

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

Составитель  
Константин Петрович Петренко

## **ХОЛОДНАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА**

**Методические указания к лабораторной работе  
по дисциплинам:**  
**«Технология конструкционных материалов», «Технологиче-  
ские процессы в машиностроении», «Технологические про-  
цессы автоматизированных производств», «Физико-  
химические основы технологических процессов»**  
для обучающихся технических направлений подготовки  
всех форм обучения

Рекомендованы учебно-методической комиссией  
направления 27.03.01 Управление качеством  
в качестве электронного издания  
для использования в учебном процессе

Кемерово 2025

Рецензент:

Коротков А. Н. – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой металлорежущих станков и инструментов, председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 27.03.01 Управление качеством

**Петренко Константин Петрович**

**Холодная объемная штамповка** : методические указания к лабораторной работе для студентов технических направлений подготовки всех форм обучения / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, Кафедра металлорежущих станков и инструментов ; составитель К. П. Петренко. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (К6). – Текст : электронный.

Представлены следующие разделы: холодная пластическая деформация металлов, общая характеристика процессов холодной штамповки, холодное выдавливание, холодная высадка, холодная объемная формовка, оборудование для холодной объемной штамповки, контрольные вопросы, список литературы.

© Кузбасский государственный  
технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева, 2025  
© Петренко К. П., составление,  
2025

## 1. ЦЕЛИ РАБОТЫ

1. Изучение особенностей холодной пластической деформации металлов.
2. Знакомство с основными операциями холодной объемной штамповки и применяемым оборудованием.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 2.1. Холодная пластическая деформация металлов

Пластическая деформация заключается в перемещении атомов относительно друг друга на расстояния больше межатомных из одних равновесных положений в новые. При перемещении атомов по определенным плоскостям кристаллической решетки происходит скольжение (сдвиг) одной части кристалла относительно другой. Холодная деформация, осуществляемая без нагрева заготовки, характеризуется изменением формы зерен, которые вытягиваются в направлении наиболее интенсивного течения металла. Образуется так называемая текстура деформации (рис. 1). В таком состоянии металл имеет резко выраженную анизотропию свойств: вдоль вытянутых волокон (зерен) металл прочнее, чем в поперечном направлении.

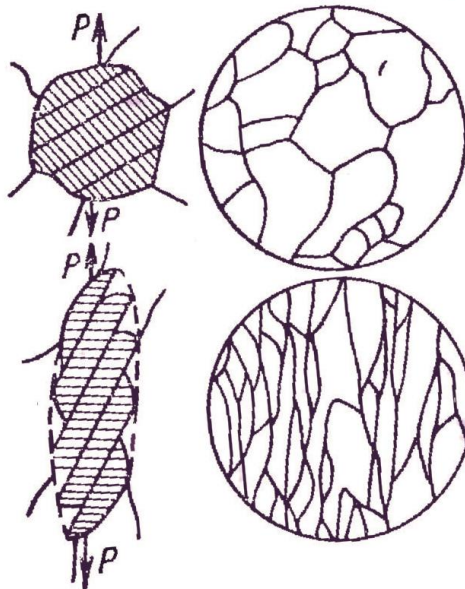


Рис. 1. Схема пластической деформации зерна и изменение микроструктуры металла

Формоизменение при холодной деформации сопровождается изменением механических и физико-химических свойств металла. Это явление называется упрочнением (наклепом). Сущность указанного явления состоит в том, что по мере увеличения холодной пластической деформации возрастают характеристики прочности и снижаются характеристики пластичности металла (рис. 2).

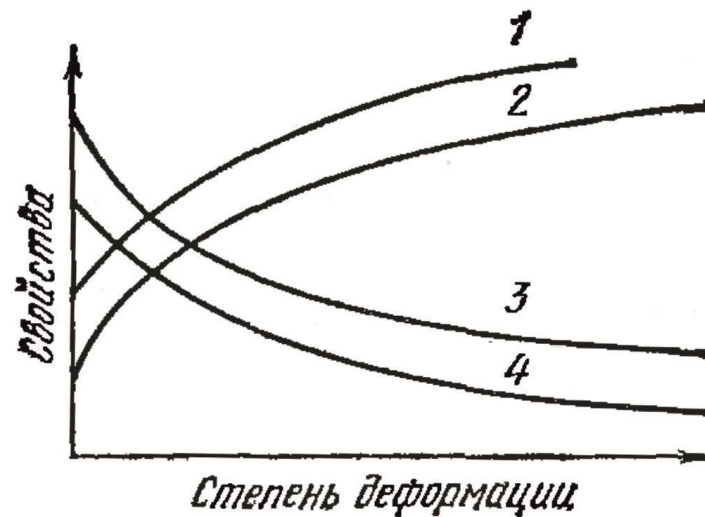


Рис. 2. Схема изменения свойств металла в зависимости от степени пластической деформации: 1 — твердость, 2 — прочность, 3 — пластичность, 4 — вязкость

Упрочнение возникает вследствие поворота плоскостей скольжения, увеличения искажений кристаллической решетки (накопления дислокаций у границ зерен). При пластической деформации в отличие от упругой нет линейной зависимости между напряжениями и деформациями.

Изменения, внесенные холодной деформацией в структуру и свойства металла, не являются необратимыми. Они могут быть устранены, в частности, термической обработкой (отжигом). В этом случае происходит внутренняя перестройка, при которой за счет дополнительной тепловой энергии, увеличивающей подвижность атомов, из множества центров растут новые зерна, заменяющие собой деформированные. Эти новые зерна имеют примерно одинаковые размеры по всем направлениям, при этом свойства металла возвращаются к их исходным значениям до деформации.

Явление зарождения и роста новых равноосных зерен взамен деформированных, вытянутых, происходящее при определенных температурах, называется *рекристаллизацией*. Для чистых металлов рекристаллизация начинается при абсолютной температуре, равной 0,4 абсолютной температуре плавления металла. Рекристаллизация протекает с определенной скоростью, время, требуемое для рекристаллизации, тем меньше, чем выше температура нагрева деформированной заготовки.

