

Раздел 3. ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Тема 10. Штамповка

Штамповка – это обработка давлением заготовок из сортового и листового проката с помощью специального инструмента – *штампа*, рабочая полость которого определяет конфигурацию конечного изделия.

По видам штамповка делится на: а) горячую и холодную; б) объемную и листовую. Объемная штамповка может быть горячей и холодной, а листовая – как правило, производится только в холодном состоянии.

Горячую штамповку осуществляют в интервале температур, обеспечивающих снятие упрочнения. *Холодная штамповка* производится без нагрева заготовок и сопровождается деформационным упрочнением металла.

Объемной штамповкой называют процесс получения поковок, при котором формообразующую полость штампа, называемую *ручьём*, принудительно заполняют металлом исходной заготовки и перераспределяют его в соответствии с заданной чертежом конфигурацией. Т.е., в отличие от свободнойковки, объемная штамповка сопровождается деформированием металла в закрытом объёме.

Изделие, образующееся при смыкании штампа также, как и в случаековки, называют поковкой. Однако по сравнению со свободнойковкой объемная штамповка имеет ряд *преимуществ*:

1. Высокая производительность – в десятки раз выше, чем при свободнойковке.
2. Однородность и точность получаемых поковок. Допуски при горячей штамповке в 3...4 раза меньше, чем при свободнойковке, а качество поверхности в ряде случаев не требует дальнейшей обработки резанием.
3. Возможность получения деталей очень сложной формы, совершенно не поддающихся изготовлению свободнойковкой без напусков.
4. Необходимая квалификация рабочей силы при изготовлении деталей штамповкой значительно ниже, чем при свободнойковке.

Штамповке свойственны и некоторые *недостатки*:

1. Ограниченность штампованных изделий по массе. В настоящее время преимущественно штамповкой изготавливают изделия массой до 100 кг, однако штамповочное производство непрерывно развивается в направлении увеличения массы поковок. Иногда штампуют поковки массой до 2 тонн.
2. Высокая стоимость штампа, который в отличие от универсального инструмента свободнойковки является узкоспециализированным, то есть

годным для изготовления только одной определенной поковки. Поэтому штамповка выгодна лишь в серийном и массовом производстве.

В качестве исходного материала для объемной штамповки применяется сортовой прокат, пресованные прутки, литая заготовка. В крупносерийном производстве часто применяется прокат периодического профиля, что сокращает подготовительные операции.

Наиболее широкое распространение получила *горячая объемная штамповка* (ГОШ). Она бывает облойная (с заусенцем) и безоблойная (без заусенца).

Облойная штамповка отличается тем, что поковка по месту разъема штампа имеет заусенец (облой). Заусенец получается потому, что в штампе имеется специальная канавка вокруг ручья для помещения избытка металла (облоя). При этом полость штампа хорошо заполняется металлом, так как объем заготовки берется больше объема ручья штампа. Такие штампы называются открытыми (рисунок 3.17, *а*). Облойный способ, несмотря на потери металла, получил большое распространение, так как в этом случае надежно обеспечивается заполнение полостей штампа, а объем заготовки может быть лишь приблизительно равен необходимому. По окончании штамповки облой удаляется на обрезных штампах.

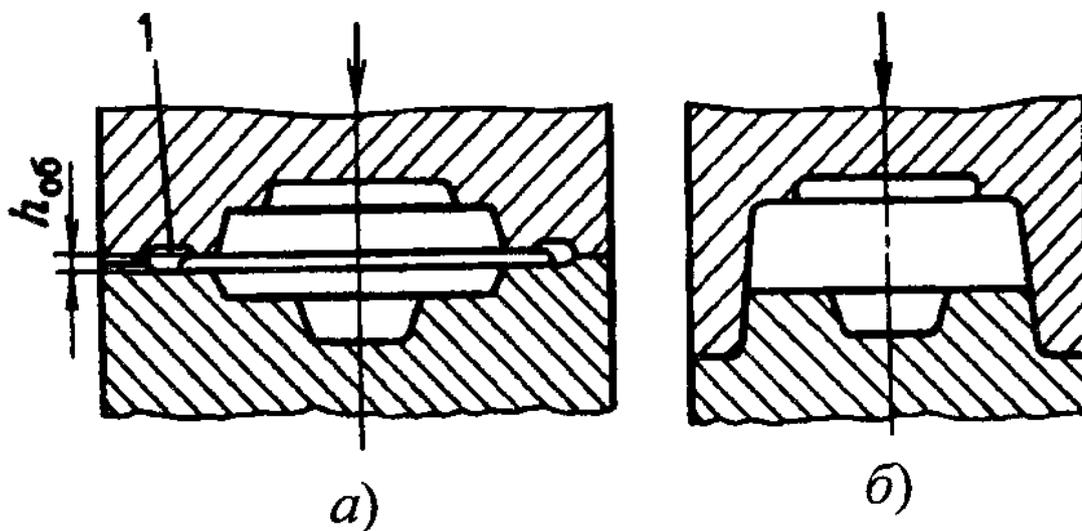


Рис. 3.17. Схема штамповки в открытых (а) и закрытых (б) штампах: 1 – облойная канавка

Безоблойная штамповка производится в закрытом штампе (рис. 3.17, б). Заготовка помещается в полость одной части штампа, а другая часть входит в первую как в направляющую. Преимущества: экономия металла, нет необходимости в дополнительной операции – обрезке заусенца. Однако в этом случае требуется строгое равенство объема заготовки объему полости

штампа, иначе при излишке металла штамп не закроется, а при недостатке – будет неполное заполнение полости штампа.

