технологическое усилие, указание об общих допусках на деталь и др. На операционном эскизе деталь должна быть расположена в соответствии с ее положением в штампе. При этом рекомендуется нанести оси штампа, а в случае если деталь имеет сложную форму произвести ее координацию относительно этих осей. Допускается помещать операционный эскиз, эскиз заготовки и схему раскроя на отдельном последнем листе сборочного чертежа. На схеме раскроя необходимо указывать штриховкой отделяемые на каждом переходе штамповки детали и отходы.

На чертеже штампа необходимо дать размеры всех элементов, которые выполняются после сборки, размер закрытой высоты

штампа, а также габариты штампа (габариты штампа при выполнении соответствующих деталировочных чертежей будут являться справочными). Штриховка отдельных деталей СТО должна быть одинаковой на сборке и всех изображениях чертежа детали для правильного понимания чертежа.

В технических требованиях на чертеж необходимо указать:

– Пресс, на который штамп следует устанавливать;

– Необходимый ход пресса (если следует его ограничивать);

– Степень безопасности штампа;

– Необходимые условия для обеспечения безопасной работы пресса (работа с пинцетом, двуручное включение, наличие сигнальных полос и пр.);

– Сведения о маркировке;

– Другие необходимые сведения.

Таким образом, чертеж на штамп примет следующий вид (рис. 77).

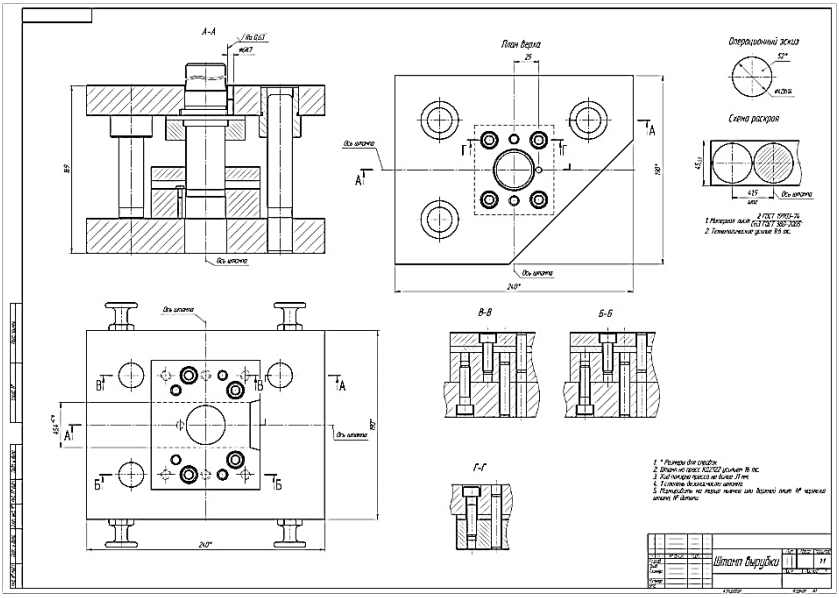



Рис. 77. Чертеж штампа

При проектировании штампа следует использовать материалы, приведенные в таблице 19.

Таблица 19. Рекомендуемые материалы для элементов оснастки [7]

<table>
<tr><th rowspan="3">Наименование деталей</th><th colspan="2">Рекомендуемые материалы</th><th colspan="2">Заменяющие материалы</th><th colspan="2">Твердость $HRC_э$</th></tr>
<tr><th>Марки</th><th>Номера стандартов или технических условий</th><th>Марки</th><th>Номера стандартов или технических условий</th><th>Матриц</th><th>Пуансонов</th></tr>
<tr><td rowspan="6">Пуансоны, матрицы и пуансон-матрицы для вырубки и пробивки. Режущий контур простой формы</td><td>Сталь У10А</td><td>ГОСТ 1435-99</td><td>Сталь У10</td><td>ГОСТ 1435-99</td><td rowspan="3">57-61</td><td rowspan="6">55-59</td></tr>
<tr><td>Сталь Х</td><td rowspan="3">ГОСТ 5950-2000</td><td>7Х3</td><td rowspan="3">ГОСТ 5950-2000</td></tr>
<tr><td>Х12МФ</td><td rowspan="2">Х12МФ1</td></tr>
<tr><td>6ХВФ</td><td rowspan="3">-</td></tr>
<tr><td>У8А*</td><td>ГОСТ 1435-99</td><td rowspan="2">Сталь У8*</td><td rowspan="2">ГОСТ 1435-99</td></tr>
<tr><td>8ХФ*</td><td>ГОСТ 5950-2000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">То же, при более сложной форме или повышенных требованиях к точности. Пуансон-матрицы с тонкими рабочими стенками</td><td>Сталь Х12МФ</td><td rowspan="2">ГОСТ 5950-2000</td><td rowspan="2">Сталь Х12Ф1</td><td rowspan="3">ГОСТ 5950-2000</td><td rowspan="2">57-61</td></tr>
<tr><td>Сталь 6ХВФ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Пуансоны и матрицы зачистные</td><td>Х12МФ</td><td rowspan="2">ГОСТ 5950-2000</td><td>Х12Ф1</td><td colspan="2" rowspan="2">59-63</td></tr>
<tr><td>6ХВФ</td><td>У10А</td><td rowspan="3">ГОСТ 1435-99</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Пуансоны и матрицы гибочные и формовочные простой формы</td><td>Сталь У8А</td><td>ГОСТ 1435-99</td><td>Сталь У8</td><td rowspan="2">55-59</td><td rowspan="3">55-59</td></tr>
<tr><td>Сталь 8ХФ</td><td>ГОСТ 5950-2000</td><td>Сталь У10</td></tr>
<tr><td rowspan="2">То же , сложной формы</td><td>Х12МФ</td><td rowspan="2">ГОСТ 5950-2000</td><td rowspan="2">Сталь Х12Ф1</td><td rowspan="2">ГОСТ 5950-2000</td><td rowspan="2">57-61</td></tr>
<tr><td>6ХВФ</td></tr>
<tr><td>Пуансоны и матриц вытяжные и разбортовачные</td><td>Сталь У10А</td><td>ГОСТ 1435-99</td><td>Сталь У10</td><td>ГОСТ 1435-99</td><td>59-63</td><td>57-61</td></tr>
<tr><td>То же, для вытяжки изделий из коррозионностойких сталей</td><td>Чугун СЧ 32-52</td><td>ГОСТ 1412-85</td><td>СЧ 24-44 СЧ 28-48</td><td>ГОСТ 1412-85</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Пуансоны и матрицы для листовой чеканки простой формы</td><td>Сталь У8А</td><td>ГОСТ 1435-99</td><td rowspan="2">Сталь У8</td><td rowspan="2">ГОСТ 1435-99</td><td colspan="2" rowspan="3">55-59</td></tr>
<tr><td>8Х</td><td rowspan="3">ГОСТ 5950-2000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">То же, сложной формы</td><td>Х12МФ</td><td rowspan="2">Х12Ф1</td><td rowspan="2">ЧМТУ 5634</td></tr>
<tr><td>Сталь 6ХВ</td></tr>
</table>

Продолжение таблицы 19

| Наименования деталей | Рекомендуемые материалы | | Заменяющие материалы | | Твердость $HRC_э$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | Марки | Номера стандартов или технических условий | Марки | Номера стандартов или технических условий | |
| Плиты блоков | Чугун СЧ 24-44 | ГОСТ 1412-85 | Чугун СЧ 21-40 | ГОСТ 1412-85 | |
| | Стальное литье 40Л | ГОСТ 977-88 | Стальное литье 30Л | ГОСТ 977-88 | |
| | Ст. 4 | ГОСТ 380-2005 | Ст. 3 | ГОСТ 380-2005 | |
| Втулки и колонки направляющие | Сталь 20 | ГОСТ 1050-2013 | Сталь 15 | ГОСТ 1050-2013 | 59-63 (цементировать глубиной 0,5-0,8 мм) |
| То же, для шариковых направляющих | Сталь ШХ15 | ГОСТ 801-2022 | Сталь ШХ9 | ГОСТ 801-2022 | 61-65 |
| Съемники направляющие | Сталь 45 | ГОСТ 1050-2013 | Сталь 40 | ГОСТ 1050-2013 | - |
| Съемники | Ст. 4 | ГОСТ 380-2005 | Ст. 3 | ГОСТ 380-2005 | - |
| Пуансонодержатели и матрицедержатели | | | | | |
| Обоймы составных матриц | | | | | |
| Щитки ограждения и лотки | | | | | |
| Планки направляющие | | | | | |
| Выталкиватели к штампам совмещенного действия | Сталь 45 | ГОСТ 1050-2013 | Сталь 40 | ГОСТ 1050-2013 | 42-46 |
| Плитки подкладные | Сталь У8 | ГОСТ 1435-99 | Сталь У7 | ГОСТ 1435-99 | 42-46 |

Продолжение таблицы 19

| Наименование деталей | Рекомендуемые материалы | | Заменяющие материалы | | Твердость $HRC_э$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | Марки | Номера стандартов тех. условий | Марки | Номера стандартов тех. условий | |
| Хвостовики | Сталь 35 | ГОСТ 1050-2013 | Ст.4; Ст.5 | ГОСТ 380-2005 | – |
| Толкатели, ступенчатые и крепежные винты, буферные шпильки, звездочки | Сталь 45 | | Сталь 40 | ГОСТ 1050-2013 | 42-46 (резьбу не калить) |
| Штифты | Сталь У8 | ГОСТ 1435-99 | Сталь У7 | ГОСТ 1435-99 | 51-55 |
| Упоры временные, грибковые, утопающие | Сталь 45 | ГОСТ 1050-2013 | Ст.6 | ГОСТ 380-2005 | 42-46 |
| | | | Сталь 40 | ГОСТ 1050-2013 | 34-38 |
| Фиксаторы, плоские и круглые ловители | Сталь У8 | ГОСТ 1435-99 | Сталь У7 | ГОСТ 1435-99 | 51-55 |
| Ножи шаговые | Сталь У10А | | Сталь У10 | | 55-59 |
| Выталкивателиприжимы гибочных штампов | Сталь У8 | | Сталь У7 | | 51-55 |
| Складкодержатели вытяжных штампов | Сталь У10А | | Сталь У10 | | 59-63 |
| Прокладки резиновые для съемников, прижимов и буферов | Резина средней твердости марки «Б» | ГОСТ 7338-90 | Резина средней твердости марки «А» | ГОСТ 7338-90 | – |

При проектировании штампа следует использовать шероховатости, указанные в таблице 20.