При температурах ниже температуры начала рекристаллизации наблюдается явление, называемое *возвратом*. При возврате (отдыхе) форма и размеры деформированных зерен не изменяются, но частично снимаются остаточные напряжения, возникшие в изделии в процессе изготовления.

При обработке металлов давлением различают так называемую логарифмическую и относительную степени деформации. Первая выражается формулой

$$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} = \ln \frac{f_0}{f}, \quad (1)$$

где  $l$  и  $l_0$  – конечная и начальная длины деформируемого участка заготовки;

$f_0$  и  $f$  – начальная и конечная площади поперечного сечения деформируемого участка заготовки.

Относительная степень деформации определяется как

$$e = \frac{X - X_0}{X_0} = \frac{\Delta X}{X_0}, \quad (2)$$

где  $X$  и  $X_0$  – конечное и начальное значение параметра (диаметр, длина, площадь).

Величины  $\varepsilon$  и  $e$  связаны между собой:

$$\varepsilon = \ln(1 + e). \quad (3)$$

При степенях деформации меньше 0,1 разница между  $\varepsilon$  и  $e$  меньше 5 %, поэтому для малых деформаций можно считать  $\varepsilon = e$ .

## 2.2. Общая характеристика процессов холодной штамповки

Под холодной штамповкой понимают штамповку без предварительного нагрева заготовок. Для металлов и сплавов, применяемых при штамповке, такой процесс формоизменения соответствует условиям холодной деформации. Холодная штамповка подразделяется на холодную объемную и холодную листовую штамповку.

Холодная объемная штамповка находит все более широкое применение благодаря высокой производительности и экономичности. Заготовки, полученные этим методом, имеют низкую шероховатость до  $Ra\ 0,1$ , благоприятное расположение волокон металла, более высокие по сравнению с исходными механические свойства, что в целом повышает надежность и долговечность изделий. При холодной объемной штамповке достигается повышение коэффициента использования металла по сравнению с литьем и горячей штамповкой – на 10–30 %, по сравнению с обработкой резанием – в 2–3 раза. Коэффициент использования металла составляет в среднем 0,90–0,93. Процессы холодной штамповки характеризуются высоким уровнем механизации и автоматизации, что существенно повышает производительность.

К недостаткам холодной объемной штамповки относят возможность разрушений металла, изменение его физических свойств (увеличение магнитной проницаемости, коэрцитивной силы), а также повышенную энергоемкость процессов, зависящую от химического состава, механических свойств металла, степени деформации и др.

Метод холодной объемной штамповки применяется для изготовления заготовок как мелких деталей (гайки, втулки, заглушки, пальцы), так и достаточно крупных: поршневые пальцы дизелей, шаровые пальцы, корпуса шарниров, свечей зажигания, кольца роликовых подшипников, валы диаметром 50–100 мм и длиной стержня 20–300 мм, шаровые опоры и др. (рис. 3).

Основными разновидностями холодной объемной штамповки являются холодное выдавливание, холодная высадка и холодная объемная формовка.

### 2.3. Холодное выдавливание

При холодном выдавливании заготовку помещают в полость, из которой металл выдавливают в отверстия, имеющиеся в рабочем инструменте. Выдавливание обычно выполняют на кривошипных или гидравлических прессах в штампах, рабочими частями которых являются пуансон и матрица. Различают прямое, обратное, боковое и комбинированное выдавливание.

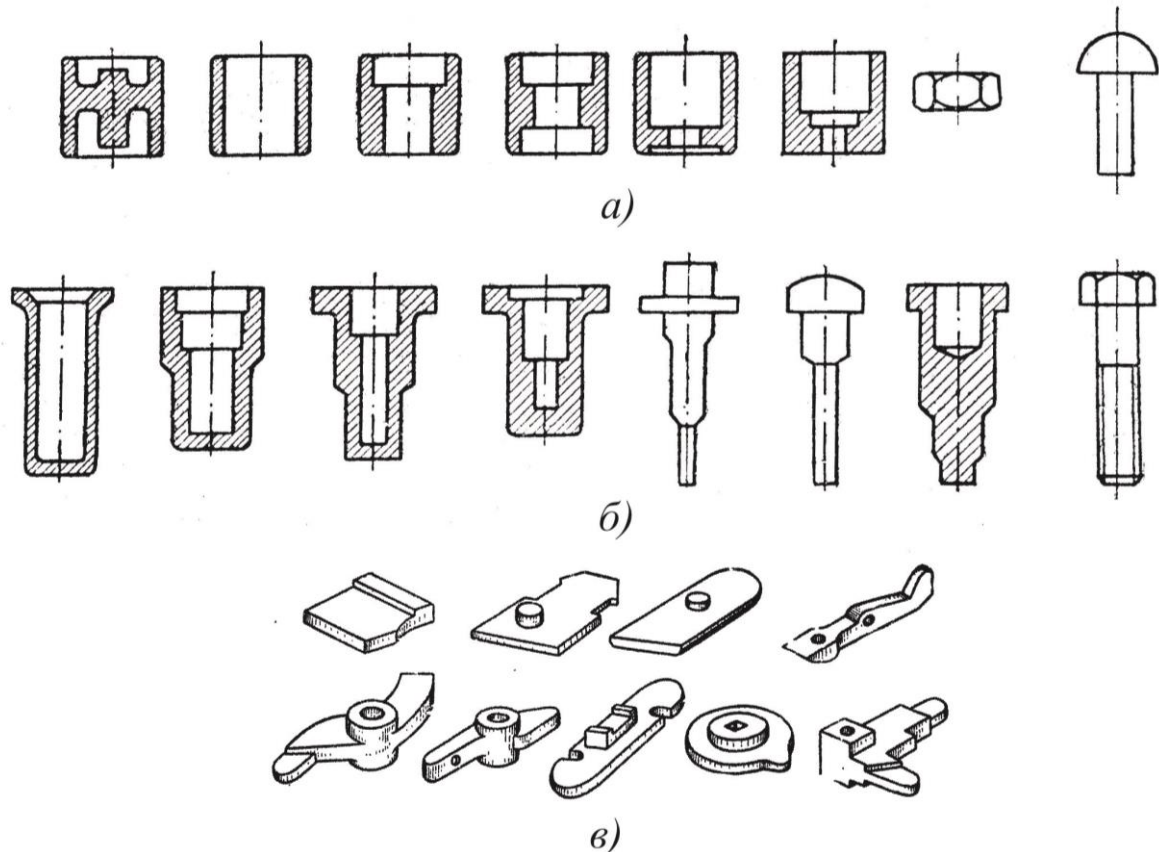


Рис. 3. Типовые полуфабрикаты и детали, получаемые холодной объемной штамповкой: *а* – высадкой, *б* – выдавливанием, *в* – объемной формовкой