В зависимости от сложности получаемого изделия и вида применяемой заготовки штамповка может быть *одноручьевой* или *многоручьевой*.

При многоручьевой штамповке заготовка штампуются последовательно в нескольких ручьях. Каждый ручей имеет определенное назначение, и их разделяют на следующие виды:

1. Штамповочные: чистовой (окончательной) и предварительный (черновой).
2. Заготовительные: протяжной, подкатной, формовочный, гибочный.
3. Отрезной (нож).

Окончательный ручей имеется во всяком штампе; остальные ручьи применяются в тех или иных комбинациях в зависимости от конфигурации поковки.

Окончательный ручей служит для получения готовой поковки и представляет собой точное отображение последней, но с размерами, большими на величину усадки металла.

Предварительный ручей служит для снижения износа чистового (окончательного) ручья и придания заготовке формы, близкой к заданной. Отличается от чистового несколько большими штамповочными уклонами и отсутствием канавки для облоя.

Заготовительные ручьи используют для первоначальной обработки с целью постепенного приближения формы заготовки к форме готового изделия.

Формовочный ручей служит для придания заготовке формы, соответствующей форме поковки в плоскости разъема.

Пережимной ручей используют в тех случаях, когда нужно создать местное уширение за счет незначительного перераспределения металла вдоль оси.

Подкатной ручей служит для значительного увеличения одних поперечных сечений за счет уменьшения других, то есть для перераспределения объема металла вдоль оси заготовки.

Протяжной ручей используется для увеличения длины отдельных участков заготовки за счет изменения их поперечных размеров, когда длина заготовки меньше длины поковки.

Гибочный ручей служит для изгиба заготовки и придания ей формы, соответствующей форме поковки в плоскости разъема.

Отрезной ручей применяют, когда нужно отделить поковку от прутка, при удалении клещевины, при разрубке поволоков на части.

На рис. 3.18 показан многоручьевой штамп. Нагретая исходная заготовка вначале поступает в протяжной ручей 1, в котором, по аналогии с ковкой, можно сделать концевую или среднюю часть заготовки тоньше, при этом

длина заготовки увеличивается (переход I). Протяжку производят на выступах этого ручья с подачей заготовки вдоль и с поворотами вокруг оси, удерживая заготовку за свободный конец клещами. В подкатном ручье 2 участки с квадратным поперечным сечением можно превратить в круглые, сферические, конические, цилиндрические (переход II). Для этого после протяжки заготовку укладывают в подкатной ручей по всей длине и после каждого удара поворачивают вокруг оси. Гибочный ручей 3 предусматривают для поковок с изогнутой осью (переход III). Предварительный ручей 4 (переход IV) и чистовой ручей 5 (переход V) сообщают заготовке окончательную форму и размеры. Предварительный ручей 4 соответствует по форме чистовому 5, но не имеет облойной канавки и служит для уменьшения износа чистового ручья.