Таблица 20. Рекомендуемые шероховатости для поверхностей [7]

| Наименования | Шероховатость |
|---|---|
| Необрабатываемые поверхности. | $\sqrt{6,3}$ |
| Нерабочие поверхности деталей, т.е. не соприкасающиеся ни с изделием, ни с поверхностями других деталей;<br>Опорные поверхности, к которым не предъявляется высоких требований | $\sqrt{3,2}$ |
| Неподвижные соединения пуансонов с пуансонодержателем некруглой формы, а также круглой формы по 8 квалитету, поверхности выталкивающих штифтов;<br>Неподвижные соединения пуансонов с ловителями;<br>Прилегающие поверхности плит блока при зазорах между матрицей и пуансоном более 0.05 мм | $\sqrt{1,6}$ |
| Неподвижные соединения деталей круглой формы по 7 квалитету;<br>Соединения установочных штифтов, упоров, направляющих втулок и колонок и т.п.;<br>Прилегающие и опорные поверхности различных деталей | $\sqrt{0,8}$ |
| Рабочие поверхности матриц и пуансонов, разделительных и формообразующих штампов; Поверхности скольжения по 6-7 квалитетам | $\sqrt{0,4}$ |
| Рабочие поверхности матриц, прижимов и выталкивателей вытяжных штампов.<br>Рабочие поверхности вырубных штампов при штамповке мягких цветных металлов и сплавов с сопротивлением срезу до 24 кгс/мм.<br>Нержавеющих сталей и неметаллических материалов.<br>Рабочие поверхности пуансонов и матриц зачистных штампов.<br>Поверхности качения в блоках с шариковыми направляющими; поверхности подвижных соединений направляющих колонок и втулок в блоках прецизионных штампов | $\sqrt{0,1}$ |

На рисунке 78 приведены шероховатости поверхностей основных деталей штампов.

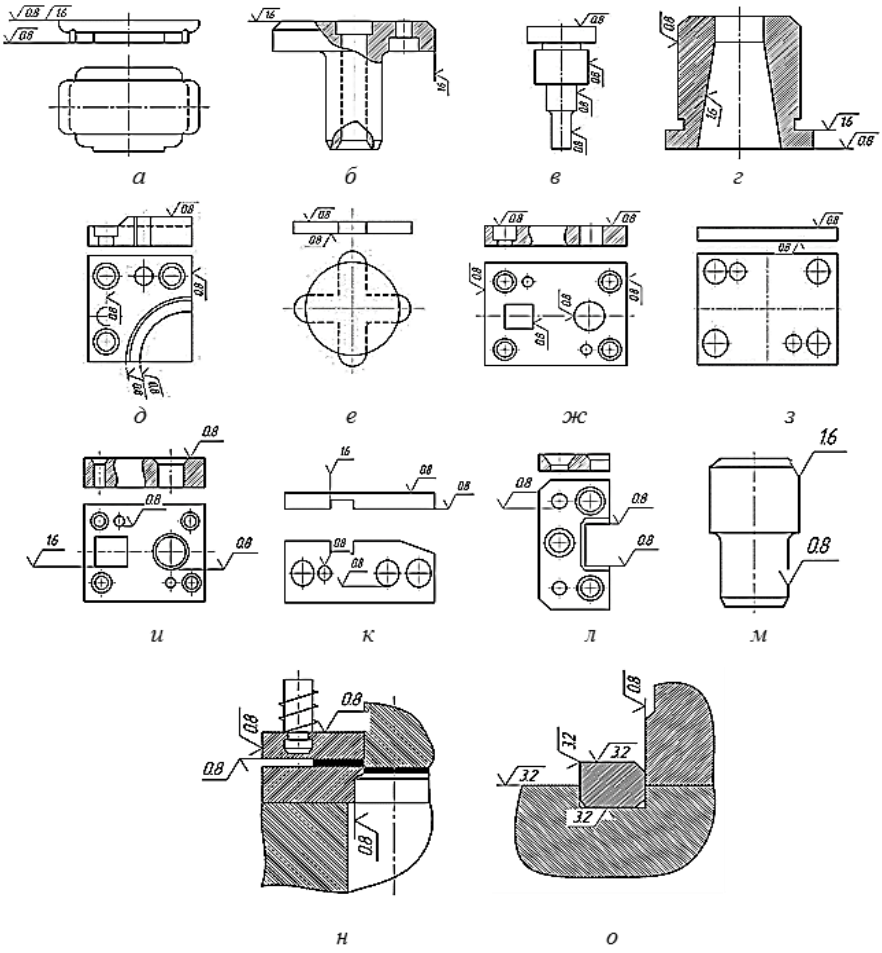



Рис. 78. Шероховатость основных поверхностей деталей штампов [7]:
а – плита; б – хвостовик; в – пуансон; г – матрица; д – режущая секция;
е – траверса; ж – съемник; з – подкладная плита; и – пуансонодержатель;
к – направляющая планка; л – фиксатор плоский; м – упор;
н – пружинный съемник; о – шпилечное соединение

# 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОБИВНОГО ШТАМПА ПРОСТОГО ДЕЙСТВИЯ

## 3.1 Исходные данные для проектирования

Штамп пробивки отличается от штампа вырубки только в определении того, что является деталью, а что – отходом. То, что было в вырубном штампе отходом для штампа пробивки будет являться деталью. Например, конструкция рассмотренного выше штампа вырубки может быть использована в штампе пробивки. Ниже представлен штамп пробивки (рис. 79), в котором выполняются отверстия в полосе (рис. 80). Данная полоса будет являться деталью, получаемой на данной операции.

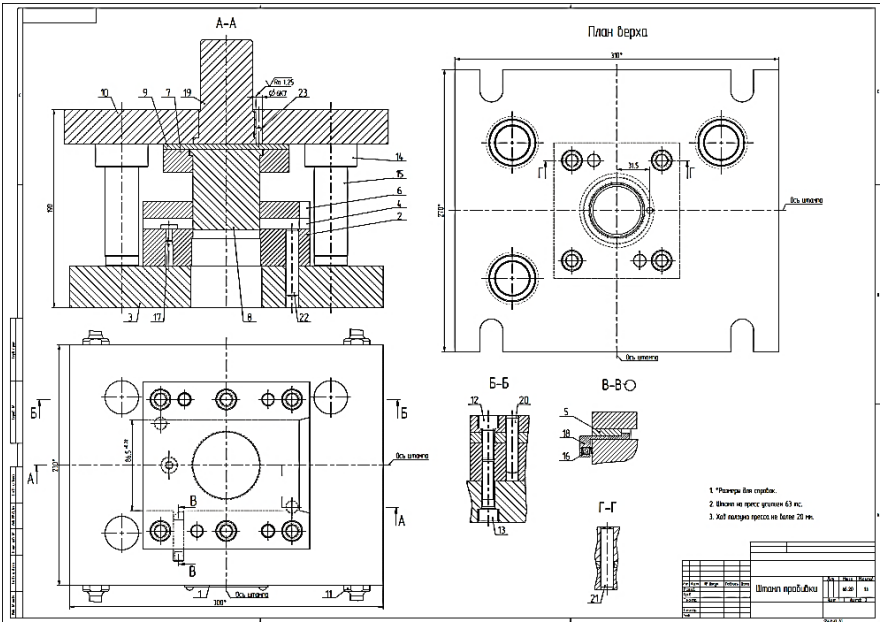



Рис. 79. Чертеж пробивного штампа простого действия

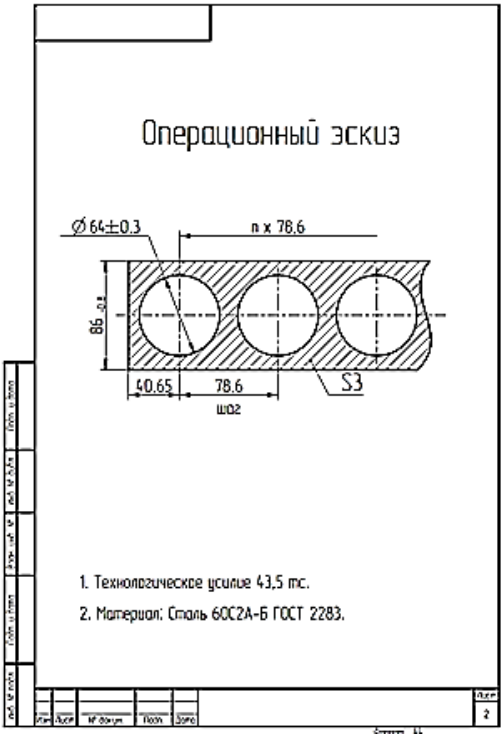



Рис. 80. Операционный эскиз

На следующей операции, при фиксации на пробитые детали, окончательно вырубается готовая деталь (шайба).

В связи с вышеизложенным все вопросы, рассмотренные при построении штампа вырубки, актуальны и для штампа пробивки. Рассмотрим построение штампа пробивки из карточки с мягким съемником. Поскольку подробное описание процесса проектирования было дано для штампа вырубки, то подробное описание в описании штампа пробивки будет уделяться только новым элементам.

Рассмотрим следующую деталь толщиной 0,8 мм (рис. 81), из материала Ст3.

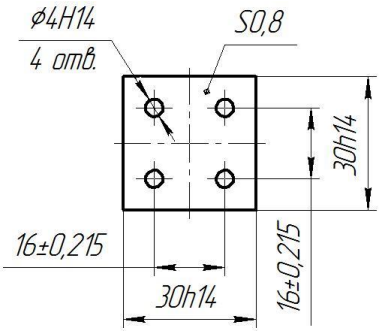



Рис. 81. Чертеж детали

Заготовкой для получения детали будет являться карточка размерами 30h14×30h14 (рис. 82). Получение заготовки в рассматриваемом случае не учитывается.