При *прямом выдавливании* (рис. 4, *а*) металл вытекает в отверстие, расположенное в донной части матрицы в направлении, совпадающем с направлением движения пуансона относительно матрицы. Таким образом получают детали типа стержня с утолщением (болты, тарельчатые клапаны и т. п.). При этом зазор между пуансоном и цилиндрической частью матрицы, в которой размещается исходная заготовка, должен быть небольшой, чтобы металл не вытекал в зазор.

При *обратном выдавливании* (рис. 4, б) направление течения металла противоположно направлению движения пуансона относительно матрицы. Наиболее чаще встречающейся схемой обратного выдавливания является схема, при которой металл может вытекать в кольцевой зазор между пуансоном и матрицей. По такой схеме изготавливают полые детали типа труб (корпуса тьюбиков), экранов радиоламп и т. д.

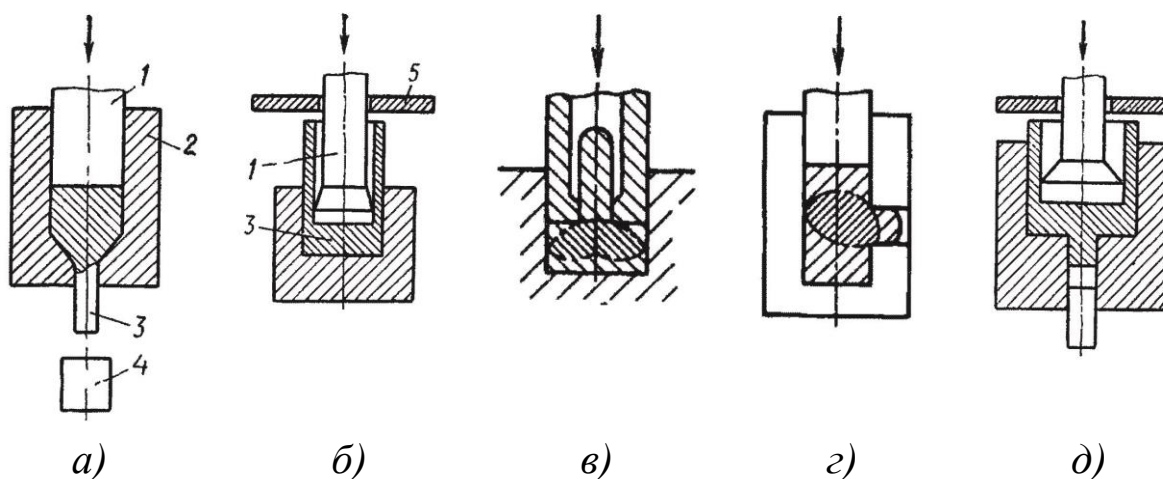


Рис. 4. Схемы выдавливания: 1 — пуансон, 2 — матрица, 3 — деталь, 4 — выталкиватель, 5 — съемник

Реже применяют схему обратного выдавливания, при которой металл выдавливается в отверстие в пуансоне, для получения деталей типа стержня с фланцем (рис. 4, в).

При *боковом выдавливании* (рис. 4, г) металл вытекает в отверстие в боковой части матрицы в направлении, не совпадающем с направлением движения пуансона. Таким образом можно получить детали типа тройников, крестовин и т. п. В этом случае, чтобы обеспечить удаление заготовки после штамповки, матрицу выполняют состоящей из двух половинок с плоскостью разъема, совпадающей с плоскостью, в которой расположены осевые линии заготовки и получаемого отростка.

*Комбинированное выдавливание* характеризуется одновременным течением металла по нескольким направлениям и осуществляется по нескольким из рассмотренных ранее схем холодного выдавливания. На рис. 4, д представлена схема комбинированного выдавливания для изготовления обратным выдавливанием



ем полый, чашеобразной части детали, а прямым выдавливанием – стержня, отходящего от его донной части.

Основной положительной особенностью выдавливания является возможность получения без разрушения заготовки весьма больших степеней деформации, которые характеризуются показателем  $k = F_0 / F_1$  ( $F_0$  и  $F_1$  – площади поперечного сечения соответственно исходной заготовки и выдавленной части детали). Для весьма мягких, пластичных металлов  $k > 100$  (алюминиевые трубы с толщиной стенки 0,1...0,2 мм, при диаметре трубы 20...40 мм). Возможность получения столь больших степеней деформации обеспечивается тем, что пластическое деформирование при выдавливании происходит в условиях всестороннего неравномерного сжатия.

Однако указанная особенность всестороннего сжатия приводит и к отрицательным явлениям. Чем больше степень деформации, тем больше сила деформирования, и удельные силы, действующие на пуансон и матрицу, могут достичь значений, больших в несколько раз предела текучести деформируемого металла и превышающих значения, допустимые для инструмента по условиям его прочности или стойкости.

Высокие удельные силы выдавливания (1800–2200 МПа, в отдельных местах до 3000 МПа) определяют достижимые степени деформации и сдерживают широкое применение этого процесса в производстве. Удельные силы выдавливания изменяются в процессе деформирования и зависят от высоты подвергающейся деформированию части заготовки. При выдавливании пластическая деформация охватывает лишь часть объема заготовки – очаг деформации. До тех пор, пока высота очага деформации меньше, чем высота деформируемой заготовки, удельные силы по ходу пуансона изменяются незначительно. Когда высота деформируемой части заготовки становится меньше высоты естественного очага деформации, удельные силы начинают интенсивно возрастать. Указанное явление ограничивает допустимую (по условиям стойкости инструмента) толщину фланца или днышка штампуемой детали.

