

### Раздел 3. ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

#### Тема 9. Прессование. Волочение. Ковка

**Прессование** – вид обработки давлением, при котором металл выдавливается из замкнутой полости через отверстие, соответствующее сечению прессуемого профиля.

Это современный способ получения различных профильных заготовок: прутков диаметром 3...250 мм, труб диаметром 20...400 мм с толщиной стенки 1,5...15 мм, профилей сложного сечения сплошных и полых с площадью поперечного сечения до 500 см<sup>2</sup>.

В настоящее время в качестве исходной заготовки используют слитки или прокат из углеродистых и легированных сталей, а также из цветных металлов и сплавов на их основе (медь, алюминий, магний, титан, цинк, никель, цирконий, уран, торий).

Основным инструментом для прессования служат пуансон и матрица. *Пуансоном* называют инструмент, охватываемый заготовкой, а *матрицей* – инструмент, охватывающий заготовку в процессе деформирования.

Технологический процесс прессования включает операции:

- подготовка заготовки к прессованию (разрезка, предварительное обтачивание на станке, так как качество поверхности заготовки оказывает влияние на качество и точность профиля);
- нагрев заготовки с последующей очисткой от окалины;
- укладка заготовки в контейнер;
- непосредственно процесс прессования;
- отделка изделия (отделение пресс-остатка, разрезка).

*Пресс-остаток* – часть исходной заготовки, остающаяся в контейнере после завершения процесса прессования (отрезается от профиля после окончания прессования). Образуется вследствие того, что весь металл не может быть полностью выдавлен из контейнера из-за резкого повышения силы сопротивления в конце прессования.

Прессование производится на гидравлических прессах с вертикальным или горизонтальным расположением плунжера, мощностью до 10 000 т.

Применяются два метода прессования: прямой и обратный (рис. 3.11)

При *прямом прессовании* движение пуансона пресса и истечение металла через отверстие матрицы происходят в одном направлении. При прямом прессовании требуется прикладывать значительно большее усилие, так как часть его затрачивается на преодоление трения при перемещении металла заготовки внутри контейнера. *Пресс-остаток* составляет 18...20 % от массы

заготовки (в некоторых случаях – 30...40 %). Но процесс характеризуется более высоким качеством поверхности, схема прессования более простая.

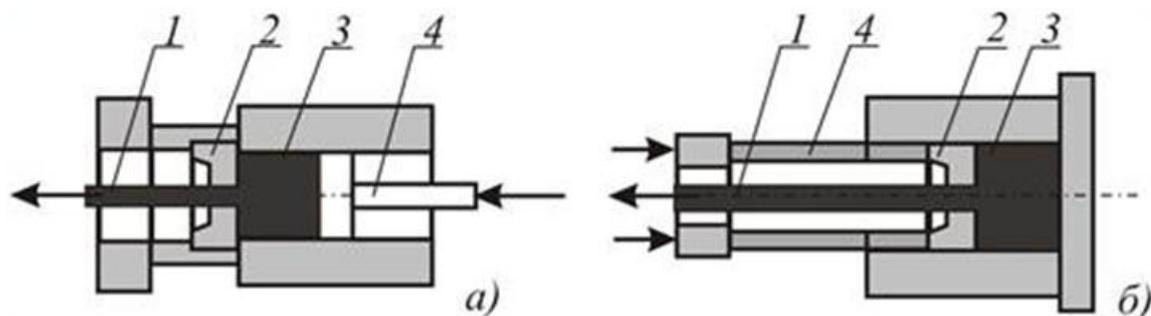


Рис. 3.11. Схема прессования прутка прямым (а) и обратным (б) методом:  
1 – готовый пруток; 2 – матрица; 3 – заготовка; 4 – пуансон

При *обратном прессовании* заготовку закладывают в глухой контейнер, и она при прессовании остается неподвижной, а истечение металла из отверстия матрицы, которая крепится на конце полого пуансона, происходит в направлении, обратном движению пуансона с матрицей. Обратное прессование требует меньших усилий, пресс-остаток составляет 5...6 %. Однако меньшая деформация приводит к тому, что прессованный пруток сохраняет следы структуры литого металла. Конструктивно такая схема более сложная.

При прессовании металл подвергается всестороннему неравномерному сжатию и имеет очень высокую пластичность.

