

## ОПД 06 Процессы формообразования и инструменты

### Тема: Прокатное производство. Волочение и прессование металла

#### Задание для студентов

1. Ознакомиться с теоретическим материалом
2. *Дополнительную информацию по данной теме можно получить по ссылкам:*

Как выбрать заготовку для детали Отливка   поковка   штамповка   прокат	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=0lj3VKKhP&amp;t=4s">https://www.youtube.com/watch?v=0lj3VKKhP&amp;t=4s</a>
Обработка металлов давлением	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=46moDEH34C4&amp;t=5s">https://www.youtube.com/watch?v=46moDEH34C4&amp;t=5s</a>
Прессование и волочение	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ydTZp9Ta0q4&amp;t=3s">https://www.youtube.com/watch?v=ydTZp9Ta0q4&amp;t=3s</a>
Волочение проволоки, волочильные станы (Учебный фильм)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Z-WKPCTeom4">https://www.youtube.com/watch?v=Z-WKPCTeom4</a>
Волочильный стан для стальной проволоки	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=xOKbkN_xNaM">https://www.youtube.com/watch?v=xOKbkN_xNaM</a>

3. Составить конспект лекции. Обязательно изобразить рисунок 1 - Схемы основных способов обработки металлов давлением
4. Ответить на контрольные вопросы в **письменном виде**
5. Предоставить **конспект лекции и ответы** на контрольные вопросы в электронном виде на проверку.

С уважением, *Гнатюк Ирина Николаевна.*

При необходимости вопросы можно задать по телефону: 072-136-54-46

Работы отправлять на электронную почту [ira.gnatyuk.60@inbox.ru](mailto:ira.gnatyuk.60@inbox.ru)

## ЛЕКЦИЯ

### План

- 1 Физико-механические основы обработки металлов давлением
- 2 Прокатное производство
- 3 Волочение и прессование металла

#### 1. **Физико-механические основы обработки металлов давлением**

Обработка металлических изделий давлением возможна только

благодаря **пластичности** металлов; т. е. их способности изменять форму и размеры без разрушения.

Чистые металлы имеют более высокую пластичность, чем их сплавы.

Пластичность литого металла ниже пластичности деформированного, что объясняется разной их структурой: в первом случае металл имеет крупнозернистую структуру, во втором — мелкозернистую.

С повышением температуры пластичность металла, как правило, увеличивается, а сопротивление деформации уменьшается.

**Скорость деформации** при обработке давлением по-разному влияет на пластичность металла. До известного предела увеличение скорости деформации сопровождается понижением пластичности. При дальнейшем увеличении этой скорости пластичность металла возрастает.

**Степень деформации** металла, особенно при холодной обработке давлением, определяет возможность осуществления процесса деформирования.

### **Способы обработки металлов давлением**

При **прокатке** металл обжимают между двумя вращающимися валками прокатного стана, в результате чего толщина заготовки уменьшается, а длина и ширина увеличиваются. Прокаткой изготавливают профили круглой и квадратной формы, рельсы, балки, швеллеры, листы, и др.

**Волочением** называют процесс протягивания прутка или проволоки через отверстие в волоке (матрице), размеры поперечного сечения которого меньше размеров исходной заготовки. Волочение используют для получения тонкой и тончайшей проволоки, калибрования прутков и труб круглого и фасонного сечения из стали и цветных металлов.

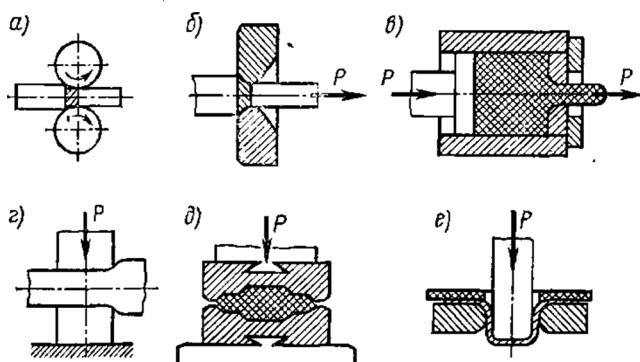


Рисунок 1 - Схемы основных способов обработки металлов давлением:  
а—прокатка; б—волочение; в—прессование; г —ковка;  
д—объемная штамповка; е—листовая штамповка

В процессе **прессования** металл выдавливают через круглое или фасонное очко в матрице, форма и размеры которого определяют форму и сечение прессуемого изделия — прутков, труб и фасонных профилей из

цветных металлов и их сплавов, а также сталей. Прессование производят на гидравлических или механических прессах.