Усилия прямого и обратного выдавливания определяются соответственно по формулам:

$$P_{\text{п}} = q_{\text{п}} F, \text{ Н} \quad (4)$$

$$P_{\text{о}} = q_{\text{о}} (F_{\text{о}} - F), \text{ Н} \quad (5)$$

где  $q_{\text{п}}$  и  $q_{\text{о}}$  – удельные усилия при выдавливании, МПа;

$F$  и  $F_{\text{о}}$  – площади поперечного сечения соответственно пуансона и матрицы, мм<sup>2</sup>.

Для уменьшения удельной силы выдавливания при проектировании детали необходимо стремиться к такой ее конфигурации, при которой отсутствовали бы застойные зоны под торцом пуансона или у рабочей поверхности матрицы.

Основное технологическое мероприятие, направленное на снижение удельных сил выдавливания – применение различных смазывающих материалов (мыло, масла, жирные кислоты, дисульфид молибдена) или покрытий заготовок (фосфатирование, оксалатирование) для уменьшения сил трения. В обычных условиях силы трения препятствуют пластическому течению металла и существенно увеличивают силу деформирования.

Если деталь имеет простую геометрическую форму, то она может быть изготовлена за один переход. Заготовки сложной формы, особенно из материалов с пониженной пластичностью, штампуются за несколько переходов (рис. 5), между которыми часто проводят рекристаллизационный отжиг. Отжиг снижает удельные силы при штамповке на последующих переходах и повышает пластичность металла, что уменьшает опасность разрушения заготовки в процессе деформирования и увеличивает допустимую степень деформации.

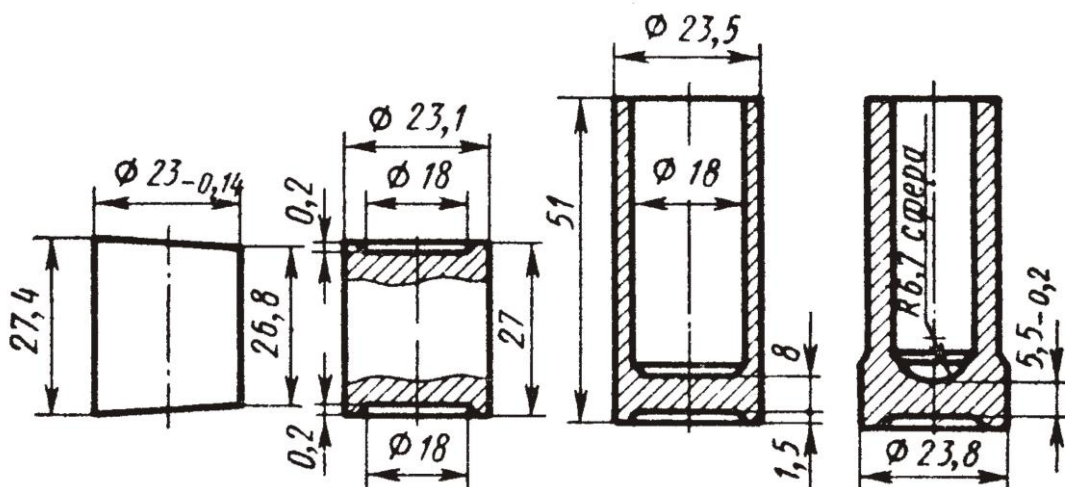


Рис. 5. Переходы при штамповке корпуса толкателя из стали 15Х

## 2.4. Холодная высадка

Применяется при изготовлении широкого ассортимента деталей в массовом производстве: болтов, гаек, шпилек, винтов, шурупов, заклепок, гвоздей, спиц и др. Исходной заготовкой служат проволока или прутки из черных и цветных металлов диаметром 0,5...38 мм. Холодная высадка осуществляется с помощью специальных холодновысадочных автоматов, на которых за один или несколько переходов (ударов) в зависимости от формы высаживаемой части и ее размеров изготавливается изделие. Название автоматов связано с тем, что основной выполняемой на них операциях является высадка (уменьшение длины части заготовки при местном увеличении поперечных размеров).

В то же время при штамповке на холодновысадочных автоматах все шире используют другие операции штамповки (в частности, выдавливание), что расширяет номенклатуру изготавливаемых деталей. На рис. 6 показана схема трехударной высадки винта.

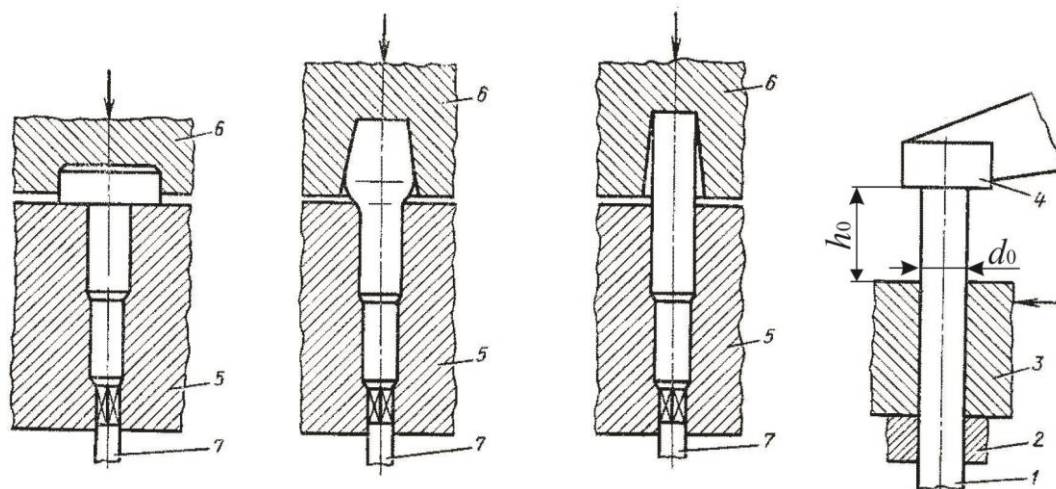


Рис. 6. Схема высадки винта  
на однопозиционном трехударном автомате

Автомат имеет механизмы подачи, отрезки, переноса заготовки с линии подачи на позицию высадки, а также механизмы высадки и выталкивания.

