

### Формоизменение при холодной объемной штамповке

Студенты гр. 30402120: Ковальчук К.В., Коренько С.И.,  
Ковалевич А.А., Коробов Д.В.  
Научный руководитель – Шкурдюк П.А.  
Белорусский национальный технический университет

Формоизменение при холодной объемной штамповке происходит в основном за счет реализации процессов с осевой симметрией течения металла.

Наиболее полную характеристику формоизменяющих операций холодной объемной штамповки дает их классификация по кинематике относительного движения металла и инструмента, согласно которой все эти операции делят на простые и комбинированные.

К простым операциям относят те, в которых металл может двигаться относительно инструмента только в одном направлении.

При комбинированных операциях металл имеет два или несколько возможных направлений движения. Комбинированные операции могут быть последовательные и совмещенные. При последовательных операциях на первом этапе сначала реализуется одно число движений, а затем другое. При этом чаще всего на первом этапе реализуется движение в одном направлении, затем оно прекращается и металл движется в другом направлении, т. е. Процесс состоит из нескольких простых операций, осуществляемых последовательно по времени. Совмещенная операция является частным случаем комбинированной, при которой движение металла в двух или нескольких направлениях протекает одновременно. Общее преимущество всех комбинированных операций заключается в уменьшении числа штамповочных операций, а соответственно в сокращении технологического цикла, уменьшении номенклатуры штамповой оснастки, и, как правило, в увеличении точности размеров получаемых изделий.

Все простые формоизменяющие операции иногда делят на открытые и закрытые. При открытых операциях перемещение металла в направлении, перпендикулярном движению деформирующего инструмента, не ограничено боковыми стенками инструмента, а форма изделия в плане не задана инструментом, и в основном определяется анизотропией металла, условиями трения, правильностью геометрической формы заготовки. При закрытой операции перемещение металла в поперечном, относительно действия инструмента направлении, ограничено боковыми стенками инструмента. Обычно процесс состоит из открытого этапа, который постепенно переходит в закрытый, так как по мере движения инструмента возникает и увеличивается контакт металла с боковыми стенками штампа.

К основным формоизменяющим операциям холодной объемной штамповки относят: предварительное деформирование заготовок, осадку, высадку, выдавливание.

Предварительное деформирование обеспечивает обжатие рубленой заготовки в матрице для придания ей требуемой формы. Предварительное деформирование позволяет устранять дефекты после рубки и получать точные по форме и размерам заготовки, что создает благоприятные условия для дальнейшей штамповки и повышает стойкость штампов.

#### **Осадка**

Усилие предварительного деформирования можно рассчитывать по формуле усилия осадки.

Осадка – это операция холодной объемной штамповки, при которой формообразование полуфабриката происходит за счет уменьшения высоты заготовки с одновременным увеличением ее поперечного размера.

Различают открытую и закрытую осадку. При открытой осадке сжатие металла между элементами штампа сопровождается свободным радиальным течением (рисунок 1).

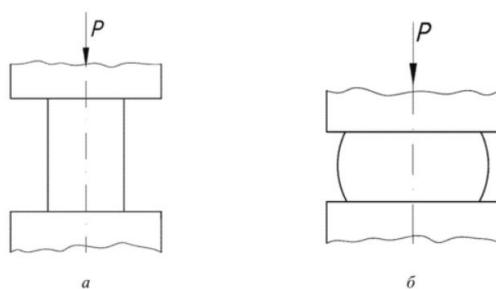


Рисунок 1 – Схема открытой осадки:  
*a* – до осадки; *б* – в процессе осадки

Действие сил трения между заготовкой и инструментом приводит к возникновению следующих особенностей процесса:

- неравномерному движению частиц по контактным поверхностям с образованием зон прилипания;
- переходу боковой поверхности на поверхность контакта;
- образованию бочкообразной боковой поверхности;
- разделению объема деформируемой заготовки на зоны (по аналогии с осадкой при ковке).

Открытую осадку применяют для калибровки по высоте с получением параллельности торцов заготовки.