К основным преимуществам процесса относятся:

- возможность обработки металлов, которые из-за низкой пластичности другими методами обработать невозможно;
- возможность получения практически любого профиля поперечного сечения;
- получение широкого сортамента изделий на одном и том же прессовом оборудовании с заменой только матрицы;
- высокая производительность, до 2...3 м/мин;
- прессованные изделия более точны, чем катаные.

Недостатки процесса:

- повышенный расход металла на единицу изделия из-за потерь в виде пресс-остатка;
- появление в некоторых случаях заметной неравномерности механических свойств по длине и поперечному сечению изделия;
- высокая стоимость и низкая стойкость прессового инструмента;
- высокая энергоемкость.

**Волочение** – процесс протягивания заготовок через сужающееся отверстие (*фильеру*) в инструменте, называемом *волокой*. При этом поперечное сечение заготовки уменьшается, а ее длина увеличивается. Конфигурация отверстия определяет форму получаемого профиля. Схема волочения представлена на рис. 3.12.

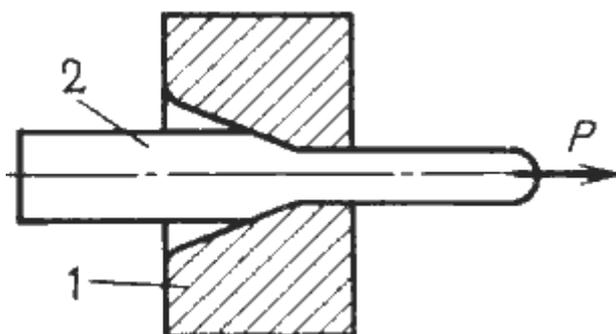


Рис. 3.12. Схема волочения: 1 – волока; 2 – протягиваемое изделие

Волочением получают проволоку диаметром 0,002...4 мм, прутки и профили фасонного сечения, тонкостенные трубы, в том числе и капиллярные. Волочение применяют также для калибровки сечения и повышения качества поверхности обрабатываемых изделий. Волочение чаще выполняют при комнатной температуре, когда пластическую деформацию сопровождает наклеп, это используют для повышения механических характеристик металла, например, предел прочности возрастает в 1,5...2 раза.

Исходным материалом может быть горячекатаный прутки, сортовой прокат, проволока, трубы. Волочением обрабатывают стали различного химического состава, цветные металлы и сплавы, в том числе и драгоценные.

Основной инструмент при волочении – волоки различной конструкции. Волока работает в сложных условиях: большое напряжение сочетается с износом при протягивании, поэтому их изготавливают из твердых сплавов.

Для уменьшения силы трения отверстие в волоке полируется, также применяются смазки – минеральные масла, олифа, графит, тальк, мыло.

Конструкция инструмента представлена на рис. 3.13.

Волока 1 закрепляется в обойме 2. Волока имеет сложную конфигурацию, ее составными частями являются: входной конус I, смазочная часть II; деформирующая часть III с углом  $\alpha$  в вершине (6...18° – для прутков, 10...24° – для труб); цилиндрический калибрующий пояс IV длиной 0,4...1 мм; выходной конус V.

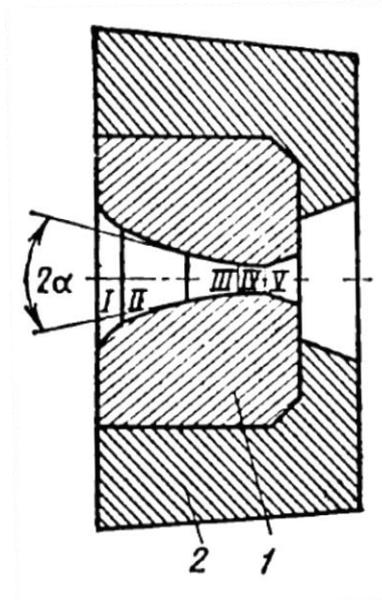


Рис. 3.13. Общий вид волоки

Технологический процесс волочения включает операции:

- предварительный отжиг заготовок для получения мелкозернистой структуры металла и повышения его пластичности;
- травление заготовок в подогретом растворе серной кислоты для удаления окалины с последующей промывкой, после удаления окалины на поверхность наносят подмазочный слой путем омеднения, фосфотирования, известкования, к слою хорошо прилипает смазка и коэффициент трения значительно снижается;
- волочение – заготовку последовательно протягивают через ряд постепенно уменьшающихся отверстий (фильер);
- отжиг для устранения наклепа, после 70...85 % обжатия для стали и 99 % обжатия для цветных металлов;
- отделка готовой продукции (обрезка концов, правка, резка на мерные длины и др.).

