

## Лекция

### Тема 2 Холодная объемная штамповка на прессах и автоматах

Холодная объемная штамповка – один из наиболее производительных способов изготовления деталей из сталей, цветных металлов и их сплавов.

Преимущества холодной объемной штамповки.

По сравнению с горячей объемной штамповкой холодная имеет ряд преимуществ:

- нет операции нагрева заготовки,
- нет операций необходимых для удаления окалины,
- нет обезуглероживания поверхностного слоя металла и др.
- нет операции удаления облоя и припусков.

ХОШ широко применяется для изготовления различных стандартных, норматированных или оригинальных (нестандартных) деталей, например: болтов, винтов, заклепок, шариков, роликов, колец подшипников качения, фасонных гаек, поршневых пальцев, мелких цилиндрических и конических зубчатых колес, корпусов свечей зажигания, корпусов часов, ступенчатых валов и т. п.

Детали холодной объемной штамповки получают главным образом из холоднотянутого металла. Производство деталей холодной объемной штамповкой в зависимости от типа оборудования осуществляется двумя основными способами:

- 1) одно- и многопозиционной штамповкой на прессах
- 2) одно- и многопозиционной штамповкой на автоматах

Операции холодной объемной штамповки подразделяют: на разделительные и формообразующие. Кроме основных операций в технологические процессы производства деталей холодной объемной штамповкой включают ряд вспомогательных: обработку резанием, термообработку, химическую, химико-механическую, электрохимическую, правку и т. д. В зависимости от физико-механических свойств и

штампуемости стали, формы, размеров, назначения и объема выпускаемой детали, типа и параметров применяемого оборудования и инструмента одни вспомогательные операции могут повторяться несколько раз (например фосфотирование) а другие отсутствовать.

Все процессы формоизменения при этом по характеру кинематики движения металла делятся: на простые и комбинированные.

Простыми принято называть процессы, в которых перемещение металла однозначно задано кинематикой движения инструмента.

При комбинированных процессах металл имеет два или несколько возможных направления движения. По мере перемещения инструмента движение металла может происходить по этим направлениям одновременно (совместный процесс) и последовательно во времени. Совместность, последовательность движений, соотношения скоростей перемещений определяется в каждый отдельный момент правилом наименьшего сопротивления.

## **2.1 Штамповка на прессах**

Штамповка на прессах может осуществляться с применением всех операций формоизменения. К ним относятся:

- простые операции такие как: осадка (свободная, закрытая, открытая) сплошного стержня, открытая высадка полого стержня на оправке, закрытая высадка сплошного и полого стержней, выдавливание прямое, обратное, поперечное, радиальное, открытая прошивка;

- комбинированные операции такие как: свободная или закрытая осадка с выдавливанием сплошного или стержня, свободная осадка с выдавливанием полого стержня с оправкой, двухстороннее выдавливание сплошного стержня, прямое выдавливание сплошного стержня с обратным выдавливанием полости.

Основной операцией формоизменения при холодной объемной штамповке на прессах является выдавливание.

Выдавливание - это операция по формообразованию сплошных или полых изделий, благодаря пластическому течению металла из замкнутого объема через отверстия соответствующей формы. [1]

Особенностью этого процесса является образование в очаге деформации схемы трехосного неравномерного сжатия, повышающего технологическую пластичность материала.

В зависимости от направления течения металла в процессе штамповки, т.е. в зависимости от кинематики процесса, можно выделить несколько способов выдавливания:

- прямое выдавливание - применяется в основном для получения сплошных удлиненных изделий (рисунок 2.1 а, б);
- обратное выдавливание - применяется в основном для получения пустотелых изделий, типа колец и втулок (рисунок 2.1 в, г);
- комбинированное выдавливание (рисунок 2.1 д, рис. 2.1 е);
- одно- и двух стороннее боковое выдавливание - применяется в основном для получения изделий с боковыми отростками (рисунок 2.1 ж, з);
- одно- и двух стороннее радиальное выдавливание - применяется в основном для получения изделий с фланцами (рисунок 2.1 и, к)
- выдавливание с активным действием сил трения. (рисунок 2.1 л, м).

При прямом выдавливании металл течет из матрицы 2 в направлении, совпадающем с направлением движения пуансона 1 (рисунок 2.1 а, б). Этим способом можно получить детали типа стержня с утолщением, трубки с фланцем, стакана с фланцем. Под прямым выдавливанием (прессованием) (рисунок 1.1) понимается технологическая операция, в процессе которой происходит истечение металла (рисунок 2.1 - позиция 3), заключенного в замкнутую полость контейнера (рисунок 2.1 - позиция 2), в направлении движения рабочего инструмента (рисунок 2.1 - позиция 1) через отверстие матрицы, форма которого определяет поперечное сечение выдавливаемой

части деформируемой заготовки [1].

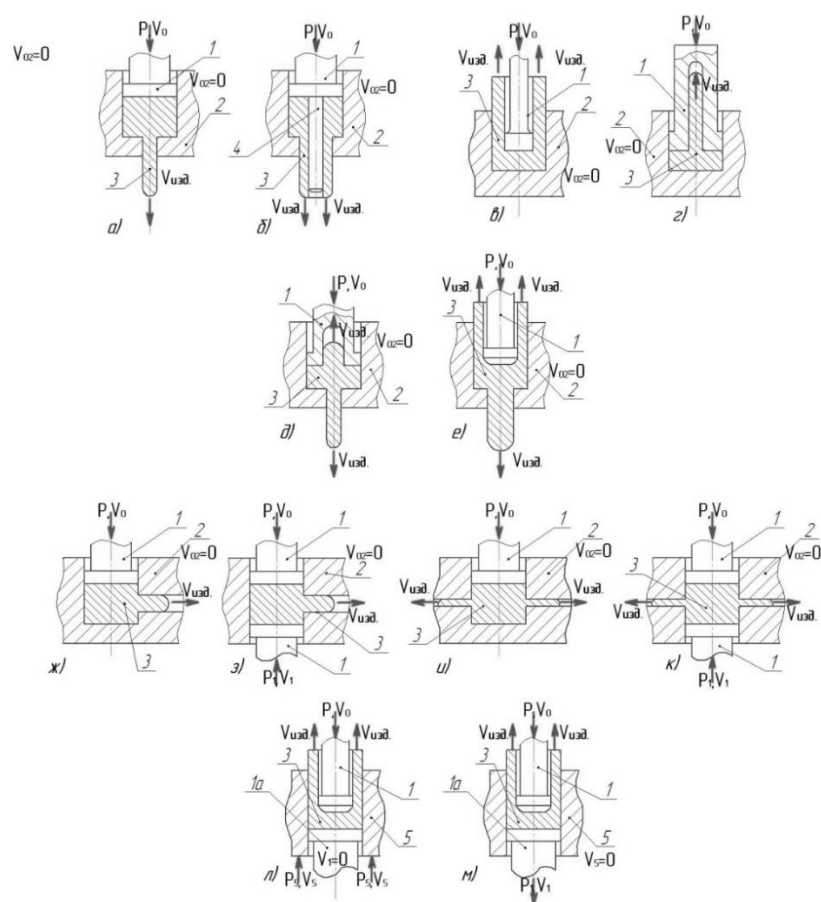


Рисунок 2.1 Способы выдавливания: а, б-прямое выдавливание; в, г - обратное выдавливание; д, е - комбинированное выдавливание; ж, з - одно- и двухстороннее боковое выдавливание; и, к - одно- и двух стороннее радиальное выдавливание; л, м - выдавливание с активным действием сил трения.

