

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
Кафедра № 24 - «Авиационной техники»

ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА

Санкт-Петербург
2011

**Листовая штамповка, листовое
штампование, изготовление
полуфабрикатов, деталей и готовых
изделий из листовых металлических
заготовок деформированием их под
действием давления.**

Листовая штамповка возникла много столетий назад как способ изготовления одинаковых по форме и размерам деталей домашней утвари, украшений, оружия.

Техническое и производственное совершенствование листовая штамповка . получила во 2-й половине 19 в. в связи с массовым производством деталей вооружения, посуды (керосиновых ламп) и др. предметов.

В начале 20 в. листовая штамповка сыграла исключительную роль

- в автомобилестроении (особенно и изготовлении кузовов);
- в 30-е гг. — в авиа- и судостроении и производстве бытовых машин;
- в 50-е гг. — в ракетостроении.

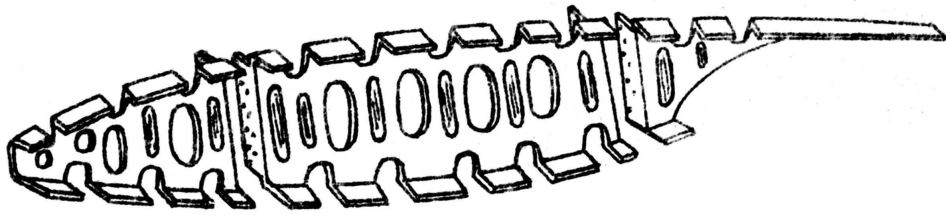


Рис. Нормальная балочная нервюра

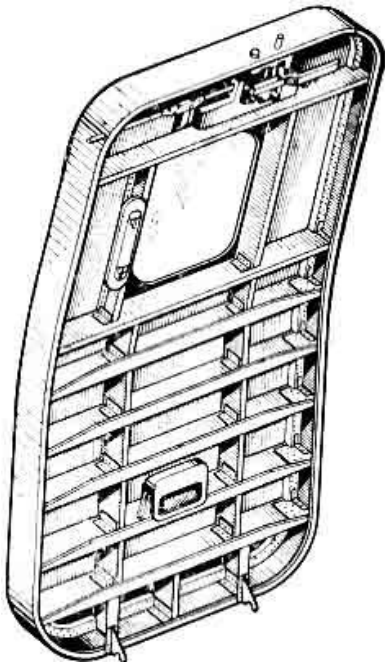


Рис. Дверь аварийного выхода

Детали, полученные листовой штамповкой, обладают высокой прочностью при относительно небольшой массе и отличаются рациональностью форм.

В качестве заготовок используют ленту, полосу, лист.

Штампуют обычно холодные заготовки. При малой пластичности материала или при недостаточной мощности оборудования штампуют горячие заготовки.

Основные операции листовой штамповки — разделительные и формоизменяющие.

В результате разделительных операций деформируемая часть заготовки разделяется при сдвиге материала по заданному контуру; к ним относятся

- ✓ отрезка,
- ✓ разрезка,
- ✓ вырубка,
- ✓ пробивка,
- ✓ проколка,
- ✓ обрезка,
- ✓ надрезка и
- ✓ зачистка.

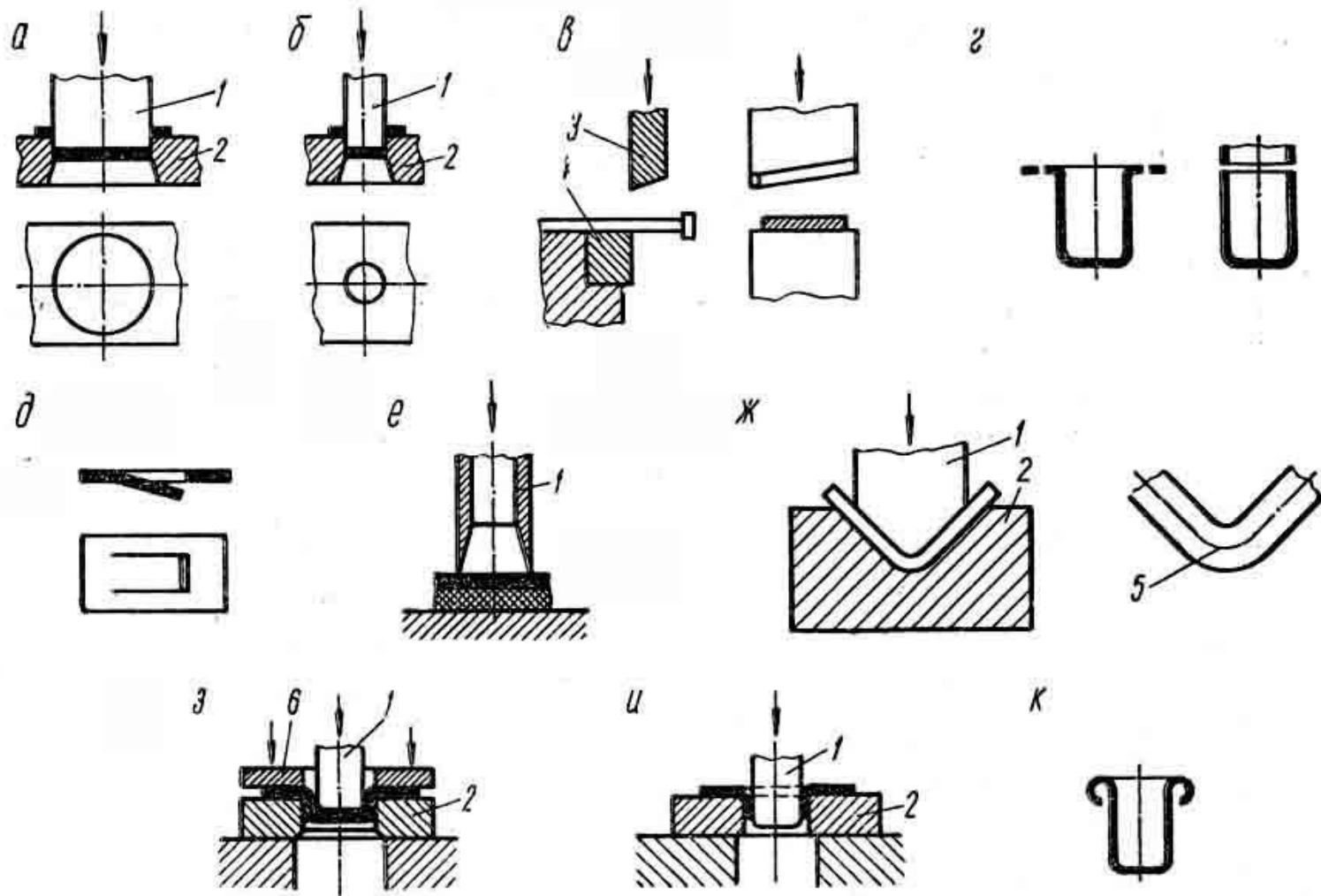
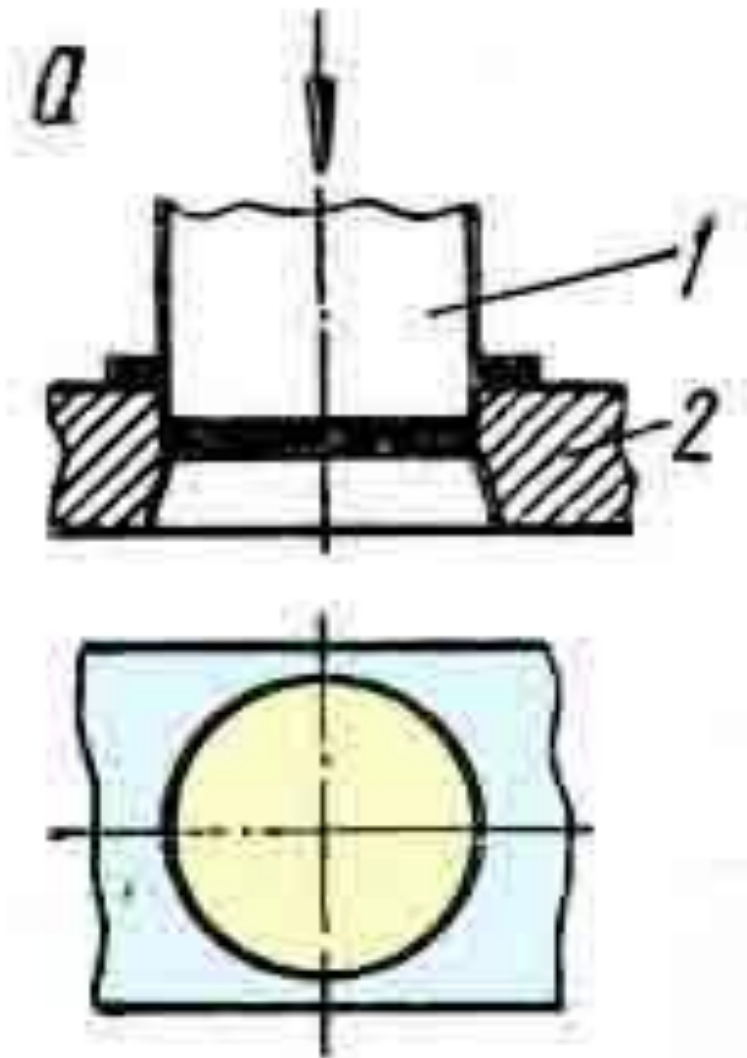


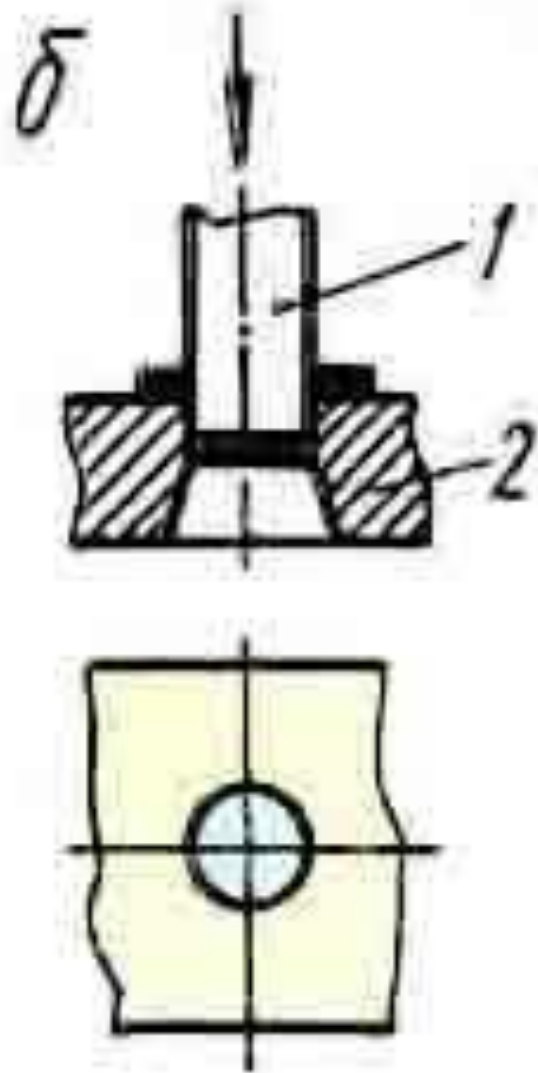
Рис. Операции листовой штамповки:

а - вырубка; б - пробивка; в - отрезка или резка; г - обрезка; д - надрезка; е - просечка; ж - гибка; з - вытяжка; и - отбортовка; к - закатка; 1 - пуансон; 2 - матрица; 3 - нож верхний; 4 - нож нижний; 5 - нейтральный слой; 6 - прижим



Вырубка –
разделительная
операция листовой
штамповки по
получению заготовки
замкнутого контура.