**Ковка** металла заключается в обжатии заготовки между верхним и нижним бойками с применением разнообразного кузнецкого инструмента. *Свободной ковкой* получают поковки различных размеров простой и сложной формы (валы, шатуны, шестерни и т. д.) на молотах или прессах.

**Штамповкой** называют процесс деформации металла в штампах. Различают объемную и листовую штамповку.

При *объемной штамповке* предварительно нагретую заготовку деформируют в замкнутой полости штампа, форма и размеры которой определяют форму и размеры получаемой поковки. Горячая объемная штамповка производится на молотах, прессах или горизонтально-ковочных машинах.

*Листовая штамповка* состоит в деформации в холодном состоянии листовой исходной заготовки в штампе, имеющем матрицы с прижимным кольцом и пуансон. Этот вид штамповки проводят на специальных штамповочных прессах.

Исходными материалами для обработки металлов давлением являются слитки или заготовки, различные по размерам сечения и массе.

### **Нагрев материалов перед обработкой давлением**

Для каждого металла имеются определенные температуры, при которых он обладает хорошей пластичностью и минимальным сопротивлением деформации.

Слитки или заготовки перед их деформацией равномерно нагревают по всему объему. При этом не допускается перегрев или пережог металла. Структуру перегретого металла в ряде случаев можно исправить последующей термической обработкой. Пережог металла приводит к неисправимому браку.

Для нагрева стальных слитков перед прокаткой обычно применяют нагревательные колодцы, а для нагрева заготовок — методические и камерные печи.

## **2.Прокатное производство**

Прокатка металла осуществляется при прохождении его между валками, вращающимися в разных направлениях (рисунок 8). При прокатке металл обжимается, в результате чего толщина полосы уменьшается, а ее длина и ширина увеличиваются. Разность между исходной  $h_o$  и конечной толщинами полосы называют *абсолютным обжатием*:

$$\Delta h = h_0 - h_1$$

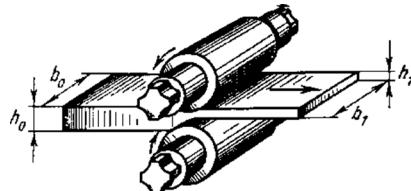


Рисунок 2 - Схема прокатки металла

Разность между конечной  $b_1$ , и исходной  $b_0$  ширинами полосы называют ***абсолютным уширением***.

$$\Delta b = b_1 - b_0$$

Степень деформации полосы при прокатке характеризуют следующие показатели:

***относительное обжатие*** — отношение абсолютного обжатия к исходной толщине полосы:

$$\varepsilon = \Delta h / h_0 \quad \text{или} \quad \varepsilon = \Delta h / h_0 \cdot 100\%$$

***коэффициент обжатия*** — отношение исходной толщины к конечной

$$\varepsilon = h_0 / h_1$$

***коэффициент вытяжки*** — отношение длины полосы после прокатки  $l_1$  к исходной длине  $l_0$ :

$$\mu = l_1 / l_0 = F_0 / F_1$$

При заданном коэффициенте обжатия  $h_0 / h_1$  вытяжка  $\mu$  и коэффициент уширения полосы  $b_1/b_0$  взаимно связаны:

$$h_0 / h_1 = \mu(b_1 / b_0)$$

### Инструмент и оборудование для прокатки

Главная линия прокатного стана (рисунок 3) состоит из следующих основных узлов: рабочей клети, шпинделей, шестеренкой клети, коренной муфты, редуктора, маховика, моторной муфты, двигателя 8.

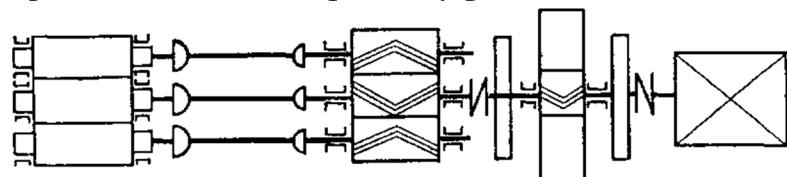


Рисунок 3 - Схема главной линии прокатного стана

Валки изготавливают из чугуна и стали. *Мягкие чугунные валки* применяют при черновой горячей прокатке стали. *Твердые чугунные валки*, отливаемые в металлических формах, широко применяют на листовых станах и в чистовых клетях сортовых и проволочных станов.

### Технология прокатного производства

Сортамент проката можно разделить на четыре основные группы:

- 1) сортовая сталь, 2) листовая сталь, 3) специальный прокат, 4) трубы.