1 - пуансон; 2-матрица; 3 - изделие; 4-оправка; 5- контейнер

Прямое выдавливание применяют для получения сплошных изделий, форма которых соответствует стержню с утолщением на одном конце (например, поковок тарельчатых клапанов, шаровых пальцев, ступенчатых валов, болтов и др.), а также труб.

В процессе прямого выдавливания на стационарной стадии только часть заготовки, расположенная в воронке матрицы и вблизи нее, деформируется пластически. Для прямого выдавливания необходимо перемещение недеформируемой части заготовки относительно стенок контейнера.

При обратном выдавливании (рисунок 1.1 в, г) металл течет в направлении, противоположном направлению движения пуансона, в

кольцевой зазор между пуансоном и матрицей для получения полых деталей с дном (рисунок 1.1 в) или в полый пуансон для получения деталей типа стержня с фланцем (рисунок 1.1 г).

При комбинированном выдавливании металл течет по нескольким направлениям (рисунок 1.1 л), и (рисунок 1.1 д, е). Т.е. в данном случае возможны сочетания различных схем прямого и обратного выдавливания. Данному способу выдавливания присущи практически все преимущества и недостатки способов прямого и обратного выдавливания, но он технологически сложнее их из-за усложнения конфигурации технологической оснастки.

При боковом выдавливании металл течет в боковые отверстия матрицы под углом к направлению движения пуансона (рисунок 1.1 ж, з). Т.е. в данном случае происходит истечение металла из замкнутой полости контейнера (рисунок 1.1 - позиция 2) через отверстия в его боковой поверхности, в боковые полости. Боковое выдавливание применяют для изготовления изделий с боковыми отростками (например, поковок крестовины карданного вала, корпуса газосварочной аппаратуры [1], втулок с фланцами, детали типа тройников, крестовин и т.п., и др.).

Для обеспечения удаления заготовок из штампа матрицу выполняют состоящей из двух половинок с плоскостью разъема, проходящей через осевые линии исходной заготовки и получаемого отростка.

Радиальное выдавливание - технологическая операция, в процессе которой происходит истечение металла из замкнутой полости контейнера (рис. 1.1- позиция 2) через щель, расположенную по периметру боковой поверхности, в кольцевую полость (рисунок 1.1 к). Радиальное выдавливание применяют для изготовления изделий с фланцами (например, поковок звездочки шестерни, крышки и др.) [1].

## **2.2 Классификация операций выдавливания деталей получаемых на прессах.**

Все детали, изготавливаемые на прессах холодной объемной штамповкой делятся на 2 группы:

- детали при изготовлении которых преобладает процесс прямого выдавливания;
- детали, при изготовлении которых преобладает процесс обратного выдавливания.

**Первая группа - Детали при изготовлении которых преобладает процесс прямого выдавливания.** К ним относятся детали сплошные и полые типа стержня с утолщениями

Стержни бывают:

- с постоянным осевым сечением . К ним относятся стержни цилиндрического, многогранного и зубчатого сечения.
- с переменным и ступенчатым осевым сечением

Утолщения на стержне бывают:

- постоянной формы (цилиндрические, типа фланца, конические и др.)
- сложной формы (с полостью, с выступами различной конфигурации).

Детали первой группы делятся на 5 подгрупп

Подгруппа 1 1. Детали с утолщением (головкой) простой формы и односторонним стержнем постоянного сечения

А) К ним относятся сплошные детали утолщением (головкой) простой формы с диаметром стержня до 90мм и отношением.  $1,0 \leq \frac{l}{d} \leq 1,5 \div 2,5$

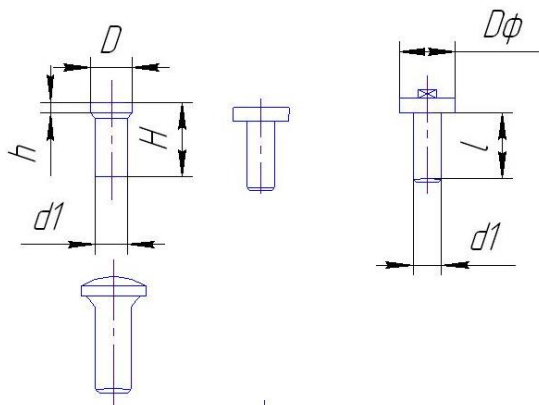


Рисунок 2.2 Сплошные детали со стержнем постоянного сечения и утолщением

У таких деталей образование стержня происходит за счет прямого выдавливания.

При отношении  $1,2 \leq \frac{D}{d_1} \leq 2,0$  головка формируется за счет выдавливания стержня из заготовки диаметром  $D$ .

При  $\frac{D}{d_1} \geq 2,0$  для изготовления головки применяется процесс высадки головки.

Б) К ним относятся полые детали с утолщением на одном конце (см. рис 2.2)., с диаметром стержня до 90 мм, с отношением диаметра полости к диаметру стержня определяемым отношением  $0,1 \leq \frac{d}{d_1} \leq 0,9$  и относительной длиной стержня определяемой отношением  $1,0 \leq \frac{l}{d} \leq 1,5 \div 2,5$ .

У таких деталей, если  $\varepsilon = 0,3 \div 0,75$ , образование стержня производится прямым выдавливанием. При  $\frac{D-d}{d_1-d} \geq 3,5$  используется выдавливание стержня плюс высадка головки.

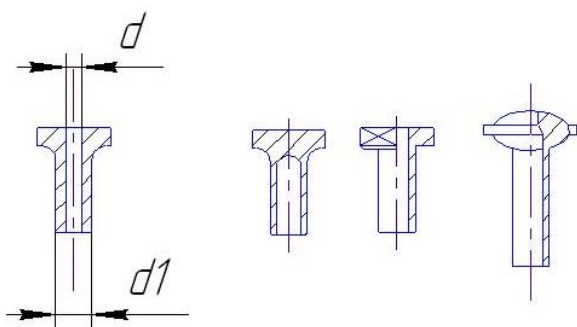


Рисунок 2 3 Полые детали с утолщением  
Подгруппа 1.2. Детали с утолщением (головкой) простой формы и односторонним стержнем переменного сечения.

А) К ним относятся сплошные детали с утолщением и стержнем переменного сечения (см. рис 2.4).

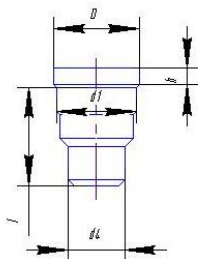


Рисунок 2.4 Сплошные детали с утолщением и стержнем переменного сечения

У деталей такого типа стержень получают выдавливанием, если  $\varepsilon = 0,3 \div 0,75$  и выполняется условие  $1,2 \leq \frac{D}{d_1}; \frac{d_1}{d_2} \dots \frac{d_{n-1}}{d_n} \leq 2,0$

Если степень деформации по сечениям  $\varepsilon = 0,15 \div 0,3$  и отношение  $\frac{d_1}{d_2} \geq 1,0$ ;  $\frac{d_2}{d_3} \dots \frac{d_{n-1}}{d_n} \leq 1,2$ , ступени стержня получают редуцированием, а головку образуют аналогично подгруппе 1.1

Б) К ним относятся полые детали.

