



Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет) имени И.М.
Губкина

Кафедра трибологии и технологий ремонта нефтегазового оборудования

УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА
ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лекция № 21

Преподаватель:
Доцент кафедры ТнТРНГО, к.т.н. Буклаков Андрей Геннадьевич

Москва 2021 год

The background of the slide is a photograph of an industrial setting. In the center, a large, horizontal metal cylinder is glowing with a bright yellow and orange light, indicating it is at a high temperature. The cylinder is surrounded by dark, industrial structures. The right side of the slide features a decorative graphic consisting of several overlapping, semi-transparent geometric shapes in shades of blue and orange, creating a modern, abstract design.

Обработка металлов давлением

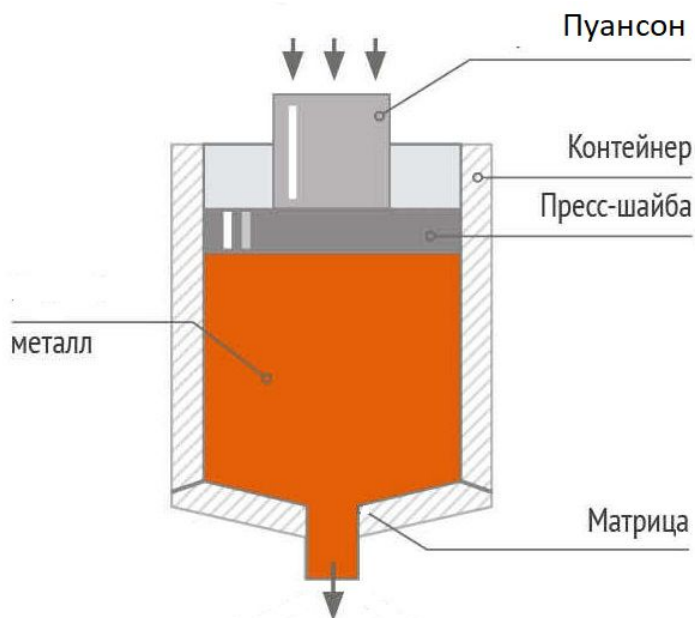
Прессование

Прессование - технологический процесс получения заготовок или деталей в результате *выдавливания* металла исходной заготовки из замкнутой полости инструмента — контейнера через отверстие матрицы с площадью меньшей, чем площадь поперечного сечения заготовки, конфигурация которого соответствует профилю получаемого изделия.

Исходная заготовка - слиток или прокат

Инструмент прессования - пуансон, оправка, матрица.

Оборудование - гидравлические прессы.



Коэффициент вытяжки при прессовании определяется следующим образом

$$p = F \text{ контейнера} / F \text{ отверстия матрицы.}$$

Обычно значение p находится в пределах 8 — 50, а в отдельных случаях выше.

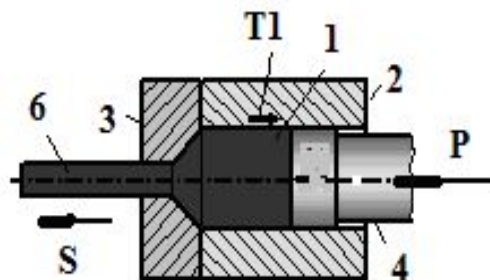
Прессованием получают прутки диаметром 3 — 250 мм, трубы диаметром до 800 мм с толщиной стенки от 1,5 мм и более, а также изделия из малопластичных, труднодеформируемых сталей и сплавов, которые нельзя получить другими способами обработки давлением.

Технология прессования

получение профиля сплошного сечения

1 – заготовка; 2 – контейнер; 3 – матрица; 4 – пуансон (обеспечивает выдавливание исходной заготовки в процессе прессования); 5 – выталкиватель – служит для выталкивания заготовки из контейнера после окончания процесса прессования (в процессе прессования неподвижен); 6 – продукция прессования; Р – усилие прессования; P_v – усилие на выталкивателе (в процессе прессования $P_v \geq P$); S – направление выдавливания; T_1 – контактная сила трения.

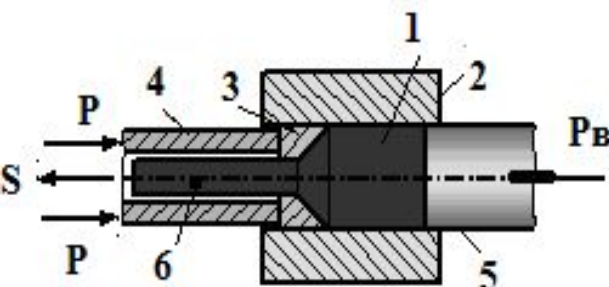
Прямое и обратное прессование выполняется как в холодном, так и в горячем состояниях.



При прямом прессовании направление выдавливания металла S совпадает с направлением движения пуансона 4 под действием силы Р. При этом пуансону приходится преодолевать не только сопротивление обрабатываемого материала пластическому формоизменению, но и силу контактного трения T_1 , противодействующую проталкиванию исходной заготовки 1 относительно стенок контейнера 2.

Недостатки: большие силы трения. Для снижения сил трения применяется смазка стенок контейнера и поверхности исходной заготовки (графит, жидкое стекло)

Прямое прессование



При обратном прессовании направление выдавливания металла S противоположно направлению движения пуансона 4. При обратном прессовании уже не нужно проталкивать заготовку 1 относительно стенок контейнера и, соответственно, преодолевать дополнительную силу трения. Таким образом, по сравнению с прямым обратное прессование при производстве того же профиля позволяет использовать пресс меньшей силы и экономить энергию.