Обработка заготовки за одно протягивание через волоку называется *переходом*. Если необходима большая деформация, то осуществляют несколько переходов (несколько уменьшающихся отверстий в волоке).

Технологический процесс волочения осуществляется на специальных волочильных станах. В зависимости от типа тянущего устройства различают станы: с прямолинейным движением протягиваемого металла (цепной, реечный); с наматыванием обрабатываемого металла на барабан (барабанный). Станы барабанного типа обычно применяются для получения проволоки. Число барабанов может достигать до двадцати. Скорость волочения достигает 50 м/с.

На рис. 3.14 представлено схему линии по изготовлению сварочной порошковой проволоки, представляющую собой трубчатую проволоку, заполненную флюсом и/или металлическим порошком. Проволока изготавливается из ленты путём холодного формования в заготовку с U-образным профилем, с последующим наполнением флюсом или металлическим порошком. Затем осуществляется замыкание стыка и получение трубчатого профиля заготовки, после чего заготовка волочением через фильеры доводится до требуемого диаметра.

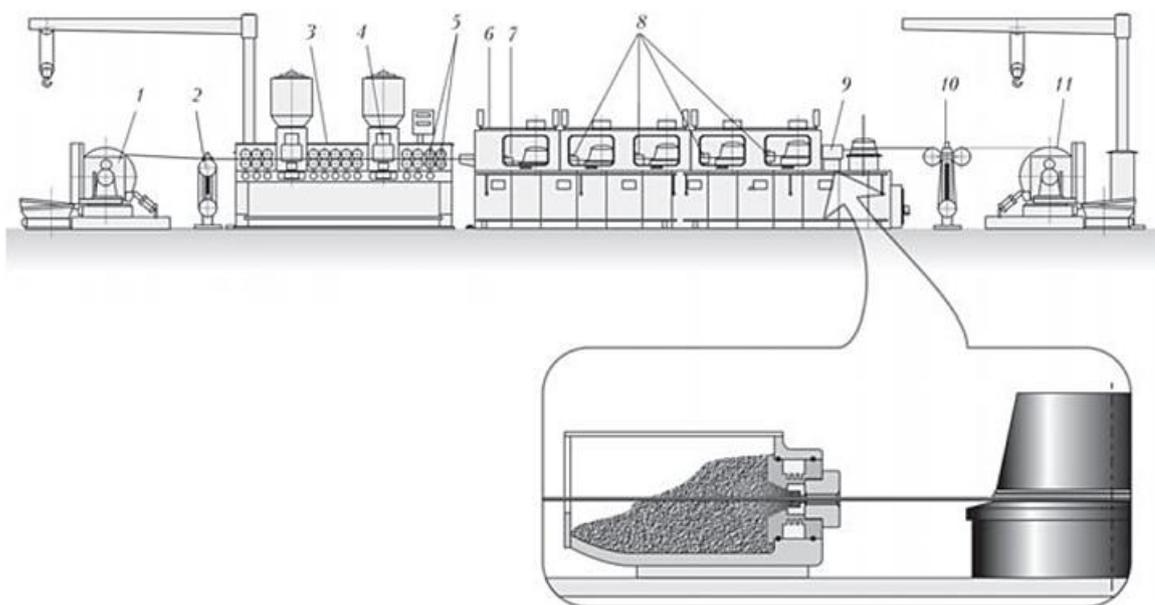


Рис. 3.14. Линия изготовления сварочной порошковой проволоки: 1 – размоточное устройство для ленты; 2 – демпфер-регулятор натяжения ленты; 3 – формовочный агрегат; 4 – дозатор шихты; 5 – два дополнительных блока роликового редуцирования заготовки проволоки; 6 – волочильный стан; 7 – блок первичного волочения заготовки проволоки; 8 – блоки промежуточного волочения; 9 – блок калибрующего волочения проволоки с системой нанесения протекторного покрытия; 10 – демпфер-регулятор натяжения проволоки; 11 – намоточный аппарат

Основное *преимущество* процесса волочения – высокая точность размеров, что позволяет исключить или снизить объем последующей механической обработки.