При изготовлении таких деталей, аналогично сплошным деталям этой подгруппы, стержень выдавливается, если  $\varepsilon = 0,3 \div 0,75$  и  $1,3 \leq \frac{D-d}{d_1-d} \leq 3,5$ .

Если степень деформации по ступеням  $\varepsilon = 0,15 \div 0,3$  и  $1,1 \leq \frac{D-d}{d_1-d} \leq 1,25$ , то ступени получают многократным редуцированием.

Подгруппа 1.3 . Детали с утолщением (головкой) сложной формы и односторонним стержнем постоянного или переменного сечения.

А ) К ним относятся детали имеющие головку с полостью различной формы (см. рис 2.5). У таких деталей головки образуются за счет выдавливания стержня, с последующей прошивкой утолщения и раздачей. Если имеются утолщения типа фланцев то применяется операция комбинированное выдавливание или объемная штамповка. При образовании полости  $\varepsilon = 0,3 \div 0,75$ ;  $\frac{H}{D} \leq 1,2$ ;

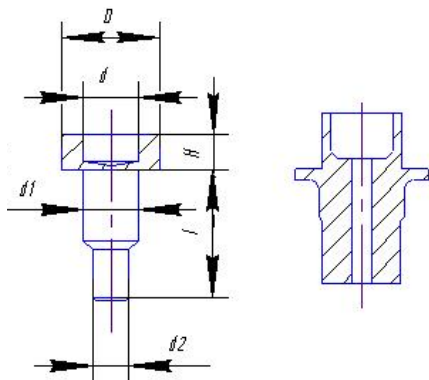


Рисунок 2.5 Детали имеющие головку с полостью различной формы

Б) К ним относятся детали, головки которых содержат выступы различной формы (см. рис 2.6)



В зависимости от степени деформации для формирования стержня применяют операцию выдавливания или редуцирования. Головки формируются высадкой или объемной штамповкой.

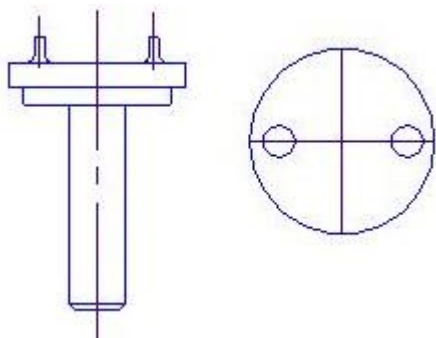


Рисунок 2.6 Детали с головкой и выступами

Подгруппа 1.4 . Сплошные и полые детали с утолщением простой формы в середине стержня постоянного или переменного сечения (см. рис 2.7).

У таких деталей утолщение образуется за счет выдавливания стержня с из заготовки диаметром  $D$ . При их изготовлении при формировании бурта расположенного на некотором расстоянии от торца металл вытесняется в зазор между пуансоном и матрицей. Степень деформации  $\varepsilon$  при выдавливании стержня не должна превышать 0,7.

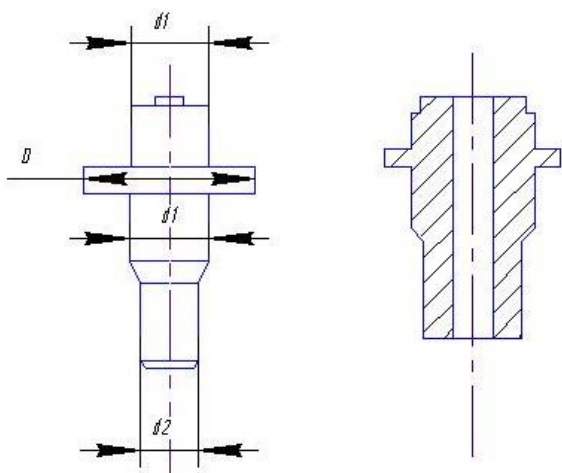


Рисунок 2.7 . Сплошные и полые детали с утолщением простой формы в середине стержня

Подгруппа 1.5. Детали без утолщения, со стержнем постоянного или переменного сечения.

К ним относятся гладкие или шлицевые, сплошные или полые стержни постоянного или переменного сечения (см. рис 2.8).. У таких деталей стержни получают прямым выдавливанием, многократным редуцированием, или протяжкой в жестких матрицах.

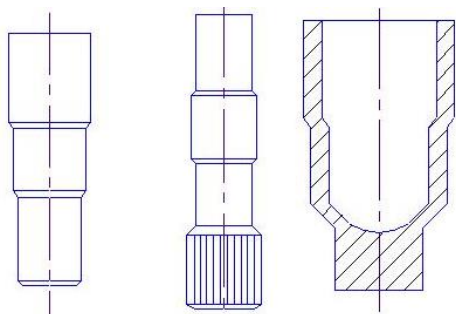


Рисунок 2.8 Детали без утолщений со стержнем постоянного или переменного сечения.

**Вторая группа -Детали при изготовлении которых преобладает процесс обратного выдавливания.** К ним относятся полые детали типа цилиндрических стаканов с дном различной конфигурации.

Эта группа деталей может быть с полостью постоянного или переменного сечения, дном плоским или фасонным.

Подгруппа 2.1. Детали с полостью постоянного сечения, дном с неглубоким рельефом или отверстием (см. рис 2.9). Диаметр внутренней полости таких деталей достигает 90мм. Рекомендуемая толщина стенки

$$S = 2 \div 1,5 \text{ мм при } \frac{H}{D} \leq 1,2; \text{ и степени деформации } \varepsilon = \frac{d^2}{D^2} 0,3 \div 0,7$$

При  $\frac{H}{D} \geq 1,2$ ; возможно получение толщины стенки равной  $S = 0,5 \div 0,6$ , при относительной глубине выдавливания определяемой из отношения  $\frac{l}{d} \leq 2 \div 2,5$ ; . Такие глубокие тонкостенные стаканы получают в основном многократным редуцированием.

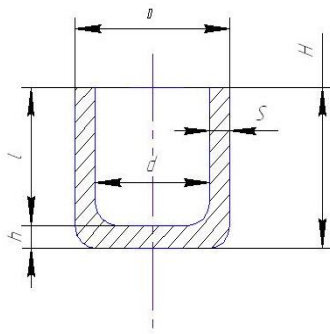


Рисунок 2.9 Детали с полостью постоянного сечения

Этой же подгруппе относятся детали:

- с полостью постоянного сечения с фасонным дном;
- с полостью переменного сечения с неглубоким рельефом;
- с полостью переменного сечения и фасонным дном;
- с полостью переменного сечения и фасонным дном.

У деталей имеющих полость переменного сечения, ступенчатую полость, получают многократным выдавливанием пуансонами разных диаметров или многократной протяжкой ступенчатым пуансоном в жесткой матрице.