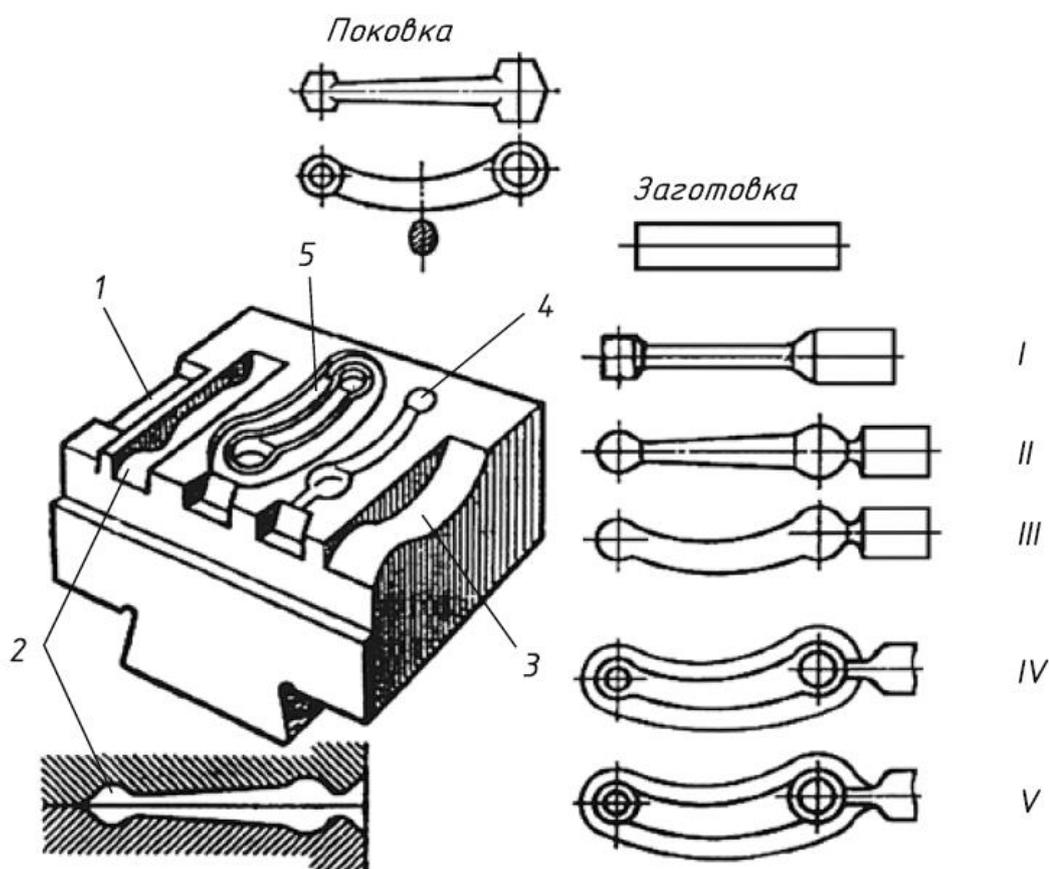


Рис. 3.18. Нижняя половина штампа и операционные эскизы штамповки длинного рычага: 1 – протяжной ручей; 2 – подкатной ручей; 3 – гибочный ручей; 4 – предварительный ручей, 5 – чистовой ручей

Штампы для горячей штамповки работают в очень тяжелых условиях. Поэтому штамповая сталь должна обладать высокими механическими свойствами: прочностью, ударной вязкостью, твердостью и сохранять эти

свойства при повышенных температурах. Кроме того, нужны износостойкость и хорошая обрабатываемость резанием.

ГОШ так же, как и ковка может производиться на молотах и прессах.

Достоинства молотов: большая универсальность, меньшая стоимость оборудования, хорошо отделяется окалина от удара.

Достоинства прессов: повышенная точность из-за отсутствия ударной нагрузки; большая производительность за счет того, что штамповка осуществляется за один ход ползуна, а не за несколько ударов на молоте; большая безопасность работы и отсутствие сотрясений почвы; ниже требуемая квалификация рабочего.

Холодная объёмная штамповка (ХОШ) в отличие от горячей обладает большей точностью размеров и более высокой производительностью. Но при холодной штамповке удельное деформирующее усилие значительно выше и есть опасность разрушения как штампов, так и поковок. Поэтому холодную штамповку применяют для получения сравнительно мелких деталей из высокопластичных и малопрочных материалов (медь, латунь, алюминиевые сплавы, малоуглеродистая сталь).

Большое значение имеет подготовка поверхности заготовок: удаление окалины, загрязнений и поверхностных дефектов. Процессы холодной штамповки часто выполняют за несколько технологических переходов, постепенно приближая форму и размеры заготовок к форме и размерам готовых изделий и осуществляя промежуточный отжиг для снятия наклепа и восстановления пластических свойств металла.

ХОШ выполняют на прессах или специальных холодноштамповочных автоматах. Наибольшее применение получила ХОШ выдавливанием, высадкой и объёмная формовка.

Холодное выдавливание – формообразование сплошных или полых изделий в результате пластического течения металла исходной заготовки из полости штампа через отверстия соответствующей формы.

Схема холодного выдавливания аналогична схеме прессования (рис. 3.11). Однако при холодном выдавливании в отличие от прессования заготовкой является не слиток, а штучная прутковая заготовка. При этом получается не протяженный профиль, а чаще всего готовая деталь, требующая незначительной обработки резанием. Пластическое деформирование выдавливанием происходит в условиях неравномерного всестороннего сжатия и обеспечивает высокую степень деформации.

Инструмент для холодного выдавливания – пуансон и разъемные матрицы, для обеспечения извлечения из них полученного в результате выдавливания изделия.

Различают прямое, обратное, комбинированное и боковое выдавливание.

При *прямом выдавливании* металл течет из матрицы в направлении, совпадающем с направлением движения пуансона (см. схему прямого прессования, рис. 3.11, а).

При *обратном выдавливании* металл течет в направлении, противоположном направлению движения пуансона (см. схему обратного прессования, рис. 3.11, б).

Комбинированное выдавливание – металл течет как в направлении, совпадающем с направлением движения пуансона 1, так и в противоположном направлении (рис. 3.19, а).

Боковое выдавливание – металл течет в боковое отверстие (или несколько отверстий) матрицы 2 под углом к направлению движения пуансона (рис. 3.19, б).

Продукция холодного выдавливания – сплошные и полые изделия в основном цилиндрической формы: корпуса свечей зажигания, стержни с утолщением, трубки с фланцем, тройники, гайки, тьюбики для крема, клапаны, колпачки, корпуса часов и т. д. Точность изделий после выдавливания позволяет в большинстве случаев исключить последующую механическую обработку.

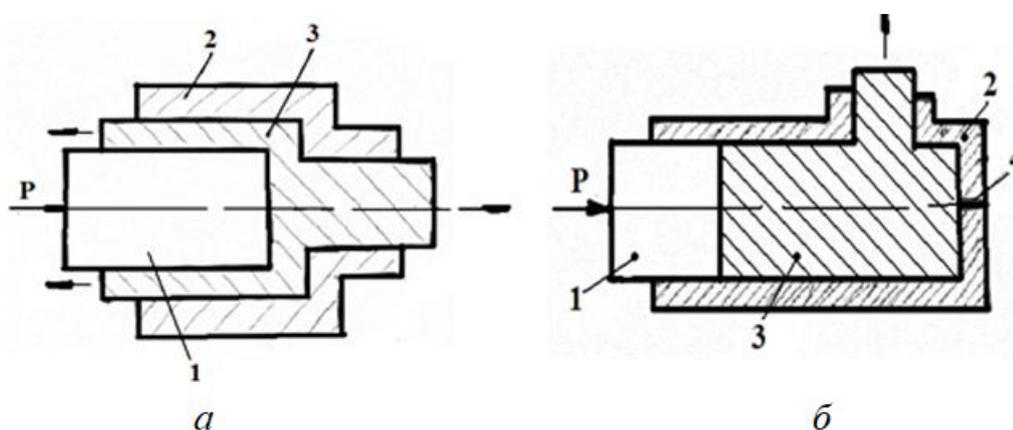


Рис. 3.19. Схема комбинированного (а) и бокового (б) выдавливания:

1 – пуансон; 2 – разборная матрица; 3 – обрабатываемый металл;
4 – разъем матрицы; P – усилие выдавливания

Холодная высадка – операция уменьшения части длины исходной заготовки с получением местного увеличения поперечных размеров. Ее применяют при изготовлении широкого ассортимента деталей в массовом производстве: болтов, гаек, шпилек, винтов, шурупов, заклепок, гвоздей, спиц и пр. Исходной заготовкой служат проволока или прутки диаметром 0,5...38 мм.

Холодная высадка деталей производится за 1, 2, 3 и более переходов (ударов) в зависимости от формы высаживаемой части и ее размеров.

Оборудование для холодной высадки – специальные холодновысадочные автоматы. Производительность автоматов составляет 20...400 изделий в минуту при очень малых отходах металла.

При высадке (рис. 3.20) заготовка 1 подаётся механизмом 2 в отрезную матрицу 3 до упора 4. Матрица 3 при своем движении (на рисунке – вниз) отрезает заготовку от прутка и перемещает её на позицию высадки, где пуансон 5 при своём движении (на рисунке – влево) деформирует свободную часть заготовки с образованием головки. Обратный ход высадочного ползуна с пуансоном 5 сопровождается удалением изделия 6 выталкивателем 7 в тару и возвратом отрезной матрицы 3 на исходную позицию.

Штамповочные автоматы для производства резьбовых изделий обычно соединены с механизмом накатывания резьбы.

Применяют автоматы в массовом производстве, так как их переналадка для изготовления других поковок не предусмотрена.