В процессе закрытой осадки выделяют две стадии. На первой стадии до соприкосновения боковой поверхности заготовки со стенками инструмента идет открытая осадка, а после этого начинается вторая стадия, которая заключается в радиальном течении металла в клиновую щель, возникающую между инструментом и заготовкой.

Закрытую осадку применяют для калибровки по высоте и диаметру (поперечному сечению), получения параллельных торцов, перпендикулярных основной оси заготовки, уменьшения отношения высоты заготовки к ее диаметру, производства заготовок для выдавливания полости, роликов подшипников и других деталей ответственного назначения.

К осадке можно также отнести деформирование по схеме осадки с образованием облоя и без облоя с получением деталей сложной конфигурации (рисунок 2).

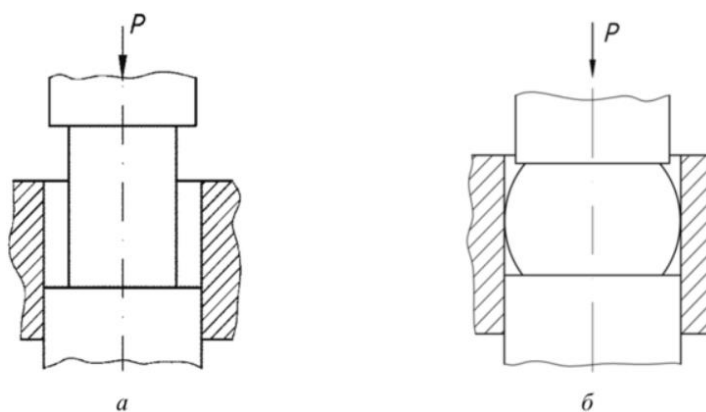


Рисунок 2 – Схема закрытой осадки:  
*a* – до осадки; *б* – в процессе осадки

### Высадка

Высадка – это осадка части заготовки. Особенно широко эту операцию применяют для высадки головок болтов, винтов, заклепок на холодновысадочных прессах-автоматах. Это

оборудование характеризуется очень высокой производительностью, достигающей нескольких сотен деталей в минуту.

Высадка при холодной объемной штамповке может быть открытой и закрытой. Открытую высадку сплошного стержня осуществляют с защемлением одного и обоих концов заготовки. Характер течения металла при открытой высадке и открытой осадке практически одинаков (рисунок 3).

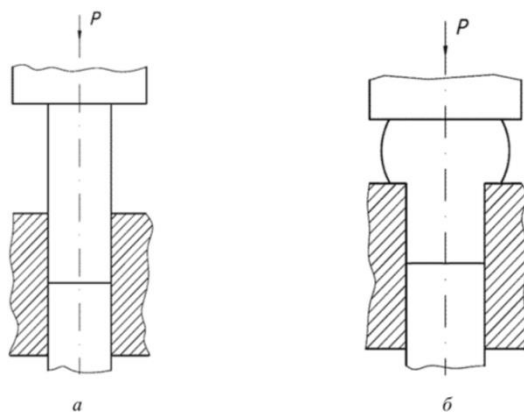


Рисунок 3 – Схема открытой высадки:  
а – до высадки; б – в процессе высадки

Открытую высадку применяют для калибровки заготовок, образования местных утолщений на одном конце, обоих концах и в средней части заготовки, набора металла для последующей штамповки при производстве заготовок крепежных и других ступенчатых деталей.

Процесс закрытой высадки сплошного стержня можно условно разбить на этапы. Первый этап начинается открытой осадкой, затем следует пластический изгиб до соприкосновения выпуклых частей заготовки со стенками инструмента. Только после этого происходит собственно закрытая осадка. Оформление боковой поверхности по всей длине высаживаемой части сопровождается образованием заусенца по месту разъема инструмента и резким ростом давления. Для того чтобы избежать образования заусенца, штамповку ведут с облоем полости штампа или при заданном давлении излишек металла направляют прямым выдавливанием в компенсатор.

#### **Выдавливание**

Выдавливание – это вытеснение металла под действием пуансона в отверстие пуансона или в зазор между пуансоном и матрицей. Различают следующие основные виды выдавливания: прямое, обратное и поперечное.