Подгруппа 2.2. К ним относятся полые детали с многогранной наружной поверхностью и рельефным дном (детали типа гаек). Это детали:

- с цилиндрической полостью, дном с неглубоким рельефом или отверстием;
- со ступенчатой полостью и дном с неглубоким рельефом или отверстием.

Подгруппа 2.3. Полые детали с внутренними перемычками (типа поршневых пальцев), см рис. 2.10.

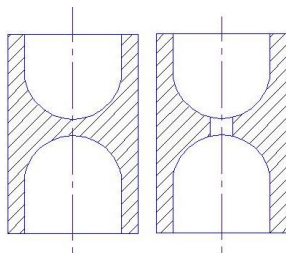


Рисунок 2.10 Полые детали с внутренними перемычками или с отверстием

Детали этой группы могут быть:

- с полостью постоянного сечения, с перемычкой или отверстием.
- с полостью переменного сечения с перемычкой или отверстием.

Выдавливание полостей у таких деталей выполняется при  $\varepsilon = 0,3 \div 0,75$ ,

$$\frac{l}{d} \leq 2 \div 2,5;$$

Подгруппа 2.4. Полые детали типа стаканов со ступенчатой наружной поверхностью, в том числе с фланцем и дном различной конфигурации.

К ним относятся детали:

- с цилиндрической полостью и дном различной конфигурации;
- с полостью переменного сечения и дном различной конфигурации.

### 2.3 Основные способы и инструменты для изготовления полых изделий

Различные способы изготовления деталей типа втулки приведены в работе. На рисунке 2.11 [5] приведены типовые переходы изготовления трубчатых деталей на холодновысадочных автоматах.

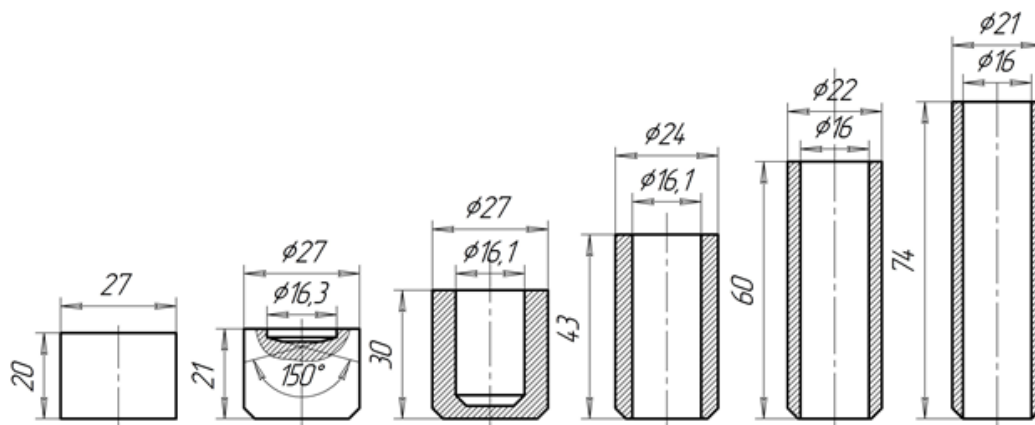


Рисунок 2.11 Типовые переходы изготовления втулки прямым выдавливанием

По этим вариантам штучные заготовки после отрезки отжигаются (до температуры 740 – 760 °С) и фосфатируются. После этого производится

калибровка с образованием наметки в заходной части и последующее выдавливание полости (прямое или обратное). После выдавливания проводится повторный отжиг для снятия напряжений.

Еще одним способом изготовления трубчатых деталей является получение втулок с использованием двухстороннего выдавливания, изображенный на рисунке 2.12 [5].

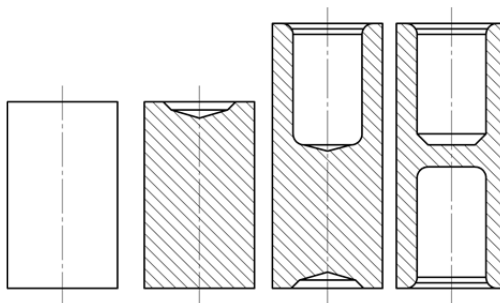


Рисунок 2.12 Переходы изготовления втулки с использованием двухстороннего выдавливания

При изготовлении таким способом создаются условия получения полости в 2 раза больше, чем при обратном выдавливании. Кроме того снижается нагрузка на пуансон вследствие снижения реактивных сил трения.

Недостатком процесса являются: усложнения конструкции штампа, некоторое отклонение от соосности полостей при получении их после кантовки заготовки и повышения расхода металла на удаляемую перемычку.

Ещё одним способом получения втулок выдавливанием является их штамповка на холодновысадочных автоматах. Технология её изготовления аналогично технологии получения гайки.

На первом переходе выравниваются и калибруются торцы отрезанной заготовки с образованием фаски, с одной стороны. На второй позиции производится осадка с образованием 2-х фасок. На третьей позиции образуется углубления (наметка) с обеих сторон. На четвертой позиции производится пробивка перемычки и калибровка отверстия. На пятой позиции

производится чеканка торцевой фаски и формирование внутренних фасок (рисунок 2.13).

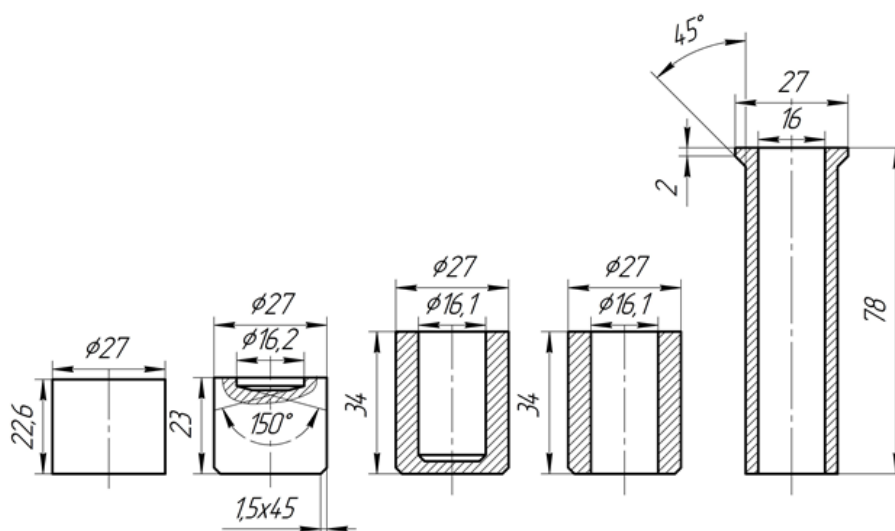


Рисунок 2.13 Переходы штамповки втулки с конусом на пятипозиционном холодновысадочном автомате

Следовательно, изготовление деталей типа втулок можно осуществлять различными способами. В зависимости от формы, размеров изделия и требований выбирается оптимальный технологический процесс.

Для получения полых изделий выдавливанием предлагается использовать различные типы штампов [6,7].