Преимущества:

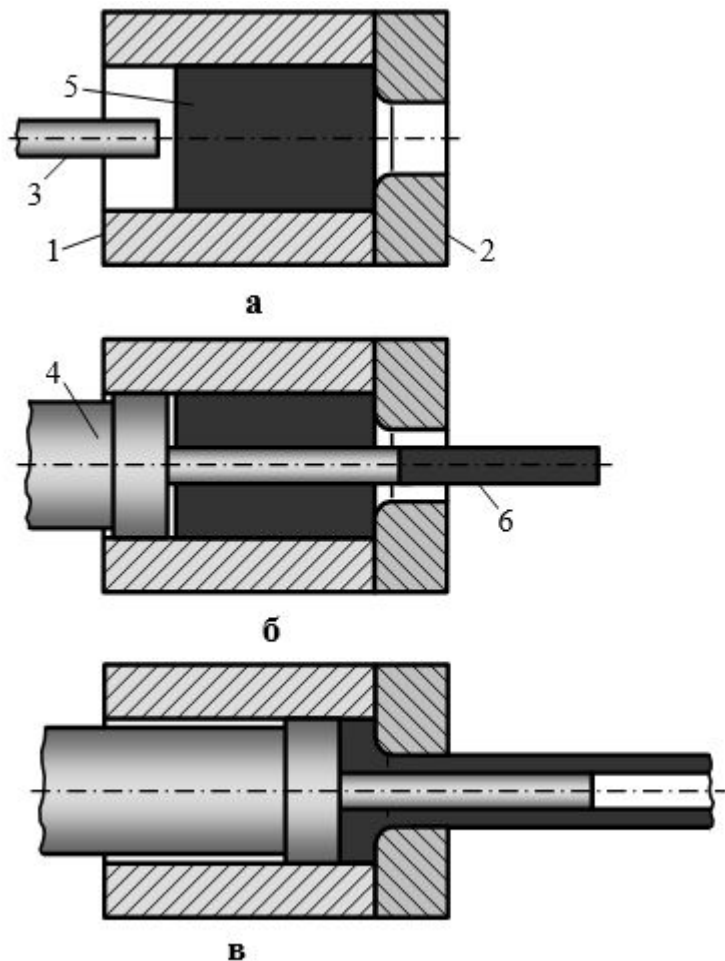
меньшие, по сравнению с прямым прессованием, силы трения и, как следствие, экономия энергии.

Недостатки: а – длина получаемого профиля ограничена допустимой длиной трубчатого пуансона; б – прочность трубчатого пуансона существенно меньше прочности сплошного пуансона, применяемого при прямом прессовании, что обуславливает снижение допустимых сил Р обратного прессования. Из-за этих недостатков обратное прессование применяют значительно реже прямого.