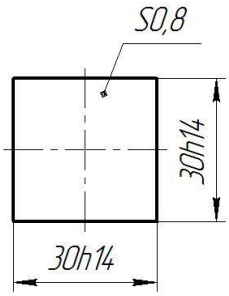


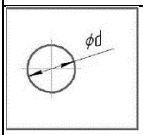
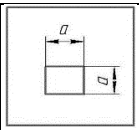
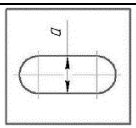
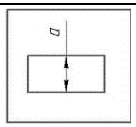

Рис. 82. Чертеж заготовки (карточка)

Оборудование: пресс усилием 160 кН.

### 3.2 Определение способа получения детали

Воспользуемся указаниями ОСТ 92-1051-83, которые задают наименьшие размеры отверстий, получаемых пробивкой (табл. 21) [3].

Таблица 21. Допускаемые размеры пробивки отверстий [3]

| Материал | Формы пробиваемых отверстий | | | |
|---|---|---|---|---|
| |  |  |  |  |
| Сталь до 500 МПа | 1,2S | 1,1S | 1,0S | 1,0S |
| Сталь от 500 до 700 МПа | 1,3S | 1,2S | 1,0S | 1,0S |
| Сталь 700 МПа | 1,5S | 1,3S | 1,2S | 1,2S |
| Алюминий, латунь, медь | 1,2S | 1,2S | 1,0S | 1,0S |
| Сплавы алюминиевые | 2,0S | 1,8S | 1,8S | 1,8S |
| Сплавы магниевые и титановые без нагрева | 3,0S | 2,6S | 2,4S | 2,4S |
| Сплавы магниевые с нагревом | 1,5S | 1,3S | 1,2S | 1,2S |
| Сплавы титановые с нагревом | 2,3S | 2,0S | 1,9S | 1,9S |

В рассматриваемом случае можно пробивать отверстие диаметром 1,2×S = 1,2×0,8 = 0,96 мм, а имеется Ø 4 мм.

Согласно справочному материалу, приблизительная точность размеров отверстий, получаемых методами штамповки следующая (табл. 22).

Таблица 22. Допускаемая точность размеров отверстий [3]

| Толщина материала | Отклонение в зависимости от типа штампа и размеров детали, мм | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Вырубной обычной точности | | | | Вырубной повышенной точности | | | |
| | До 10 | 10-50 | 50-150 | 150-300 | До 10 | 10-50 | 50-150 | 150-300 |
| 0,2 – 0,5 | 0,08 | 0,1 | 0,14 | 0,2 | 0,025 | 0,03 | 0,05 | 0,08 |
| 0,5 – 1,0 | 0,12 | 0,16 | 0,22 | 0,3 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,10 |
| 1,0 – 2,0 | 0,18 | 0,22 | 0,3 | 0,5 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,12 |
| 2,0 – 4,0 | 0,24 | 0,28 | 0,4 | 0,7 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,15 |
| 4,0 – 6,0 | 0,3 | 0,35 | 0,5 | 1,0 | 0,10 | 0,12 | 0,15 | 0,20 |

В рассматриваемом примере точность получаемых деталей, согласно чертежу, соответствует 14 квалитету, т.е. 0,3 мм при толщине детали 0,8 мм и размерах отверстия Ø 4 мм. А точность возможная для получения детали – 0,05 мм.

Таким образом, деталь может быть получена за 1 переход с требуемыми размерами.

### 3.3 Определение заготовки

Заготовка в рассматриваемом варианте определена и дополнительных расчетов заготовки не требуется.

В соответствии с ГОСТ 2.424 «ЕСКД. Правила выполнения чертежей штампов» в правом верхнем углу сборочного чертежа помимо операционного эскиза допускается помещать эскиз заготовки [8]. В рассматриваемом примере эскиз заготовки размещать не будем.

### 3.4 Определение усилия пробивки

В рассматриваемом примере усилие потребное усилие пресса для пробивки отверстий составит:

$$P = 1{,}25 \cdot L \cdot s \cdot \sigma_{ср} = 1{,}25 \cdot 4 \cdot (3{,}14 \cdot 0{,}004 \cdot 0{,}0008) \cdot 38 \cdot 10^6 = 1909{,}12 \text{ Н}.$$

Так как потребное усилие пробивки меньше усилия применяемого пресса, то оставляем заявленный пресс усилием 160 кН.

### 3.5 Определение центра давления штампа

Построим пробиваемые отверстия в детали относительно условной системы координат, согласно п. 2.5 (рис. 83).

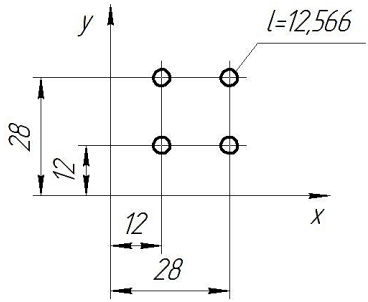



Рис. 83. Расположение отверстий в детали

$$x_0 = \frac{12{,}566 \times 12 + 12{,}566 \times 28}{12{,}566 + 12{,}566} = \frac{12 + 28}{2} = 20 \text{ мм},$$

$$y_0 = \frac{12{,}566 \times 12 + 12{,}566 \times 28}{12{,}566 + 12{,}566} = \frac{12 + 28}{2} = 20 \text{ мм}.$$

Как видно из приведенных расчетов центр давления штампа находится в центре детали. Для данной детали центр масс будет совпадать с центром давления.

### 3.6 Определение рабочих размеров

В рассматриваемом примере диаметр пробиваемых отверстий Ø4H14 мм. Допуск по посадке H14 составит + 0,3 мм. Получаемая деталь будет иметь размер пуансона (рис. 84).

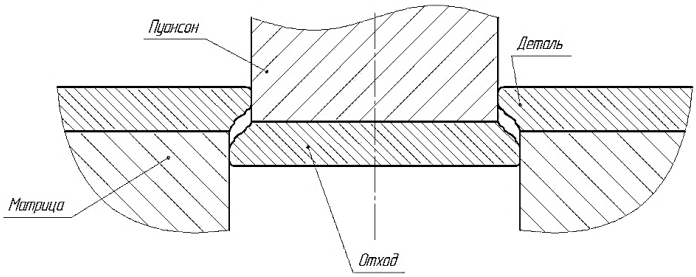



Рис. 84. Пробивка отверстия

Произведем расчет рабочих размеров.

Рассчитаем припуск на износ:

$$0{,}8 \times 0{,}3 = 0{,}24 \text{ мм}.$$

Округлить данный размер до десятых долей не желательно, поэтому принимаем размер пуансона

$$Ø4 + 0{,}24 = Ø4{,}24 \text{ мм}.$$

В нашем случае при допуске на изделии h14 допуск на пуансоне будет h8.

Таким образом, рабочий размер пуансона будет $Ø4{,}24h8(^{-0{,}018})$.

Определим рабочий размер матрицы. Согласно справочнику, для материала Ст3 при толщине 0,8 мм двухсторонний зазор между пуансоном и матрицей составляет 0,04 мм [7].

Рабочий размер матрицы будет равен Ø4,24 + 0,04 = Ø4,28 мм. Допуск на рабочий размер матрицы будет H9. Т.е. диаметр рабочей части матрицы будет $Ø4{,}28H9(^{+0{,}03})$.

Для удобства изготовления рабочих деталей штампа попробуем округлить размер матрицы до Ø4,3H9. Тогда размер пуансона составит Ø4,3 - 0,04 = Ø4,26 мм. При рабочем размере пуансона Ø4,26 мм, процент используемого допуска на износ составит

$$\frac{0{,}26}{0{,}3} = 0{,}87.$$

Данное значение больше допустимого. Поэтому округлять размеры не будем и примем первоначально полученные.

Произведем проверку назначенных допусков.

В рассматриваемом примере допуск на зазор составляет 0,02 мм. Предельные отклонения для H9, что составляет 0,03 мм, а предельное отклонение для h8 - 0,018 мм. Следовательно, общий допуск на изготовление рабочих деталей штампа составляет 0,03+0,018=0,048 мм, что больше допуска на величину зазора. Ужесточаем допуск на изготовление пуансона до h7, это составит предельное отклонение 0,012 мм. И ужесточаем допуск на изготовление матрицы до H7

(предельное отклонение составит 0,012 мм). Тогда допуск на изготовление рабочих деталей штампа составит 0,012 + 0,012 = 0,024 мм. Так как значение допуска на изготовление рабочих частей штампа превышает допуск на зазор, то ужесточаем допуск на размер пуансона до $h6(_{-0,008})$. В этом случае допуск на изготовление рабочих частей составляет 0,008 + 0,012 = 0,02 мм.

В связи с вышеизложенным для получения требуемого размера на детали необходимо выполнить матрицу с рабочим размером Ø4,28H7 и пуансона Ø4,24h6.

### 3.7 Построение штампа

Изобразим пуансоны и матрицу с их рабочими размерами, рассчитанными выше (рис. 85). Так как ось штампа проходит через центр детали, то, проведя сечение по оси штампа, в него не попадет рабочая часть. Поэтому сместим сечение и проведем его через центры одного из рядов отверстий.

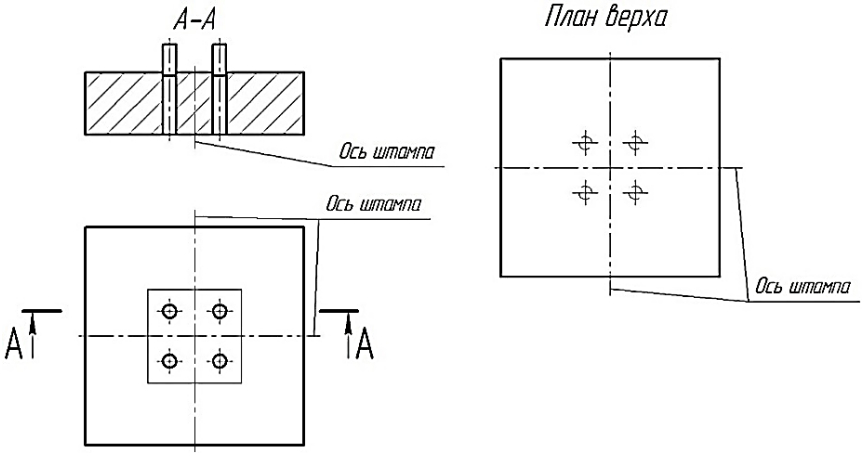



Рис. 85. Главный вид, план верха и план низа

Тонкими линиями (в виде обстановки) на плане низа показан внешний контур детали (габарит заготовки – карточки).