Рассмотрим принцип работы штампа для прямого выдавливания деталей типа «стакан» (рисунок 2.14) [6,7]. Заготовку устанавливают на съемник 2. При ходе ползуна пресса вниз матрица 4, установленная на верхней плите 6, опускается по направляющей 8 до упора в нижнюю часть штампа, при этом образуется постоянный зазор между коническими поверхностями пуансона 1 и матрицы 4. Одновременно заготовка проталкивается пуансоном 1 в полость матрицы меньшего диаметра. При дальнейшем ходе вниз пуансон 5 выдавливает заготовку в зазор между пуансоном и матрицей. При этом матрица поджимается к нижней части штампа силой трения между деформируемой заготовкой и поверхностью матрицы меньшего диаметра, а на

заключительной стадии выдавливания пружинами 7. При возвратном ходе ползуна пресса штампованная поковка 3 снимается с пуансона 1 съемником 2.

Недостатком предложенной конструкции является то, что штамп устанавливается на универсальные прессы без выталкивателей, в результате чего изделие 3 иногда застревает в матрице 4. Это недопустимо, так как обязательным условием серийного производства является необходимость простого удаления изделия из зоны штампа, следовательно, оно всегда должно оставаться на пуансоне. При невыполнении данного условия приходится останавливать процесс, чтобы демонтировать матрицу для последующего извлечения из нее поковки.

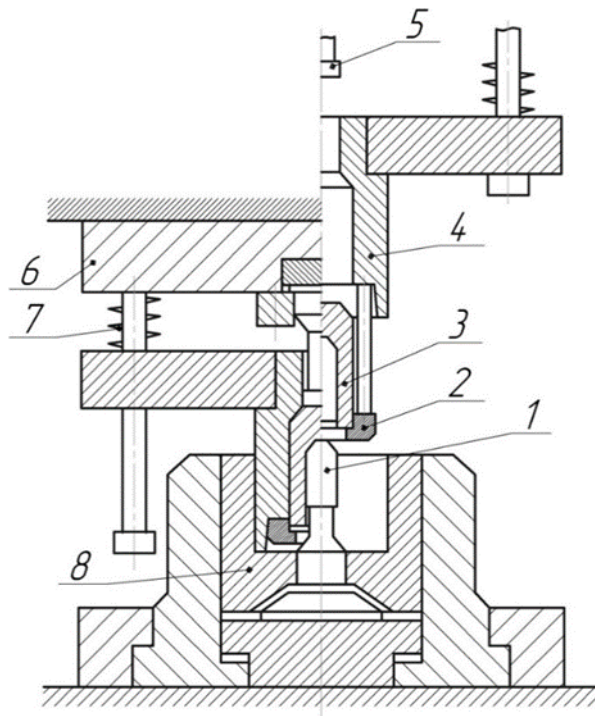


Рисунок 2.14 Промышленный штамп для прямого выдавливания деталей типа «стакан»: 1 - Пуансон; 2 - съемник; 3 - изделие; 4 - матрица; 5 - пуансон; 6 - верхняя плита; 7 - пружина

## **2.2 Штамповка на холодновысадочных автоматах**

Детали, получаемые методами ХОШ на автоматах, подразделяются на два вида: А- имеющие форму тел вращения; Б- с сечением различной формы. Наибольшая длина штампуемых деталей на стандартных холодновысадочных автоматах составляет 200-300мм, и при штамповке на специализированных автоматах достигает 400-500мм.

При полуавтоматической высадке предварительно нарезанных заготовок можно осуществлять формообразование на стержнях до 1200-1800мм. Наиболее распространенной является холодная объемная штамповка деталей и полуфабрикатов диаметром от 3 до 16мм. Наибольший диаметр штампуемого изделия достигает 36мм(болт). Производительность штамповки на автоматах (теоретическая) до 900шт/мин (гвоздильные автоматы, изготавливающие гвозди диаметром 0,8-1,2 мм при длине 8-25 мм; автоматы для производства шариков диаметром 3,15 мм с производительностью 850 шт. в мин.). Минутная производительность многопозиционных автоматов для изготовления стержневых и коротких изделий – от 70 шт. до 300 шт. в мин.

### **2.2.1 Классификация деталей, штампуемых на автоматах**

Все детали, штампуемые на автоматах, по конфигурации делятся на 3 группы:

- 1 группа – сплошные детали;
- 2 группа – полые детали;
- 3 группа – детали особо сложной конфигурации.

К сплошным деталям относятся:

- шарики, ролики и т.д.;
- ступенчатые валики, шпильки, оси, пальцы.

Сплошные стержневые детали могут быть с утолщением или головкой:

- на одном конце стержня (цилиндрическим, коническим, сферическим, комбинированным, шестигранным);



- на обоих концах стержня аналогичной формы;
- по середине стержня.

К полым деталям относятся детали:

- с дном или перемычкой (без утолщения, с утолщением);
- со сквозным отверстием (цилиндрическим или коническим, с буртом или фланцем снаружи, с буртом внутри).

К деталям сложной конфигурации относятся:

- не симметричные детали типа вилок;
- разрезанные втулки;
- планки симметричной и несимметричной формы с одним или несколькими выступами.

## I с п л о ш н ы е

Номер детали в сборке	С у т о л а ш е н и е м и л л			
	Ступенчатые валики, шпильки, втулки		На одном конце с торж. напильником	
	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Таблица I

## II п о л ы е

На обоих концах	С д н о м и л л. п е р е м ы ч к о й				С о с к л о н н ы м отверстием	
	Без утолще- ния		С утол- щением		С буром или флан- цем с на- ружн. или внутр.	
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						







































































































































Способы штамповки на автоматах	I. Сложные									
	С углублением или гребнем									
	С вытиском на сложной содержимой	С шестом и гребнем	С шестом и гребнем	С шестом и гребнем	С шестом и гребнем	С шестом и гребнем	С шестом и гребнем	С шестом и гребнем	С шестом и гребнем	С шестом и гребнем
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										

Таблица 2

I	II. Плоские					III
	С вытиском на сложной содержимой	С вытиском на сложной содержимой	С вытиском на сложной содержимой	С вытиском на сложной содержимой	С вытиском на сложной содержимой	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

## 2.2.2 Способы получения деталей холодной объемной штамповкой

Основные операции, применяемые при штамповке на автоматах это:

- **осаживание** – операция, при которой формообразование детали происходит за счет уменьшения высоты заготовки с одновременным увеличением ее размеров. Ее обычно применяют в сочетании с другими формообразующими операциями и для предварительного деформирования.
- **высадка** – операция, при которой происходит осадка части заготовки. Применяют эту операцию для получения местных утолщений. Особенно широко она используется для получения болтов, винтов, заклепок.
- **выдавливание** – позволяет изготавливать изделия сложной конфигурации без предварительного придания заготовке специальной конфигурации. Выдавливание может быть прямое, обратное, боковое, радиальное, комбинированное.
- **комбинирование операций выдавливания с прошивкой;**
- **редуцирование** – операция (разновидность прямого выдавливания), которая характеризуется тем, что схема напряженного состояния в поперечных сечениях стержня, расположенных выше и ниже очага пластической деформации не превышает предела текучести, с небольшими степенями деформации (до 8%)
- **протягивание (волочение)** это процесс, при котором заготовки круглого или фасонного профиля (поперечного сечения) протягиваются через круглое или фасонное отверстие, сечение которого меньше сечения заготовки при этом происходит увеличение длины.
- **калибровка** (может быть объемная и плоскостная)- это совокупность методов, которые используются для увеличения точности размеров изделия.