При прямом выдавливании сплошного стержня из сплошной заготовки течение металла заготовки относительно боковых стенок матрицы происходит в направлении движения пуансона (рисунок 4).

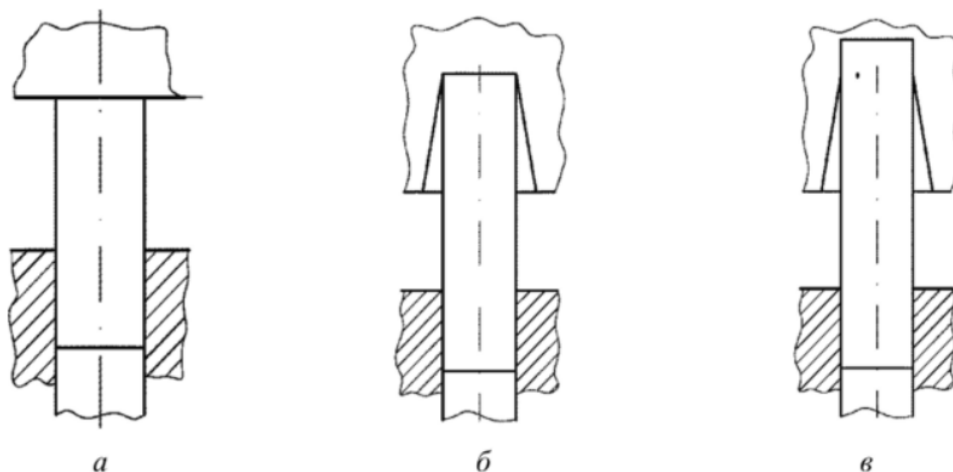


Рисунок 4 – Схемы предварительной высадки с использованием:  
*a* – плоского пуансона; *б* – пуансона с конической полостью;  
*в* – пуансона с конической полостью и цилиндрическим пояском

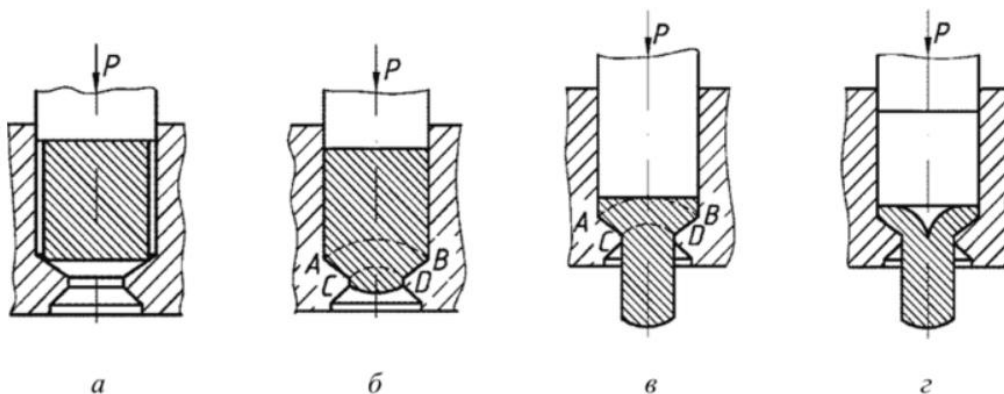


Рисунок 5 – Стадии прямого выдавливания сплошного стержня:  
*a* – перед выдавливанием; *б* – распрессовка;  
*в* – переход от установившейся стадии к неустановившейся;  
*г* – образование пресс-утяжины

На первой стадии, называемой распрессовкой, происходит заполнение всех зазоров между инструментом и заготовкой, и заготовка полностью по всему контуру принимает форму рабочего инструмента. В конце распрессовки заканчивается формирование очага деформации, а усилие по окончании первой стадии достигает максимального значения. На второй стадии процесса, называемой установившейся, усилие выдавливания несколько уменьшается, что связано в основном с уменьшением высоты оставшейся в матрице заготовки, а, следовательно,  $l_{75}$  и с уменьшением усилия, затрачиваемого на преодоление трения. При дальнейшем движении пуансона начинается третья заключительная стадия, называемая нестационарной, которая сопровождается резким увеличением относительных скоростей перемещения металла в центральной зоне с образованием центральной и боковой утяжин. Поэтому процесс выдавливания останавливают до момента образования утяжин (рисунок 5).