Сортовую сталь в свою очередь можно разделить на профили массового потребления и профили специального назначения. К *первой группе профилей* относят круглую, квадратную, полосовую и угловую сталь, ленту, проволоку, швеллеры, двутавровые балки и др.

Ко *второй группе*—рельсы, профили особой формы, применяемые в строительстве, машиностроении и других отраслях народного хозяйства.

Листовая сталь в зависимости от толщины листов разделяется на две основные группы: толстолистовую—листы толщиной более 4 мм, тонколистовую — листы толщиной менее 4 мм.

К специальным видам проката относят: бандажи, цельнокатаные колеса и периодические профили (переменное поперечное сечение по длине полосы). Такие *периодические профили* проката, как арматурная сталь, используют для изготовления железобетонных конструкций в строительной индустрии.

Разновидностью специальных видов проката являются *гнутые профили*, позволяющие упростить технологию производства деталей у потребителей. Гнутые профили получают из листа или ленты толщиной от 0,2 до 20 мм. Они особенно широко применяются в строительстве (в элементах строительных конструкций, оконных переплетах и др.).

Основные технологические операции прокатного производства следующие: подготовка исходного материала, нагрев, прокатка и отделка.

При прокатке контролируют начальную и конечную температуры, заданный режим обжатия, проверяют настройку валков наблюдением за размерами и формой проката; состояние калибров; установку и состояние поверхности валковой арматуры. В процессе прокатки измеряют усилия прокатки, что позволяет полнее использовать мощность станов.

После прокатки контроль продолжают во время отделочных операций (резки полос на мерные длины, правки, удаления поверхностных дефектов).

Готовый прокат подвергают конечному техническому контролю. Путем этого контроля проверяется соответствие качества проката техническим условиям или предъявляемым к нему требованиям. При неудовлетворительных результатах контроля допускается повторное испытание удвоенного числа образцов проката.

### **Производство бесшовных труб**

Бесшовные трубы прокатывают на пилигримовых станах, установках с автоматическим станом и на непрерывных станах.

Исходный материал для прокатки труб на пилигримовых станах — круглые и граненые слитки диаметром 250—600 мм, массой 0,6—3 т или катаные заготовки. *Трубные гильзы* из крупных и граненых слитков с большим

числом граней и круглых заготовок получают на валковом прошивном стане, а из граненых слитков с небольшим числом граней и квадратных заготовок — прошивкой на прессах.

Прошивной стан, или стан поперечно-винтовой прокатки имеет два рабочих косо расположенных валка, вращающихся в одном направлении, и два направляющих холостых валка.

Рабочие валки прошивных станов представляют сочетание обычно двух усеченных конусов с промежуточным цилиндрическим участком. Угол наклона рабочих валков друг к другу составляет  $6—12^\circ$ .

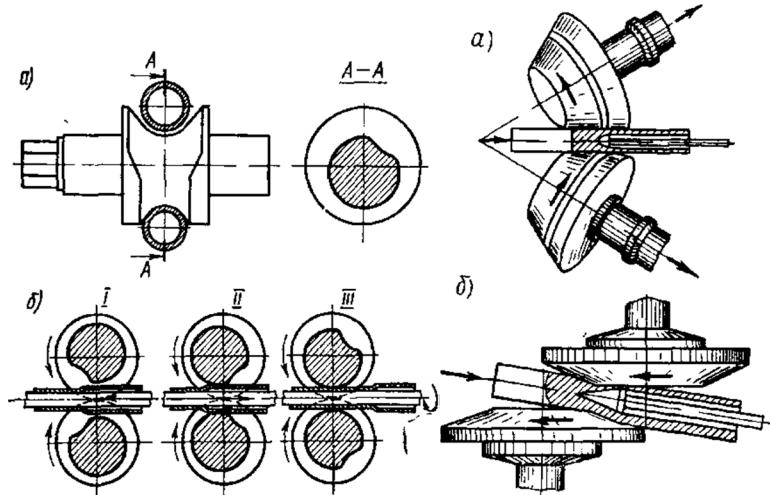


Рисунок 4 - Схема пилигримовой прокатки за один оборот валков:

- a* — положение гильзы в момент подачи в калибр и в конце прокатки;
- b* — период начала и конца раскатки участка трубы валками

Одновременно с подачей осуществляется поворот гильзы на  $90^\circ$ . После раскатки гильзы дорн извлекают из трубы. Прокатка следующей трубы производится на новом дорне, а дорн, бывший в работе, смазывают и подготавливают для дальнейшего использования.