### **2.2.3 Технологические требования, предъявляемые к деталям получаемым ХОШ.**

Исходным материалом для штамповки на ХВА являются прутки длиной 6-7 м проволока в бунтах массой 900-1000кг. Штамповка осуществляется не из штучной заранее отрезанной заготовки, а от прутка или проволоки, отрезаемой и осаживаемой (при штамповке коротких заготовок) в самом автомате.

Основным исходным документом при проектировании технологического процесса является чертеж детали. Анализ конструкции детали и ее отдельных элементов на технологичность (т.е. форма, величина и соотношение размеров, материал, его механические свойства, точность, чистота поверхности) позволяет (без ухудшения качества) технологу выбрать оптимальный технологический процесс ХОШ и технологические требования к нему.

Детали, получаемые ХОШ, должны обеспечивать точность сравнимую с точностью при обработке со снятием стружки, чистоту поверхности по 8-9 качеству, увеличение прочности, предела текучести и других механических показателей.

Механические свойства стандартных изделий, получаемых ХОШ, регламентируются ГОСТ 1759.0-87.

Для успешного осуществления технологических процессов

холодновысадочные автоматы должны отвечать следующим требованиям:

- отрезка заготовки должна осуществляться полузакрытыми матрицами (во втулках), когда угол скола составляет  $3^{\circ}$ , а при открытом  $7^{\circ}$ ;
- должна обеспечиваться кантовка коротких заготовок на  $180^{\circ}$  при переносе их на следующую формоизменяющую позицию;
- на всех позициях должны быть предусмотрены съемники с пуансонов и втулочных выталкивателей из матриц;
- число штамповочных операций должно быть от трех до пяти (возможно более);
- на упорах, контролирующих длину подачи исходного материала необходимо предусматривать конечные выключатели.

#### **2.2.4 Характеристика материалов, применяемых при холодной объемной штамповке.**

Материал, применяемый при холодной объемной штамповке должен обладать:

- высокой пластичностью и деформируемостью;
- иметь равномерные механические свойства;
- иметь равномерные химических состав;
- не иметь поверхностных и внутренних дефектов.

Деформируемость металла в холодном состоянии, т.е. способность претерпевать пластическую деформацию без разрушения в условиях данного технологического процесса, зависит от следующих факторов:

- от качества поверхности (не иметь поверхностных и внутренних дефектов);
- его химического состава;
- структуры материала (структура должна быть равномерной)
- механических свойств материала.

### **Влияние качества поверхности**

Некачественная поверхность заготовки в виде дефектов является одной из причин возникновения надрывов и трещин при холодной штамповке.

Количество дефектов в заготовке зависит: от способа разливки стали (кипящая или спокойная сталь), от величины обезуглероженного слоя, от степени износа волок для калибровки проволоки и правильности геометрии рабочего канала, от качества травления поверхности.

### **Влияние химического состава**

Химическим составом, т е добавками такими как, углерод, кремний, марганец, хром, никель, фосфор, сера, определяется пластичность стали.

С увеличением содержания углерода в стали снижает ее пластичность и деформируемость, что приводит к увеличению прочностных характеристик. Например, увеличение содержания углерода в стали на 0,1 % приводит к увеличению предела прочности материала на 60-80 Мпа. Стали с содержанием углерода более 0,25% необходимо отжигать для увеличения пластичности.

Повышенное содержание кремния в стали резко снижает ее пластичность. При деформировании в холодном состоянии кремний вызывает значительный разогрев заготовок, снижает стойкость инструмента, повышает усилие штамповки и приводит к образованию трещин. Например: при деформировании в холодном состоянии при увеличении содержания кремния на 0,06% повышается предел прочности материала на 11 МПа. Поэтому при разработке технологического процесса необходимо обращать внимание на содержание кремния в стали, которое не должно превышать: 0,03-0,07% в низкоуглеродистых сталях и 0,15% в среднеуглеродистых сталях.

С повышением содержания марганца в стали увеличивается ее твердость, предел прочности, предел текучести, и снижаются относительные удлинения и сужения ( $\delta_s$ ,  $\psi$ ). Сталь с повышением содержания марганца не смягчается отжигом. Содержание марганца в низкоуглеродистых сталях не должно превышать 0,05%, в среднеуглеродистых - 0,65%.

Содержание хрома (более 1%), особенно в высокоуглеродистых сталях, повышает их прочность и снижает их пластичность. Однако при малом содержании хрома в стали (менее 0,03%) его влияние на снижение пластичности не значительно, а при снижении углерода добавка хрома улучшает штампуемость стали.

Под штампуемостью понимается способность материала изменять свою форму при штамповке без образования разрывов, трещин, расслоений, полос сдвига.

Никель снижает пластичность большинства углеродистых сталей и повышает сопротивление деформации, усиливает склонность стали к налипанию на инструмент при штамповке.

Присутствие серы и фосфора в стали увеличивает ее хрупкость в процессе высадки. Их содержание не должно превышать 0,03-0,04%.

## **Влияние структуры металла**

Важную роль при холодной штамповке играет структура исходного материала.

Микроструктура стали, применяемой в холодной объемной штамповке должна характеризоваться полной однородностью, отсутствием усадочной раковины, неметаллических включений, пористости, пузырей, трещин.

Особое влияние на штампуемость оказывают неметаллические включения, ликвационные зоны. Это дефекты, встречающиеся наиболее часто. Ликвационные зоны — это неоднородности химического состава литейных сплавов в различных частях отливки, возникающие при ее затвердевании, из-за различной растворимости отдельных компонентов сплава в ее жидкой и твердой формах.

Сталь имеющая большое количество неметаллических включений при ХОШ склонна к трещинообразованию. Ликвационная зона по площади не должна превышать 40% сечения металла, причем должна находиться в центре сечения, не имея выхода в наружные слои. Это требование вызвано тем, что твердость ликвационной зоны на 25-30% выше твердости основного поверхностного слоя.

На штампуемость стали оказывает влияние структура перлита. Сталь с перлитной структурой, состоящей из чередующихся слоев феррита и тонких пластинок цементита обладает повышенным сопротивлением холодной деформации. Поэтому соответствующей термообработкой добиваются такого видоизменения характера структуры перлита, чтобы пластины цементита преобразовались в частицы сферической формы, распределенные по ферриту. Такую структуру называют структурой зернистого перлита или более правильно сфероидального цементита.



Структуру сфероидального цементита получают отжигом при температуре  $680^{\circ} - 720^{\circ} \text{C}$  с последующим медленным охлаждением. Для сталей с содержанием углерода более 0,3% оптимальной структурой считается сорбитообразный перлит.

Важное значение на пластичность и деформируемость стали оказывает величина зерна. При очень мелком зерне увеличивается сопротивление деформации, а крупное зерно сообщает стали хрупкость.

### **Влияние механических свойств материала.**

Для штампуемости стали при ХОШ предел прочности  $\sigma_s$  ограничивается 800 МПа. Однако в последнее время получают качественные изделия с  $\sigma_s$  достигающим 900 – 1100 МПа. Возможности штамповки изделий из стали с высоким  $\sigma_s$  определяется технологией подготовки металла и переходами.

Определение сопротивления деформированию производят испытаниями на сжатие, т.к. основные операции ХОШ (высадка, выдавливание) характеризуются схемой неравномерного всестороннего сжатия. Так, при  $\psi < 60\%$  сталь весьма пластична, при  $50\% \leq \psi \leq 60\%$  достаточно пластична,  $\psi < 50\%$  сталь не пригодна для ХОШ.

Наилучшей штампуемостью обладает сталь имеющая отношение  $\sigma_m / \sigma_s \leq 0,65$ .

Однако, определении механических свойств металла  $\sigma_s$ ,  $\sigma_m$ ,  $\psi$  и др, является не достаточным, т.к. в результате испытаний, не выявляются дефекты поверхности.

### **2.2.5 Выбор и подготовка металла для штамповки на ХВА.**

В качестве исходного материала применяют прутки и проволоку. Они поставляются горячекатаными, калиброванными, термически обработанными

и без термической обработки. Заготовки из горячекатаной стали перед ХОШ на ХВА подвергаются калибровке волочением.

Технологический процесс подготовки бунта для холодной высадки состоит из следующих операций:

- снятие металлической окалины;
- травление с промывкой и нейтрализацией;
- острение конца бунта;
- калибровка волочением;
- фосфатирование.

Для операций ХОШ применяют калиброванный металл по ГОСТ 10702-78. Калиброванный металл применяется круглого сечения диаметром от 3 – 35мм преимущественно в виде бунтов или реже в виде прутков. Технологические требования на исходную заготовку регламентируются ГОСТом.

Кроме этого применяют листы, полосы, трубы, периодический прокат.

Листы и полосы применяют для получения низких заготовок. К ним относятся диски, шайбы с различными контурами – круглым, квадратным, многогранным, с отношением H/D от 0,25 до 1,0.

Перед операцией калибровки прутка и проволоки производится предварительная термическая обработка горячекатаного металла в виде отжига, т.к. сортовой прокат без дополнительной термической обработки имеет неоднородную структуру и нестабильность свойств по сечению. Такая термическая обработка приводит к повышению пластичности металла за счет изменения механических свойств. Например: если горячекатаный металл без термической обработки имеет твердость HB 133-152,  $\sigma_T = 270 - 350$  МПа;  $\sigma_B = 410 - 540$  МПа;  $\delta = 35\%$ ;  $\psi = 60 - 75 \%$ , то после термической обработки с

нагревом до температуры равной  $760 - 780^{\circ}\text{C}$ , выдержке 1 час и охлаждения с печью до  $650 - 670^{\circ}\text{C}$ , его характеристики становятся:  $\text{HB } 85-114$ ,  $\sigma_{\text{T}} = 190\text{МПа}$ ;  $\sigma_{\text{B}} = 360\text{МПа}$ ;  $\delta = 43\%$ ;  $\psi = 77\%$ .

#### Подготовка поверхности.

Подготовка поверхности перед штамповкой на ХВА состоит из двух основных этапов:

1. Удаление дефектов и очистка поверхности от окалины.
2. Образование на поверхности заготовки промежуточного слоя, т.е. носителя смазочного материала и затем нанесение смазочного материала на заготовку.

Подготовка поверхности производится механическим, термическим и химическим способами.

К механическим способам относятся: сплошная обдирка (прутков), дробеструйная обработка; матирование; крацовка; галтовка; гидрополирование.

Нанесение смазочного слоя производится следующим образом. На очищенную поверхность заготовки от окислов, жировых загрязнений наносится смазочный слой, либо предварительный слой носителя смазочного материала.

Слой носителя смазочного материала образуется химической или электрохимической обработкой заготовки.

Носитель должен обладать: высокой пластичностью и прочностью; термостойкостью; надежным сцеплением с поверхностью; сохранением сплошности по всей поверхности заготовки; высокой адсорбцией к смазочному материалу.

Для этого материалы из углеродистых сталей покрывают ортофосфорной кислотой (подсмазочный слой). Это операция называется фосфотированием.

Фосфатные пленки служат надежной прослойкой между поверхностью инструмента и деформируемым металлом. Благодаря своей пористости, фосфатные покрытия хорошо адсорбируют такие вещества как мыло, масло и прочно их удерживают, что дает дополнительный смазочный эффект. Толщина фосфатного слоя принимается в пределах от 10-50мкм в зависимости от : а) качества поверхности исходного материала и рабочей поверхности инструмента б) вида напряженно-деформированного состояния (высадка, обратное выдавливание и др) в) работы и величины деформации г) наличия зон раздела течения металла д) температурно-скоростных условий деформирования е) степени обновления поверхности.

Нанесенный фосфатный слой является высококачественным смазочным материалом. Он обладает пластичностью и может деформироваться вместе со штампуемым металлом.

Существует ряд способов фосфотирования: горячий, холодный, ускоренный, струйный, электрохимический, и др.

Процесс фосфотирования обычно состоит из следующих операций:

- 1)обезжиривание и травление
- 2)промывка в горячей воде
- 3) покрытие в растворе цинкофосфатной кислоты
- 4)промывка для удаления лишних фосфатов
- 5)промывка в нейтрализаторе
- 6)погружение в мыльный раствор

Лучшими антифрикционными свойствами обладают (особенно при выдавливании) покрытия из фосфатов марганца и цинка, пропитанные мылом.

## 2.2.6 Разработка технологического процесса высадки метизов на ХВА.

Разработку технологического процесса начинают с анализа всех существующих технологических процессов получения деталей подобных по форме и размерам. Для этого из массива технологических процессов например таких как приведенные на рисунках 2.15, 2.16, 2.17, 2.183 выбирают несколько наиболее подходящих и перед разработкой технологического процесса проводят анализ изготовления детали на технологичность.

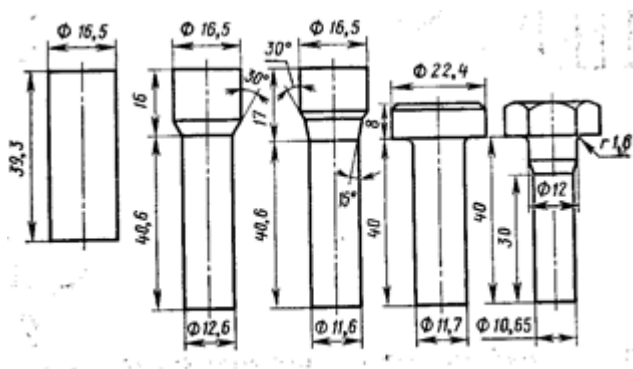


Рисунок 2.15 - Переходы штамповки винтов с шестигранной головкой

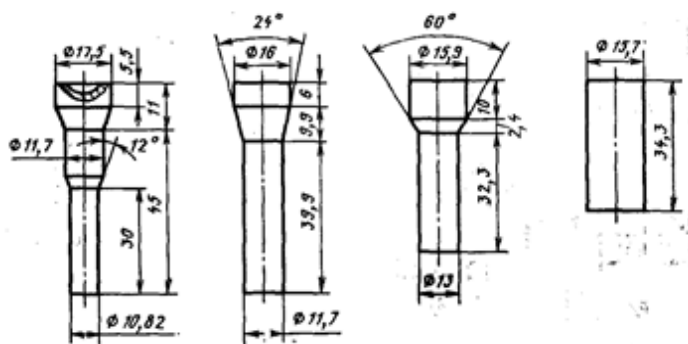


Рисунок 2.16 - Переходы штамповки винтов с внутренним шестигранником

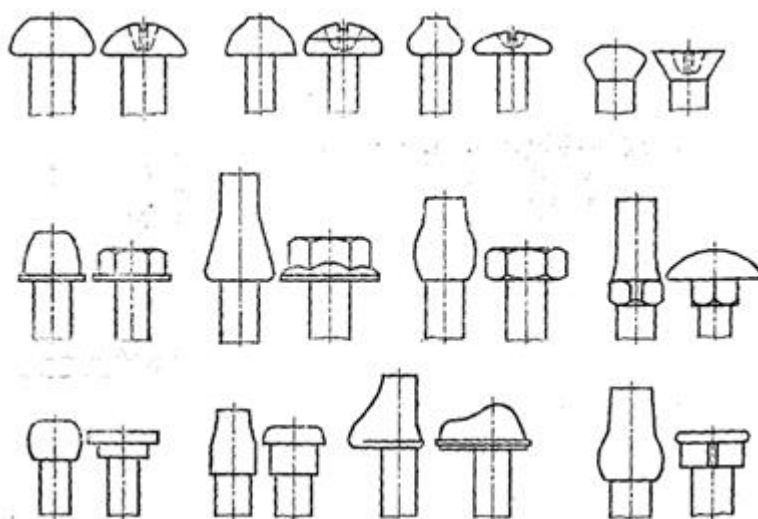
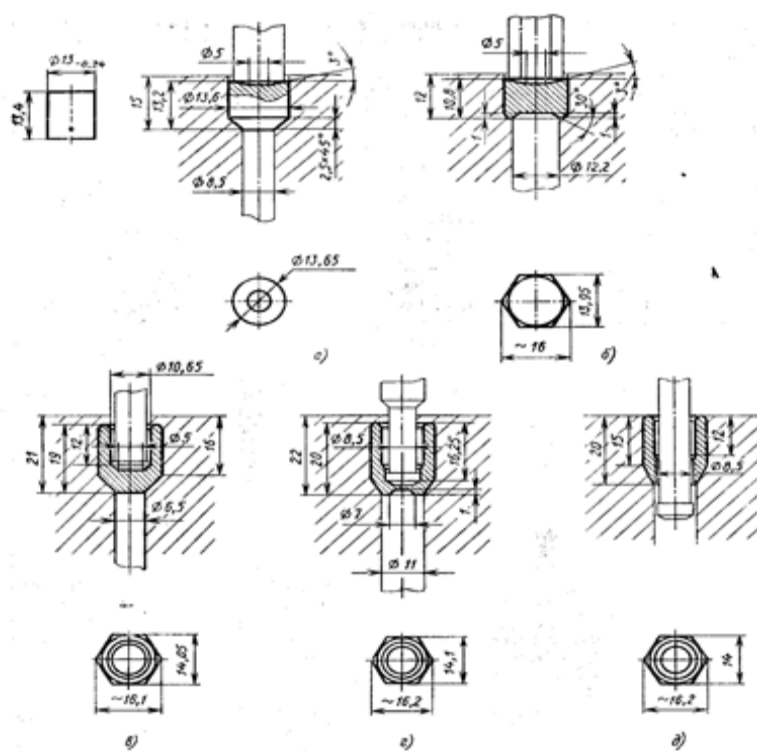


Рисунок 2.17- Формы предварительных головок заготовок для различных стержневых деталей, получаемых на однопозиционных двуударных автоматах



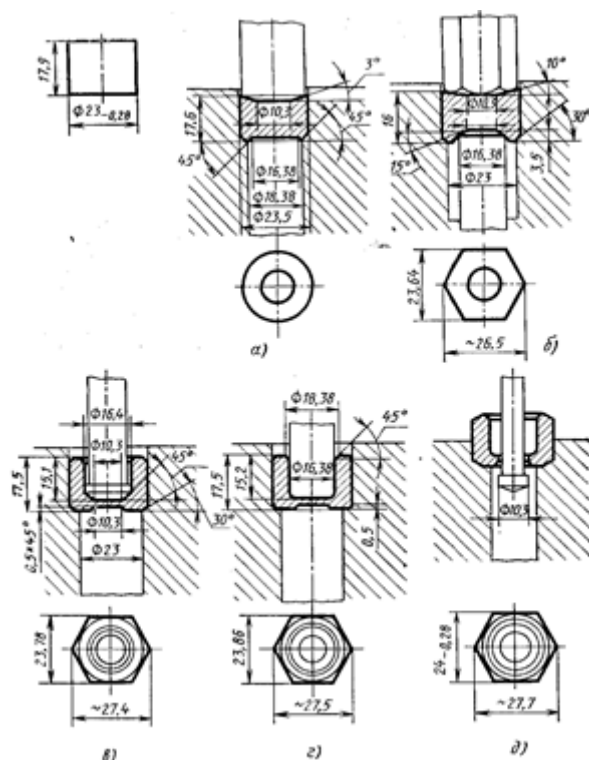


Рисунок 2.18 - Переходы штамповки и наладка инструмента при штамповки накидной гайки на пятипозиционном автомате

Разработка технологического процесса начинается с расчета объема детали, на основании которого определяются размеры исходной заготовки.

При проектировании технологического процесса следует соблюдать условие, что за один технологический переход можно получать деталь только наиболее простой формы (стакан, стержень с головкой и т.д)

Для болтов и винтов, у которых шестигранные головки получают обрезкой (см. рис. 2.10), объем детали рассчитывают по предпоследней позиции высадки, т.е. по подготовленной цилиндрической головке. А для гаек (см. рис. 2.13) – по позиции предшествующей пробивке перемычки, т.е. до удаления «выдры».

Для определения размеров заготовки выбирают необходимый диаметр заготовки, в зависимости от количества формоизменяющих операций и из условия постоянства объема и рассчитывают ее длину.

В зависимости от оборудования (однопозиционный или многопозиционный автомат). разрабатывают переходы штамповки и производят расчеты, позволяющие определить возможность осуществления выбранной технологии. Для этой цели производят расчет логарифмической деформации на каждом переходе, которую затем суммируют. При допустимых давлениях на инструмент, не превышающих для закаленных инструментальных сталей 2000 – 2500 МПа, предельные значения деформаций для операций осадки – высадки должно быть не более 0,6 – 0,8; для прямого выдавливания не более 0,4 – 0,5; для обратного не более 0,4, для редуцирования на первом переходе не более 0,25 и не более 0,3 – 0,33 на последующих.

Важным фактором при расчете операций высадки является устойчивость заготовки, которая определяется отношением длины деформирующего участка заготовки к ее диаметру -  $h_0/d_0$ , которое должно быть не более 2,5,

После расчета степени деформаций на каждом переходе определяют требуемую силу и ход ползуна.

При расчете силы табличные значения механических характеристик материала заготовки используют только для первой формоизменяющей операции и для отрезки. В остальных формулах механические характеристики подставляют с учетом упрочнения (по кривым упрочнения).