*Недостатком* данного вида ОМД является многопроходность – часто требуется пять и более переходов через волоки с постепенно уменьшающимися отверстиями.

**Ковка** – способ обработки давлением, при котором пластическое деформирование нагретой (реже холодной) заготовки осуществляется с использованием универсального инструмента многократными ударами молота или однократным давлением прессы.

Формообразование при ковке происходит за счет пластического течения металла в направлениях, не ограниченных поверхностями инструмента, поэтому ее называют свободной. Ковкой достигается не только требуемая форма поковок, но и значительно улучшаются ее первоначальные свойства и структура.

Исходными заготовками при ковке служат слитки массой до 500 тонн (для крупных поковок), блюмы, слябы и сортовой прокат (для средних и мелких).

Ковка может быть *машинной* на молотах и прессах и *ручной*. Ручная ковка применяется в основном в ремонтном деле для мелких работ.

Изделие, полученное ковкой, называется *поковкой*.

Ковка может производиться в горячем и холодном состоянии.

*Холодной ковке* поддаются в основном драгоценные металлы – золото, серебро; а также медь. Технологический процесс холоднойковки состоит из двух чередующихся операций: деформации металла и рекристаллизационного отжига. В современных условиях холодная ковка встречается редко, в основном в ювелирном производстве.

*Горячая ковка* применяется для изготовления различных изделий (осей, валов, крюков, барабанов, дисков, колец и пр.), а также инструментов: чеканов, зубил, молотков и т. п. При этом заготовка, нагретая до температуры, составляющей 70–80 % температуры плавления, пластически деформируется, постепенно приобретая заданные формы, размеры и свойства.

Самую сложную поковку можно получить, выполняя в определенной последовательности *основные операцииковки*.

*Биллетирование* – превращение слитка в болванку или заготовку: включает сбивку ребер и устранение конусности.

Обжатие при биллетировании составляет 5...20 %. Проковка слитка предназначена для обжатия металла в углах слитка с целью предварительного деформирования литой структуры – дендритов, которые имеют стыки в этих углах. Биллетирование способствует заварке воздушных пузырей и других подкорковых дефектов литой структуры, созданию пластичного поверхностного слоя металла, благоприятно влияющего на дальнейшую деформацию.

*Осадка* (рис. 3.15, а) – операция уменьшения высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения.

Осадку применяют:

- для получения поковок с большими поперечными размерами при относительно малой высоте (зубчатые колеса, диски и т. п.);
- как предварительную операцию при изготовлении пустотелых поковок (колец, барабанов);
- как предварительную операцию для уничтожения литой дендритной структуры слитка и улучшения механических свойств изделия.

Осадке подвергают заготовки, для которых высота не превышает 2,5...3 диаметра. В противном случае возможен или продольный изгиб заготовки, или образование седлообразности.

Разновидностью осадки является *высадка* (рис. 3.15, б) – местная осадка, заключающаяся в деформировании части заготовки (концевой части или середины) для получения утолщений, головок болтов, фланцев и т. п.