Рис. **Вырубка** -
разделительная операция
листовой штамповки
вырубка:
1 – пуансон; 2 - матрица



Пробивка -
разделительная
операция листовой
штамповки, при
которой в детали
образуется
отверстие нужной
формы.

Рис. Пробивка - операция
листовой штамповки
вырубка:
1 – пуансон; 2 - матрица

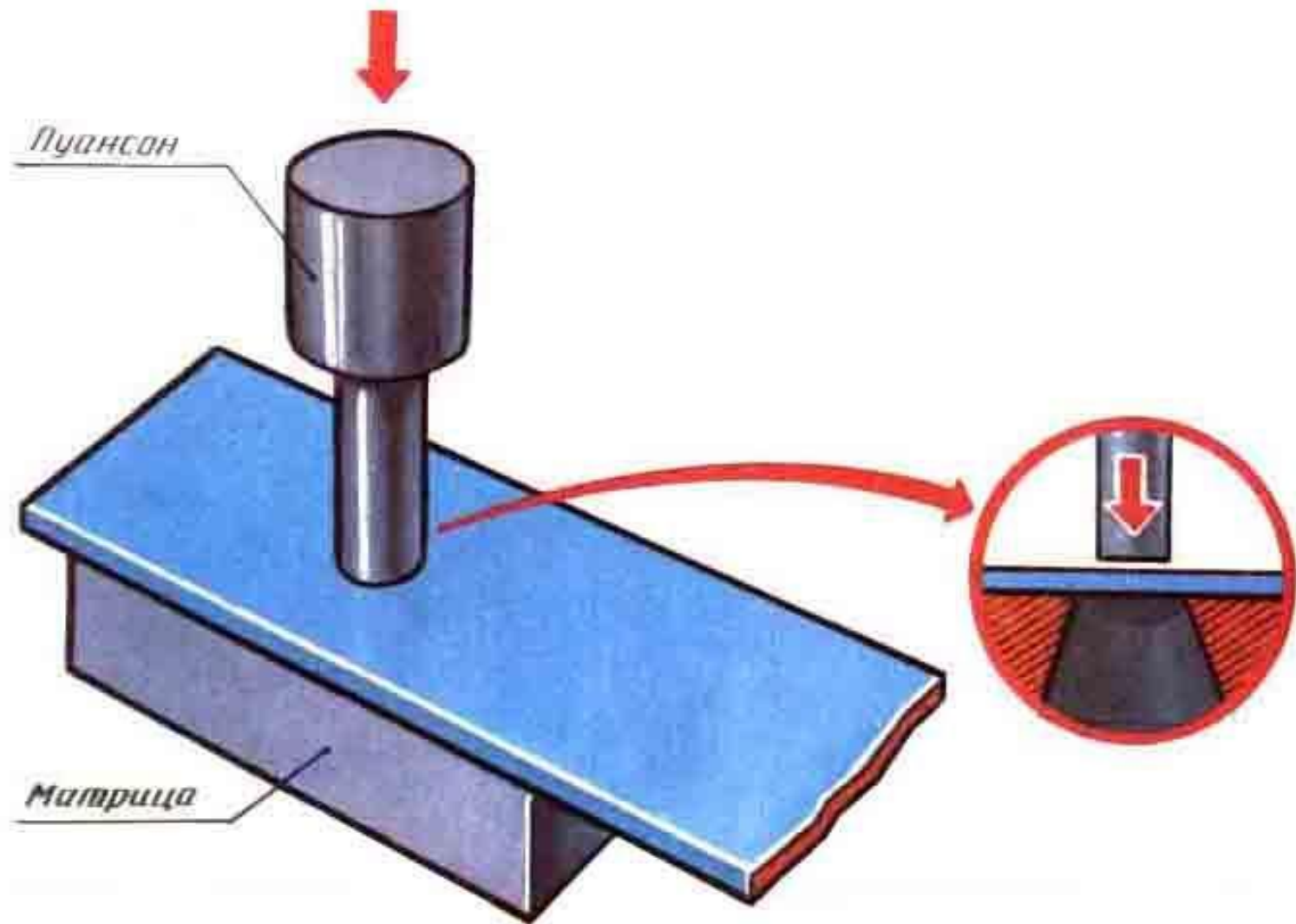


Рис. Пробивание отверстий на штамповочном прессе

Отрезка или резка - разделительная операция листовой штамповки, в ходе которой от листа или полосы отделяется часть металла.

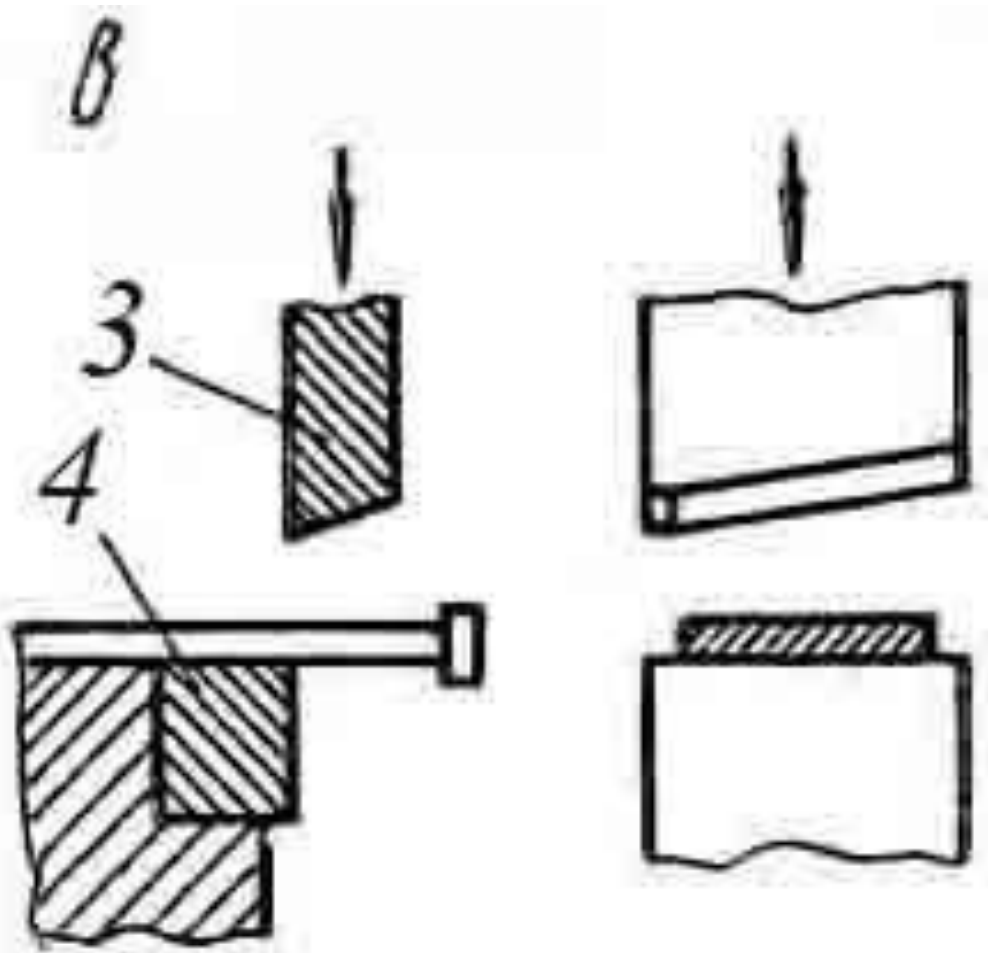


Рис. Отрезка или резка - разделительная операция листовой штамповки:

3 – нож верхний; 4 – нож нижний

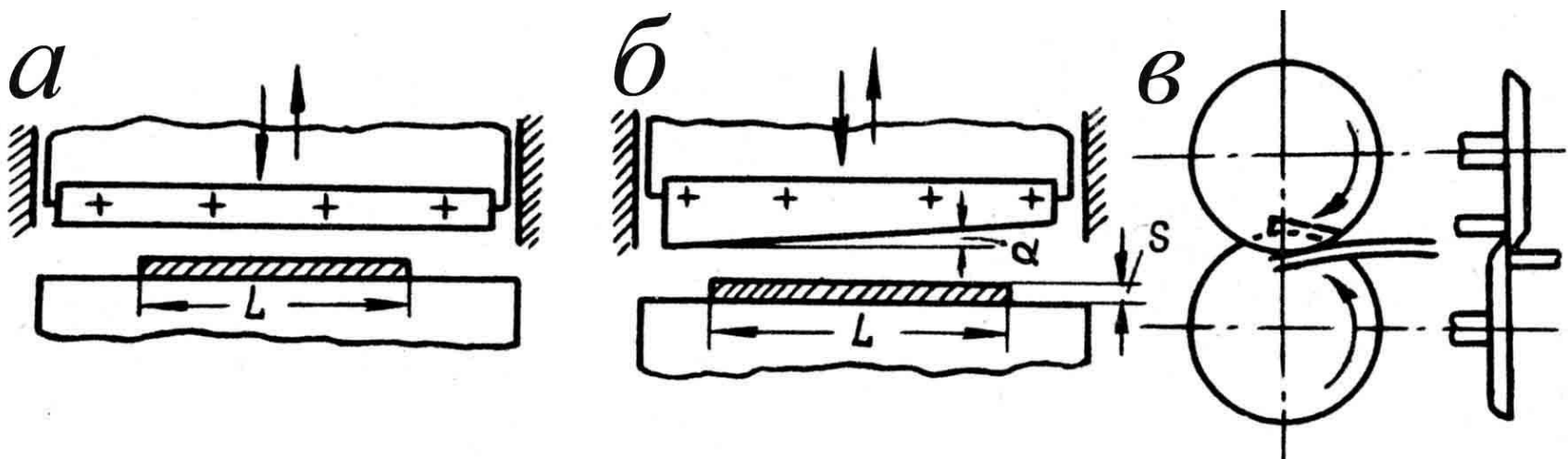


Рис. Схема ножниц:
а - с параллельными ножами; б – гильотинных; в - дисковых

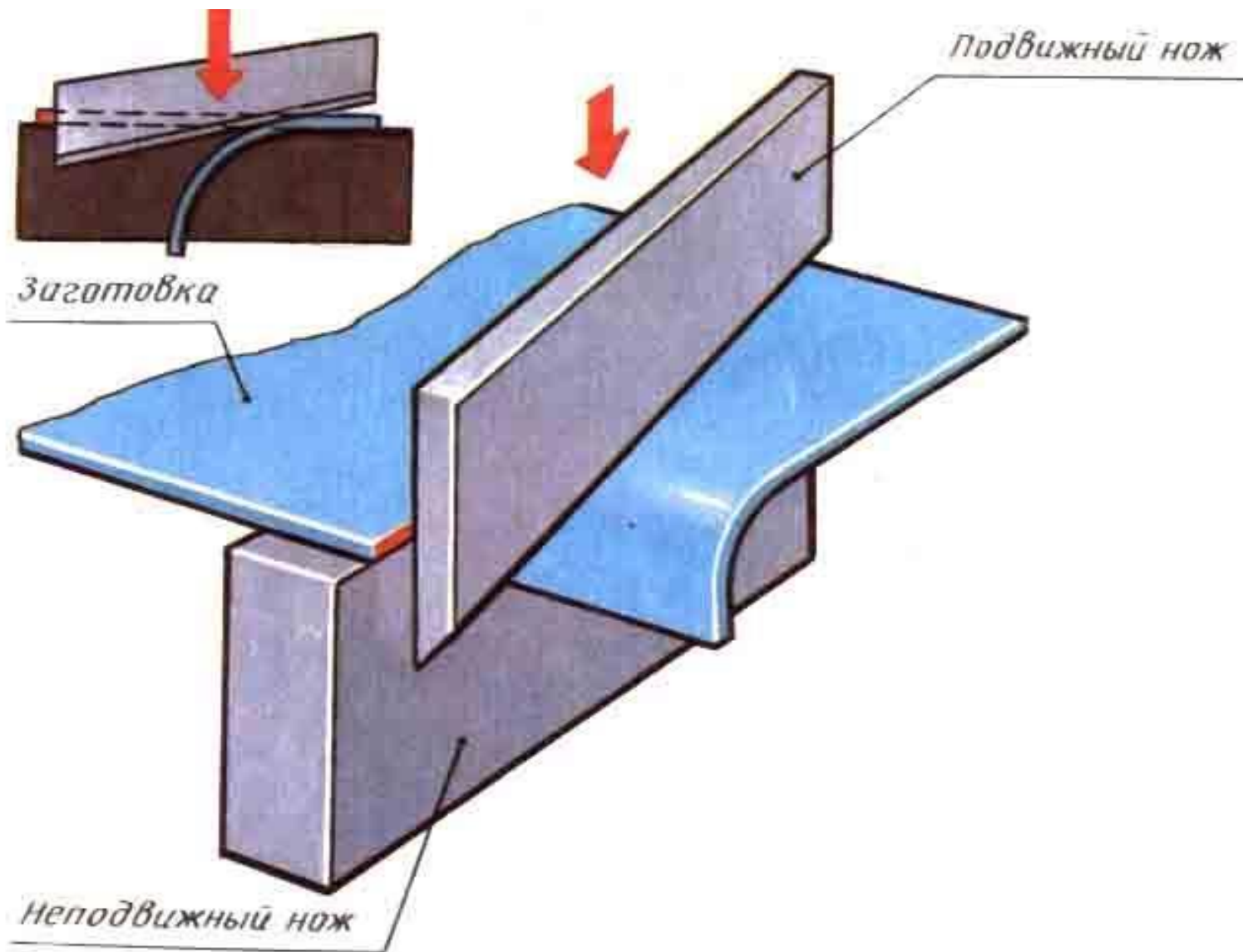


Рис. Резание гильотинными ножницами



Рис. Общий вид пресса для выполнения операции отрезки – с параллельными ножами



Рис. Общий вид пресса для выполнения операции отрезки – гильотинных ножниц

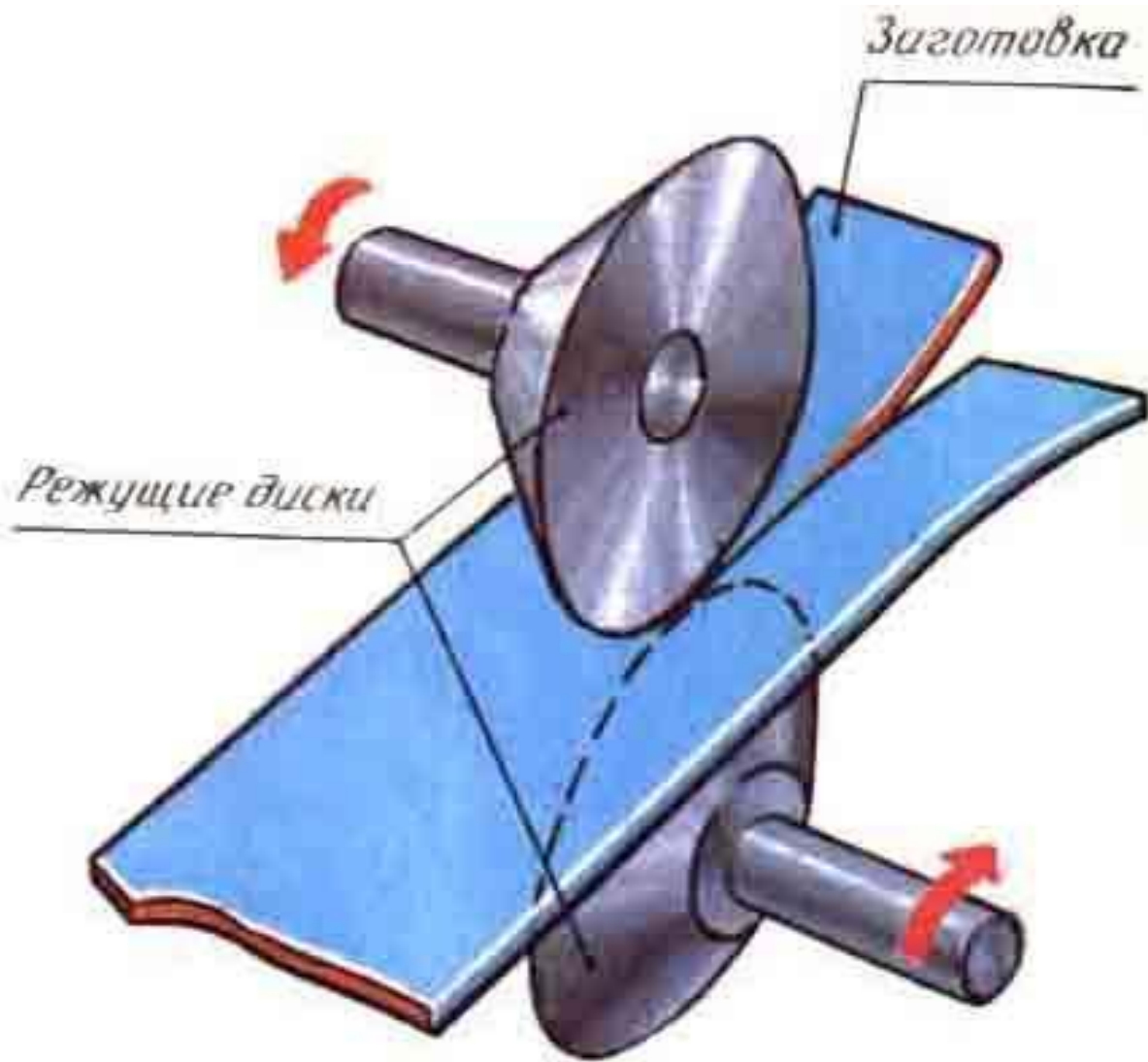


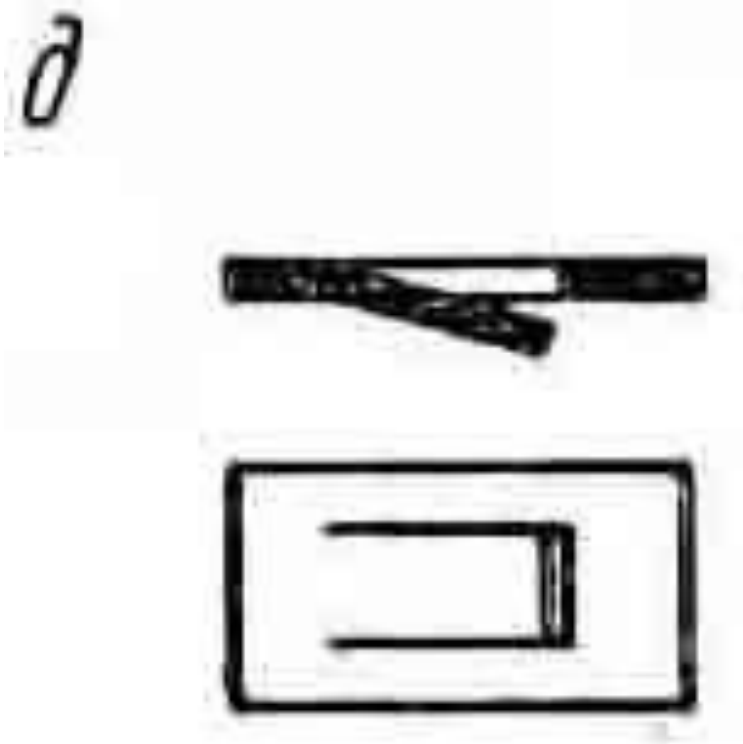
Рис. Резание дисковыми ножницами

2



Обрезка -
разделительная
операция
листовой
штамповки , в
ходе выполнения
которой
удаляется
излишек
материала или
заусенец.

Рис. Обрезка - разделительная операция листовой штамповки

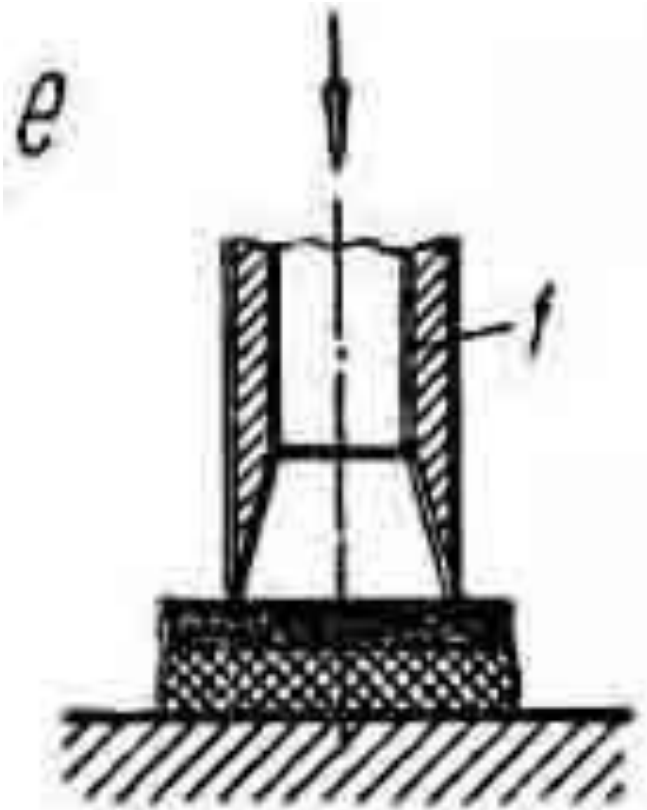


Надрезка - операция листовой штамповки, в ходе выполнения которой в отличие от операции вырубки отделение металла ведется не по всему контуру.