При прокатке бесшовных труб прошивку заготовки в гильзу осуществляют также на станах с грибовидными (рис. 5,а) и дисковыми (рис. 5,б) валками.

Последующая прокатка гильзы в трубу может производиться на *автоматическом реверсивном стане дуо*, валки которого имеют ряд круглых калибров.

**Сварные трубы** получают путем печной и электрической сварки. Исходный материал для сварных труб — листы в рулонах или специальные прокатанные полосы (штрипсы). Сварные трубы производят в две операции: формование заготовки в трубу и сварка шва трубы.

Рисунок 5 - Типы прошивных станов:  
а — с грибовидными валками;  
б — с дисковыми валками

При печной сварке нагретые до 1300—1350° С штрипсы протягивают и сворачивают по продольной оси до соприкосновения кромок в *формовочно-сварочном стане*. В месте стыка кромки обдувают воздухом или кислородом, что повышает их температуру до точки плавления; благодаря давлению кромки свариваются. Электрическая сварка позволяет получать трубы диаметром 6—630 мм.

Исходный материал для изготовления электросварных труб — светлая холоднокатаная лента в рулонах или листовая заготовка (для труб больших диаметров), предварительно очищенная от окалины и ржавчины.

Широко распространена *контактная сварка сопротивлением*, но применяют и другие виды электросварки. Так, *дуговую сварку под слоем флюса* применяют при производстве толстостенных труб средних диаметров из углеродистой и легированной стали, а также труб больших диаметров из углеродистой стали; *атомно-водородную* — при производстве труб диаметром до 200 мм со стенками толщиной 2—12 мм из легированной стали; *argonодуговую* — при производстве тонкостенных труб диаметром до 450 мм со стенками толщиной 0,6—5 мм из высоколегированной стали austenитного класса, а также из цветных металлов и сплавов.

Получил распространение способ изготовления сварных труб со спиральным швом. Тонкостенные трубы и трубы малых диаметров получают холодной прокаткой заготовок после горячей прокатки на специальных прокатных станах.

### 3. Волочение и прессование металла

**Волочение** — процесс протягивания проволоки, прутка или трубы через очко специального инструмента (волоки), имеющее несколько меньшее сечение, чем исходная заготовка. Изделия после волочения имеют точные размеры, заданную геометрическую форму, чистую и гладкую поверхность. Волочением можно получать тончайшие изделия.

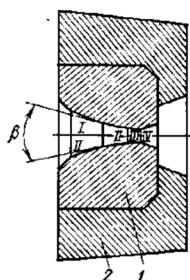


Рисунок 6 - Разрез волоки

Обычно волочению в холодном состоянии подвергают цветные металлы и их сплавы, низкоуглеродистые, высокоуглеродистые и легированные стали и сплавы с особыми свойствами.

Волочение металла осуществляется на волочильных станах.

Устройство волоки и типы волочильных станов. Волока состоит из двух деталей (рисунок 6): собственно волоки 1 и обоймы 2. Волока имеет четыре зоны: смазочную I, деформирующую II, калибрующую (очко или поясок) III и выходную IV. Калибрующая зона обычно цилиндрической формы, остальные зоны — конические. Угол рабочего конуса  $2\alpha$  деформирующей зоны выбирают в пределах  $10-20^\circ$  в зависимости от вида изделия и состава металла.

Изготавливают волоки из твердых сплавов, технических алмазов (для производства наитончайшей проволоки) или инструментальной стали (для волочения прутков и труб крупных сечений).

До начала волочения конец прутка металла заостряют с таким расчетом, чтобы он свободно входил в очко и выходил из него с противоположной стороны. В зависимости от способа осуществления тяги волочильные станы разделяют на цепные и барабанные.

**Режим волочения.** Выбор обжатия, скорости волочения и смазки зависит от состава металла, свойств материала волоки, профиля и величины поперечного сечения изделия.

### Прессование металла

**Прессованием** называют процесс выдавливания находящегося в контейнере металла через выходное отверстие (очко) матрицы. Прессование обычно применяют для обработки цветных металлов и сплавов, а в некоторых случаях — стали и других сплавов.

Исходный материал для прессования — литье или прокатанные заготовки. Прессованием можно получать профили различного сечения (рисунок 7), в том числе прутки диаметром 5—200 мм, трубы диаметром до 800 мм при толщине стенок 1,5—8 мм, разнообразные фасонные профили.