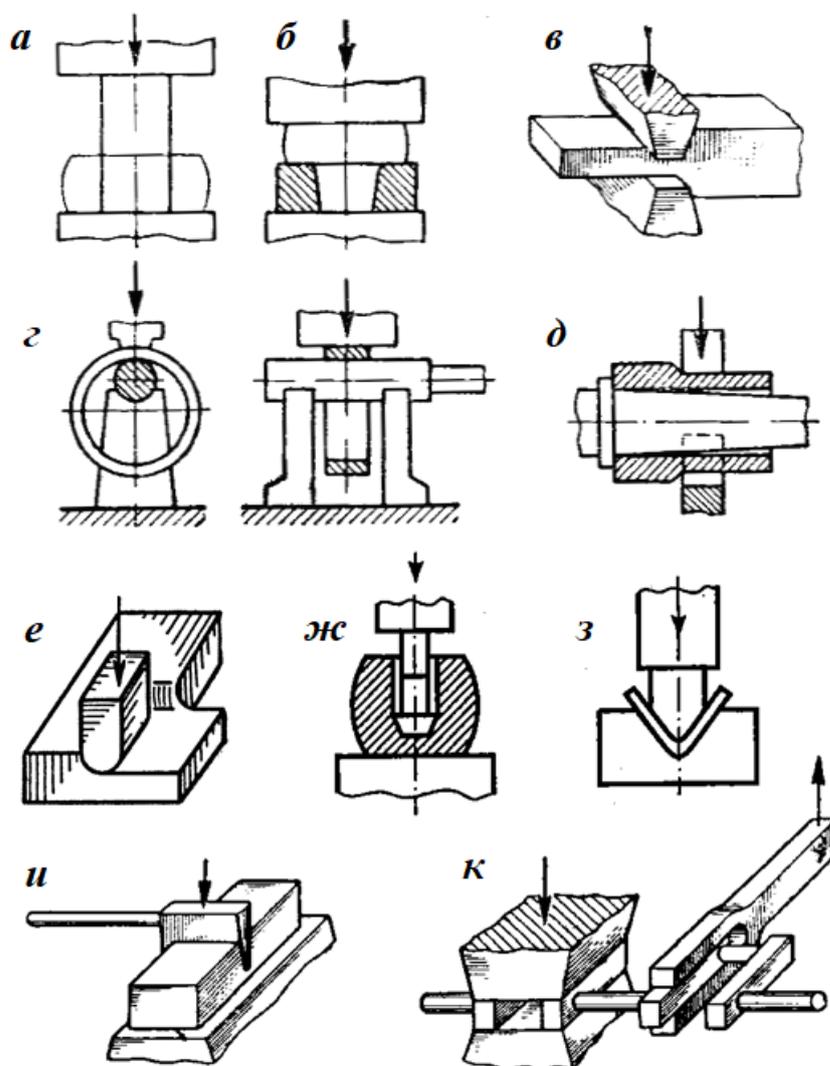


Рис. 3.15. Основные операцииковки: а – осадка; б – высадка; в – вытяжка плоскими бойками; г – раскатка на оправке; д – вытяжка на оправке; е – разгонка; жс – прошивка; з – гибка; и – рубка; к – скручивание

*Вытяжка* (рис. 3.15, в) – удлинение заготовки за счет уменьшения площади ее поперечного сечения. Разновидности: *вытяжка на оправке* (рис. 3.15, д) и *раскатка на оправке* (рис. 3.15, з) – для обработки полой поковки, например, заготовки штанги.

*Разгонка* (рис. 3.15, е) – операция увеличения ширины части заготовки за счет уменьшения ее толщины. Операция выполняется за счет перемещения инструмента в направлении, перпендикулярном оси заготовки.

*Прошивка* (рис. 3.15, ж) – операция получения в заготовке сквозных отверстий или полостей за счет вытеснения металла.

*Гибка* (рис. 3.15, з) – операция придания заготовке или ее части изогнутой формы по заданному контуру. Гибка сопровождается искажением первоначальной формы поперечного сечения заготовки и уменьшением его площади в месте изгиба (утяжка). Этой операцией получают угольники, скобы, крючки, кронштейны.

*Скручивание* (рис. 3.15, к) – операция, заключающаяся в повороте одной части поковки вокруг общей оси по отношению к другой ее части под определенным углом. К скручиванию относится и свивание нескольких тонких прутков (проволок) в шнуры.

*Рубка* (рис. 3.15, и) применяется для разделения заготовки на части, отделения излишка металла и с целью образования в поковке уступов, заплечиков (*надрубка*).

В зависимости от габаритов и формы заготовок используют следующие способы рубки:

- с одной стороны – для тонких заготовок;
- с двух сторон, сначала осуществляется предварительная надрубка заготовки на 0,5...0,75 высоты, после кантовки на 180° проводится окончательная рубка;
- с трех сторон – для круглых и крупных заготовок, осуществляются две надрубки на глубину 0,4 диаметра заготовки с кантовкой на 120°, после второй кантовки на 120° проводят окончательную рубку;
- с четырех сторон – для крупных заготовок, после надрубки с четырех сторон в центре остается перемычка прямоугольного сечения, по месту которой производят разделение заготовки на части.

Технологический процессковки осуществляется при помощи различных инструментов и приспособлений. К основному *кузнечному инструменту* относятся (рис. 3.16): а) *бойки* – плоские, скругленные и вырезные; б) *обжимки* – для отделочных операций; в) *раскатки* – для создания углублений и для расплющивания; г) *топоры* – для рубки и вырубки; д) *прошивки* – для прошивания отверстий.