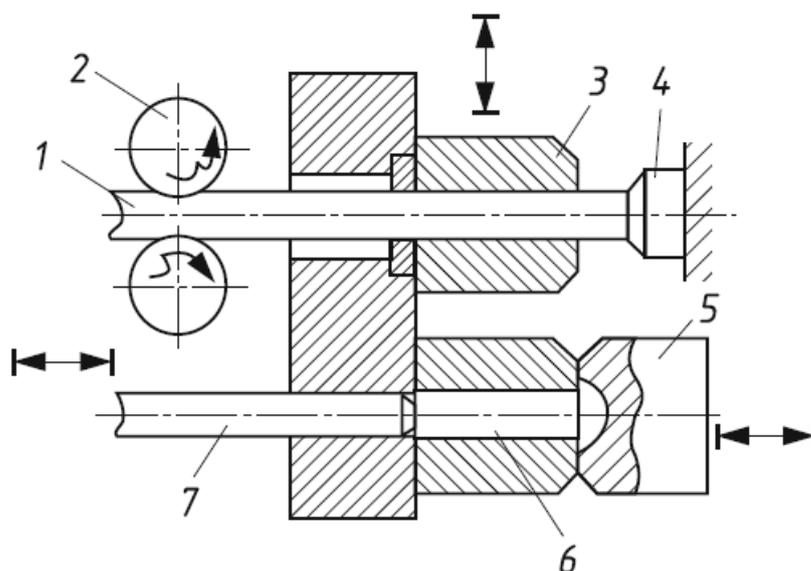


Рис. 3.20. Схема высадки головки винта на штамповочном автомате

Холодной объемной формовкой изготавливают пространственные детали сложных форм, сплошные и с отверстиями (рис. 3.21). Объемная формовка требует значительных удельных усилий вследствие высокого сопротивления металла деформированию в условиях холодной деформации и упрочнения металла в процессе деформации. Упрочнение сопровождается снижением пластичности металла. Для облегчения процесса деформирования оформление детали расчленяется на переходы, между которыми заготовку

подвергают рекристаллизационному отжигу. Каждый переход осуществляют в специальном штампе, а между переходами обрезают облой для уменьшения усилия деформирования и повышения точности размеров деталей.

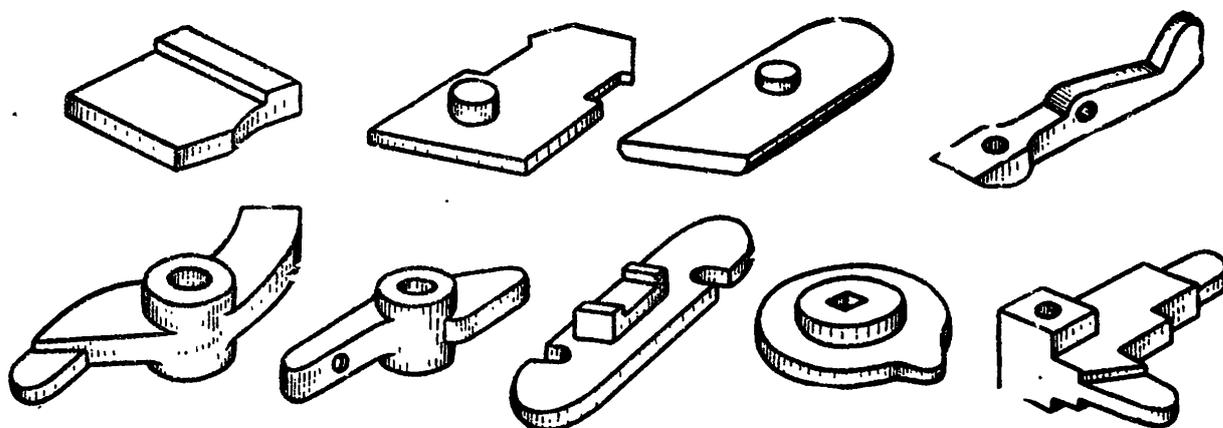


Рис. 3.21. Детали, получаемые холодной формовкой

Объемную формовку производят в открытых и закрытых штампах. Исходной заготовкой обычно является штучная заготовка из сортового или листового проката, полученная горячей штамповкой либо точным литьем. Иногда (чаще при штамповке в закрытых штампах) заготовкой служит полоса или пруток, но при этом расход материала по сравнению со штучной заготовкой возрастает на 10...30 %.

Преимуществами холодной объемной формовки, по сравнению с обработкой давлением при высоких температурах, являются бóльшая точность и лучшее качество поверхности, а также более высокая производительность. Основной недостаток – возможность обработки только пластичных металлов.

Холодная листовая штамповка (ХЛШ) – способ изготовления тонкостенных изделий из листового материала, ленты или полосы с помощью штампов. Листовой штамповкой обрабатывают все технические металлы и их сплавы, картон, пластмассы, кожу и другие материалы.

Листовую штамповку широко применяют в различных отраслях промышленности, особенно, автомобилестроении, ракетостроении, самолетостроении, приборостроении, электротехнической промышленности. Очень много разнообразных по конфигурации деталей можно получить, совмещая в технологическом процессе листовую штамповку и сварку. Так получают детали различных изделий машиностроения направляющие машин, корпуса сложной формы, бензобаки, баллоны, картеры, поддоны и т.д.

Характерным для листовой штамповки является то, что толщина стенок готового изделия обычно мало отличается от толщины исходной заготовки.

В зависимости от толщины заготовки штамповку делят, условно, на тонколистовую (до 4 мм) и толстолистовую (свыше 4 мм).

Широкое распространение листовой штамповки объясняется тем, что этот процесс имеет следующие преимущества:

1. Очень высокая производительность (до 30000...50000 деталей в смену с одного штампа).
2. Механизация и автоматизация штамповочных работ, что облегчает труд рабочего.
3. Высокая точность деталей, а, следовательно, их взаимозаменяемость.
4. Хорошее качество поверхности деталей.

Инструментами для листовой штамповки являются сложные штампы, вследствие высокой стоимости которых листовая штамповка целесообразна лишь в серийном и массовом производствах.

Все разнообразные по форме и размерам детали получают, применяя поочередно отдельные элементарные операции. Операции листовой штамповки можно разделить на две группы: *разделительные*, в которых одну часть заготовки отделяют от другой (отрезка, вырубка, пробивка) и *формоизменяющие*, в которых происходит перемещение одной части заготовки относительно другой без разрушения (гибка, вытяжка, формовка, обжим, отбортовка, закатка, правка и некоторые другие). Рассмотрим основные из этих операций.

Отрезка – полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путем сдвига. Осуществляется на ножницах с параллельными ножами, гильотинных и дисковых.

Ножницы с параллельным расположением режущих кромок ножей применяются только для резки тонкого материала. В гильотинных ножницах режущие кромки ножей 2 и 5 (рис. 3.22, а) с целью уменьшения усилия резания наклонены один к другому под углом створа. Необходимая ширина заготовки 3 устанавливается по упору 4. Перед началом отрезки разрезаемый лист закрепляется прижимом 1.

Вырубка – полное отделение части заготовки по замкнутому контуру путем сдвига, причем отделяемая часть является изделием.

Пробивка – образование в заготовке отверстия или паза путем сдвига с удалением части металла в отход.

Эти две операции, отличающиеся только по назначению, осуществляются при помощи штампа, состоящего из пуансона и матрицы. При вырубке деталь 9 (рис. 3.22, б) отделяется от заготовки 8, а при пробивке в детали 9 (рис. 3.22, в) образуется сквозное отверстие с удалением части материала 10 в отход. При этом пуансон 7 и матрица 6 работают как ножи замкнутой формы.

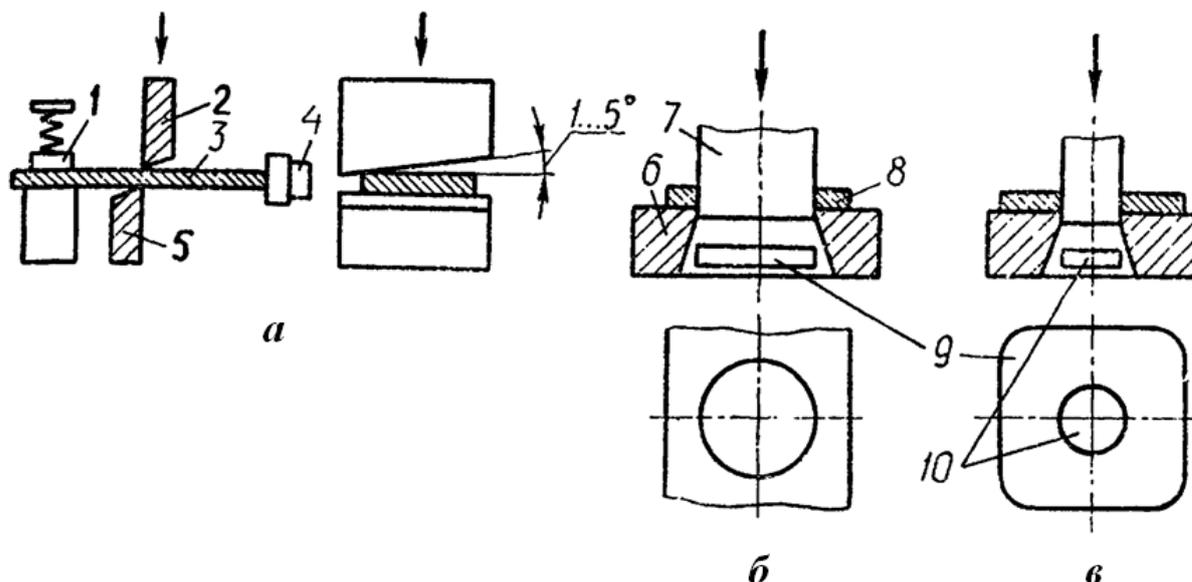


Рис. 3.22. Разделительные операции листовой штамповки: *а* – отрезка; *б* – вырубка; *в* – пробивка

Гибка – образование или изменение углов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы (рис. 3.23, *а*). Она сопровождается неравномерным распределением деформации по толщине. При гибке пластически деформируется только участок заготовки в зоне контакта с пуансоном: наружные слои растягиваются, а внутренние (обращенные к пуансону) сжимаются. Виды изделий, получаемых гибкой, представлены на рис. 3.24.

Вытяжка – образование полого пространственного изделия из плоской листовой заготовки (рис. 3.23, *б*).

Под воздействием пуансона плоская заготовка диаметром $D_{\text{заг}}$ втягивается в отверстие матрицы и принимает форму полой детали диаметром d . Формоизменение заготовки при вытяжке оценивается степенью вытяжки $K = D_{\text{заг}}/d$, значение которой в зависимости от механических свойств материала и условий вытяжки не должна превышать от 1,8 до 2,1 за один переход. На рис. 3.25 показаны детали, получаемые вытяжкой.