Рис. Надрезка – разделительная операция листовой штамповки



Рис. Пример использования операции листовой штамповки **надрезка** на конструктивной элементе фюзеляжа самолета Ту-154



Просечка -
разделительная
операция листовой
штамповки , в ходе
выполнения которой
осуществляется
вырубка или пробивка
неметаллических
материалов

Рис. Просечка – разделительная
операция листовой штамповки

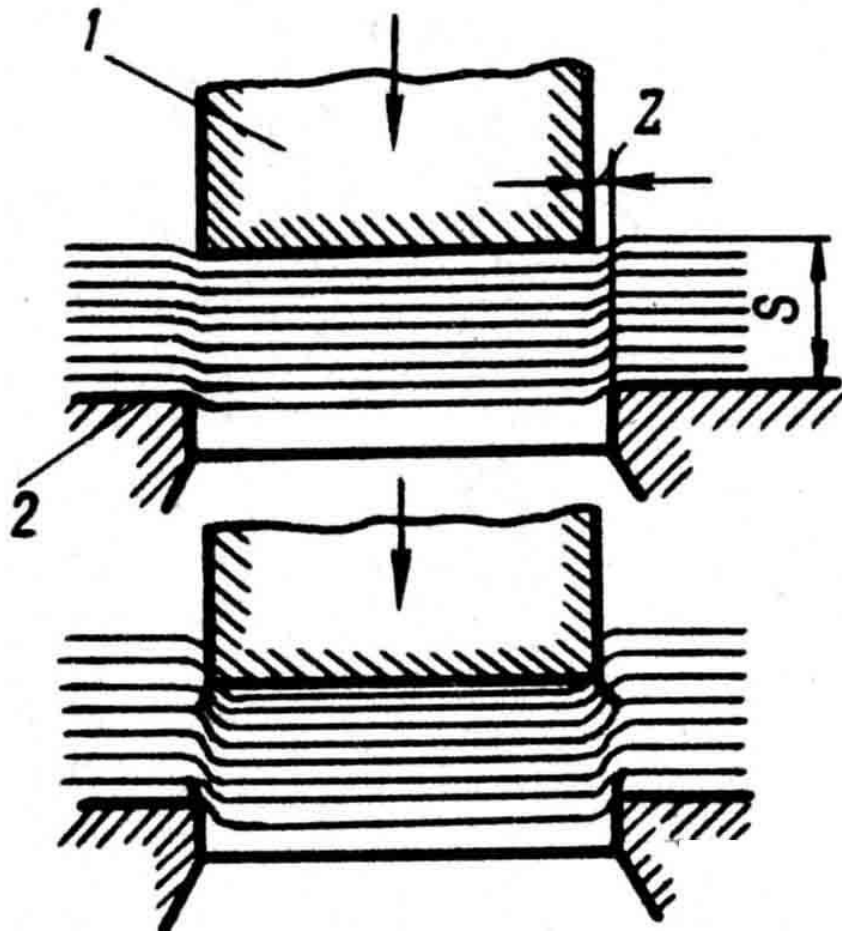


Рис. Деформирование металла при вырубке или пробивке:

1 – пуансон; 2 - матрица

При разделительных операциях рабочие части штампа – пуансон 1 и матрица 2, верхний 3 и нижний ножи – имеют острые кромки и выполняются в соответствии с формой детали. Под давлением ползуна прессы пуансон сначала несколько изгибает металл и вдавливают его в отверстие матрицы. При возрастании давления в металле появляются трещины скалывания, и металл разделяется.

Из формоизменяющих операций наиболее распространены

- правка;
- гибка;
- вытяжка;
- отбортовка;
- закатка.

Ж

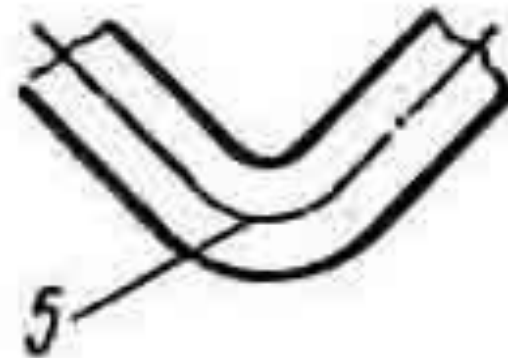
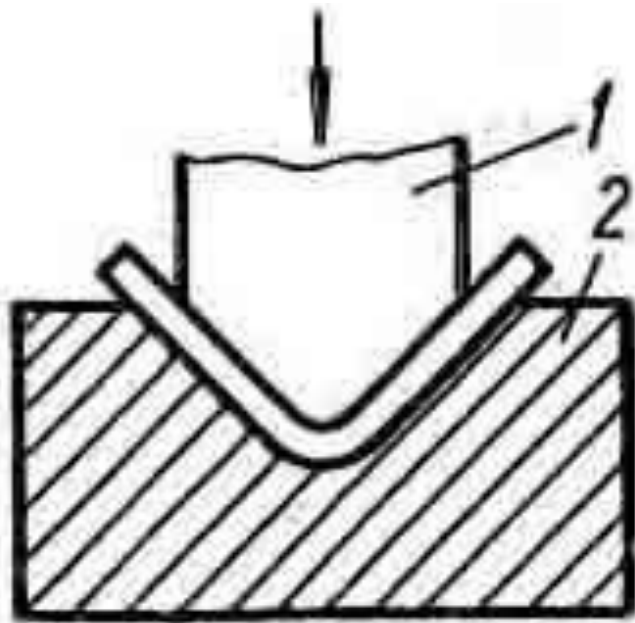


Рис. Гибка – формоизменяющая операция листовой штамповки:

1 – пуансон; 2 – матрица; 5 – нейтральный слой

Правкой выпрямляют изогнутую заготовку, а **гибкой** (рис.) плоской заготовке придают нужную изогнутую форму.

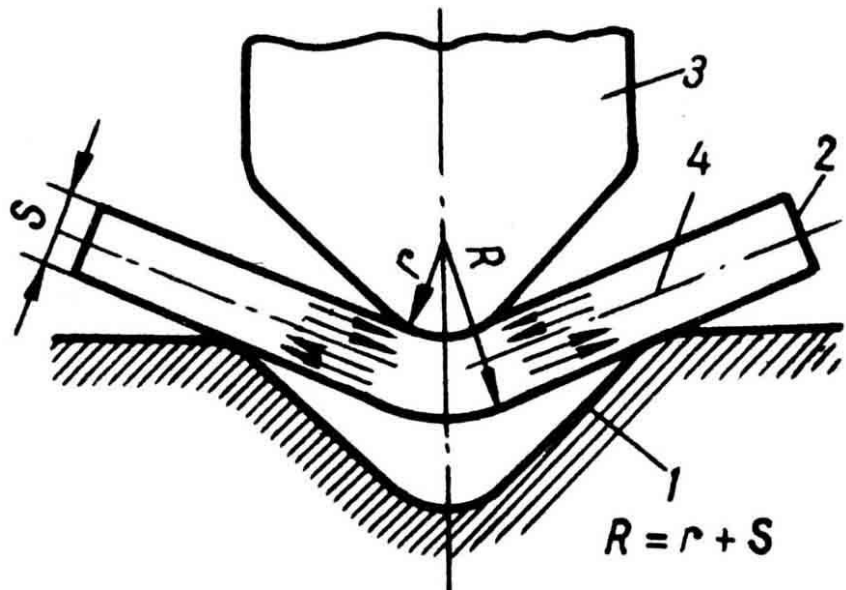


Рис. **Схема гибки:**

1 – матрица; 2 – заготовка; 3 – пуансон; 4 – нейтральный слой

В процессе гибки наружные слои металла растягиваются, а внутренние сжимаются. Не изменяется длина нейтрального слоя 5, проходящего через центр тяжести сечения. По нему и ведется расчет длины заготовки для гибки

При гибке в холодном состоянии в значительной степени проявляются упругие свойства листового материала, что приводит к распрямлению изогнутой заготовки на угол пружения. Поэтому при проектировании штампа необходимо вносить соответствующие поправки.