Примем толщину матрицы 20 мм, рассчитанный по п. 2.7 табл. 5. Высота рабочего пояска составит 6 мм. В рассматриваемом примере форма вырубаемой детали – простая, поэтому матрица будет цельной, без стыков.

Для того чтобы отверстия были пробиты в детали строго в определенном положении необходимо жестко зафиксировать заготовку.

Фиксация заготовки может быть произведена двумя способами: по наружному контуру или по внутреннему контуру.

Для фиксации по наружному контуру в основном используют рамки и стержневые фиксаторы (допускается использовать штифты) (рис. 86).

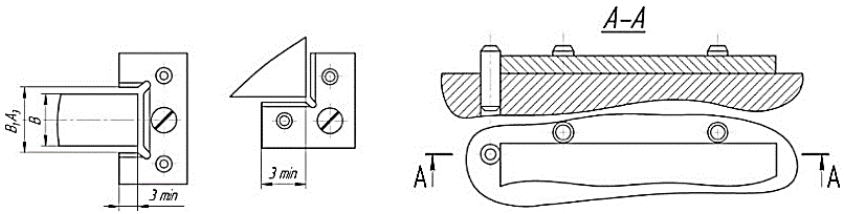



Рис. 86. Рамки для фиксации контура и стержневые фиксаторы [7]

Для фиксации по внутреннему контуру применяют фиксаторы (рис. 87):

– усиленный по ГОСТ 18775-80 «Фиксаторы усиленные. Конструкция и размеры»;

– грибковые по ГОСТ 18776-80 «Фиксаторы грибковые. Конструкция и размеры»;

– при диаметре отверстия под фиксацию более 30 мм можно применять следующую конструкцию (рис. 88);

– и другие конструкции.

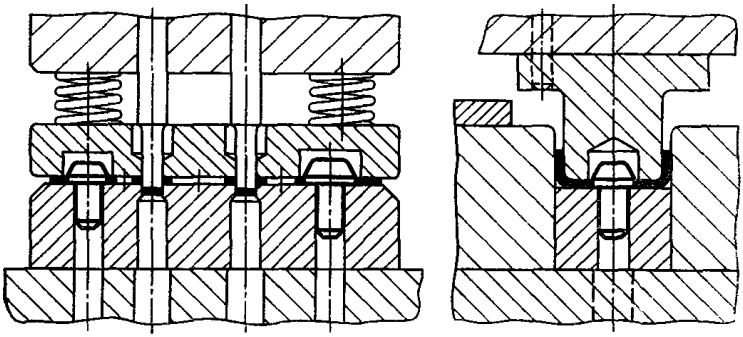


Рис. 87. Пример применения грибковых упоров для фиксации

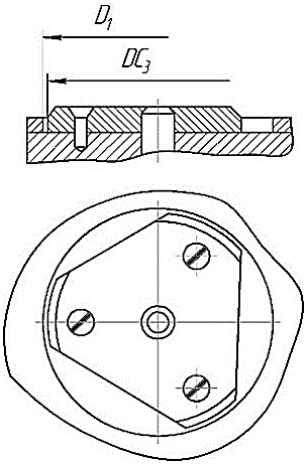



Рис. 88. Фиксация при диаметре более 30 мм [7]

Для того, чтобы заготовку можно было свободно вложить в фиксаторы, необходимо между ними выполнять зазор. Его величины можно применять согласно таблице 23.

Таблица 23. Допускаемые зазоры в зависимости от толщины заготовки [7]

| Толщина материала, мм | до 1 | от 1 до 3,5 | от 3,5 до 5,0 | от 5,0 до 10,0 |
|---|---|---|---|---|
| Зазоры, мм | 0,05 | 0,08 | 0,10 | 0,12 |

В рассматриваемом примере применим рамки. Для центрирования рамок необходимо использовать два штифта, а для крепления достаточно одного винта, так как существенных нагрузок рамка не воспринимает. В рассматриваемом варианте используем два винта, из-за габаритов рамки. Используем диаметр штифтов Ø5 мм и винтов М5 мм. Из-за незначительности нагрузок для крепления рамок применяют винты по ГОСТ 1491-80 «Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры» с цилиндрической головкой и шлицем [13]. Расстояния между креплениями, а также между креплениями и краями рамок и матрицы выбираются аналогично тому, как выбирались из таблицы № 15 (рис. 89).

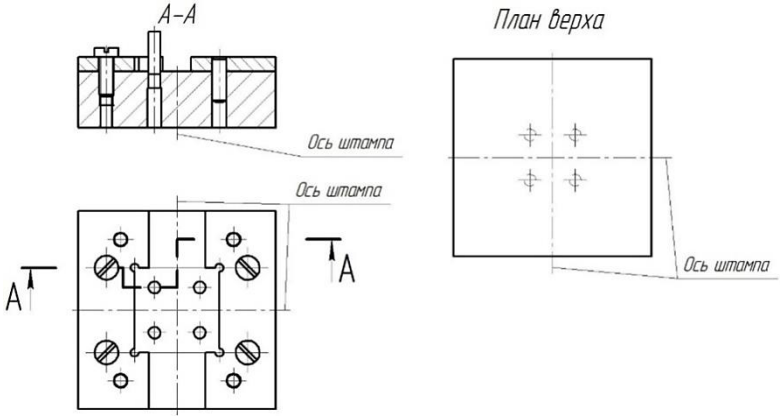



Рис. 89. Штампа с фиксирующими рамками

Конструкция из двух рамок выбрана, потому что при размещении четырех рамок потребуется выполнить дополнительно четыре отверстия под штифты (что бы на каждую рамку было два штифта и один винт). Но при имеющихся габаритах детали конструкция выглядела бы следующим образом (рис. 90).

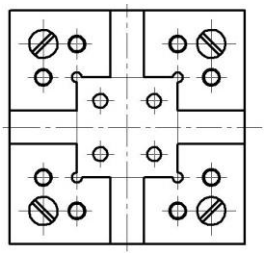


Рис. 90. Конструкция с четырьмя фиксирующими рамками

Как видно, экономия материала небольшая, однако при подобной конструкции возрастает трудоемкость изготовления в части выполнения дополнительных отверстий. Также при выполнении двух рамок увеличивается расстояние между рамками, что упрощает доступ к детали, которую нужно будет укладывать и снимать пинцетом.

Для удобства укладывания заготовки в рамки необходимо выполнять фаски (рис. 91).

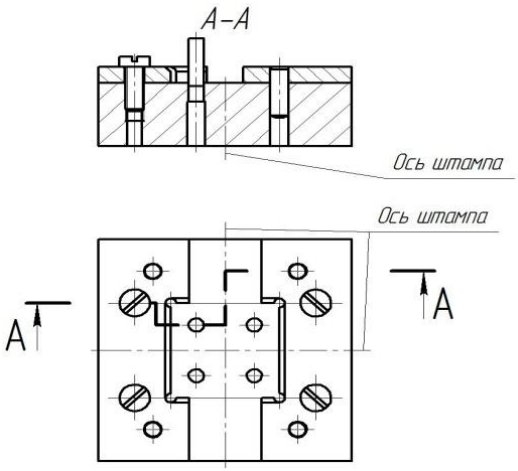



Рис. 91. Выполнение фасок на рамках

Теперь расставим крепление матрицы к нижней плите (рис. 92). Диаметр винтов и штифтов выберем М8 (по расчетам можно применить крепление и меньшего диаметра, но в соответствии с получаемыми размерами матрицы принимается М8). Расстояния от краев деталей и до соседних отверстий выбираются аналогично тому, как выбирались данные размеры в штампе вырубки из таблицы № 15.

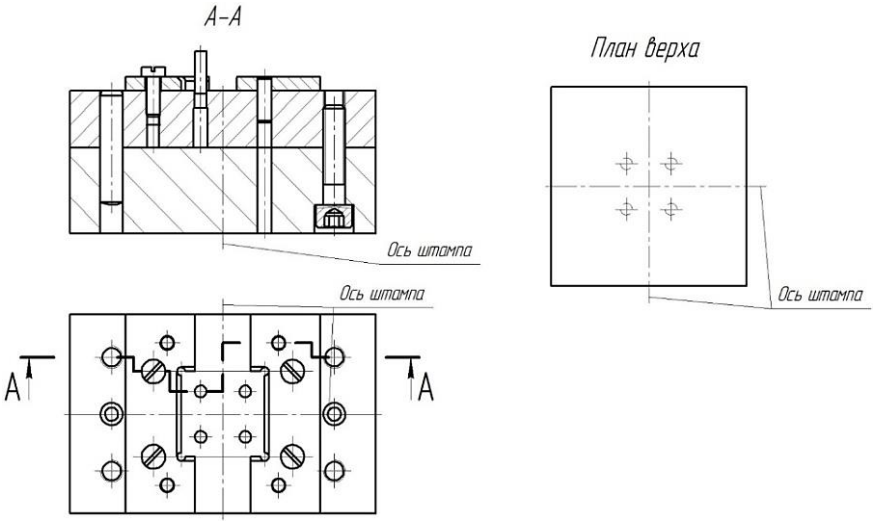



Рис. 92. Штамп пробивки с расположенным крепежом на матрице

Примем толщину нижней плиты 30 мм. Расставим колонки и выберем габариты верхней и нижней плиты (рис. 93). Поскольку усилие вырубки незначительно, размеры детали тоже невелики, применим две колонки по горизонтальной оси штампа диаметром Ø20 мм. Также подобной расположение колонок будет удобно при работе (не будет мешать оператору-штамповщику).