Обратное прессование

Технология прессования

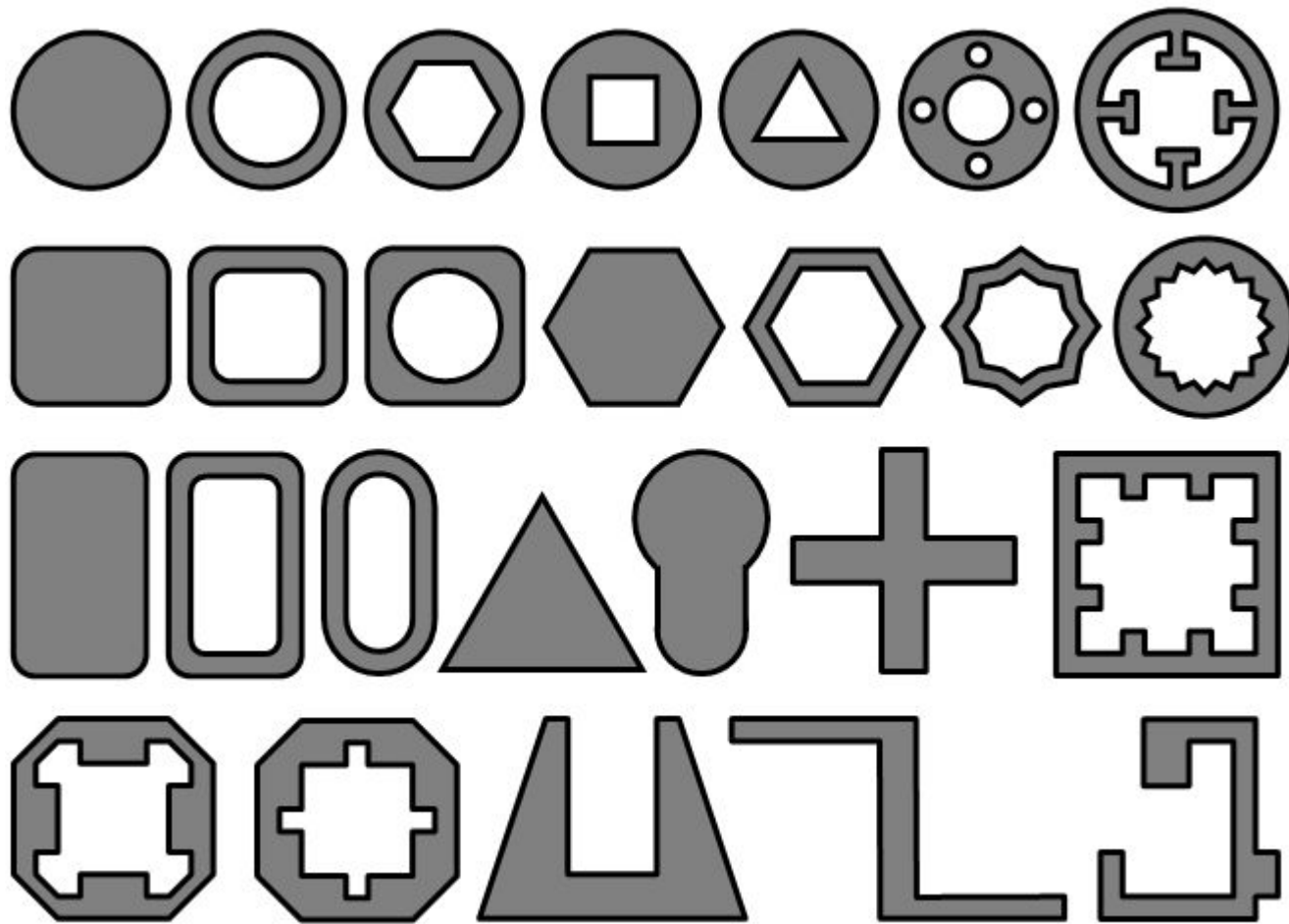
схема получения полого профиля



а – заготовка в контейнере перед началом обработки;
б – прошивка заготовки;
в – завершение прессования:
1 – контейнер; 2 – матрица;
3 – оправка – служит для предварительной пробивки отверстия (прошивка) и формирования внутренней полости получаемого изделия в процессе прессования;
4 – пуансон;
5 – исходная заготовка;
6 – выдра (отход при операции прошивки).

При получении полого профиля перед началом прессования в исходной заготовке 5 нужно получить сквозное отверстие. Чаще всего это отверстие получают на том же самом прессе, совмещая операции прошивки (операция получения отверстия на прессе) и прессования. Реже отверстие получают прошивкой на другом прессе или сверлением.

Продукция прессования.



Примеры профилей, получаемых прессованием

Основные преимущества и недостатки прессования

Преимущества	Недостатки
1. Высокая размерная точность получаемых профилей (отсутствие или минимальный объем последующей механической обработки). 2. Возможность получать сложные профили 3. Высокая производительность 4. Быстрота перехода с одного типоразмера изделия на другой (достаточно заменить матрицу или оправку: например, вместо матрицы с круглым отверстием диаметром 20 мм, поставить матрицу с треугольным отверстием с длиной стороны треугольника 15 мм или оправку круглого поперечного сечения заменить на квадратную).	1. Большие силы деформации, приводящие к интенсивному износу инструмента. 2. Ограниченная по сравнению с прокаткой длина заготовки. 3. Повышенный по сравнению с прокаткой отход металла (наличие пресс-остатка). Пресс остаток – часть исходной заготовки, остающаяся в контейнере после завершения процесса прессования. Образуется вследствие того, что весь металл не может быть полностью выдавлен из контейнера из-за резкого повышения силы сопротивления в конце прессования. Пресс – остаток отрезается от полученного профиля после окончания прессования.

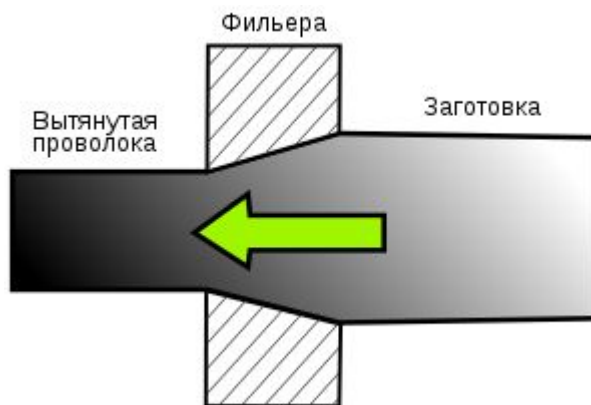
Волочение

Волочение - технологический процесс получения заготовок или деталей в результате *протягивания* исходной заготовки через постепенно сужающееся отверстие в инструменте, конфигурация которого соответствует получаемому профилю.

Исходная заготовка - прокатанные или прессованные прутки и трубы.

Инструмент - матрицы, через которую протягивается исходная заготовка. При волочении эту матрицу называют *волоокой* или *фильерой*

Оборудование - волочильные станы

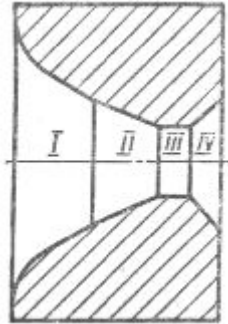
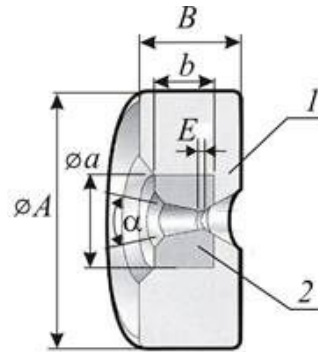


Схематическое изображение процесса волочения

Инструмент для волочения

Инструмент для
волочения:

- 1 - **стальная обойма**
2 - **фильера из твердого сплава**



- I - заходная зона (заходный конус)
II - деформирующая зона
III - калибрующая зона (формирует
окончательный размер изделия)
IV - выходная зона