Пруток или проволока 1 через отрезную матрицу 2 подается до упора 4, с помощью ножа 3 отрезается заготовка нужной длины. Далее заготовка переносится к высадочной матрице 5 и последовательно с помощью пуансонов 6 осуществляется высадка

головки винта. Деталь удаляется из матрицы с помощью выталкивателя 7.

Отношение длины высаживаемой части заготовки к ее диаметру  $d_0 / h_0$  во избежание потери устойчивости (продольного изгиба) не должно превышать 2,5 при высадке за один удар, 4,5 – за два удара, 8 – за три удара.

Правила высадки, расчет и выбор переходов по существу являются такими же, как при горячей объемной штамповке на горизонтально-ковочных машинах. Однако ограниченный запас пластичности металла в холодном состоянии значительно снижает допустимые степени деформации даже у сплавов с высокой пластичностью и полностью исключает возможность холодной высадки сплавов с низкой пластичностью. На рис. 7 – 8 показаны примеры переходов при штамповке на холодновысадочных автоматах.

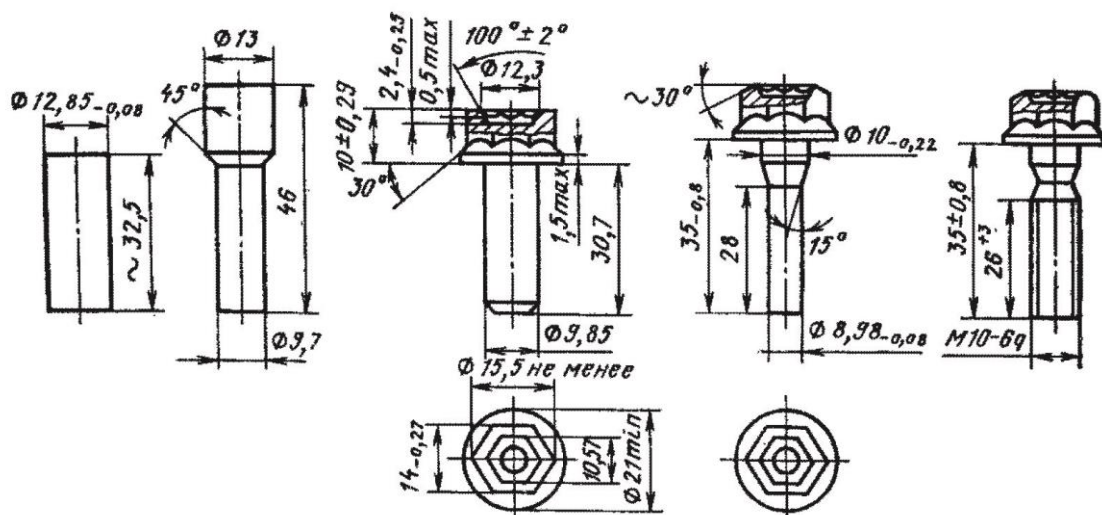


Рис. 7. Переходы при штамповке и накатке резьбы болта с фланцем из стали 20кп

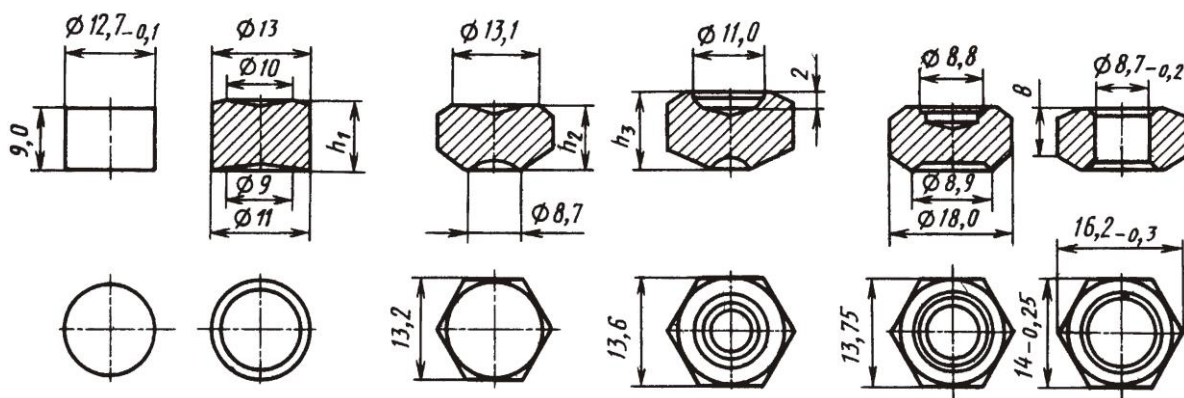


Рис. 8. Переходы при штамповке гайки из стали 10кп

Усилие разрезки заготовки на автоматах определяют по формуле

$$P_p = k\tau F_0, \text{ Н} \quad (6)$$

где  $k = 1,25 \dots 1,35$  – коэффициент, учитывающий конструкцию и состояние режущих кромок;

$\tau \approx 0,6\sigma_B$  – максимальное касательное напряжение сдвига, МПа;

$F_0$  – площадь поперечного сечения заготовки,  $\text{мм}^2$ .

Начальное усилие высадки определяется как

$$P_{\text{нв}} = \sigma'_s F_0 \left( 1 + \frac{\mu d_0}{3h_0} \right), \text{ Н} \quad (7)$$

где  $\sigma'_s$  – напряжение текучести материала с учетом деформационного упрочнения (определяется по справочникам), МПа;

$\mu$  – коэффициент трения, принимаемый 0,15 для высадки со смазкой;

$d_0, h_0$  – соответственно диаметр и длина высаживаемой части заготовки.