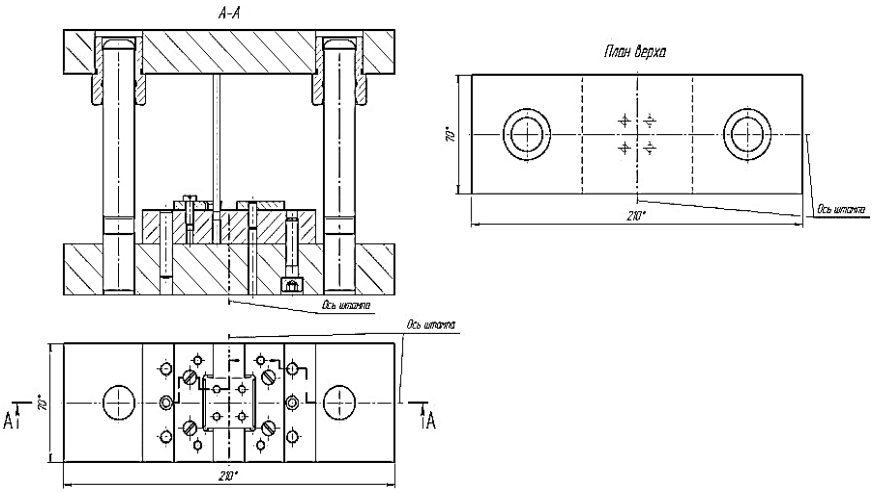



Рис. 93. Чертеж штампа с расположением направляющих колонок

Габариты нижней плиты получились 210×70 мм. Данный габарит позволяет закрепить нижнюю часть штампа прихватами, однако габарит 70 мм меньше провального отверстия в прессе. Для повышения жесткости конструкции увеличим габарит нижней плиты до 210×130 мм, который будет перекрывать все провальное отверстие, как говорилось ранее в п. 2.7 (рис. 94). Также выполним отверстия в нижней плите под отход, который будет проваливаться в провальное отверстие пресса.

Высота штампа вычерчена предварительно и далее будет уточняться.

Примем толщину верхней плиты 26 мм.

Верхнюю часть штампа закрепим через хвостовик. У пресса усилием 160 кН диаметр отверстия под хвостовик составляет Ø40 мм.

Рассмотрим вариант крепления с помощью хвостовика с буртиком (рис. 95).

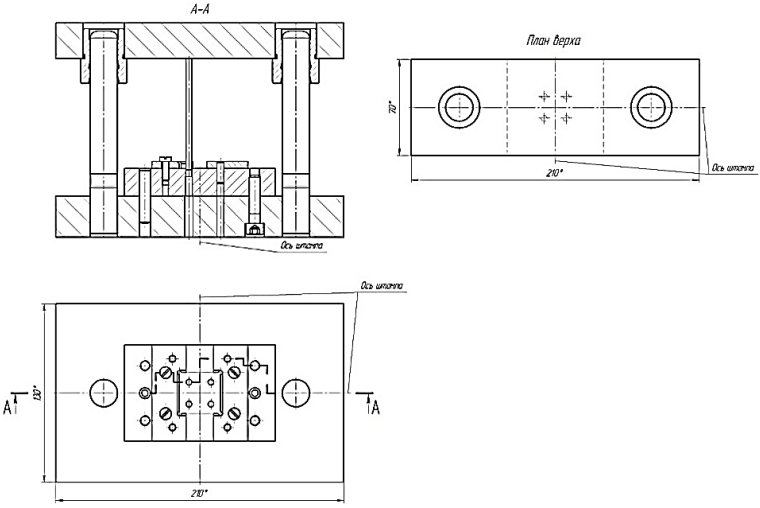



Рис. 94. Чертеж штампа с увеличенной нижней плитой

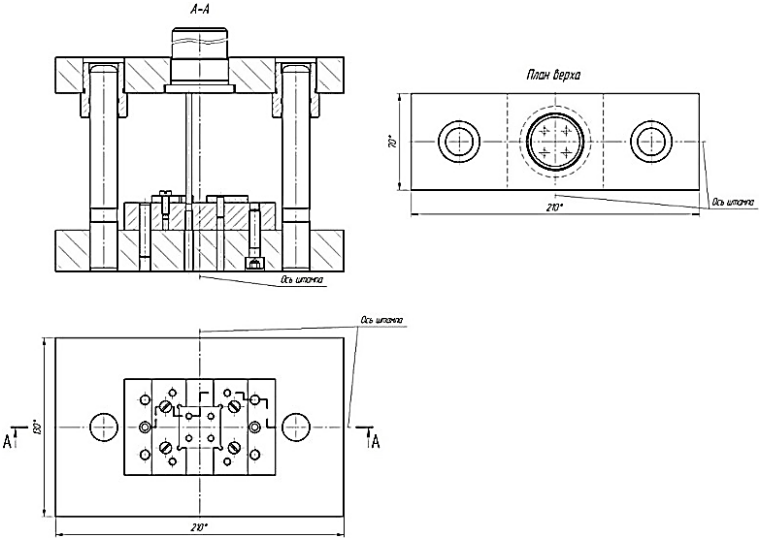



Рис. 95. Чертеж штампа с креплением хвостовика

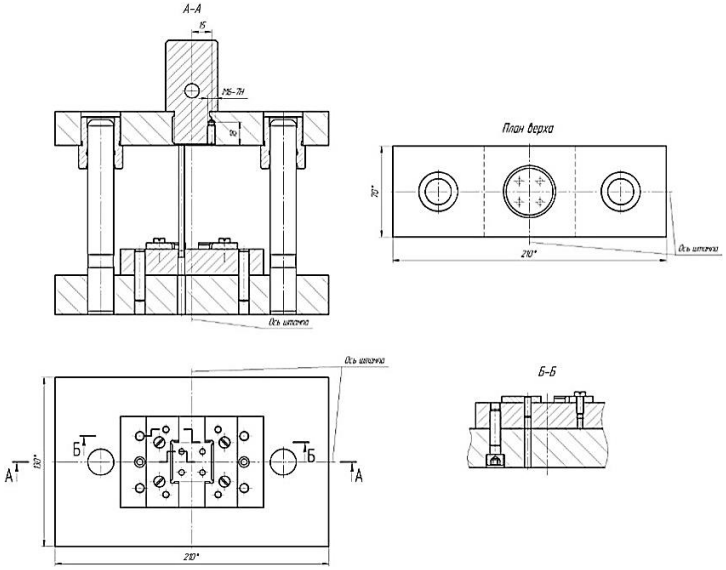



Рис. 96. Чертеж штампа с резьбовым хвостовиком

При использовании хвостовика с буртиком понижается прочность и жесткость верхней плиты. С учетом того, что данный хвостовик будет запрессовываться в верхнюю плиту, то возможен изгиб верхней плиты, который приведет к повышенному износу колонок и втулок из-за отсутствия параллельности верхней и нижней плит. В связи с этим применим резьбовой хвостовик. Так же для удобства чтения чертежа сделаем отдельно сечения крепежа (рис. 96).

Для предотвращения откручивания хвостовика в процессе работы применен винт, отверстие под который выполняется после установки хвостовика. Для крепления пуансонов к верхней плите применим пуансонодержатель, так как размеры пуансонов не позволяют закрепить их другим способом. Толщину пуансонодержателя примем 20 мм, тогда длина пуансонов может быть длиной до 20 × 3 = 60 мм (из условия, что пуансон должен быть запрессован

в пуансонодержатель минимум на 1/3 высоты). Пуансоны применим по ГОСТ 16621 «Пуансоны круглые диаметром от 1 до 24 мм. Конструкция и размеры» [24]. Для рабочего диаметра Ø4,24 мм диаметр буртика составляет Ø10 мм. Тогда давление, передаваемое каждым пуансоном, составляет:

$$P = \frac{P_{\text{пр.1пуансона}}}{S_{\text{опорнойплощадки}}} = \frac{\frac{1582{,}07}{4}}{\frac{\pi \times 1^2}{4}} = 486{,}4\ \text{кгс/см}^2\ .$$

что больше максимально допустимого значения в 50, следовательно, необходимо применять подкладную плитку (примем ее толщиной 5 мм).

Примем пуансон 1141-2069 с высотой 50 мм. Тогда наш чертеж примет следующий вид (рис. 97).

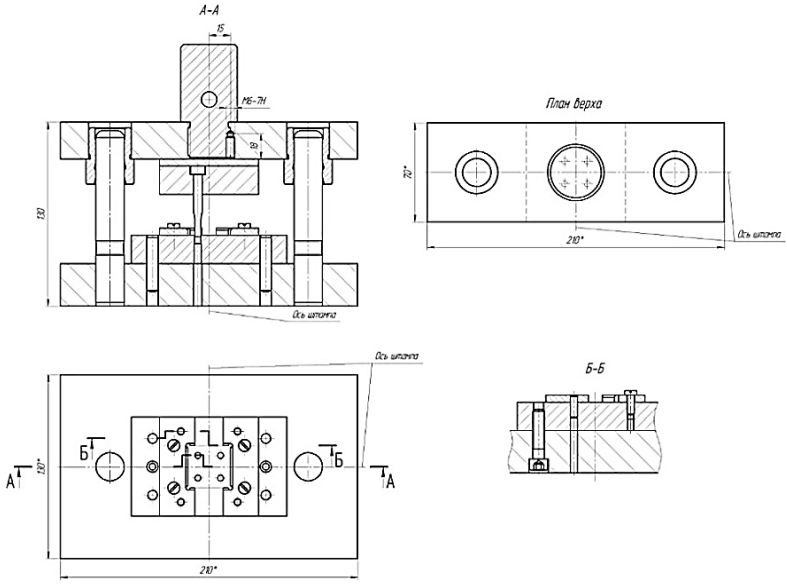



Рис. 97. Чертеж штампа с пуансоном в пуансонодержателе и подкладной плиткой

Для снятия детали с пуансонов применим «мягкий» съемник (прижим). Его применение обусловлено тем, что толщина детали менее 1 мм, а также при работе будет удобнее укладывать заготовку и вынимать готовую деталь, если прижим вместе с верхней частью штампа поднимется вверх и освободит рабочую зону. Габарит прижима равен габариту пуансонодержателя для возможности расстановки крепления. В нижней части прижима должны быть выполнены освобождения под рамки, таким образом, рабочая часть прижима снизу будет иметь форму по размеру заготовки.