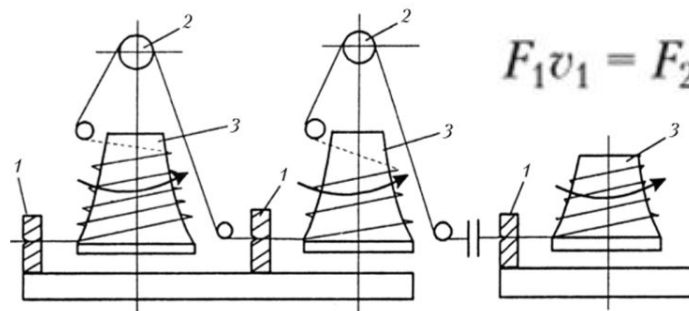
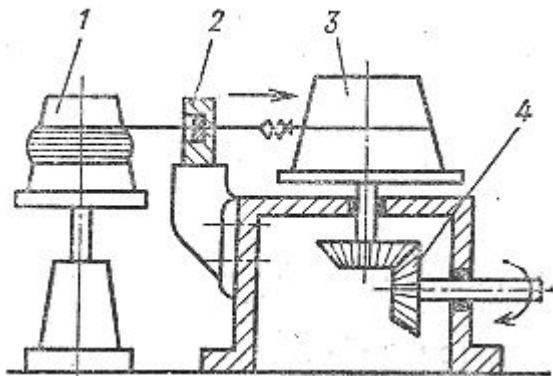


Волока или фильера

Инструмент для волочения

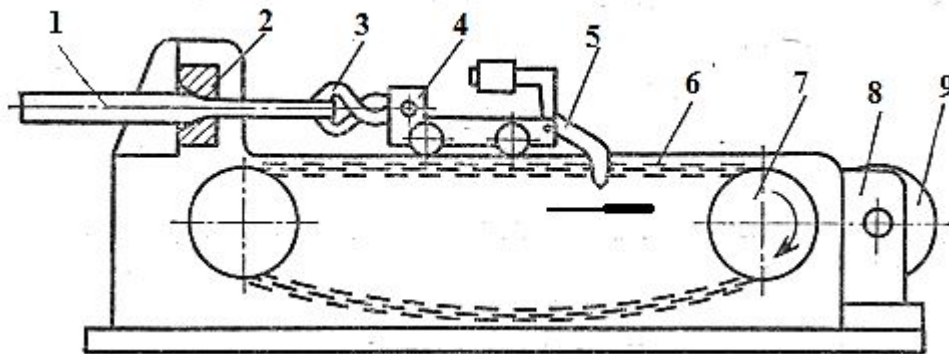
Барабанный стан

Исходная заготовка предварительно наматывается на барабан 1. Заостренный конец исходной заготовки пропускается через отверстие волоки 2 и закрепляется на приемном барабане 3, который приводится во вращение от электродвигателя через редуктор и зубчатую передачу 4. Стрелкой показано направление протягивания исходной заготовки через волоку.



1 — волочильная доска; 2 — натягивающее устройство;
3 — барабан

Цепной стан.



Конец исходной заготовки 1 пропускается через отверстие волоки 2 и захватывается клещами 3, которые закреплены на каретке 4. Тяговый крюк 5 вставляется в зазор между звеньями пластинчатой цепи 6. Цепь 6 приводится в движение от звездочки 7, которая вращается от электродвигателя 9 через редуктор 8. Каретка 4 перемещается в направлении, указанном стрелкой, и протягивает исходную заготовку 1 через формирующее отверстие волоки (фильеры) 2.

Технология волочения

Степень деформации при волочении обычно не превышает 30—35% и определяется по формуле

$$\psi = \frac{F_0 - F}{F_0} \cdot 100\%.$$

Основной характеристикой волочения является **коэффициент вытяжки**

$$p_e = F_0 / F$$

при волочении p_e составляет обычно за один проход 1,25 — 1,45

Ориентировочно необходимое усилие волочения можно подсчитать по формуле:

$$P = k * F * \sigma_k$$

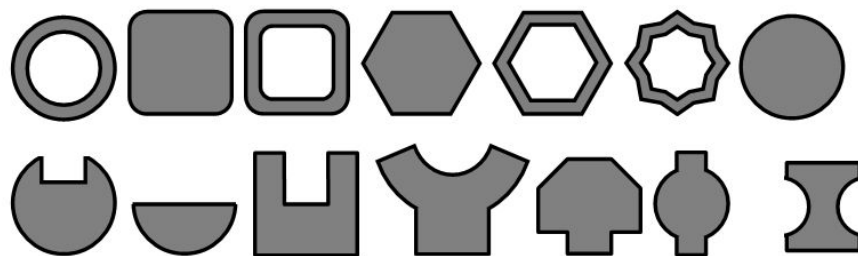
где: k — коэффициент, равный 0,5 — 0,7;

F — площадь поперечного сечения изделия (после волочения);

σ_k — предел прочности материала после волочения

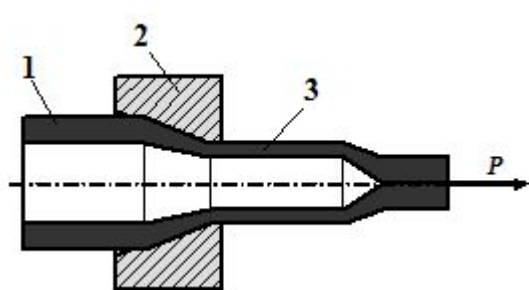


Продукция волочения



Продукция волочения. Примеры профилей, получаемых волочением

Способы волочения полых профилей



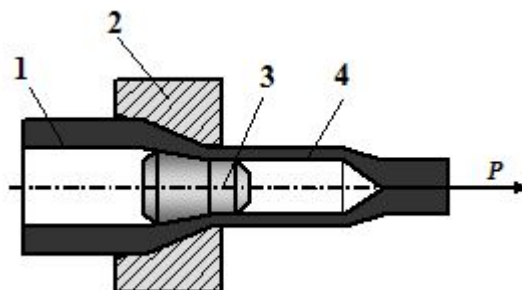
Волочение без оправки применяется для уменьшения наружного диаметра трубы.