**Методы прессования.** Различают два метода прессования металла — прямой и обратный.

При *прямом методе прессования* (рисунок 8,а) заготовка 3, нагретая до необходимой температуры, помещается в контейнер 4 пресса. С одной стороны контейнера посредством матрицодержателя 2 закреплена матрица 1 с выходным отверстием. В данном случае выходное отверстие (очко) матрицы имеет круглое сечение. С другой стороны контейнера имеется пуансон 5 с пресс-шайбой 6 на конце.

При работе пресса пуансон получает необходимое давление от плунжера и передает его через пресс-шайбу на заготовку, заставляя металл пластиически деформироваться и вытекать через выходное отверстие

матрицы. К концу процесса прессования в контейнере остается небольшая часть металла, называемая прессостатком, которая не участвует в формировании изделия.

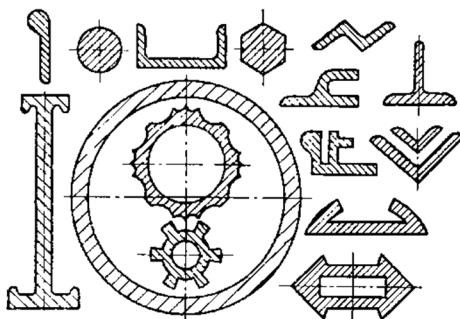


Рисунок 7 - Профили изделий, получаемых путем прессования

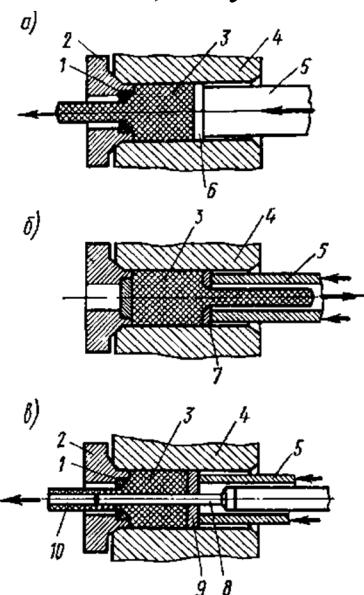


Рисунок 8 –Методы прессования

При обратном методе прессования металла (рисунок 8,б) в контейнер 4 вместо пресс-шайбы входит полый пuhanсон 5 с матрицей 7 на его конце. Во время движения пuhanсона закрепленная на нем матрица давит на слиток или заготовку 3, в результате чего металл вытекает через отверстие матрицы в направлении, обратном перемещению пuhanсона. При обратном прессовании отходы металла уменьшаются на 5—6% (при прямом прессовании они составляют 18—20% массы слитка) и снижаются усилия прессования металла на 25—30%. Однако этот метод имеет ограниченное применение из-за сложности конструкции пресса. При прессовании труб (рисунок 8,в) заготовка 3, помещенная внутрь контейнера 4, сначала прошивается стальной иглой 8. Передний конец иглы проходит через всю заготовку и выходит на некоторое расстояние из отверстия матрицы 1. Вследствие этого между стенками отверстия матрицы и наружной поверхностью стальной иглы образуется кольцевой зазор. При движении пuhanсона 5 вместе с пресс-шайбой 9 в направлении матрицы металл выдавливается через кольцевой

зазор и принимает форму трубы 10. Наружный диаметр трубы равен диаметру отверстия матрицы, внутренний — диаметру стальной иглы.

**Процесс прессования металла** включает следующие стадии:

1) подготовка слитка или заготовки к прессованию (удаление наружных дефектов, разрезка заготовки на мерные длины и т. д.);

2) нагрев слитка или заготовки до заданной температуры в печи;

3) подача нагретого металла в контейнер;

4) выдавливание металла из контейнера через очко матрицы;

5) отделка полученного изделия — ломка заднего конца для полного удаления пресс-утяжин (окалины и загрязнений, попадающих в осевую часть прутка), резка прутка на мерные длины, правка на правильных машинах, а также разбраковка и удаление дефектов. При прессовании выход годной продукции обычно составляет 70—80%.

Прессование металла обычно осуществляют на гидравлических прессах с горизонтальным или вертикальным расположением плунжера. Механические прессы применяют значительно реже.

### ***Контрольные вопросы:***

1. Какое свойство металлов позволяет производить обработку давлением?
2. Какие виды *горячей* обработки давлением Вы знаете?
3. Каким способом обработки давлением получают проволоку?
4. Каким способом получают бесшовные трубы?
5. Какая сталь считается тонколистовой?
6. Чему равен коэффициент вытяжки металла при прокатке?