### Редуцирование

Редуцирование – представляет собой операцию, при которой происходит уменьшение поперечного сечения заготовки. В отличие от выдавливания при редуцировании сплошного стержня между заготовкой и боковыми стенками полости матрицы имеется зазор, который исключает трение между заготовкой и боковыми стенками матрицы (рисунок 6).

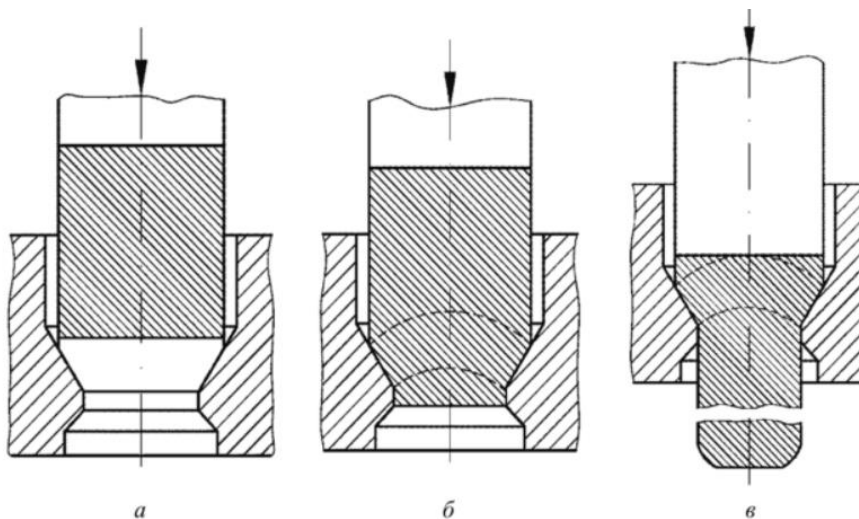


Рисунок 6 – Схема редуцирования сплошного стержня:  
*а* – перед выдавливанием; *б* – окончание распрессовки;  
*в* – промежуточный момент установившейся стадии

Главное условие возможности осуществления редуцирования заключается в том, чтобы свободная часть заготовки, через которую передается усилие штамповки, не осаживалась. Редуцирование обеспечивает, по сравнению с прямым и другими видами выдавливания, наибольшую точность размеров, наименьшую шероховатость поверхности изделия при значительно большей стойкости инструмента. Процесс редуцирования характеризуется следующими особенностями. При редуцировании, особенно с пониженной деформацией за переход, неравномерность деформации по сечению больше, чем при прямом выдавливании. Соответственно поверхностный слой упрочняется сильнее, чем сердцевина. Эти явления усиливаются при двух и более последовательных редуцированиях, что может привести к появлению как поверхностных, так и внутренних трещин и даже к отслаиванию внешнего слоя от сердцевины. Неравномерность деформации уменьшают подбором более рациональных значений углов конуса матрицы и деформации, уменьшением трения, а также улучшением структуры штампуемого металла.

При редуцировании сплошного стержня, в отличие от прямого выдавливания, выбор высоты заготовки не ограничен условиями трения о боковые стенки матрицы, а выбор большей деформации ограничен условиями продольной устойчивости свободной части заготовки, зависящими от качества торцов, продольной кривизны и состояния заготовки. Редуцирование применяют при изготовлении заготовок ступенчатых валов, шестерен, деталей со шлицами и канавками. Прямое выдавливание применяют также для получения полых деталей, используя как сплошные, так и полые заготовки.

#### Список использованных источников

- 1 Технология конструкционных материалов: учебник для машиностроительных специальностей ВУЗов / А. М. Дальский [и др. ]. – М. : Машиностроение, 2005. – 448с.
- 2 Оборудование машиностроительных предприятий / А. Г. Схиртладзе [и др. ]. – Волгоград: ВолГТУ, 2005. – 128 с.