Конечное усилие высадки рассчитывается по формуле

$$P_{\text{кв}} = \sigma'_s f v F \left( 1 + \frac{\mu D}{3h} \right), \text{ Н} \quad (8)$$

где  $f$  – коэффициент, учитывающий сложность формы высаживаемой детали ( $f = 1,1 \dots 1,2$  для деталей типа стержня с шестигранной или прямоугольной головкой,  $f = 1,3$  для несимметричных головок);

$v = 1 \dots 1,75$  – коэффициент, учитывающий влияние механической схемы деформации ( $v = 1$  при свободной осадке);

$F$  – площадь поперечного сечения высаженной головки,  $\text{мм}^2$ ;

$D$  – диаметр проекции высаженной головки на плоскость, перпендикулярную оси высадки, мм;

$h$  – высота высаженной цилиндрической головки, мм.

Штамповкой на холодновысадочных автоматах обеспечиваются достаточно высокая точность размеров и хорошее качество поверхности, вследствие чего некоторые детали не требуют последующей обработки резанием. Таким образом, например, изготавливают метизные изделия (болты, винты, шпильки), резьбу



на которых получают на автоматах обработкой давлением — накаткой.

Производительность холодновысадочных автоматов составляет 20–400 деталей в минуту (чем меньше размер детали, тем больше производительность). Средний коэффициент использования металла составляет 95 % (только 5 % металла идет в отход).

## 2.5. Холодная объемная формовка

Она заключается в придании заготовке формы детали путем заполнения металлом полости штампа. Применяется для изготовления сложных по форме деталей (сплошных и с отверстиями) с площадью горизонтальной проекции до  $5000 \text{ мм}^2$  и высотой до 25 мм. Исходной заготовкой является штучная заготовка из сортового или листового проката, полученная горячей штамповкой либо точным литьем. Обычно используются следующие основные операции: осадка плоскопараллельными бойками (рис. 9, а), открытая осадка с выдавливанием в одну или две стороны для образования бобышек, выступов (рис. 9, б), закрытая осадка с истечением металла в одну или две полости штампа для образования частичных утолщений с одновременным формированием требуемого контура (рис. 9, в).

Холодная объемная формовка требует значительных удельных усилий вследствие высокого сопротивления металла в условиях холодной деформации и упрочнения металла в процессе деформирования. Для уменьшения вредного влияния упрочнения и облегчения процесса деформирования оформление детали обычно расчленяют на переходы, между которыми заготовку подвергают рекристаллизационному отжигу.

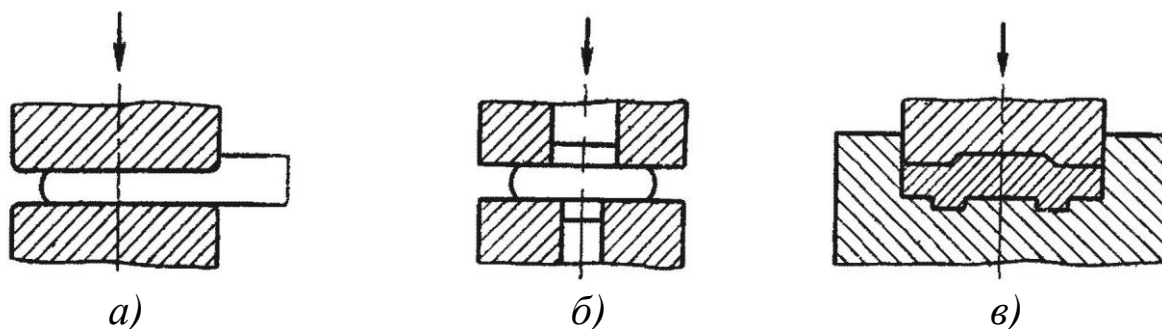


Рис. 9. Основные операции холодной объемной формовки

Каждый последующий переход осуществляется в специальном штампе, хотя иногда несколько переходов выполняют в одном штампе. В последнем случае между переходами обрезают облой для снижения силы деформирования и повышения размерной точности деталей. Холодную объемную формовку обычно осуществляют в открытых штампах, так как при этом удельные силы меньше (возможность вытекания металла в зазор между половинками штампа облегчает процесс деформирования). В закрытых штампах штампуют главным образом изделия из цветных металлов и сплавов.

Усилие холодной объемной формовки определяют по формуле

$$P_{\phi} = q_{\phi} F, \text{ Н} \quad (9)$$

где  $q_{\phi}$  – среднее удельное усилие, МПа;

$F$  – площадь проекции поковки на горизонтальную плоскость, мм<sup>2</sup>.

Данный вид обработки металлов обеспечивает получение деталей со сравнительно высокой точностью размеров и качеством поверхности, что уменьшает объем обработки резанием и в отдельных случаях даже устраняет ее. Штамповка осуществляется обычно за один ход ползуна прессы, что обеспечивает (даже при использовании нескольких переходов со своими штампами) высокую производительность по сравнению с обработкой резанием. В то же время изготовление штампов трудоемко и дороже изготовления режущего инструмента, поэтому холодная объемная формовка в основном применяется в крупносерийном и массовом производстве.

Рекомендации по конструированию деталей по существу такие же, как при горячей объемной штамповке. Допустимые уклоны и радиусы закруглений обычно меньше по сравнению с горячей штамповкой.

## 2.6. Оборудование для холодной объемной штамповки

Холодное выдавливание выполняется на кривошипных или гидравлических прессах, холодная объемная формовка обычно осуществляется на кривошипно-коленных прессах. Холодная вы-

садка производится на холодновысадочных автоматах.

На рис. 10 изображена схема исполнительного механизма кривошипно-коленного пресса.