Изделия с большим формоизменением заготовки получают за несколько операций вытяжки с постепенным уменьшением диаметра полой заготовки и увеличением ее высоты (рис. 3.23, *в*). Промежуточный отжиг для устранения наклепа позволяет увеличить степень вытяжки до 1,6.

Опасность разрушения заготовок устраняют также закруглением кромок пуансонов и матриц радиусом $r = (5...10)S$, где S – толщина листа, и

применением смазок для уменьшения сил трения между поверхностями заготовок и инструмента.

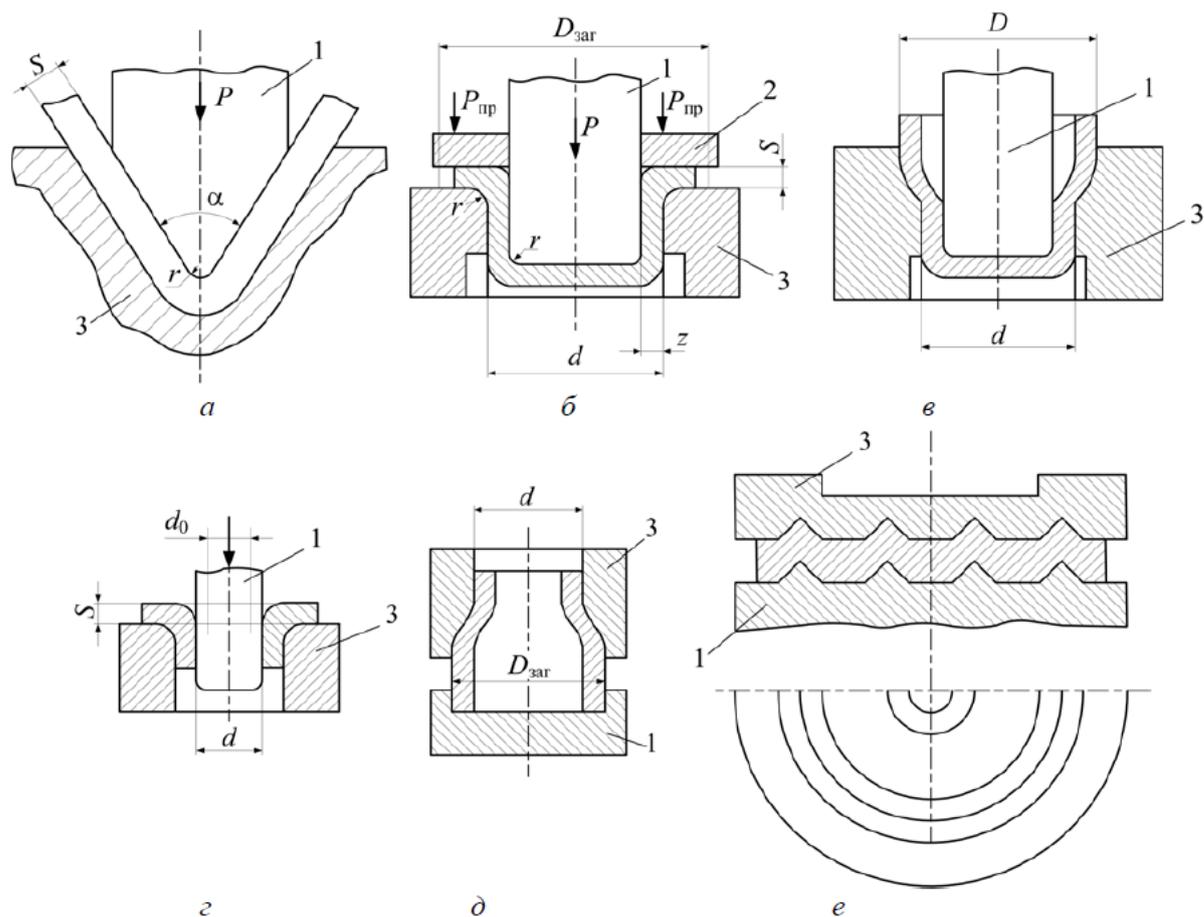


Рис. 3.23. Формоизменяющие операции листовой штамповки: а – гибка; б, в – вытяжка; г – отбортовка; д – обжим; е – формовка; 1 – пуансон; 2 – прижим; 3 – матрица

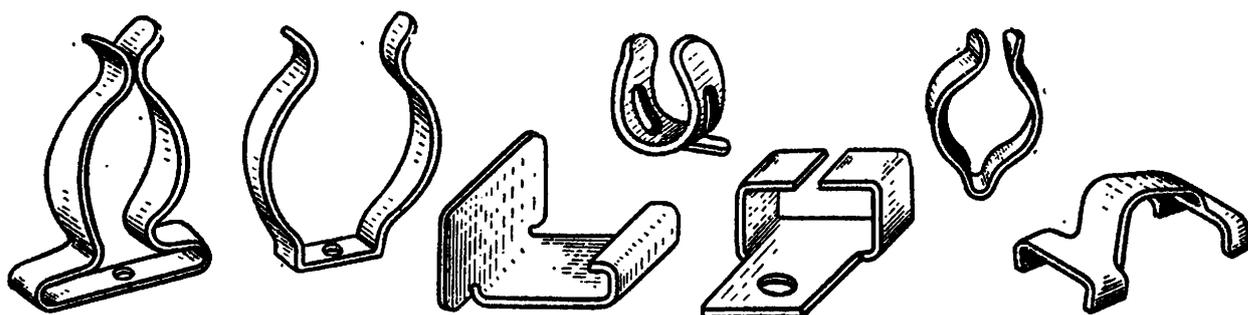


Рис. 3.24. Детали, получаемые гибкой

Отбортовка – образование борта (горловины) в плоской или пространственной заготовке путем вдавливания в отверстие матрицы части заготовки с предварительно пробитым отверстием (рис. 3.21, г). При отбортовке отверстия металл в зоне деформации растягивается и становится тоньше, поэтому высота борта ограничена опасностью разрыва заготовки.

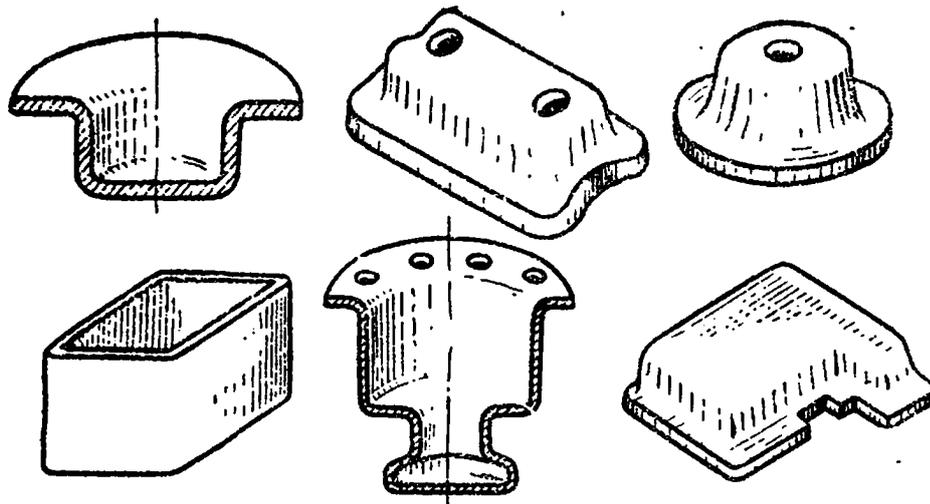


Рис. 3.25. Детали, получаемые вытяжкой

Обжим – уменьшение размеров поперечного сечения краевой части полой заготовки путем одновременного воздействия инструмента по всему ее периметру (рис. 3.21, д).

Допустимое формоизменение при обжиме ограничивается не разрушением заготовки, а потерей ее устойчивости в процессе деформирования. Основным видом потери устойчивости является образование складок. При этом возможно образование кольцевой складки в цилиндрической недеформированной части заготовки или продольных складок в очаге деформации. Обычно за один переход можно получить изделие с диаметром краевого участка $d = (0,7...0,8)D_{\text{заг}}$. Складки обычно устраняют подпором стенок заготовки.

Формовка – образование рельефа (местных углублений и выступов) в листовой заготовке за счет местных растяжений без обусловленного изменения толщины металла (рис. 3.21, е).

Деформирующими инструментами могут быть матрица и соответствующий по форме пуансон. Для снижения стоимости штампов вместо пуансона можно использовать эластичные элементы, изготовленные из полиуретана или резины.

Формовку применяют для получения мембран с кольцевыми рифлениями, ребер жесткости в оболочках, а также для изготовления изделий сложной несимметричной формы.

Контрольные вопросы

1. Что такое штамповка? Назовите виды штамповки.

2. Каковы преимущества и недостатки объемной штамповки в сравнении со свободной ковкой ?
3. Сравните методы облойной и безоблойной объемной штамповки.
4. Приведите пример многоручьевой горячей объемной штамповки ГОШ, указав назначение отдельных ручьев.
5. В чем заключаются преимущества/недостатки холодной объемной штамповки (ХОШ) в сравнении с горячей ?
6. Назовите виды холодного выдавливания. Чем процесс холодного выдавливания отличается от прессования ?
7. В чем заключается принцип холодной высадки, какие изделия получают этим методом ?
8. Сравните преимущества/недостатки ГОШ и ХОШ.
9. В чем заключается холодная листовая штамповка (ХЛШ), каковы ее технологические преимущества и области применения ?
10. Назовите основные операции листовой штамповки.