Внутренняя поверхность трубы остается такой же, как и у исходной заготовки.

1 – исходная заготовка;

2 – волока (фильера);

3 – готовое изделие (труба).



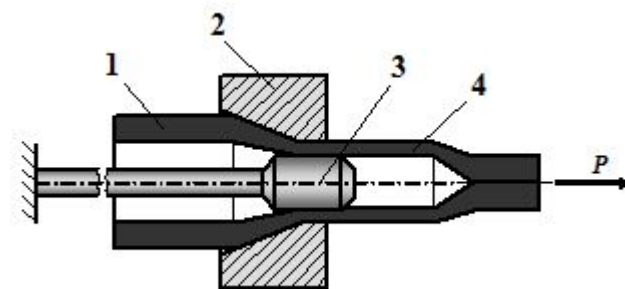
Волочение на плавающей оправке применяется для получения труб большой длины.

1 – исходная заготовка;

2 – волока (фильера);

3 – готовое изделие (труба);

4 – плавающая оправка.



Волочение на длинной оправке применяется для получения труб с качественной внутренней поверхностью, имеющих не только заданный наружный диаметр, но и регламентированную толщину стенки.

1 – исходная заготовка;

2 – волока (фильера);

3 – готовое изделие (труба);

4 – короткая оправка.

Получают трубы малой длины, ограниченные длиной оправки.

Преимущества и недостатки волочения

Преимущества	Недостатки
В результате волочения достигается высокая точность размеров изделия, что позволяет исключить или существенно снизить объем последующей механической обработки.	Основной недостаток волочения – многопроходность. Если при прессовании обычно получают нужное изделие за одну операцию, то при волочении для получения изделия часто требуется порядка пяти и более переходов через волокни с постепенно уменьшающимися отверстиями.

Ковка

Ковка - технологический процесс получения заготовок или деталей в результате пластического деформирования исходной заготовки в бойках без ограничения бокового течения металла.

Исходная заготовка - отливки , блюмы , слябы , прокат.

Инструмент - бойки : а) плоские б) фигурные.

Различают ручную и машинную ковку.

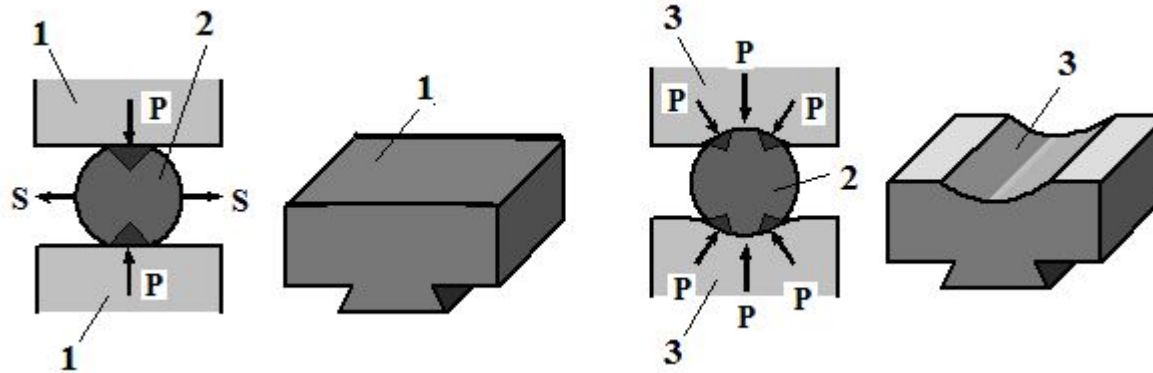
Оборудование.

1. Ручная ковка

Кувалда и наковальня.

2. Машинная ковка.

Паровоздушные молоты и гидравлические прессы.



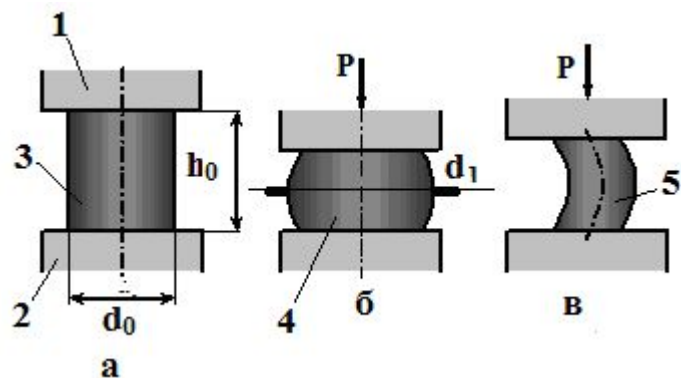
Ковка.

1 – плоские бойки; 2 – поковка; 3 – фигурные (вырезные) бойки; P – усилиековки; S – боковое течение металла. Для быстрого получения поковок круглого сечения из квадратных или круглых заготовок применяют фигурные (вырезные) бойки, имеющие скруглённые выемки. В таких бойках заготовка получает более точную цилиндрическую форму. При этом силы P, направленные к оси заготовки, оказывают сжимающее действие, препятствующее интенсивному течению материала в стороны и способствующее более равномерному течению материала в продольном направлении

Технология ковки.