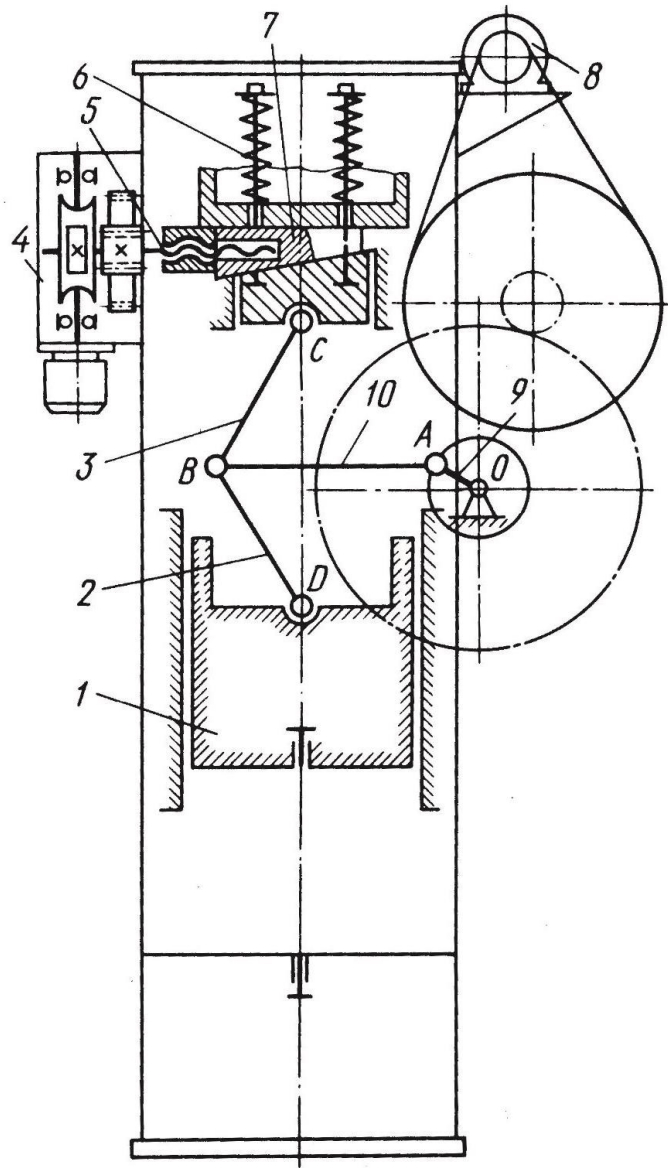


Рис. 10. Исполнительный механизм кривошипно-коленного пресса

Кривошип 9, вращаясь вокруг оси  $O$ , передает движение шатуну 10 и звеньям 2 (нижнее колено) и 3 (верхнее колено). Поворачиваясь около точки  $C$ , звено 3 смещает звено 2, в результате чего ползун 1 совершает вертикальное перемещение в направляющих станины. В нижнем положении ползуна шарниры  $B$ ,  $C$  и  $D$  установятся на одной прямой линии, при этом достигается наибольшее усилие. Особенность кривошипно-коленного меха-



низма заключается в том, что на небольшом рабочем ходу (45–200 мм) около нижнего крайнего положения ползуна возникающие в рабочей зоне пресса большие усилия уравниваются значительно меньшими усилиями в приводе. Так, при усилии на прессе равном 10 МН, на кривошипном валу будет создаваться усилие 2 МН. В кривошипно-коленных прессах шатун работает на растяжение.

Привод осуществляется от электродвигателя 8, который через клиноременную и зубчатую передачи передает движение к кривошипно-коленному механизму.

Верхнее звено механизма в точке *C* шарнирно соединено с опорной подушкой, которая подвешивается на станине с помощью пружин 6. Такая схема подвески дает возможность регулировать высоту штампового пространства, используя клиновую пару. Клинов 7 во время регулирования перемещается с помощью винта 5, который вращается от редуктора 4, имеющего индивидуальный электропривод. Чеканочные прессы изготавливают номинальным усилием от 1000 до 40000 кН.

Прессы для холодного выдавливания отличаются от чеканочных тем, что процесс штамповки в них происходит на большем рабочем ходу. При этом усилие на коленчатом валу и затраты мощности будут больше, чем в чеканочных прессах таким же номинальным усилием. Стандартные прессы для холодного выдавливания изготавливают номинальным усилием от 1000 до 10000 кН.

Холодновысадочные автоматы бывают однопозиционные и многопозиционные. По количеству переходов, необходимых для изготовления одного изделия, однопозиционные автоматы бывают одно-, двух- и трехударные. В свою очередь, двух- и трехударные автоматы могут быть как с цельной матрицей, так и с разъемной.

На *одноударных* автоматах проводится высадка изделий типа шурупов, винтов заклепок, у которых длина высаживаемой части  $h_0$  равна 2–2,5 диаметра стержня  $d_0$ . Их также широко применяют при изготовлении шариков и роликов. Однопозиционные *двухударные* автоматы применяют чаще, так как они позволяют изготавливать изделия с увеличенной головкой. На рис. 11 показана кинематическая схема двухударного автомата с цельной матрицей.

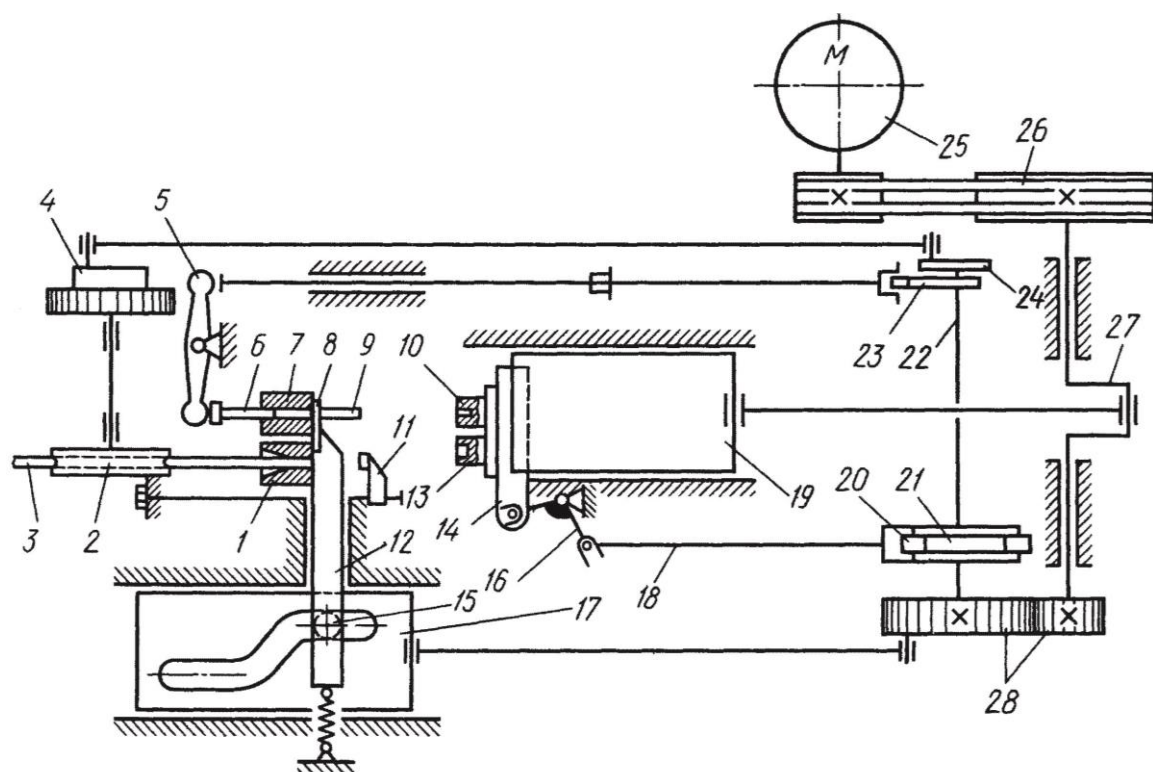


Рис. 11. Кинематическая схема двухударного однопозиционного автомата

Заготовка-проволока 3 прерывисто вращающимися роликами 2 подается через отрезную матрицу 1 до упора 11. Нож 8, отрезав заготовку 9, переносит ее с помощью специальной пружины к высадочной матрице и удерживает до того времени, пока пуансон 10 не воткнет ее в матрицу 7, после чего нож возвращается в исходное положение, а пуансон 10 проводит предварительную высадку головки изделия. При втором ударе пуансон 13 проводит окончательную высадку головки. Движение пуансонов вдоль оси изделия осуществляется главным ползуном 19, соединенным шатуном с коленчатым валом 27.

Поперечное перемещение пуансонов осуществляется при помощи салазок 14, которые связаны двуплечим рычагом 16, шатуном 18 и роликами 20 с кулачковым механизмом 21. Кулачковый механизм смонтирован на распределительном валу 22, получающем вращательное движение через зубчатую передачу 28.

Механизм подачи пруткового материала имеет храповое устройство 4, с помощью которого осуществляется прерывистое вращение роликов подачи 2. Подача регулируется изменением эксцентриситета диска 24 посредством сухаря и винта. Привод

выталкивателя 6 рычага 5 осуществляется от кулачка привода выталкивателя 23, посаженного на распределительном валу.

Коленчатый вал 27 получает крутящий момент от электродвигателя 25 через клиноременную передачу 26. Ножевой шток 12 отрезает заготовку в матрице 1 и переносит ее к высадочной матрице 7. Боковой ползун 17 снабжен копирной дорожкой, в которую вставлен ролик 15, связанный с ножевым штоком. В автомате нет муфты включения, он начинает работать сразу после включения электродвигателя.

Для точной настройки взаимодействия основных узлов автомата используют цикловую диаграмму, в которой за основной параметр принят угол поворота коленчатого вала. Затем путем установки кулачков на определенный угол задают последовательность работы всех механизмов. В некоторых моделях автоматов пуансонная головка совершает не прямолинейное, а качательное движение.

Двухударные автоматы с цельной матрицей выпускаются для изготовления изделий диаметром 1,6–20 мм и с длиной стержня изделия 4–200 мм. Номинальное усилие составляет 63–2000 кН.

Двухударные автоматы с *разъемной матрицей* применяются для деталей с удлиненным стержнем (более 10 диаметров). На этих автоматах отрезанная мерная заготовка с помощью подающих роликов проталкивается через открытые полуматрицы до специального упора, затем при перемещении полуматрицы отрезается мерная заготовка и переносится на ось высадки. При ходе ползуна вперед пуансон формирует головку изделия за два удара. Применение разъемных матриц, раскрывающихся при выталкивании высаженной заготовки, позволяет снизить усилие выталкивания. Недостатком штамповки в разъемных матрицах по сравнению с высадкой в цельных матрицах относятся пониженные точность размеров и качество поверхности

*Многопозиционные* холодноштамповочные автоматы, изготавливаемые главным образом с цельными матрицами, применяются для изготовления болтов, винтов, гаек и других изделий стержневого типа из калиброванного и пруткового материала. Изделие изготавливается за несколько переходов при одном ходе ползуна. Они имеют механизм межоперационной транспортиров-

ки. Автоматы, оснащенные механизмами для снятия фаски и резбонакатными устройствами, называются автоматами-комбайнами и полностью изготавливают изделие без какой-либо дополнительной обработки. Многопозиционные автоматы для стержневых деталей работают с проволокой или прутком диаметров 6–24 мм, усилие составляет 320–4000 кН.

### **3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. В чем заключаются особенности холодной пластической деформации металлов?
2. Укажите общую характеристику процессов холодной объемной штамповки.
3. Назовите основные схемы холодного выдавливания.
4. Укажите особенности и область применения холодной высадки.
5. В чем состоит сущность холодной объемной формовки?
6. Назовите оборудование, применяемое для холодной объемной штамповки.

### **4. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Технология конструкционных материалов : учеб. для студентов машиностроительных специальностей вузов / А. М. Дальский, Т. М. Барсукова, Л. Н. Бухаркин и др.; под ред. А. М. Дальского. – 5-е изд., испр. – Москва : Машиностроение, 2004. – 512 с.: ил.
2. Ковка и штамповка : Справочник. В 4-х т. / ред. совет : Е. И. Семенов (пред.) и др. – Москва : Машиностроение, 1987. т. 3. Холодная объемная штамповка / под ред. Г. А. Навроцкого. – 384 с.: ил.
3. Бочаров, Ю. А. Кузнечно-штамповочное оборудование: учеб. для высш. учеб. заведений / Ю. А. Бочаров. – Москва : Издательский центр «Академия», 2008. – 480 с.: ил.
4. ГОСТ 18970–84. Обработка металлов давлением. Операцииковки и штамповки. Термины и определения. – Введ. 1985–01–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1986. – 33 с.