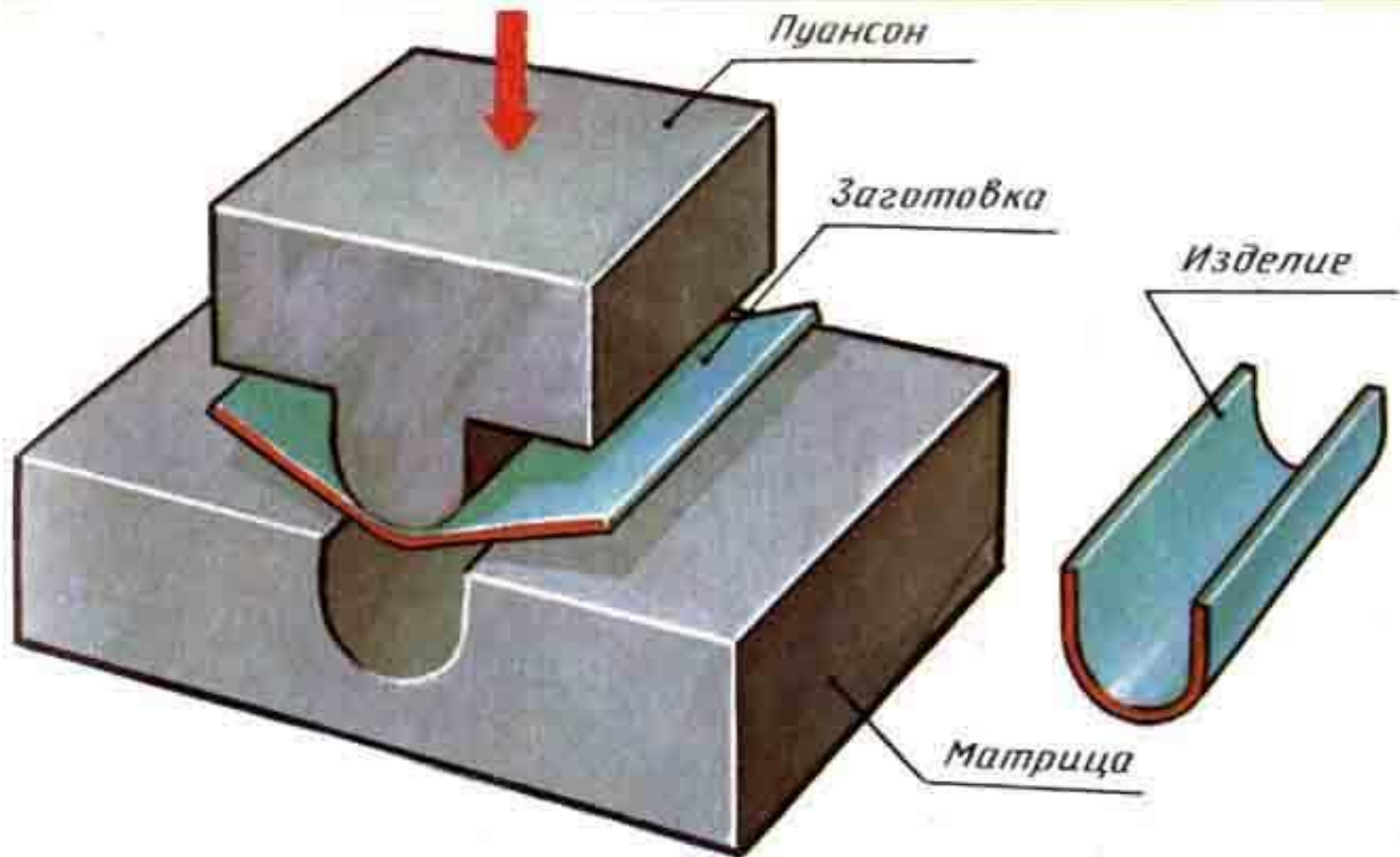
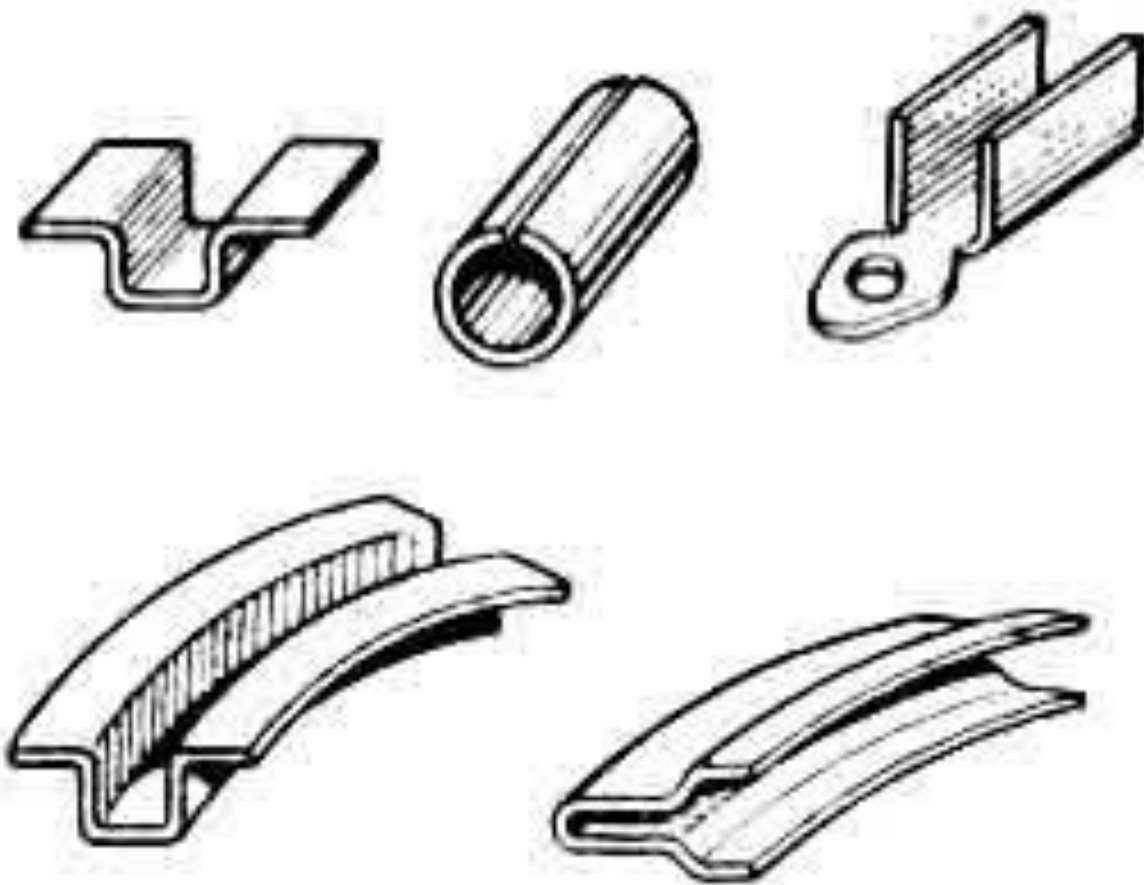


Рис. Гибка в гибочном штампе



Детали, изогнутые в нескольких плоскостях, обычно изготавливают последовательным деформированием заготовки в нескольких штампах. В этих случаях гибке может подвергаться пространственная заготовка, полученная на предыдущих переходах.

Рис. Примеры изделий, получаемых при использовании листовой гибки

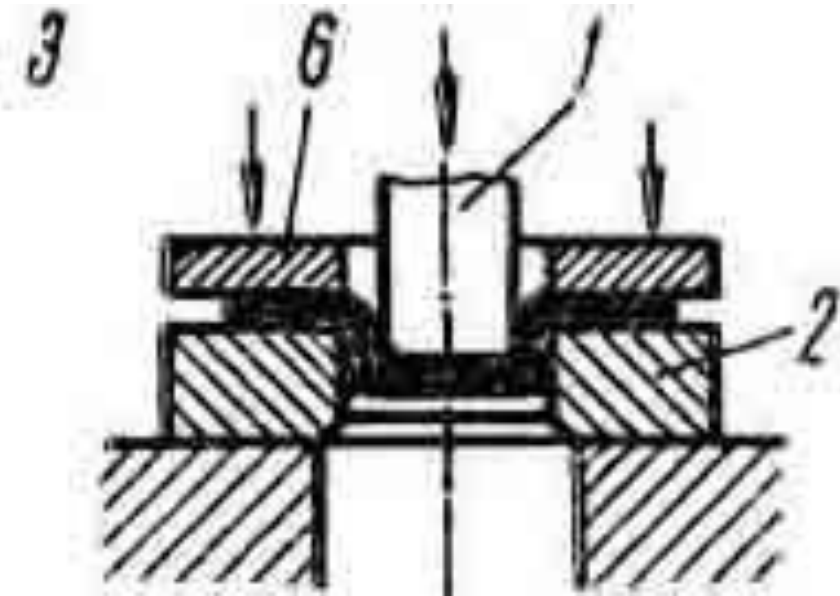


Рис. Вытяжка –
формоизменяющая операция
листовой штамповки

Вытяжка –
формоизменяющая
операция листовой
штамповки, в ходе
которой из плоской
заготовки получают
полюю
пространственную
деталь.

Различают вытяжку

- без утонения и
- с утонением.

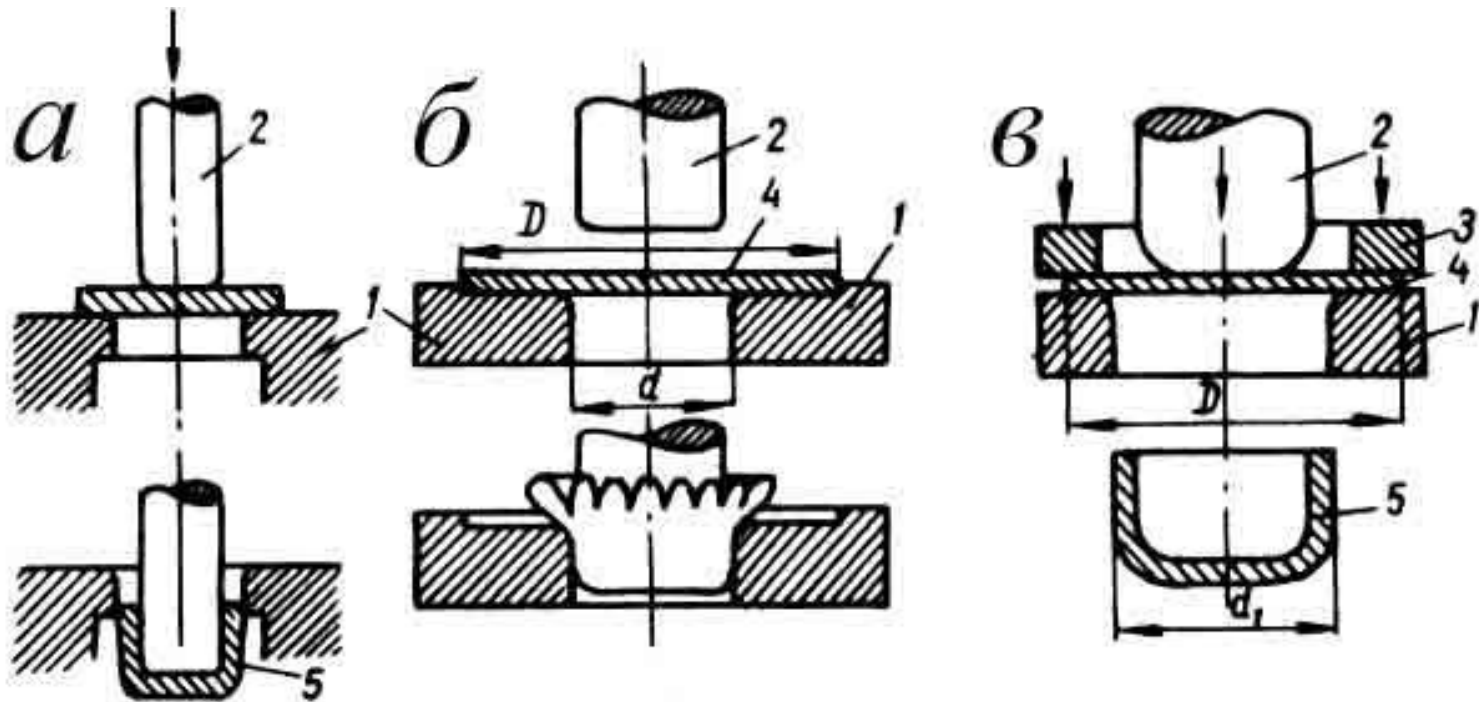


Рис. **Схема штамповки-вытяжки:**

а - первый переход; б – без прижима заготовки (образование складок); в – с прижимом заготовки; 1 – матрица; 2 – пуансон; 3 – прижим; 4 – заготовка; 5 - стакан

При вытяжке заготовку помещают на матрицу (рис., а) и под давлением пуансона протягивается через ее отверстие. При этом часть заготовки под пуансоном, образующая дно цилиндра, тянет за собой остальную часть. Называемую фланцем. Зазор между стенками пуансона и матрицы должен быть больше толщины обрабатываемого материала в 1,1...1,3 раза, что уменьшает усилие вытяжки и вероятность разрушения заготовки.