Ковка выполняется, как правило, в горячем состоянии.

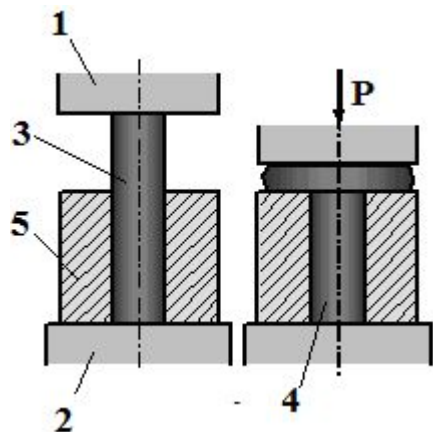
К основным операциям ковки относятся: осадка, высадка, прошивка, пробивка, протяжка, разгонка, отрубка, гибка и закручивание.



Осадка - уменьшение высоты заготовки при увеличении площади её поперечного сечения.

а – исходное положение; б – осадка; в – потеря устойчивости при осадке; 1 – боек; 2 – плита; 3 – исходная заготовка; 4 – поковка после осадки без потери устойчивости; 5 – поковка после осадки с потерей устойчивости (брак); d_1 – диаметр поковки после осадки
Условие выполнения осадки без потери устойчивости
 $h_0/d_0 \leq 2,5$

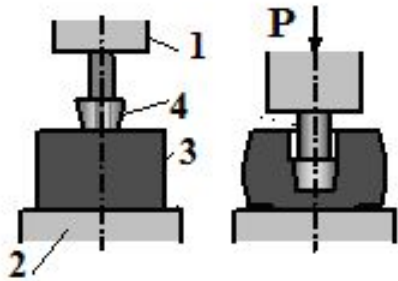
h_0 – высота исходной заготовки;
 d_0 – диаметр исходной заготовки.



Высадка - осадка заготовки на части её длины.

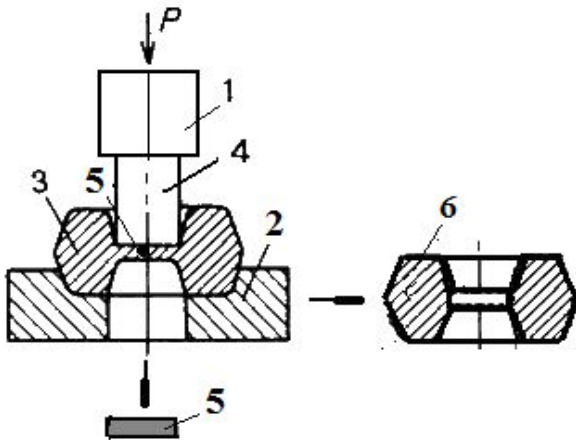
а – исходное положение; б – высадка 1 – боек; 2 – плита; 3 – исходная заготовка; 4 – поковка после высадки; 5 – матрица

Технология ковки



а – исходное положение; б – прошивка;
1 – боек; 2 – плита; 3 – исходная заготовка;
4 – прошивень.

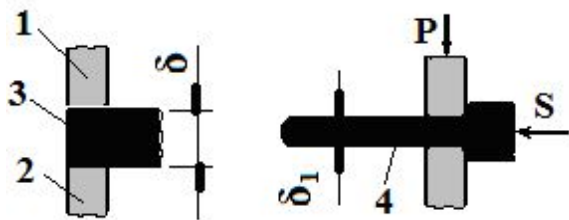
Прошивка - получение полостей
в заготовке.



1 – боек; 2 – матрица ; 3 – исходная
заготовка; 4 – прошивень; 5 – выдра; 6 –
поковка.

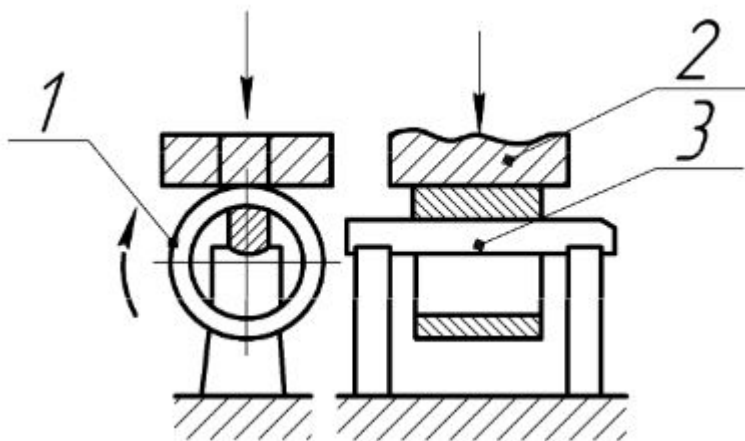
Пробивка - получение в заготовке
сквозного отверстия

Технологияковки



Протяжка - удлинение заготовки или ее части за счет уменьшения толщины заготовки

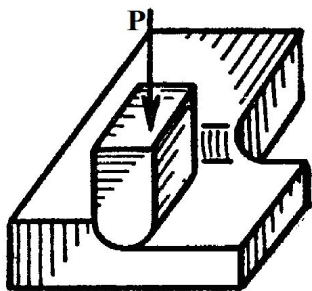
а – исходное положение; б – протяжка;
1 – верхний боек; 2 – нижний боек; 3 – исходная заготовка; 4 – поковка после протяжки; δ – толщина исходной заготовки; δ_1 – толщина поковки после протяжки; S – поперечная подача исходной заготовки в бойки.