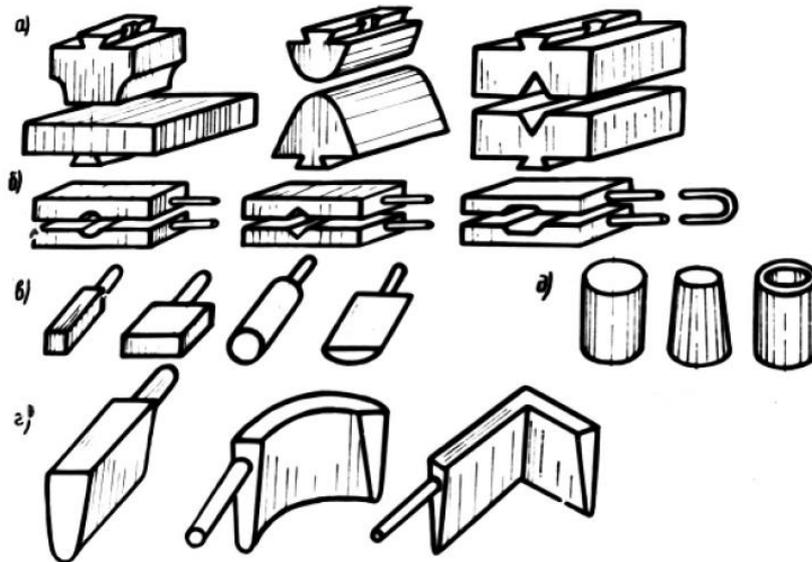


Рис. 3.16. Основной кузнечный инструмент

Технологический процессковки включает операции: резку исходной заготовки в требуемый размер, нагрев материала до требуемой температуры, формообразующую операцию, очистку от окалины, контроль поковки. Очистку поковок от окалины осуществляют в галтовочных барабанах, обдувкой стальной дробью, травлением в водных растворах серной или соляной кислоты. При контроле поковок выявляют внешние и внутренние дефекты, проверяют соответствие геометрическим и функциональным техническим условиям.

Машины для свободнойковки делятся на две группы: динамического действия (молоты) и статического действия (прессы).

Оборудование выбирают в зависимости от режимаковки данного металла или сплава, массы поковки и ее конфигурации.

*Молоты* создают ударное воздействие инструмента (верхнего бойка) на заготовку. Продолжительность деформации при ковке на молотах  $\sim 10^{-3}$  с.

Основными видами молотов, применяемых в настоящее время дляковки, являются пневматические и паровоздушные. Достоинством молотов является лучшее качество поверхности поковок, так как при ударах хорошо отбивается окалина. Однако молоты большой мощности сильно сотрясают почву, требуют мощных фундаментов, создают большой шум. Поэтому на молотах куют поковки массой не более 1...5 тонн.

В *гидравлических прессах* с помощью жидкости высокого давления (водной эмульсии или минерального масла) создаются усилия до 10000 тонн. При этом продолжительность деформации может составлять от единиц до десятков секунд. На этих прессах можно ковать поковки массой до 250 тонн

и более. Достоинством прессов являются: большие мощности, бесшумность работы, высокий КПД.

К основным *преимуществам*ковки относятся:

- универсальность в отношении массы, формы и размеров заготовки;
- возможность получения крупных изделий (массой до сотен тонн, длиной – до десятков метров) с качественной структурой металла и высокими механическими свойствами;
- отсутствие затрат на дорогостоящую технологическую оснастку.

*Недостатки* процесса:

- низкая производительность и большая трудоёмкость;
- большие отходы металла и объём последующей механической обработки из-за больших напусков, припусков и допусков.

### **Контрольные вопросы**

1. Что собой представляет прессование ?
2. Какой инструмент для обработки давлением называют пуансоном, а какой – матрицей ?
3. Сравните методы прямого и обратного прессования.
4. Назовите преимущества и недостатки процесса прессования.
5. Что собой представляет волочение и какую продукцию получают с его помощью ?
6. Опишите конструкцию волоки.
7. Перечислите основные операции процесса волочения.
8. Что собой представляет порошковая проволока и как ее получают ?
9. Назовите преимущества и недостатки процесса волочения.
10. Что собой представляет ковка ?
11. Перечислите основные операцииковки.
12. Какие способы рубки применяют при ковке ?
13. Перечислите основной кузнечный инструмент.
14. Сравните особенности использования молотов и прессов дляковки.
15. Назовите преимущества и недостатки процессаковки.