Делать рабочую часть прижима меньше заготовки не рекомендуется вследствие возможности появления следов на заготовке и ее деформации, однако делать прижим в размер заготовки тоже нельзя, так как существует опасность попадания на рамки. Зазор от рамок до рабочей части прижима обычно выбирается в достаточно широких пределах и диктуется конкретными условиями работы, но обычно составляет 0,1 … 0,5 мм. Примем в нашем случае 0,5 мм по контуру. Общую высоту прижима примем 20 мм, а глубину освобождения 6 мм. Однако при освобождении глубиной 6 мм винты крепления рамок будут мешать работе прижима, поэтому необходимо либо увеличить глубину освобождения до 9 мм, либо заменить винты винтами с потайной головкой (рис. 98). Заменим винты по ГОСТ 1491-80 «Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры» винтами по ГОСТ 17475-80 «Винты с потайной головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры» [13, 14].

Поскольку прижим будет выполнять также роль съемника готовой детали, то отверстие под пуансоны в прижиме снизу выполним по посадке H9 на длине 5 мм, а выше сделаем освобождение. При условии, что диаметр посадочной части пуансона составляет Ø6,3 мм, то диаметр освобождения примем Ø8 мм. Соответственно диаметр нижней части – Ø4,24H9 (рис. 99).

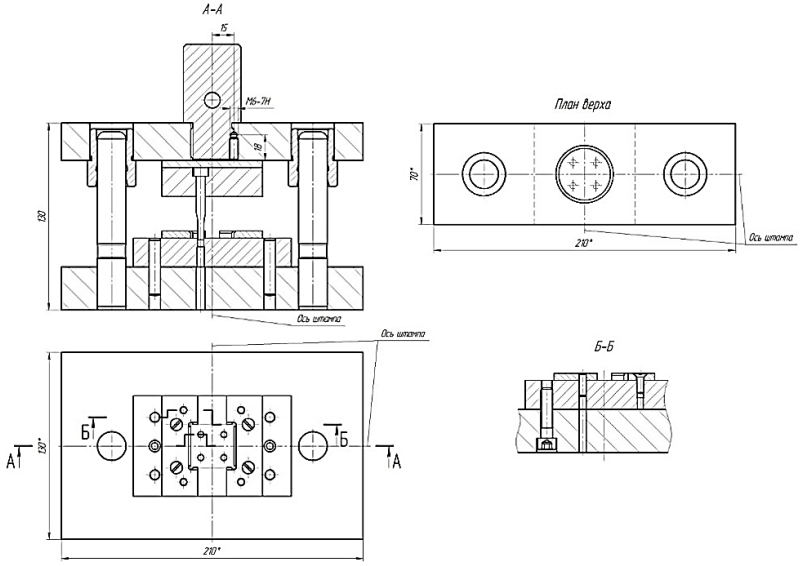



Рис. 98. Чертеж штампа с винтами с потайной головкой для рамок

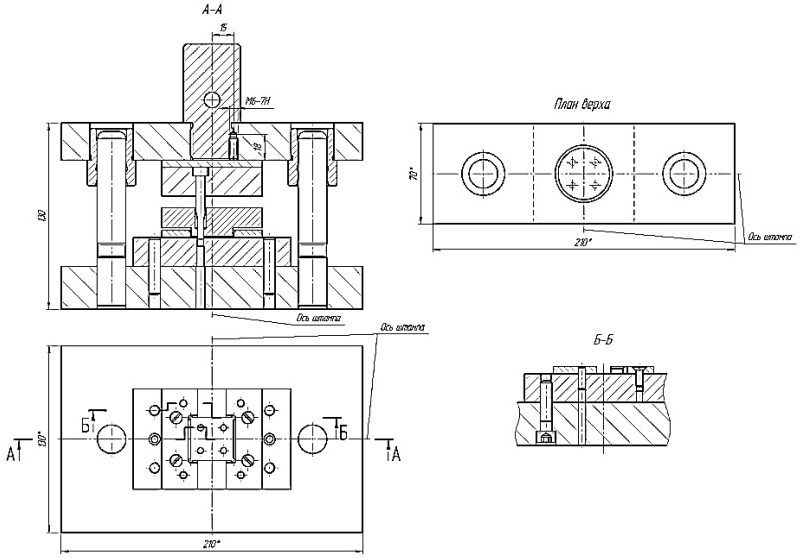



Рис. 99. Чертеж штампа с прижимом

В качестве упругого элемента создающего усилие прижима (буфера) примем резиновый буфер, так как рабочий ход прижима небольшой и резиновый буфер проще в изготовлении, чем пружины. Рабочий ход буфера составит (при работе от раскрытого состояния до закрытого): 0,5 мм – утопание пуансона в прижиме; 0,8 мм – толщина материала детали; 1 мм – вхождение пуансона в матрицу; 1 мм – предварительное поджатие буфера для обеспечения прижима заготовки в начале момент вхождения пуансона в материал заготовки.

Итого рабочий ход прижима – 3,3 мм. Толщина резинового буфера выбирается в соответствие с сортаментом на толщины и из условия, что максимальная деформация резины не должна превышать 30%. Тогда толщина резинового буфера составит:

$$\frac{3{,}3 \times 100}{30} = 11 \text{ мм}.$$

В соответствии с сортаментом ближайшая имеющаяся толщина – это 12 мм. В сжатом состоянии ее толщина будет 12 – 3,3 = 8,7 мм, а зазор между пуансонодержателем и прижимом в построенном штампе составляет 8,2 мм. Для обеспечения требуемого зазора уменьшим высоту прижима до 19,5 мм. В буфере необходимо сделать освобождения под пуансоны (и под крепления, которые будут расставлены далее). Освобождения необходимо выбирать с учетом того, что при сжатии резинового буфера диаметры отверстий будут уменьшаться из условия сохранения объема. С учетом диаметра посадочной части пуансона Ø6,3 мм примем диаметр освобождения Ø10 мм (рис. 100).

Проведем оптимизацию высот блока пуансон-пуансонодержатель-прижим-буфер. Изменим выбранный пуансон 1141-2069 ГОСТ 16621-80 с высотой 50 мм на пуансон 1141-2068 ГОСТ 16621-80 с высотой 45 мм, уменьшим толщину пуансонодержателя до 16 мм (данной высоты достаточно для обеспечения направления, при условии того, что минимальная толщина пуансонодержателя 45 / 3 = 15 мм) и прижима – до 18,5 мм (рис. 101) [24].

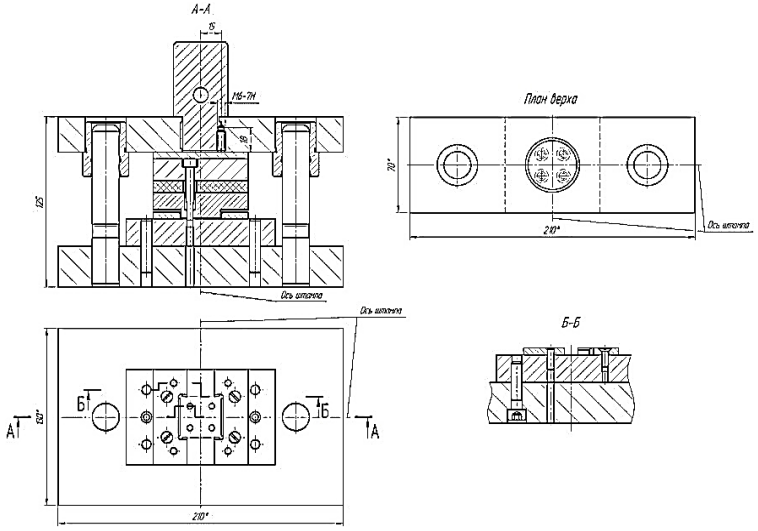



Рис. 100. Чертеж штампа с буфером и измененным пуансоном

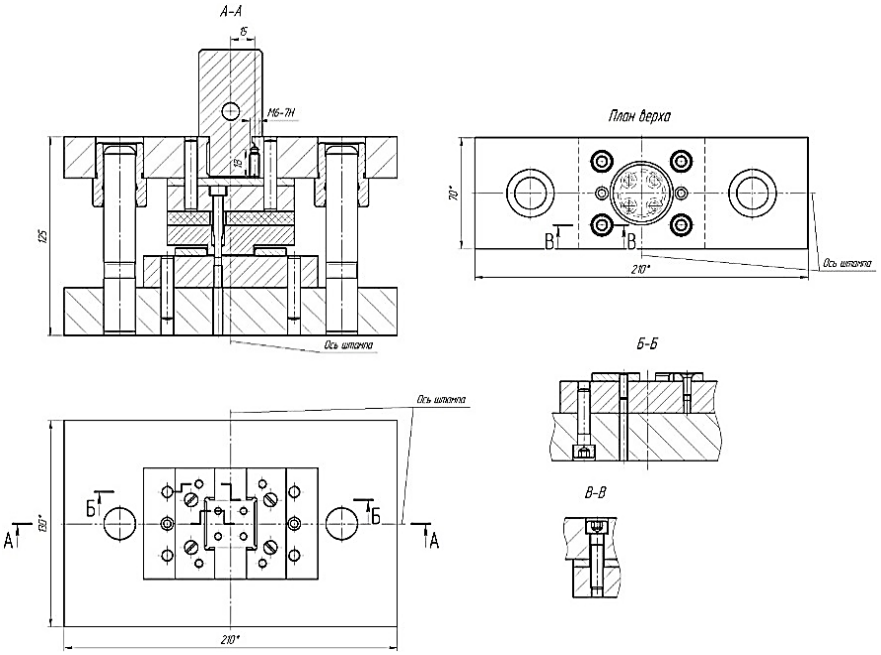



Рис. 101. Чертеж штампа с креплением пуансонодержателя

Расставим крепление пуансонодержателя к плите верхней согласно таблице №15.

Крепление прижима к верхней части штампа произведем с помощью ступенчатых винтов, которые ввинчиваются в прижим, проходят через пуансонодержатель по широкоходовой посадке (H9/d11) для обеспечения направления, проходят через плитку подкладную (в ней выполнено освобождение под этот винт) и крепится к верхней плите. Ступенчатые винты представлены в ГОСТ 18786-80 «Винты ступенчатые с шестигранным углублением» и ГОСТ 18787-80 «Винты ступенчатые со шлицем» [32, 33]. К применению предпочтительны винты с шестигранным углублением, так как они обеспечивают лучшее усилие затяжки (рис. 102).