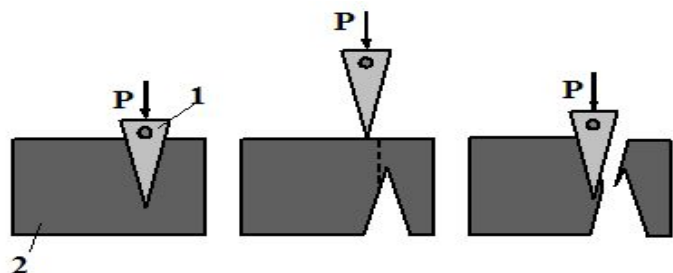
Раскатка — увеличение диаметра кольцевой заготовки

1 раскатываемое кольцо; 2 боек; 3 оправка

Технологияковки



Разгонка – операция увеличения ширины части заготовки за счет уменьшения ее толщины.



а

б

1 – топор; 2 – исходная заготовка.

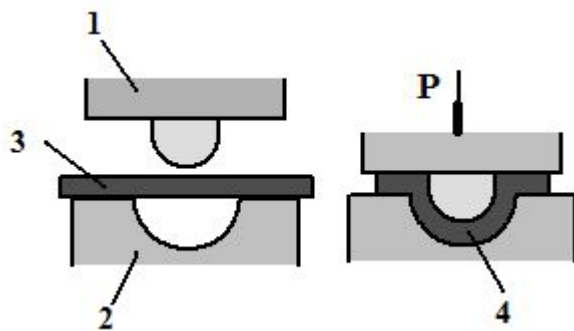
Выполняется за 2 прохода.

а – первичное внедрение топора;

б – переворот заготовки и окончательная отрубка.

Поскольку после первичного внедрения топора и переворота заготовки попасть точно в плоскость первоначального надруба очень трудно, то в результате рубки всегда образуется *заусенец* – острый выступ на поверхности металла, являющийся побочным результатом обрабатывающего воздействия.

Отрубка - отделение части заготовки

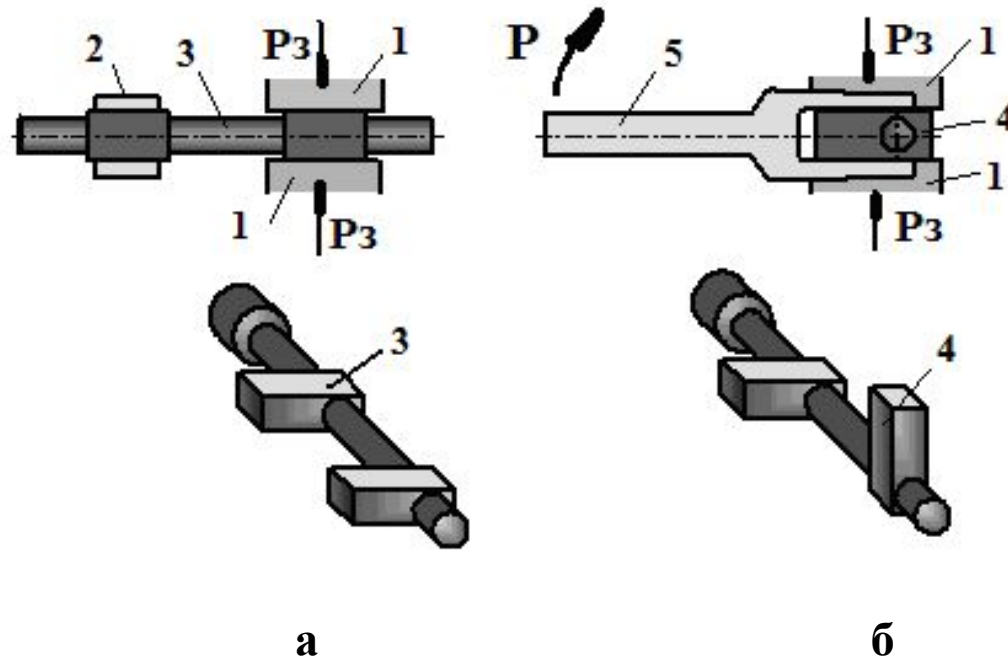


а – исходное положение; б – гибка;

1 – верхний фигурный боек; 2 – нижний фигурный (вырезной) боек; 3 – исходная заготовка; 4 – поковка (скоба); P – усилиековки.

Гибка - придание заготовке изогнутой формы

Технология ковки



а

б

Скручивание - операция, при которой часть заготовки поворачивается вокруг своей продольной оси.