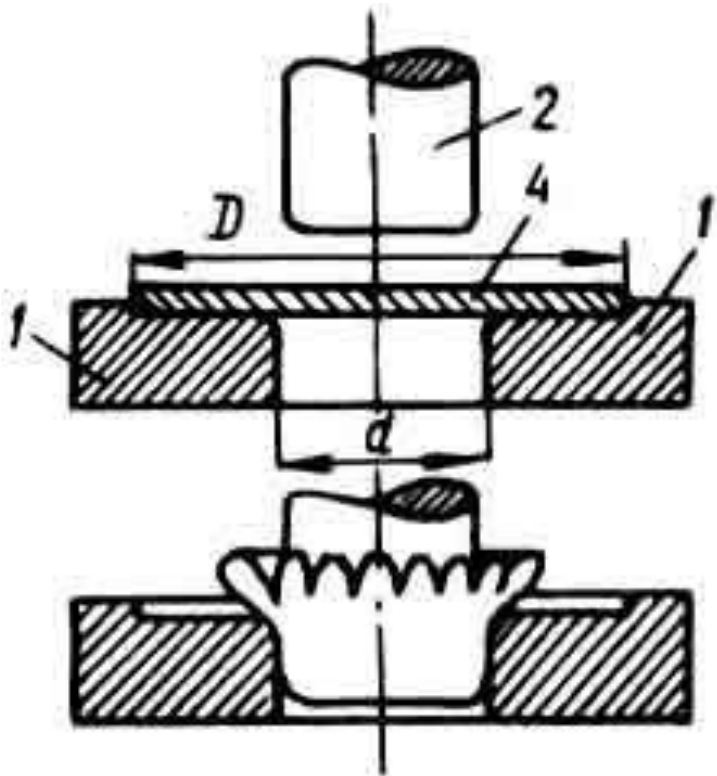
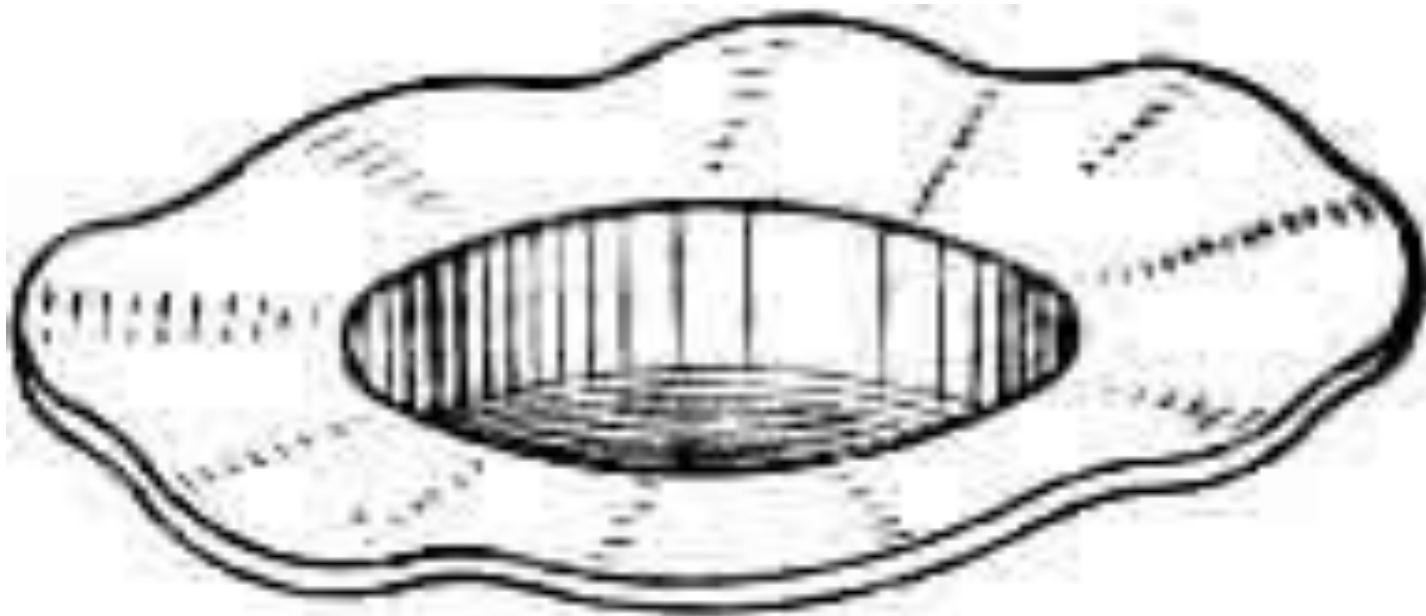


Рис. **Схема штамповки-вытяжки без прижима заготовки:**

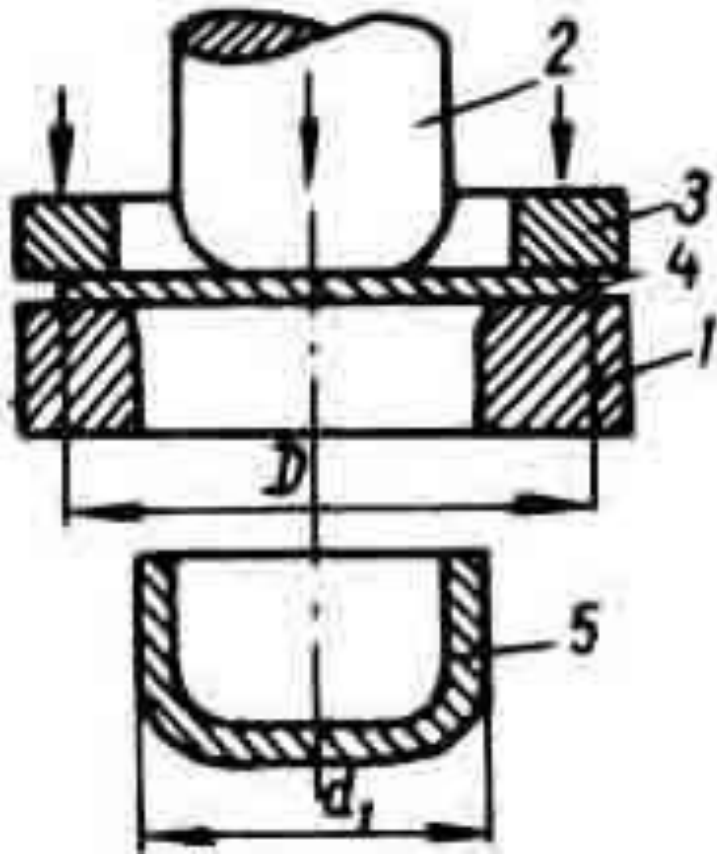
1 – матрица; 2 – пуансон; 4 – заготовка;

Донная часть стакана почти не деформируется и сохраняет толщину заготовки; стенки стакана вблизи дна имеют наибольшее утонение, а у верхнего края – утолщение. В процессе вытяжки фланец заготовки подвергается растяжению в радиальном направлении и сжатию в тангенциальном.

При большой ширине фланца и малой толщине материала тангенциальное сжатие вызывает на фланце образование складок и порчу заготовки.



**Рис. Изделие со складками,
образующимися без прижима**



Чтобы избежать складкообразования, фланец заготовки прижимают к верхнему торцу матрицы при помощи прижимного кольца с усилием, необходимым для предупреждения образования складок

Рис. **Схема штамповки-вытяжки спржимом заготовки:**

1 – матрица; 2 – пуансон; 3 – прижим; 4 – заготовка; 5 – стакан

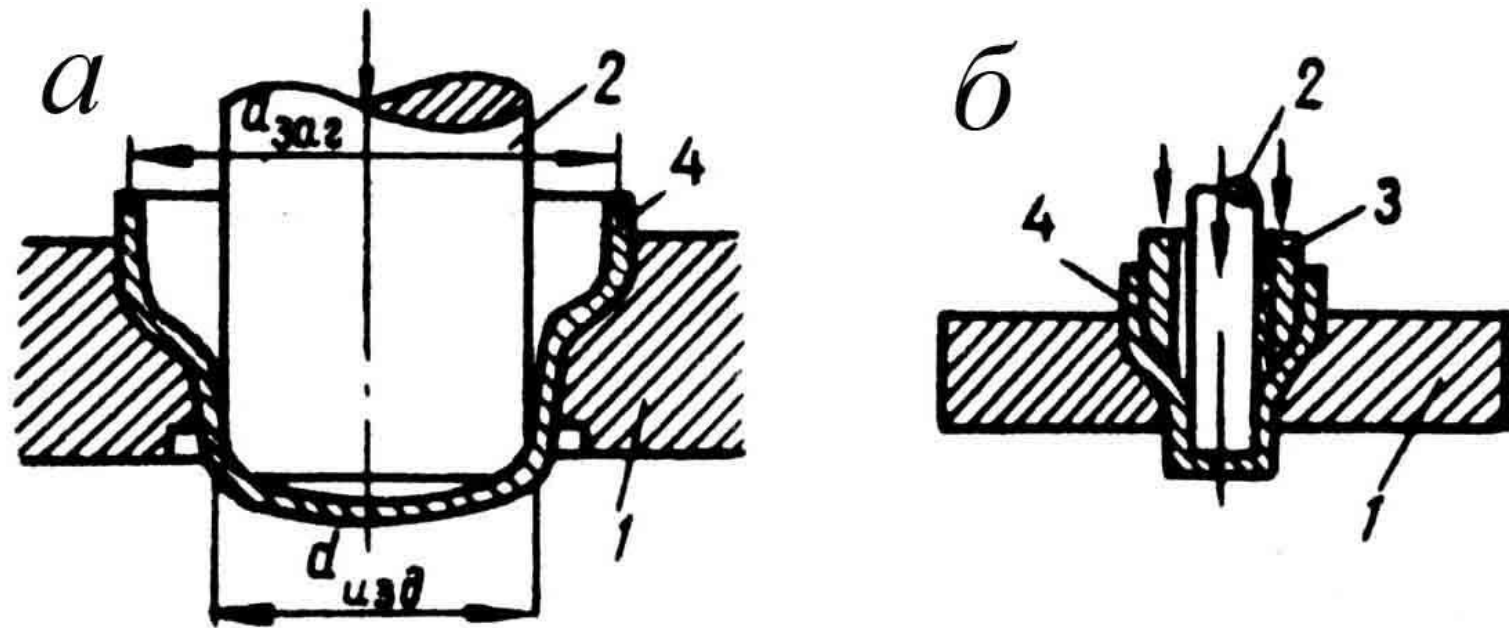


Рис. **Схема последующей вытяжки:**

а - без прижима; б – с прижимом заготовки; 1 – матрица; 2 – пуансон; 3 – прижим; 4 – заготовка, полученная в результате предыдущей вытяжки

При глубокой вытяжке изготовление изделия осуществляется в несколько операций вытяжки. Максимальное уменьшение диаметра заготовки или изделия за одну операцию вытяжки ограничивается прочностью обрабатываемого материала. Число вытяжек или число переходов определяется коэффициентом вытяжки.

При глубокой вытяжке в несколько переходов частично отштампованное изделие подвергают промежуточному отжигу (процесс рекристаллизации) с последующим травлением его, промывкой и сушкой.



**Рис. Пример использования операции листовой
штамповки вытяжка на конструктивном элементе
самолета Ту-154**

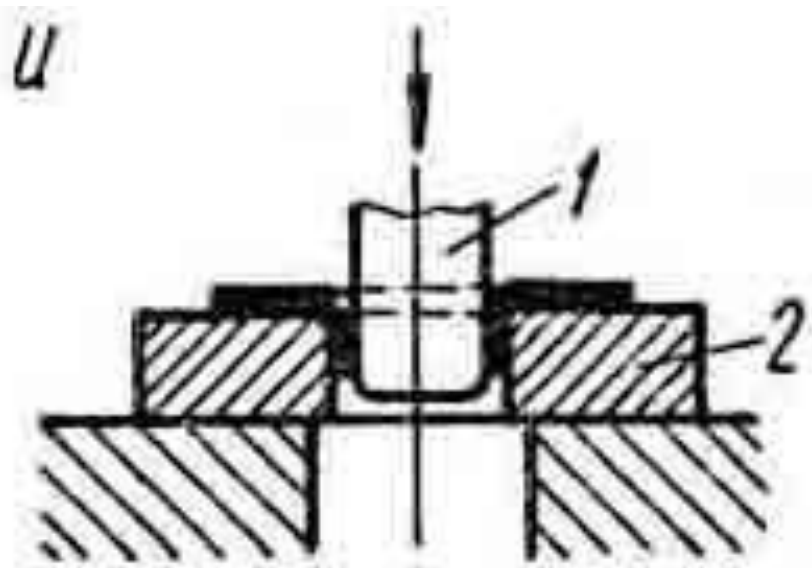


Рис. Отбортовка –
формоизменяющая операция
листовой штамповки[^]
1 – пуансон; 2 - матрица

Отбортовка –
формоизменяющая
операция листовой
штамповки, в ходе
выполнения которой
получают борт по
наружному контуру
или в отверстиях.

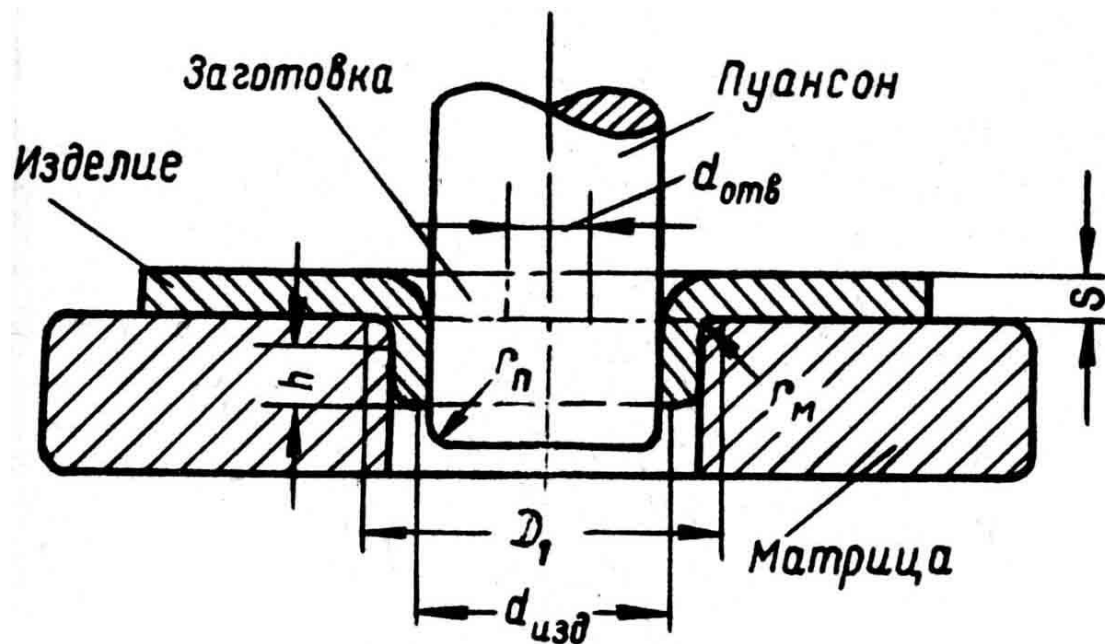


Рис. Схема отбортовки

Выполняют отбортовку при помощи штампов, подобных вытяжным.

Отбортовку часто применяют для повышения жесткости конструкций из листового материала, например: полок (поясов) нервюр, отверстий облегчения нормальных нервюр и т. д.

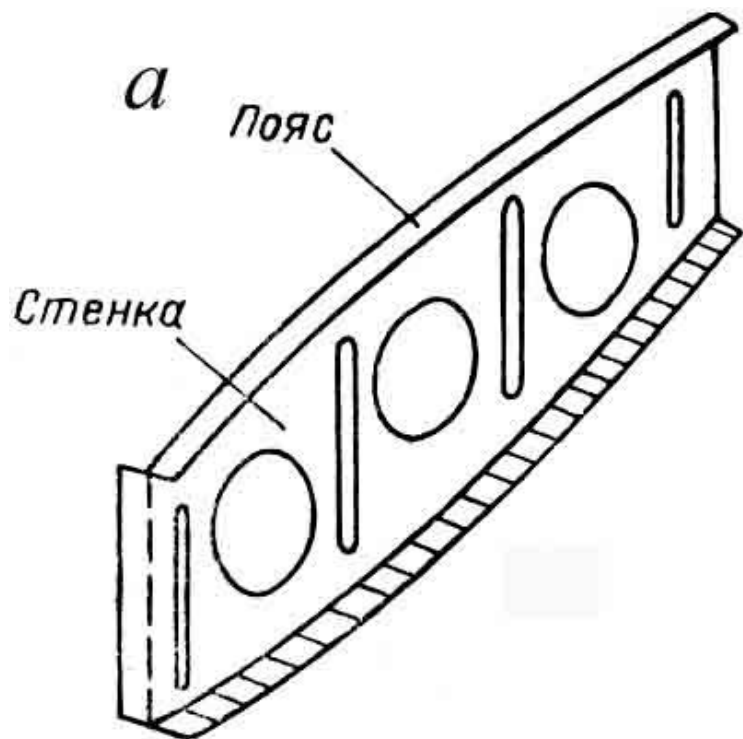


Рис. Схема средней части нормальной нервюры

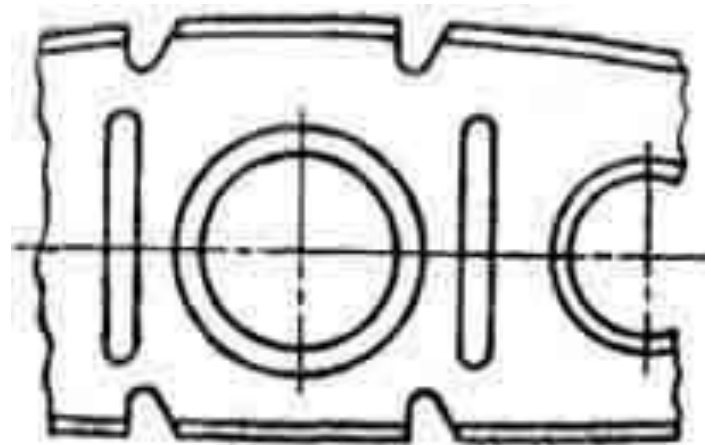


Рис. Типовое сечение нервюры

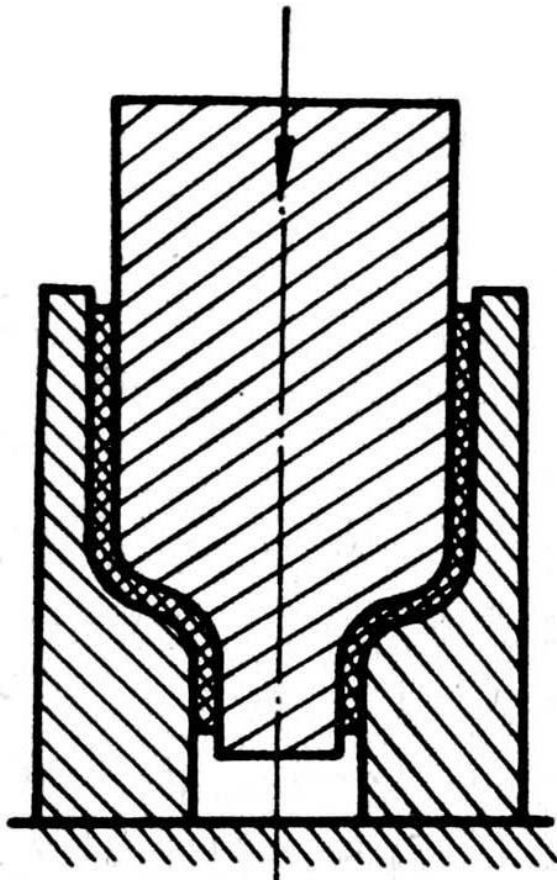


Рис. Схема операции формовки

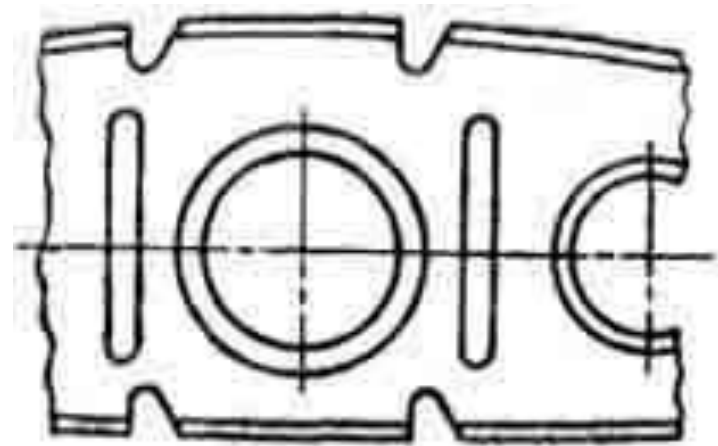
Формовка – это вид листовой формоизменяющей штамповки, заключающийся в изменении формы заготовки или полуфабриката путем частичной или местной ее деформации. Формовку применяют для получения, например, нижней части камеры сгорания жидкостных реактивных двигателей – ЖРД.

Пуансон и матрица для формоизменяющих операций имеют закругленные кромки.



**Рис. Схема
формовки ребер
жесткости**

Формовкой получают местные выступы на заготовке, ребра жесткости и т. д. Часто вместо металлического пуансона или матрицы применяют резиновую подушку (рис.).



**Рис. Типовое
сечение нервюры**



**Рис. Пример
использования
формовки ребер
жесткости на
лючке самолета
Ту-154**



Рис. Пример использования формовки ребер жесткости на крышке блока аппаратуры самолета Ту-154



Рис. Пример использования формовки ребер жесткости на внутренней обшивке съемной панели обтекателя стабилизатора самолета Ту-154



Рис. Примеры пар матриц и пуансонов, используемых при листовой штамповке





**Рис. Матрицы для
формоизменяющей
листовой штамповки -
формовки**



Рис. Примеры изделий, получаемых формовкой – операцией листовой штамповки

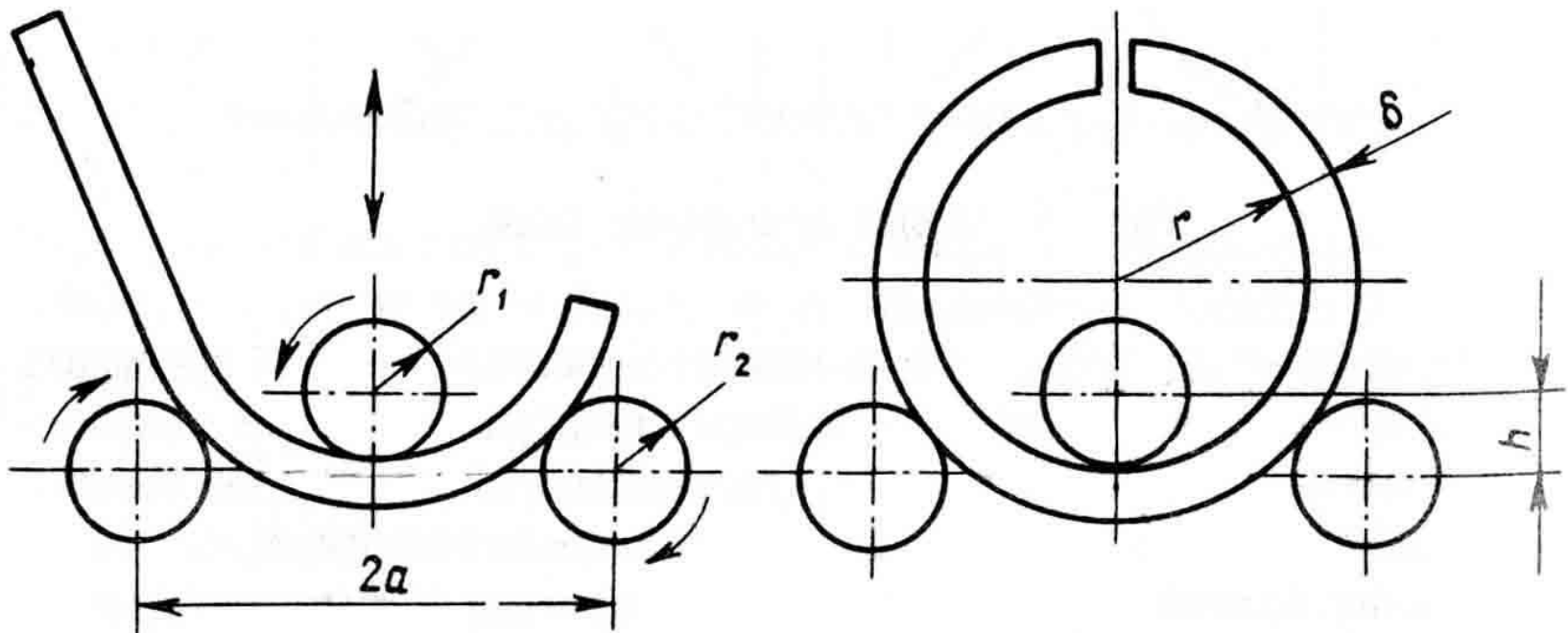
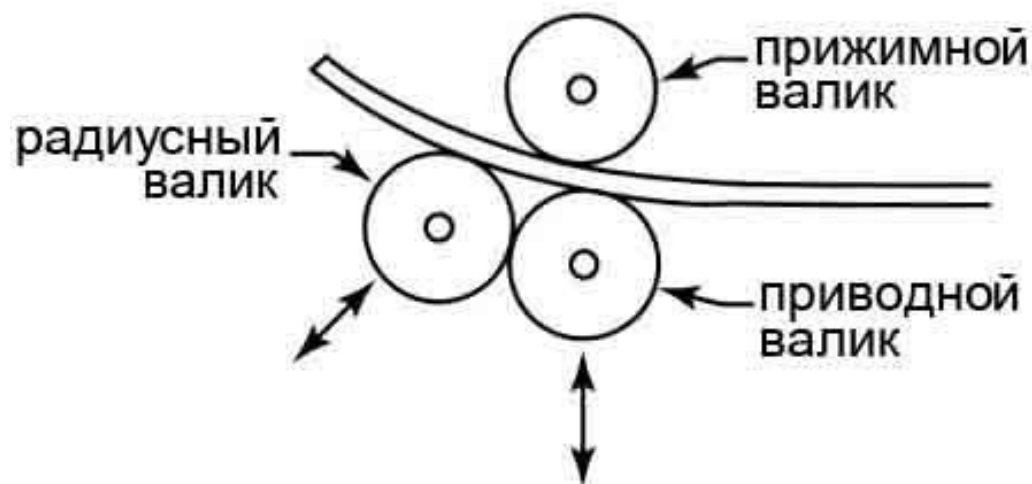
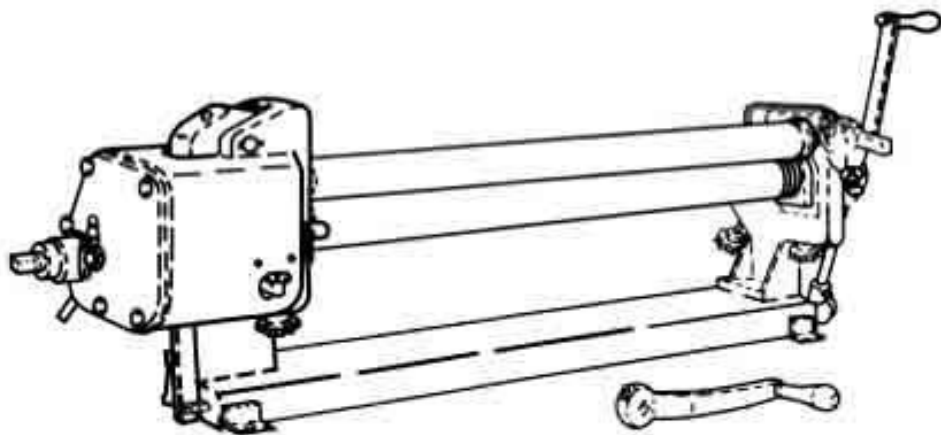


Рис. Схема формообразования обечаек машинной гибкой

Формообразование обечаек фюзеляжей осуществляется машинной гибкой – прокаткой (вальцовкой). Машинная гибка, схема которой показана на рис., является процессом непрерывного изменения плоской заготовки в пространственную деталь, в данном случае цилиндрической формы, путем приложения к заготовке изгибающего усилия, обеспечивающего получение требуемой пластической деформации.



Гибочные вальцы позволяют осуществлять формообразование отдельных листов панелей фюзеляжа.

Рис. 3-х валковые гибочные вальцы



Рис. СО.МА.Л 3-х и 4-х валковые гидравлическая гибочные вальцы с предварительной гибкой

Высокие скорости полета современных самолетов предъявляют жесткие требования к форме и точности выполнения аэродинамических обводов планера. В связи с этим усложнились пространственные формы обводообразующих оболочек и соприкасающихся с ними деталей каркаса, повысились требования к их точности. Оболочки аэродинамического обвода современных ЛА выполняют несущие функции деталей обшивок, обеспечивающие прочность и неразрушаемость конструкции изделия. В свою очередь тенденции увеличения габаритов и снижения массы ЛА требуют применения крупногабаритных листовых элементов обшивок малой жесткости.

Для получения таких тонкостенных оболочек сложной пространственной формы применяются операции листовой штамповки, носящие название обтяжка.

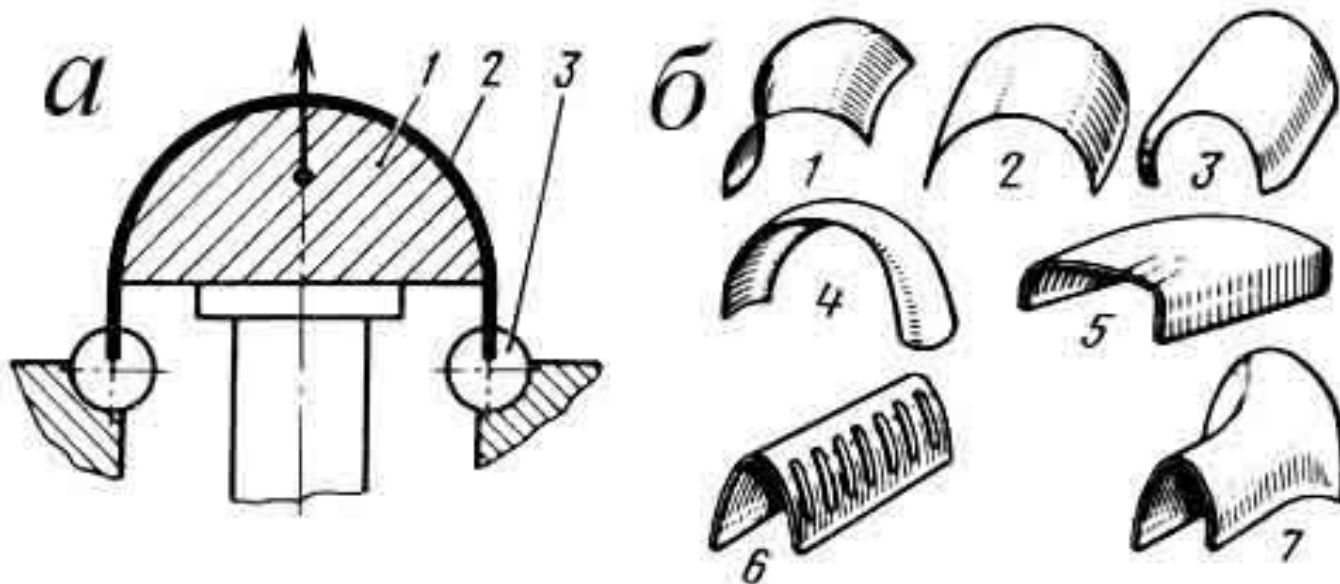


Рис. **Поперечная обтяжка:**

а - схема поперечной обтяжки; 1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – зажимные клеммы;
 б – типовые детали, изготовленные на прессе ОП-3; 1, 3, 7 – детали, изготовленные в спаренном виде путем повторной обтяжки по одному и тому же пуансону с промежуточной термообработкой; 2, 4, 5 – детали, изготавливаемые за одну операцию обтяжки из заготовок в свежезакаленном состоянии; 6 – деталь, получаемая обтяжкой с последующей ручной доработкой

Обтяжка – это процесс формообразования деталей двойной кривизны изгибом и растяжением листовых заготовок до полного прилегания последних к профилированной оправке.



Рис. 8-ми осевой пресс поперечной обтяжки с ЧПУ

Использованная литература:

- 1. Ремонт летательных аппаратов: Учебник для вузов гражданской авиации. А. Я. Алябьев, Ю. М. Болдырев, В. В. Запорожец и др.; Под ред. Н. Л. Голего. – 2-е изд., перераб. и доп.- М: Транспорт, 1984. – 422 с.*
- 2. Бейлин. Л. А., Мейер А. А. Ремонт самолетов, вертолетов и авиационных двигателей. Учеб. пос. для сред. учеб. заведений ГА. – М.: Транспорт, 1966. – 428 с.*
- 3. Ингликов М. А. Ремонт технических систем. Л.: ВИКИ им. А. Ф. Можайского, 1978. – 322 с.*
- 4. Ремонт и техническая эксплуатация лесотехнического оборудования. – Л.: Агропромиздат. ленингр. отд-ние, 1989. – 312 с.*
- 5. Горохов В. А., Лоцманов С. Н., Михайлов А. А., Петрунин И. Е. Авиационное ремонтное дело. Часть 1 и часть 2. Под ред. д.т.н. проф. А. А. Михайлова. М.: Военное издательство МО СССР, 1970.*

Якущенко В.Ф. Дипломный проект по специализации
ТОЛААД: Учебное пособие / СПбГУГА. С.-Петербург, 2011.