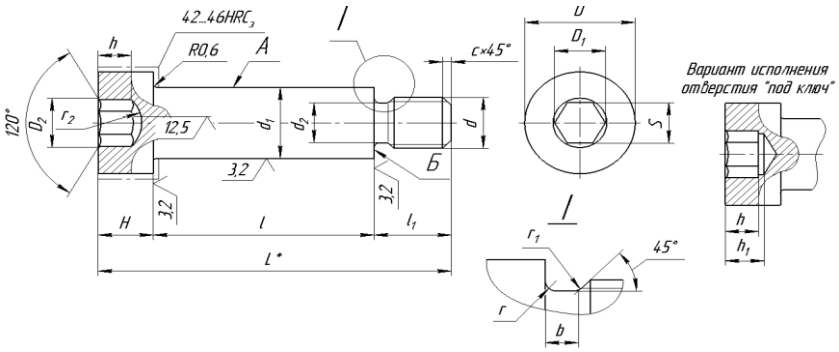



Рис. 102. Винты ступенчатые с шестигранным углублением под ключ и со шлицем [32, 33]

Размеры винтов и их количество выбирается в зависимости от габаритов скрепляемых деталей и воспринимаемой нагрузки. В рассматриваемом примере винты воспринимают только растягивающую нагрузку от предварительно поджатого буфера. Применим 4 винта М6. Расположение винтов должно быть симметричным и равномерным для предотвращения перекоса прижима при работе (рис. 103).

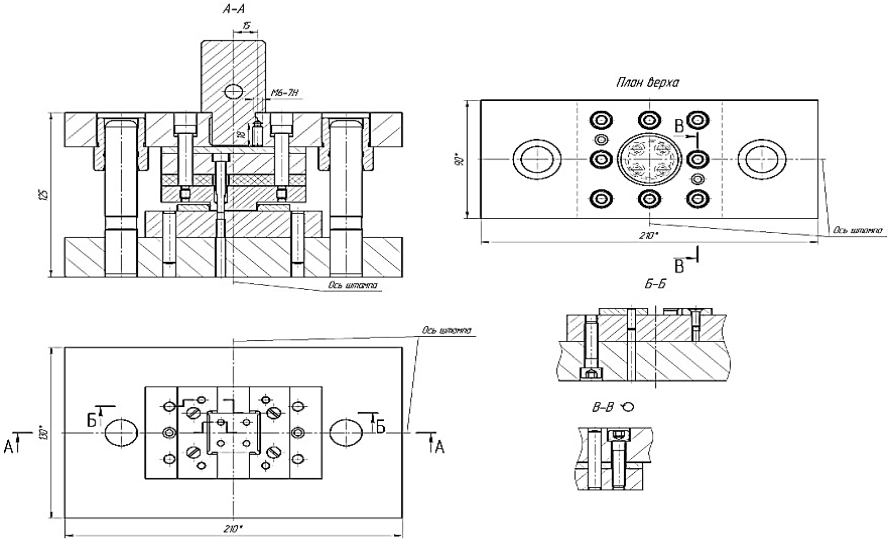



Рис. 103. Расположение ступенчатых винтов на чертеже штампа

При размещении винтов ступенчатых расстояние от верхней поверхности верхней плиты должно быть не менее 5 мм до головки винтов ступенчатых в закрытом состоянии, расстояние от дна цековки до головы винта равно рабочему ходу прижима. В рассматриваемом варианте резьбовые отверстия под ступенчатые винты не попадают в зону расположения детали, но в случае если эти отверстия, или любые другие, попадают в зону детали, то их следует делать глухими для избегания затягивания металла заготовки в эти отверстия и появления следов.

Как видно из вышеприведенного рисунка, для размещения ступенчатых винтов были смещены отверстия под штифты и увеличены габаритные размеры пуансонодержателя. При новых размерах пуансонодержатель стал больше габаритом, чем матрица в направлении от себя к себе. Следовательно, необходимо привести в соответствие габаритные размеры матрицы (рис. 104).

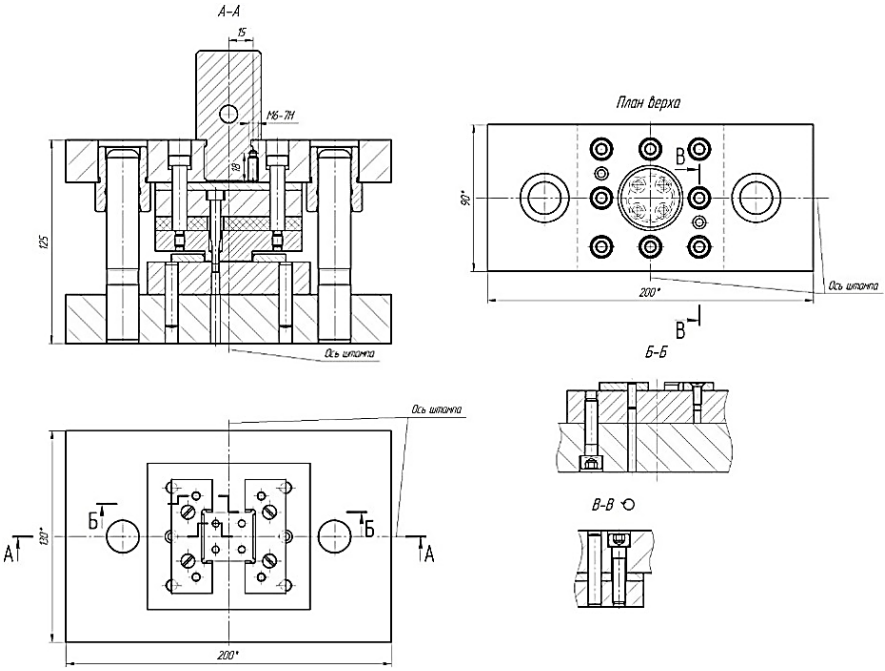



Рис. 104. Чертеж штампа с откорректированном габаритом матрицы

Увеличение габаритных размеров матрицы в одном направлении позволило уменьшить размеры в другом за счет изменения координат отверстий под крепление. А вместе с размером матрицы уменьшились и общие габаритные размеры штампа. При этом габаритный размер нижней плиты составил 130×200 мм, верхней – 90×200 мм.

Далее необходимо расставить такелажные узлы. Применим такелажные узлы 7095-0021 согласно ГОСТ 8922-69 «Винты грузовые (цапфы). Конструкция» грузоподъемностью 120 кг каждый только в нижней части штампа [27].

Степень безопасности рассматриваемого штампа – 3, так как в нем не выдержаны зазоры безопасности. Выдержать их не представляется возможным, поскольку при работе прижим касается заготовки (зазор 0 мм), а в раскрытом состоянии этот зазор должен быть больше 8 мм для возможности укладки заготовки и снятия детали. Безопасность работы на данном штампе должна быть обеспечена за счет двуручного включения и применения пинцета. Также согласно ГОСТ 12.2.109-89 «Штампы для листовой штамповки. Общие требования безопасности» на верхней и нижней плите должна быть нанесена сигнальная полоса [29].

Теперь следует проверить возможность установки полученного штампа на заданный пресс усилием 160 кН. Его характеристики следующие:

– ход ползуна: 5 ÷ 55 мм;
– закрытая высота пресса: 135 ÷ 180 мм;
– расстояние от оси ползуна до станины (вылет): 160 мм;
– размер подштамповой плиты: слева направо – 420 мм, спереди назад – 280 мм;
– провальное окно/цековка в плите пресса: 60 мм / 100 мм.

В рассматриваемом варианте штамп невозможно установить на заданный пресс, так как закрытая высота штампа меньше закрытой высоты пресса. Для возможности установки необходимо увеличить закрытую высоту штампа минимум на 20 мм. Для этого увеличим толщину нижней плиты на 5 мм и толщину плитки подкладной на 15 мм (рис. 105).

Окончательно оформленный чертеж представлен на рисунке 106.