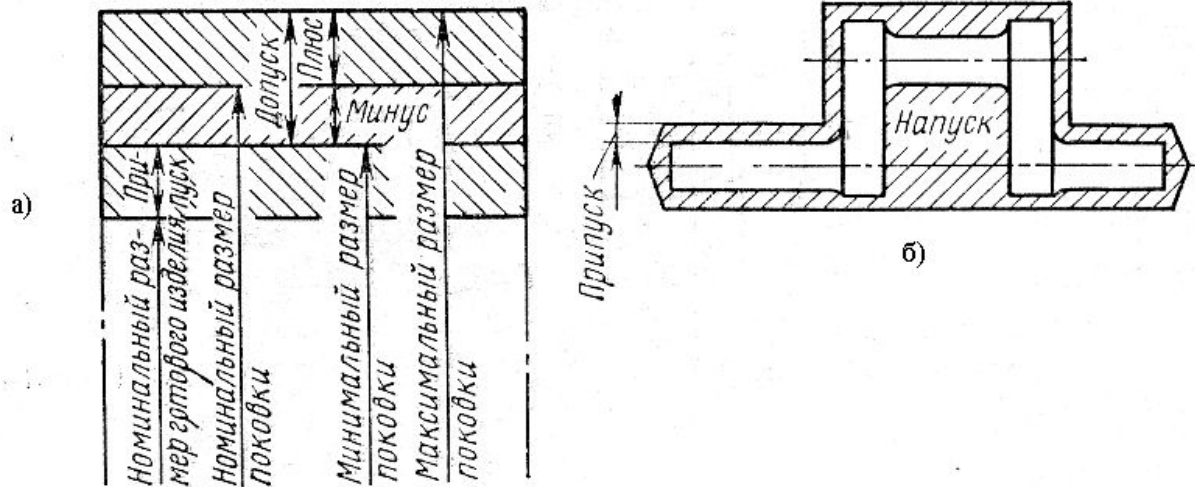
а – исходное положение;
б – скручивание;
1 – верхний боек; 2 – нижний боек;
3 – исходная заготовка;
4 – поковка после скручивания;
 P_z – усилие зажатия исходной заготовки в бойках;
 P – усилие скручивания.
Исходная заготовка 3 зажимается в бойках 1 и 2 с усилием P_z . Затем, воротком 5 с усилием P выполняется скручивание исходной заготовки.

Технологияковки

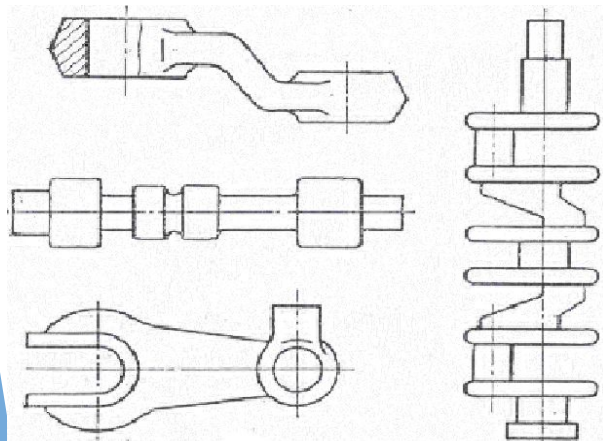
Припуск — превышение размеров поковки над номинальными размерами. детали, обеспечивающее после обработки резанием необходимые размеры и шероховатость поверхности детали.

Допуск - разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами поковки.

Напуск - местное увеличение припуска для упрощения формы поковки с целью облегченияковки.



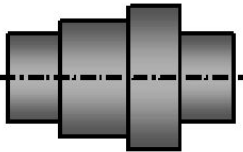
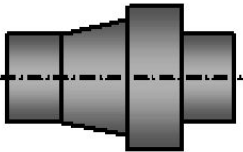
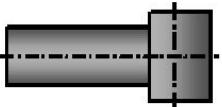
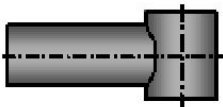
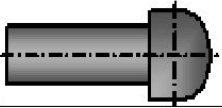
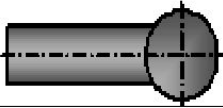
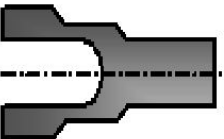
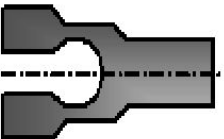
Продукцияковки



Коленчатые валы судовых двигателей и двигателей тракторов, различные детали сельхозтехники.

Мелкие поковки с массой менее 50 кг и средние поковки с массой 50 — 400 кг в единичном и мелкосерийном производствах выполняют ковкой, поскольку их изготовление штамповкой экономически нецелесообразно из-за высокой стоимости и длительности изготовления штампов.

Требования технологичности к конструкции поковок, получаемых ковкой

Технологично	Нетехнологично	Следует избегать конических форм
		
Технологично	Нетехнологично	Следует избегать клиновых форм
		
Технологично	Нетехнологично	Следует избегать участков пересечений цилиндрических поверхностей между собой
		
		
Технологично	Нетехнологично	Следует избегать участков пересечений цилиндрических и призматических поверхностей
		
		
Технологично	Нетехнологично	Следует избегать ребристых выступов или бобышек на плоских поверхностях, а также внутренних выступов в развилинах вильчатых деталей
		

Преимущества и недостаткиковки

Преимущества	Недостатки
1. Получение намного более высокого качества металла с повышенными характеристиками прочности и пластичности, лучшей структурой, а также меньшим количеством возможных дефектов по сравнению с отливками. 2. Получение крупных изделий, масса которых исчисляется десятками и даже сотнями тонн, а длина – десятками метров; такие изделия с высоким качеством металла другими способами обработки получить невозможно. 3. При изготовлении единичных или небольшого числа одинаковых изделий резкое снижение затрат на оборудование и, особенно, инструменты ввиду их универсальности; с помощью одного и того же оснащения, имеющегося на предприятии, можно изготовить большое количество самых разнообразных изделий с хорошим качеством металла, в связи с чем в единичном или мелкосерийном производствековка обычно оказывается наиболее экономически выгодным методом заготовительной металлообработки.	1. Низкая производительность и большая трудоёмкость по сравнению со штамповкой 2. Большие отходы металла и объём последующей механической обработки из-за больших напусков, припусков и допусков, необходимых для упрощения процессаковки.

Спасибо за внимание!