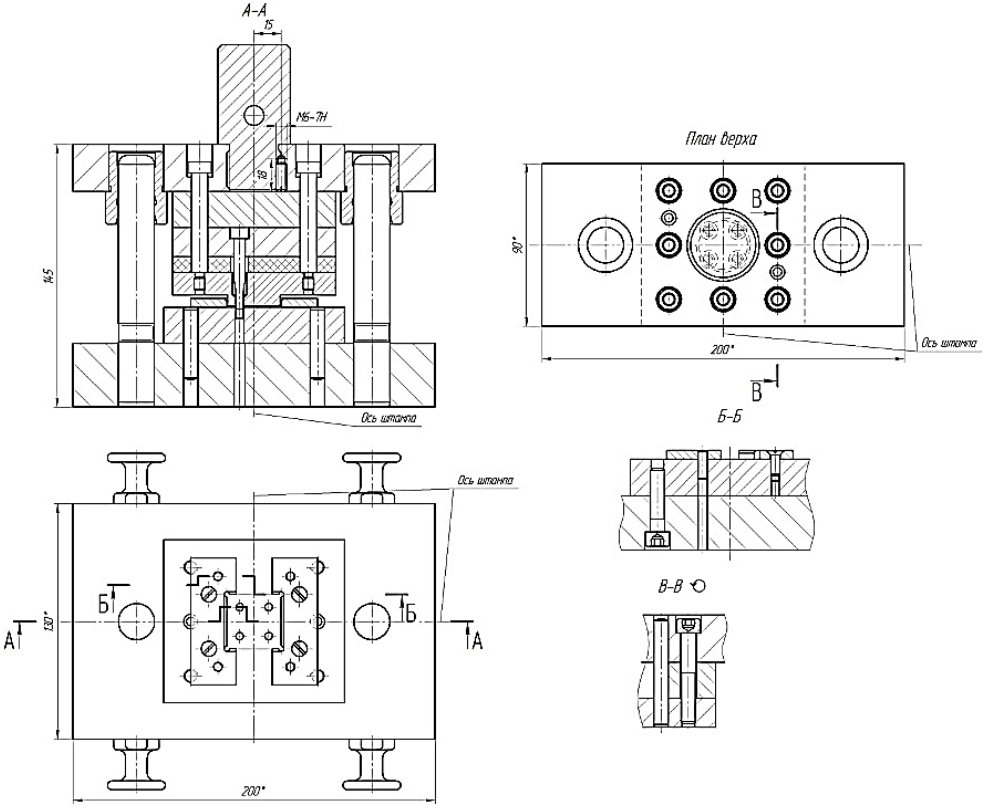



Рис. 105. Чертеж штампа с увеличенными толщинами плит

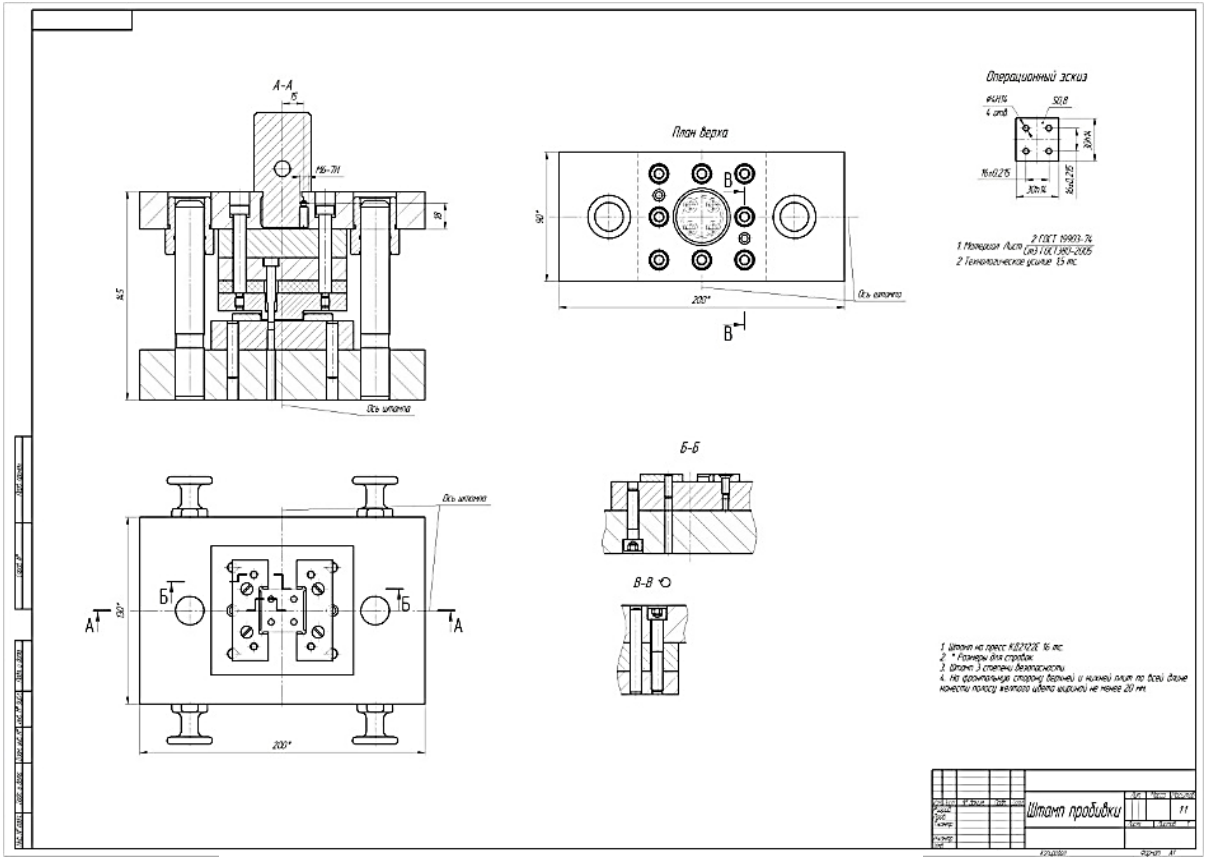



Рис. 106. Окончательный чертеж штампа

В представленном учебном пособии рассмотрены два варианта проектирования технологической оснастки для листовой штамповки: штамп вырубки и штамп пробивки. Для каждого варианта приведены основные этапы проектирования: выбор схемы штамповки, определение положения детали (или отверстия) на полосе, расчет исполнительных рабочих размеров пуансона и матрицы, а также назначение конструктивных параметров узлов штампа. Представленный материал может быть использован при выполнении курсовых и дипломных проектов, а также в практической деятельности при разработке оснастки для операций разделительной штамповки.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 13152-67. Болты к пазам станочным обработанным. Конструкция. – Введ. 1968-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1968. – 13 с. – Текст : непосредственный.

2. ГОСТ 8918-69. Гайки шестигранные с буртиком. Конструкция. – Введ. 1970-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1970. – 5 с. – Текст : непосредственный.

3. ОСТ 92-1051-83. Детали холодноштампуемые. Технологические условия. – Введ. 1984-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1984. – 74 с. – Текст : непосредственный.

4. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский. – Москва ; Ленинград : Машиностроение, 1979. – 520 с. – Текст : непосредственный.

5. Мещерин, В. Т. Листовая штамповка : атлас схем / В. Т. Мещерин. – Москва : [б. и.], 1975. – 100 с. – Текст : непосредственный.

6. Дурандин, М. М. Штампы для холодной штамповки легких деталей : альбом конструкций и схем / М. М. Дурандин, И. П. Рымзин, И. А. Шихов. – Москва : Машиностроение, 1978. – 90 с. – Текст: непосредственный.

7. Штампы листовой штамповки. Расчеты и конструирование : справочник / под редакцией В. В. Белова, Г. И. Хесина. – Москва : Машиностроение, 1992. – 292 с. – ISBN 5-217-01030-7. – Текст : непосредственный.

8. ГОСТ 2.424-80. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей штампов. – Введ. 1981-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1981. – 16 с. – Текст : непосредственный.

9. ГОСТ 18743-80. Упоры грибковые. Конструкция и размеры. – Введ. 1982-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 5 с. – Текст: непосредственный.

10. ГОСТ 3128-70. Штифты. Штифты цилиндрические незакаленные. – Введ. 1971-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1971. – 8 с. – Текст : непосредственный.

11. ГОСТ 18793-80. Пружины сжатия. Конструкция и размеры. – Введ. 1982-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 79 с. – Текст: непосредственный.

12. ГОСТ 18751-80. Пружины кручения к упорам. Конструкция и размеры. – Введ. 1982-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 2 с. – Текст : непосредственный.

13. ГОСТ 1491-80. Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры. – Введ. 1982-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 5 с. – Текст : непосредственный.

14. ГОСТ 17475-80. Винты с потайной головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры. – Введ. 1982-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 8 с. – Текст : непосредственный.

15. ГОСТ 13119-81. Штампы для листовой штамповки. Колонки направляющие ступенчатые. Конструкция и размеры. – Введ. 1982-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 35 с. – Текст : непосредственный.

16. ГОСТ 13121-83. Штампы для листовой штамповки. Втулки направляющие ступенчатые. Конструкция и размеры. – Введ. 1984-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 12 с. – Текст : непосредственный.

17. ГОСТ 14676-83. Штампы для листовой штамповки. Узлы направляющие шариковые для штампов. Конструкция и размеры. – Введ. 1984-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1984. – 120 с. – Текст : непосредственный.

18. ГОСТ 11738-84. Винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ класса точности А. Конструкция и размеры. – Введ. 1985-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. – 8 с. – Текст : непосредственный.

19. ГОСТ 10549-80. Выход резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски. – Введ. 1982-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 12 с. – Текст : непосредственный.

20. ГОСТ 12207-79. Штифты цилиндрические с внутренней резьбой. Технические условия. – Введ. 1980-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1980. – 8 с. – Текст : непосредственный.

21. ГОСТ 16719-71. Хвостовики плавающие для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры. – Введ. 1972-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1972. – 10 с. – Текст : непосредственный.

22. ГОСТ 16720-71. Хвостовики с отверстием под пуансон для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры. – Введ. 1972-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1972. – 4 с. – Текст : непосредственный.

23. ГОСТ 16721-71. Хвостовики вильчатые для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры. – Введ. 1972-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1972. – 4 с. – Текст : непосредственный.

24. ГОСТ 16621-80. Пуансоны круглые диаметром от 1 до 24 мм. Конструкция и размеры. – Введ. 1981-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1981. – 12 с. – Текст : непосредственный.

25. ГОСТ 16625-80. Пуансоны круглые диаметром от 24 до 52 мм. Конструкция и размеры. – Введ. 1981-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1981. – 11 с. – Текст : непосредственный.

26. ГОСТ 16623-80. Пуансоны круглые с увеличенным посадочным диаметром. Конструкция и размеры. – Введ. 1981-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1981. – 19 с. – Текст : непосредственный.

27. ГОСТ 8922-69. Винты грузовые (Цапфы). Конструкция. – Введ. 1970-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1970. – 4 с. – Текст : непосредственный.

28. ГОСТ 4751-73. Рым-болты. Технические условия. – Введ. 1974-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1974. – 10 с. – Текст : непосредственный.

29. ГОСТ 12.2.109-89. Штампы для листовой штамповки. Общие требования безопасности. – Введ. 1991-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1991. – 24 с. – Текст : непосредственный.

30. ГОСТ 18775-80. Фиксаторы усиленные. Конструкция и размеры. – Введ. 1982-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 4 с. – Текст : непосредственный.

31. ГОСТ 18776-80. Фиксаторы грибковые. Конструкция и размеры. – Введ. 1982-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 5 с. – Текст : непосредственный.

32. ГОСТ 18786-80. Винты ступенчатые с шестигранным углублением под ключ. Конструкция и размеры. – Введ. 1982-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 4 с. – Текст : непосредственный.

33. ГОСТ 18787-80. Винты ступенчатые со шлицем. Конструкция и размеры. – Введ. 1982-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 3 с. – Текст : непосредственный.

Учебное издание

***Черников Дмитрий Генадьевич,***
***Сурудин Сергей Викторович,***
***Охапкин Юрий Сергеевич***

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ШТАМПОВ ПРОСТОГО ДЕЙСТВИЯ**

*Учебное пособие*

Редакционно-издательская обработка
издательства Самарского университета

Подписано в печать 24.09.2026. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печ. л. 9,0.
Тираж 120 экз. (1-й з-д 1-27). Заказ № . Арт. – 16(УП)/2026.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

---

Издательство Самарского университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК