

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

**В. А. Костышев, Б. В. Каргин**

Ковка и горячая объёмная штамповка

Презентация курса лекций в системе  
дистанционного образования Moodle

САМАРА  
2011






Авторы: **Костышев Вячеслав Александрович,**  
**Каргин Борис Владимирович**

**Костышев, В.А. Ковка и горячая объёмная штамповка.** [Электронный ресурс] : Презентация курса лекций в системе дистанц. образования Moodle / В. А. Костышев, Б. В. Каргин; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. дан. (5,33 Мбайт). - Самара, 2011. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

В данном курсе рассмотрены основные процессы кузнечно-штамповочного производства. Курс лекций рассчитан на осенний семестр и включает в себя практические и лабораторные занятия. Для индивидуальной работы весь материал дублируется в системе дистанционного образования Moodle. (<http://omdmoodle.ssau.ru>).



Презентация предназначена для бакалавров, обучающихся по направлению 150400.62 «Металлургия» по дисциплине "Технологические процессы кузнечно-штамповочного производства" на 7 и 8 семестрах.

Подготовлена на кафедре обработки металлов давлением.

Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2011

# План работы

- Основные кузнечные операции
- История процессов
- Открытые и закрытые штампы
- Штамповка на молотах
- КГШП и ГКМ
- Высокоскоростные молота
- Термическая обработка поковок
- Ремонт и восстановление штампов
- Лекции – 34 часа;
- Лабораторные занятия – 64 часа осадка, раскатка кольца на оправке);
- Практические занятия - 32 часа (практикум);
- Консультации – часа;
- Экзамен

# Литература

- Ковка и штамповка: Справочник в 4 т. / Под ред. Е.И. Семёнова. – М.: Машиностроение, 1986. Т.2: Горячая штамповка. – 592 с.
- ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 52 с.
- Вербицкий Е.И., Добровольский И.Г. Курсовое проектирование по горячей штамповке: Учебное пособие. – Минск: Высш. школа, 1978. – 208 с.

# Регистрация в системе Moodle

Для регистрации необходимы следующие данные:

- Фамилия, Имя;
- Почтовый ящик (mail, gmail предпочтительно);
- Контактный телефон
- Фотография размером 100\*100 пикселей формата jpeg (наличие фотографии в системе является признаком хорошего тона).

---


Вход в систему осуществляется с главной страницы системы дистанционного образования инженерно-технологического факультета ((omd.ssau.ru)).

# Немного истории


Кузнечная обработка является самым древним способом изготовления металлических изделий. На территории Белоруссии был найден топор, изготовленный 2500 лет назад, который был изготовлен скифскими кузнецами, у них была очень высокая культура кузнечного ремесла (мечи, серпы, кольчуги, сабли, ножи). В начале XV-XVI века начался активный подъем кузнечного производства. Было известно, что тульские заводы уже тогда путем применения штамповки смогли изготовить самые простейшие ружья с очень точными размерами, они были изготовлены без станков.

Появление крупных паровых молотов выявило ряд недостатков, затруднявших их технологическое использование и эксплуатацию. Прежде всего, это проявилось в сильных ударах, сотрясающих почву, что стало опасным для целостности окружающих кузнечные цеха строительных сооружений, производственных построек и самих молотов.

Перед инженерами и конструкторами встала задача создать принципиально новое кузнечное оборудование, свободное от указанных недостатков. Научно-техническая мысль пошла по пути конструирования кузнечных машин для обработки металлов давлением статического (неударного) действия. В результате были созданы гидравлические прессы, буквально перевернувшее кузнечное производство.



Появление гидравлических прессов относится к концу XVIII в. Их работа основана на законе Паскаля, гласящем, что внешнее воздействие на жидкость распространяется равномерно во все стороны. В 1795 г. английский механик Дж. Брама, владелец крупного машиностроительного предприятия в предместье Лондона Пимлико, взял патент на гидравлический пресс, предназначенный для выполнения различных тяжелых работ. Пресс состоял из большого и прочного цилиндра с поршнем внутри. Цилиндр сообщался с нагнетательным насосом. Вода перегонялась в цилиндр, постепенно приподнимая поршень. В процессе работы над прессом изобретатель разрешил ряд сложных технических проблем. Одна из них состояла в обеспечении герметичности между поршнем и стенками цилиндра. При действии поршня вода в больших количествах просачивалась через зазор в другую часть цилиндра, не обеспечивая нужного давления. Эту задачу помог разрешить Бrame его сотрудник, будущий известный изобретатель и машиностроитель Г. Модсли.




Он предложил уплотнение поршня в виде самоуплотняющегося манжета, без которого гидравлический пресс фактически не мог действовать. Для этого Модсли поставил кольцеобразный вкладыш из крепкой кожи, выпуклый сверху и вогнутый снизу. При заполнении цилиндра водой под высоким давлением края кожаного манжета раздвигались, плотно прижимаясь к поверхности цилиндра, и закрывали собой зазор.




# Немного истории

Начало промышленному применению гидравлических прессов положил английский инженер, директор мастерских государственных железных дорог в Вене Дж. Газвелл. Предприятие было расположено в черте города, вблизи жилых построек, и установка на нем парового молота оказалась невозможной. Газвелл спроектировал пресс, который в 1859—1861 гг. был изготовлен и установлен в железнодорожных мастерских. Этот пресс обслуживался мощной паровой машиной двойного действия с горизонтальными цилиндрами диаметром 1200 миллиметров. Благодаря значительной разнице между диаметрами парового и гидравлического цилиндров, удалось создать высокое давление — 400 атмосфер. Вода насосами накачивалась в рабочий цилиндр пресса, плунжер которого приводил в действие подвижную траверсу с укрепленным на ней верхним бойком или штампом. Движение подвижной траверсы направлялось четырьмя массивными колоннами. Подъем траверсы осуществлялся штангой, связанной с поршнем небольшого гидравлического цилиндра, расположенного над прессом.




В 1875 г. Витворт запатентовал во Франции гидравлический пресс. Он состоял из 4 колонн, укрепленных в фундаментной плите. На верхней части колонн располагалась неподвижная траверса с двумя гидравлическими подъёмными цилиндрами. Они перемещали вверх и вниз подвижную траверсу, в нижней части которой был установлен штамп. Оригинальность этого изобретения состояла в том, что были соединены подвижная траверса, несущая гидроцилиндр, и приспособление для быстрого подъема, спуска и установки траверсы в нужном положении. Такая компоновка при коротком ходе поршня позволяла обрабатывать изделия различной высоты. В прессе был предусмотрен механизм для поворачивания заготовки, что помогало более равномерно обрабатывать заготовки по всему объему.




Пресс Витворта впервые был применен дляковки слитков в 1884 г. Тогдаковка орудийных стволов велась при помощи паровых, молотов. С появлением прессы Витворта они стали отходить на задний план. Преимущества гидравлических прессов перед паровыми молотами были бесспорны. Так, дляковки орудийного ствола из слитка массой 36,5 тонн на 50-тонном паровом молоте требовала 3 недели работы и 33 промежуточных нагрева слитка. Использование гидравлического прессы дляковки слитка массой 37,5 тонн сократило срокковки до 4 дней при 15 промежуточных нагревах.





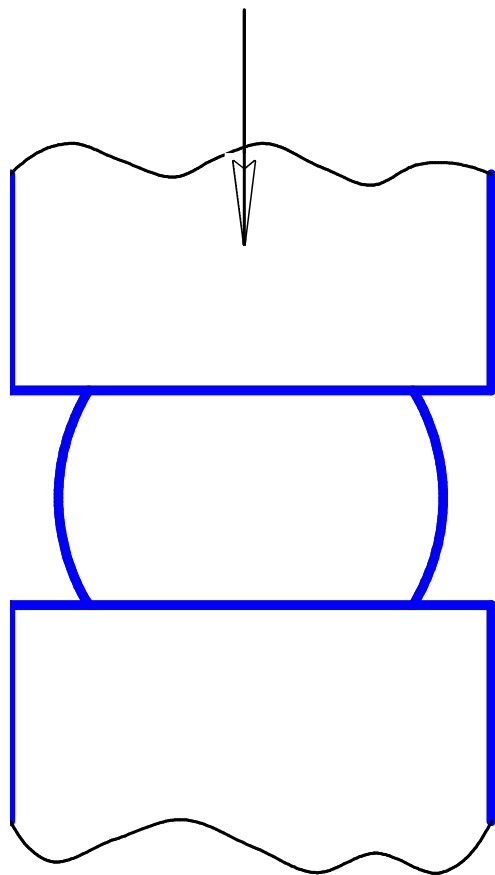
В конце XIX в. происходила замена тяжелых паровых молотов гидравлическими ковочными прессами. В 1893 г. был демонтирован 125-тонный молот на Вифлеемском заводе в США. Завод Круппа в Эссене заменил 75-тонный паровой молот 2000-тонным прессом. Отказался от 108-тонного молота завод в Терни (Италия), установив вместо него 4500-тонный пресс.

К концу 20-х—началу 30-х годов XX в. в Германии создаются новые конструкции тяжелых гидравлических прессов. В 1930 г. был построен самый крупный на то время гидравлический штамповочный пресс мощностью 6300 тонна-сил (61,8 МПа) для изготовления авиационных деталей из легких сплавов. В 1931 г. в Германии же были построены два штамповочных пресса мощностью 15 000 тонна-сил (147 МПа). В 1939 г. французские машиностроители строят пресс мощностью 20 000 тонна-сил (196 МПа).



В 50-е годы XX в. в СССР были разработаны мощные гидравлические штамповочные прессы. На Уральском заводе изготовили 2 гидравлических прессы усилием 294 МН. Новокраматорский машиностроительный завод (НКМЗ) в 1960 г. выпустил уникальные штамповочные прессы 735 МН. Для их изготовления была применена принципиально новая технология соединения основных элементов прессы: станина и поперечины были собраны из катаных и кованных плит, соединенных электрошлаковой сваркой.

# Процесс осадка



Осадкой называется операция, при которой происходит уменьшение высоты заготовки в направлении действующей силы и с одновременным увеличением ее поперечных размеров.

Осадка применяется:

1. Для получения требуемой формы заготовки.
2. Для получения требуемой структуры в заготовках.
3. Для облегчения последующих операций.
4. Для ликвидации литой структуры и устранения анизотропии механических свойств.

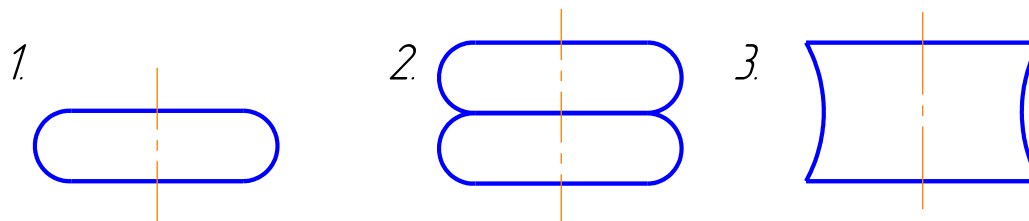
Осадка - самая важная операция из всех технологических операцийковки, поэтому качество заготовки в значительной мере зависит от закономерности деформации при осадке.

# Процесс осадка

Величина бочки достаточно точно характеризует неравномерность деформации (чем больше искривление боковой поверхности, тем выше неравномерность деформации). Степень деформации, при которой достигается максимум, бочкообразование определяется в основном геометрическими размерами образцов, чем меньше величина отношения исходных размеров этих образцов и тем в меньшей степени величина деформации образует бочкообразность. В обычных условиях осадки в результате неравномерности деформации заготовка принимает бочкообразную форму. Повышение равномерности осадки способствует уменьшению трения на поверхности, контакта металла с инструментом, путем повышения качества поверхности и применения смазочных материалов. (В качестве смазочных материалов применяют сухие древесные опилки, графит с маслом, жидкое стекло и вода). Другой важный признак неравномерной деформации при осадке это переход боковой поверхности в контакт. В зависимости от сил контактного трения возрастает степень осадки, в процессе осадки в заготовке возникают зоны, так называемые затрудненной деформации. В приконтактных областях, которые прилегают к боковой поверхности возникают зоны затрудненной деформации, расположенной в средних областях заготовки.

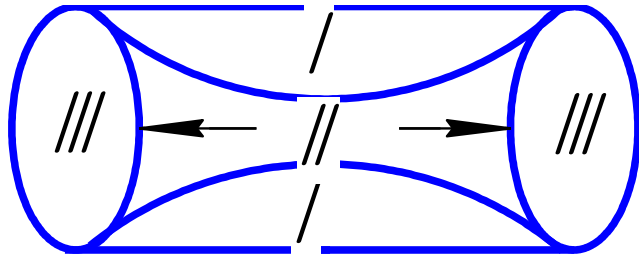
# Процесс осадка

При осадке плоскости осадочных плит должны полностью перекрывать торцы заготовок от начала до конца осадки. Цилиндрические образцы при осадке принимают одну из 3х форм:



1. Одинарная бочка получается при осадке заготовок с отношением высоты к диаметру  $H/D \geq 2,5$  (если осадка производится под каким-то мощным прессом или молотом, то дают большую степень деформации за каждый удар).
2. Двойная бочка образуется при осадке высоких заготовок,  $H/D > 2,5$  (причем при больших степенях деформации в конце процесса двойная бочка переходит в одинарную бочку).
3. Рюмкообразная форма при осадке получается при деформации под мощным молотом с недостаточной массой, падающих частей, когда степень деформации за каждый последовательный удар незначительна, если осаживать цилиндрическую заготовку, то в процессе осадки изменяются горизонтальные и вертикальные сечения заготовки.

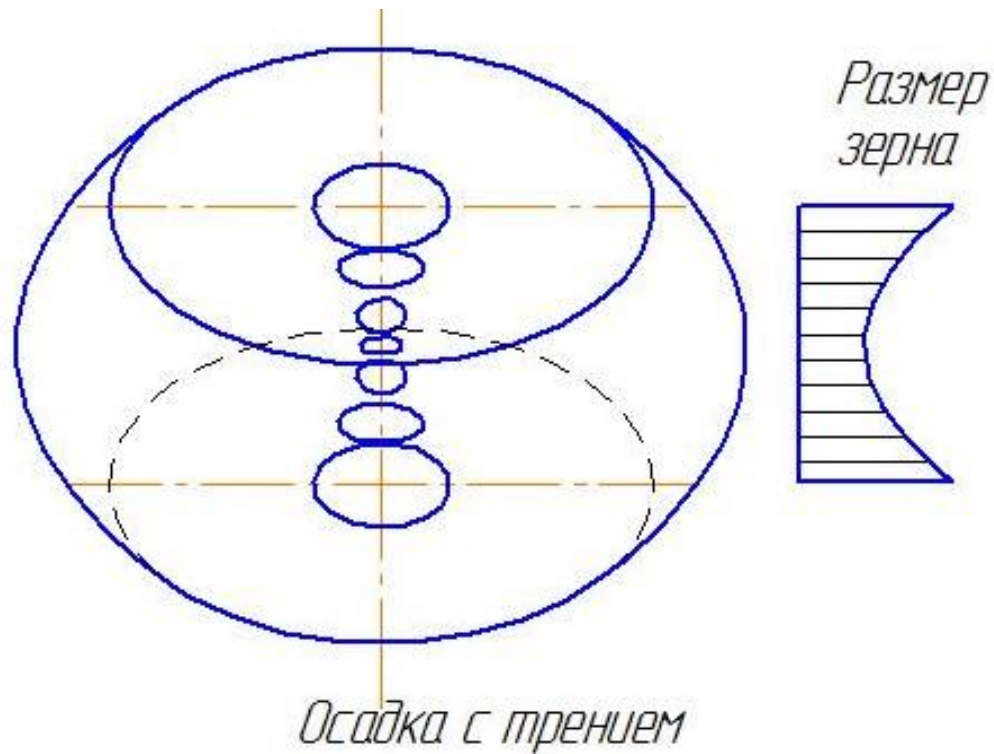
# Зоны деформации



Зоны деформации вертикального сечения заготовок:

Зона I является зоной затрудненной деформации, в которой напряжение представляет собой всестороннее сжатие. Эти зоны как бы расклинивают зону II, которая интенсивно деформируется в осевом и радиальном направлении. Зона III деформируется менее интенсивно, чем зона II. Здесь наблюдается деформация растяжения. Расчет диаметра заготовки проводят без учета бочкообразования, если расстояние между зонами I велико, то зона II деформируется вначале неоднородно почти вблизи зоны I, что приводит к образованию двойного бочкообразования. При близком уменьшении отношения  $H/D$  происходит слияние зон I и II – зона затрудненной деформации. Причем равномерность деформации увеличивается, а бочкообразованность уменьшается.

# Зоны деформации



Рост зерна при рекристаллизации.


# Основные правила осадки

- 1) Для снижения усилия нагрев заготовки под осадку всегда происходит до максимально допустимой температуры. Для конструкционных углеродистых сталей температура составляет  $1200^{\circ}\text{C}$ , для других сталей  $1300^{\circ}\text{C}$ .
- 2) У исходной заготовки отношение  $H/D$  не должно быть больше 3. При больших отношениях  $H/D$  возможен продольный изгиб, такую заготовку трудно осаживать. Чтобы исправить искривление заготовки производят нажатие на площадь торца, а когда искривление исправлено, то контактная площадь увеличивается до полного перекрытия всего торца.
- 3) При осадке под молотом нужно учитывать, что чем выше заготовка, тем меньше рабочий ход молота, следовательно, меньше энергия удара. Для успешной осадки нужно, чтобы торцы заготовки были возможно более гладкими и перпендикулярными к ее оси. Чем выше заготовка, тем важнее соблюдение этого условия. Выравнивание концов производится легким ударом молота или легким нажатием пресса.
- 4) Заготовка или слиток перед осадкой необходимо прокатать до цилиндрической формы.
- 5) Для получения возможно меньшей бочкообразованности нужно применять следующую смазку: жидкости стекло 15-20%, графит 5-10%, вода 5-10% (эмульсия).
- 6) При осадке следует учитывать критические степени деформации (нужно знать диаграмму рекристаллизации).



# Процесс осадки

В приконтактных областях, которые прилегают к боковой поверхности и также возникают зоны затрудненной деформации, расположенной в средних областях заготовки. Кинематика воздействия имеет примерно следующий характер: при осадке высокого образца образуются приконтактные зоны, затрудненные деформацией. В этих зонах деформация практически отсутствует и осадка производится в основном в результате деформаций в средней части заготовки. Неравномерность деформации при осадке уменьшает пластичность самого металла. Поэтому одной из основных задач самого процесса осадки – уменьшение неравномерности деформации, перед осадкой заготовка должна быть равномерно прогрета. Неравномерный нагрев может привести к неравномерности или несимметричности по продольной оси. Заготовка перед осадкой должна быть установлена строго вертикально, чтобы избежать продольный изгиб. Если произошло искривление заготовки, то для исправления изгиба нужно приложить местные усилия к той части заготовки, где произошел изгиб.






# Материалы дляковки и горячей штамповки

Дляковки и горячей штамповки применяют различные деформируемые металлы, и сплавы, к числу которых относятся углеродистые, легированные и высоколегированные стали (жаропрочные, Al, Mg, Ti). Деформируемые металлы и сплавы характеризуются относительно высокими пластическими свойствами, которые в первую очередь определяются относительно поперечного сужения, то есть относительно удлинения. При ковке и горячей штамповке применяют в основном, стали углеродистые обыкновенного качества (углеродистые качественные стали, легированные конструкционные, высоколегированные коррозионно-стойкие, жаростойкие, инструментальные). Исходными стальными заготовками дляковки и горячей штамповки служат слитки, сортовой прокат, заготовки, получаемые литьем, прессованные прутки и профили.



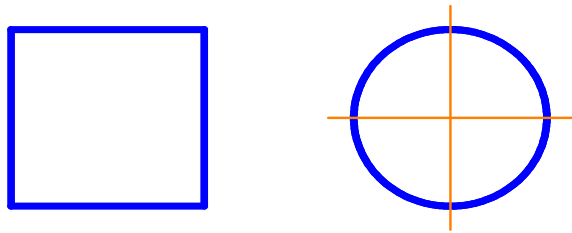
# Материалы для ковки и горячей штамповки

Слиток является заготовкой для крупных кованных поковок, масса, которых исчисляется в тоннах. Слитки очень редко применяют для горячей штамповки. Зависимость от габаритов и конструкций изделий слитки из конструкционной стали можно изготавливать массой от 1,6 тонны до 300 тонн. Из легированной стали слитки, отливают меньшей массы, обычно форма слитка имеет форму усеченной пирамиды. Слитки, предназначенные, для ковки отливают широким концом вверх, чтобы все дефекты оказывались прибыльной частью. Используют только здоровую часть слитка, то есть без дефекта, в которых отсутствует усадочная раковина, рыхлости, пузыри. Для легированной стали, отход на донную часть слитка составляет 5-8%.

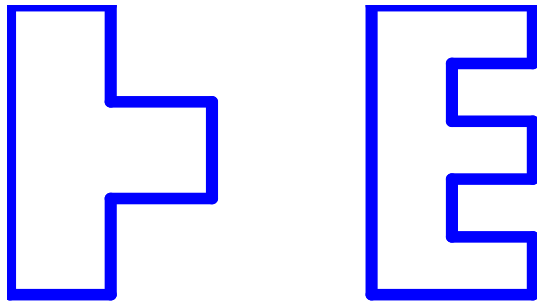


# Материалы для ковки и горячей штамповки

**Сортовой прокат** является заготовкой для большинства штамповочных поковок, его также применяют для изготовления мелких кованных деталей, длина сортового проката обычно составляет 2-6 м.

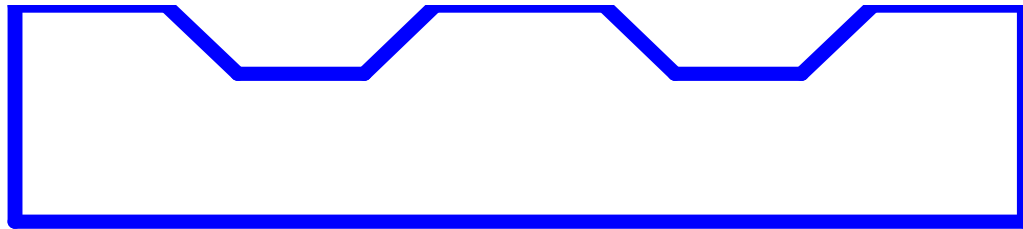


Кроме сортового проката для горячей штамповки используют **профильный прокат**.

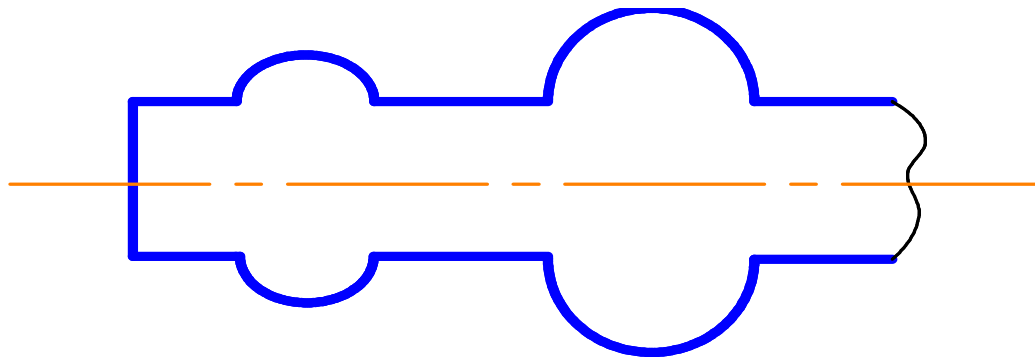


# Материалы дляковки и горячей штамповки

А также используют прокат **периодического профиля**.

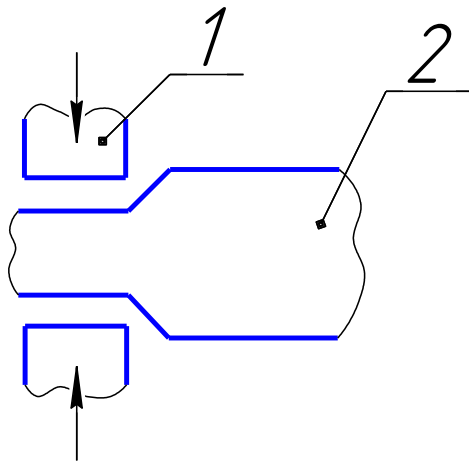


Используют **полосовую заготовку**.

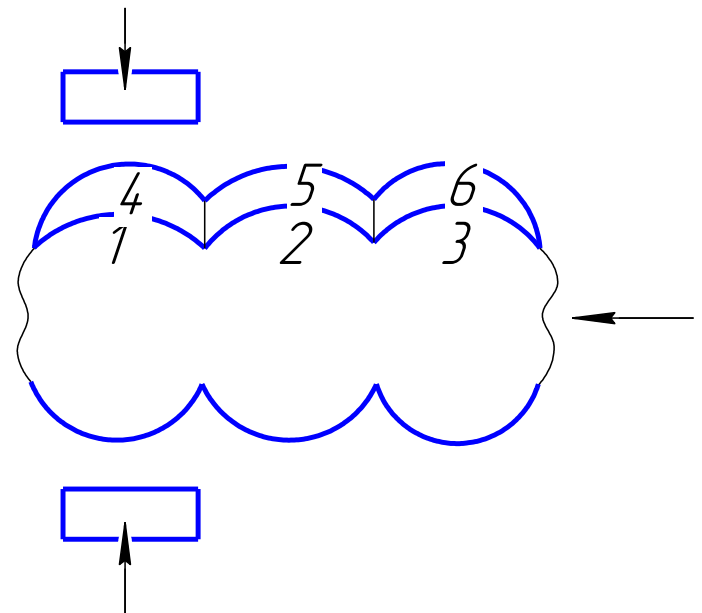


# Протяжка

Протяжка заключается в удлинении заготовки или какой-то ее части за счет уменьшения площади поперечного сечения. При протяжке в отличие от осадки заготовку обрабатывают последовательно, периодически подавая ее под узкие байки. Сжимаемый по высоте металл течет по направлению длины или ширины заготовки, в результате нескольких операций протяжка сопровождается поворотом заготовки на  $90^\circ$ , вследствие чего она удлиняется.

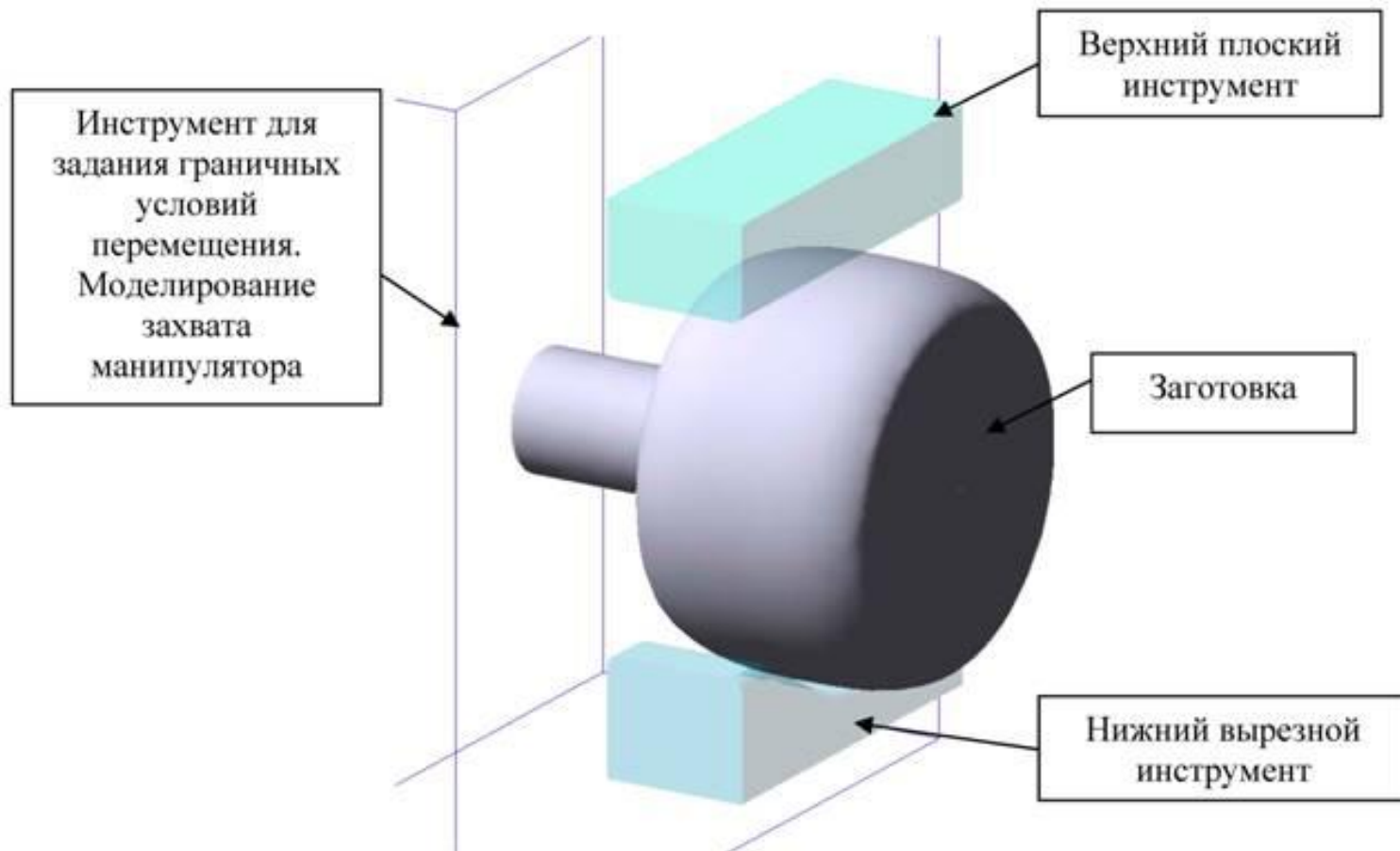


*1. байки (плиты)*  
*2. заготовка*



# Протяжка

При протяжке применяют байки различной формы: гладкие и вырезные. Протяжку применяют для изготовления ступенчатых, коленчатых валов автомобиля.



# Прошивка

Прошивка служит для получения в заготовки сквозных и несквозных отверстий (углублений) получают эти отверстия с помощью конического прошивня и цилиндрических надставок. Заготовку устанавливают на нижнюю плиту, а сверху устанавливают конический прошивень и внедряют его усилием в заготовку, далее заготовку переворачивают и оставшуюся часть прошивают.

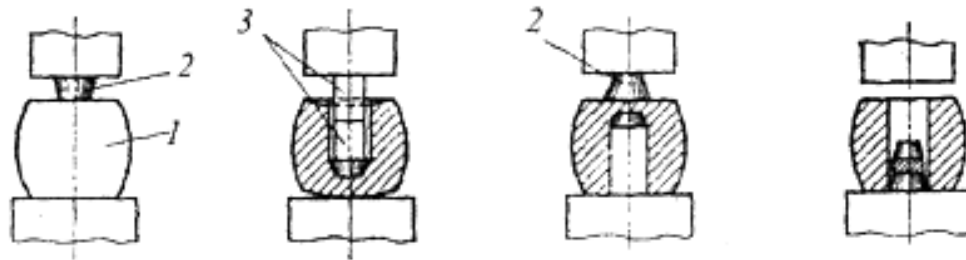
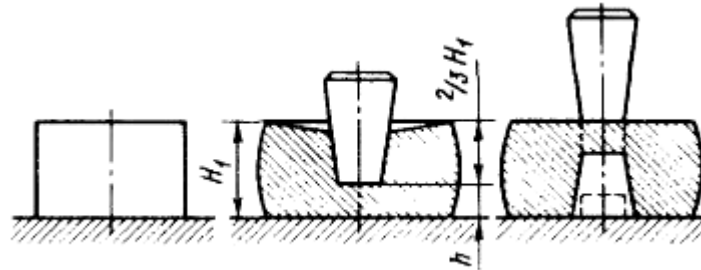
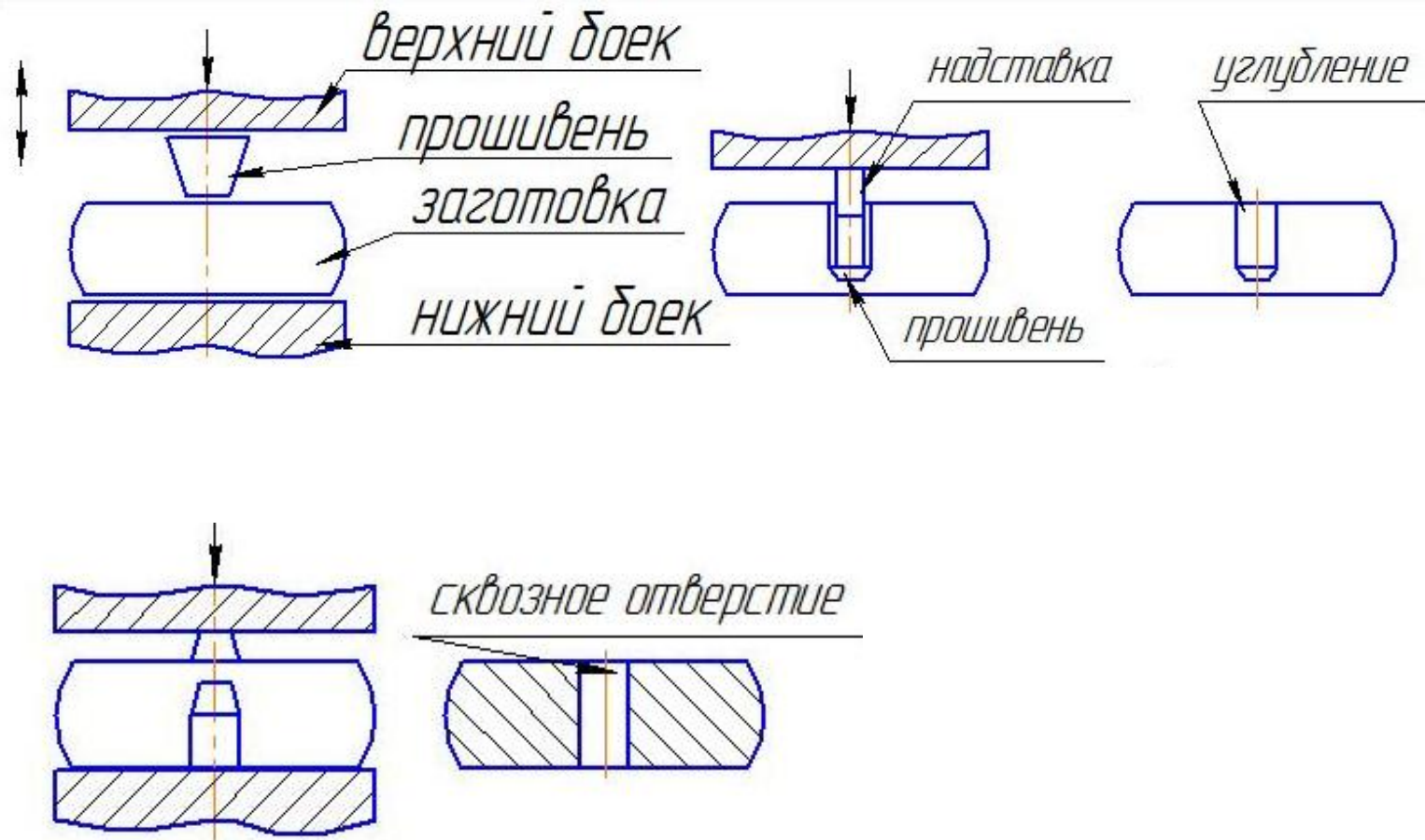


Схема прошивки: 1 - заготовка, 2 - прошивень, 3 - надставка

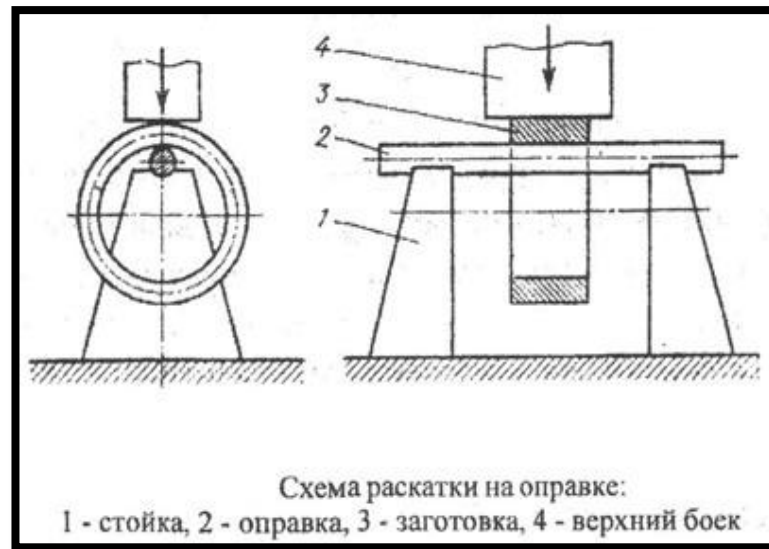
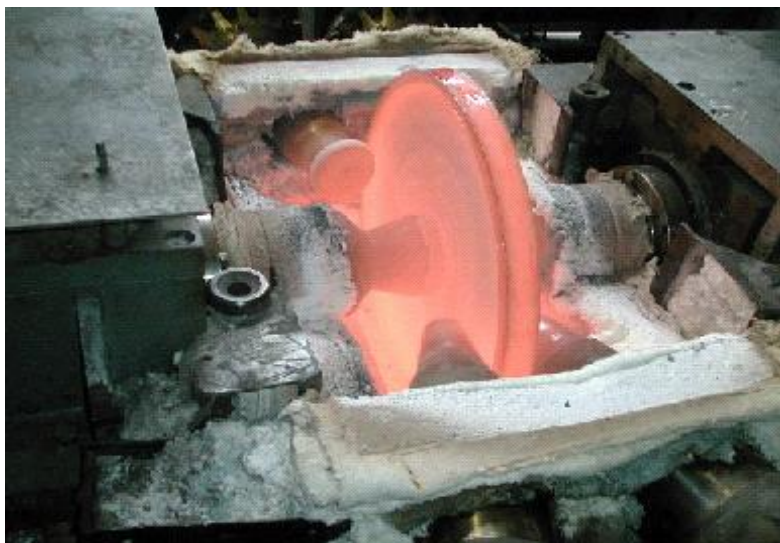
# Прошивка





# Раскатка на оправке

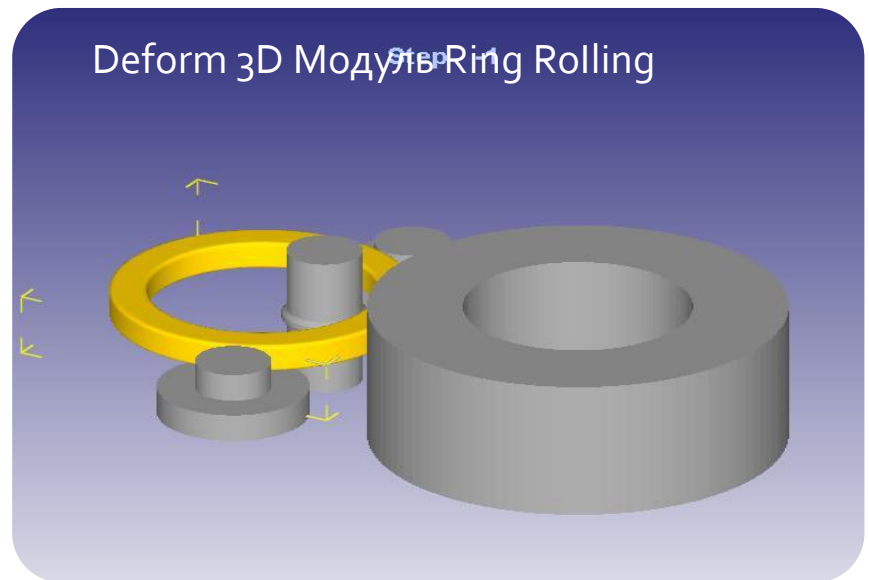
Раскатка на оправке используется для увеличения наружного и внутреннего диаметра, в основном прошитой заготовки, за счет уменьшения толщины стенки. Процесс является разновидностью протяжки. Раскатку ведут узкими верхними бойками, располагая длинной стороной параллельно цилиндрической оправке, которая опирается на две стойки, после каждого удара кольцо поворачивают, и вместе с кольцом поворачивается оправка.



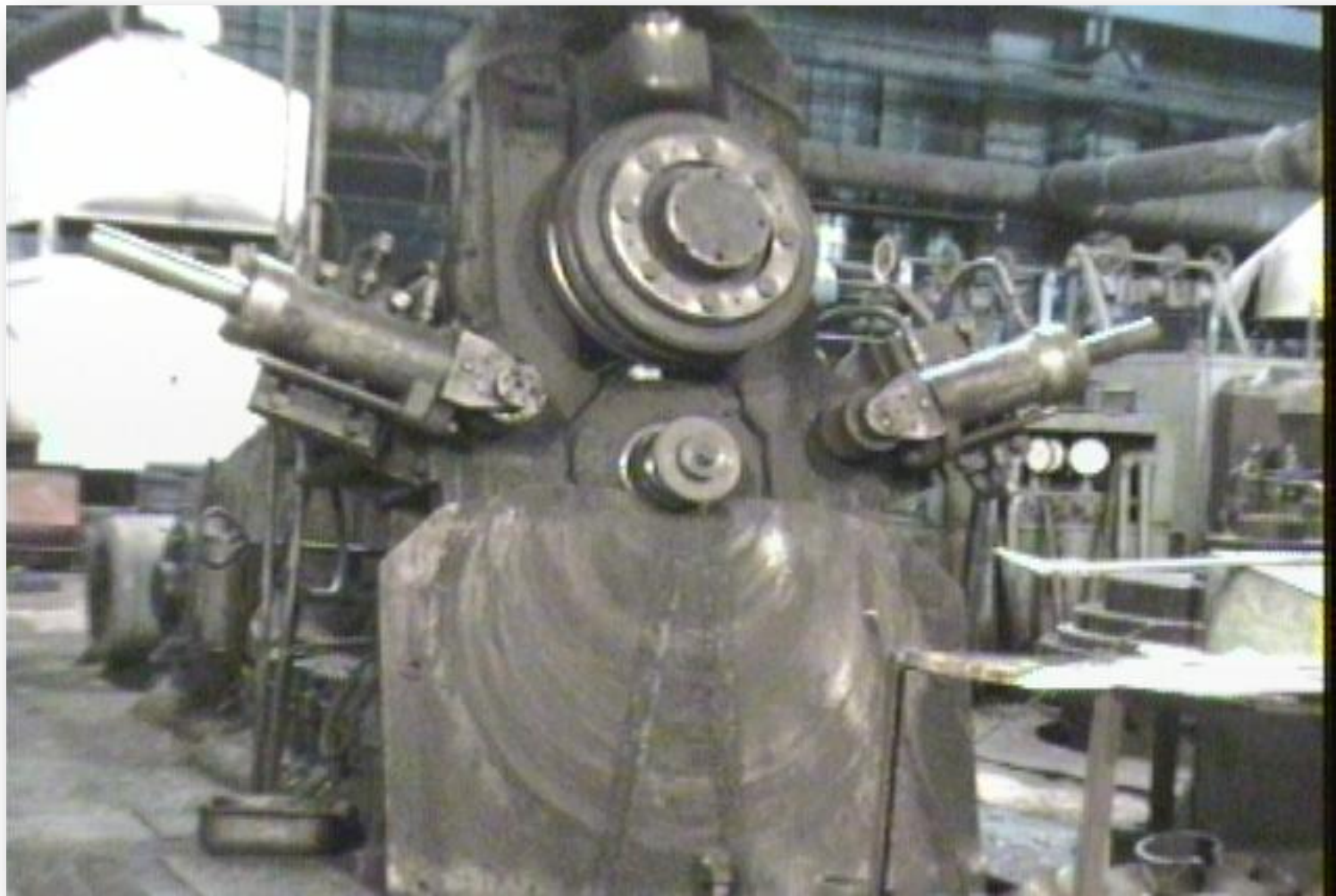
# Моделирование раскатки в Deform 3D

## Цель и задачи

- Разработать процесс моделированияковки и последующей раскатки в специализированном комплексе Deform 3D.
- Получить результаты моделирования, которые не противоречат показателям полученным при раскатке на производстве.



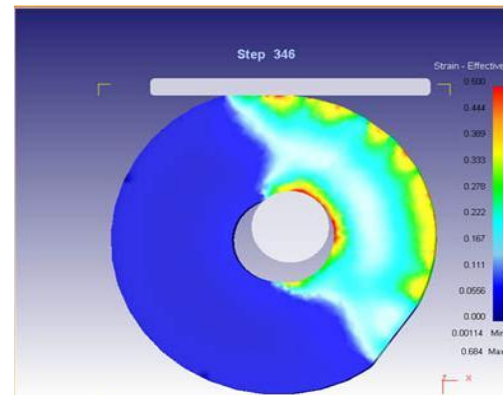
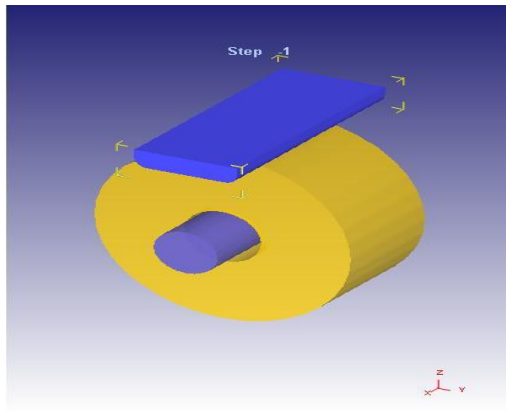
# Моделирование раскатки в Deform 3D



# Моделирование раскатки в Deform 3D

- Ковка-раскат

Получение кольцевой заготовки свободной ковкой является лишь предварительной операцией, после которой кольцо раскатывается до более точных размеров на раскатной машине.



- Литье-раскат

Изготовление литых колец может производиться тремя способами:

- 1)литье в земляные формы
- 2)центробежное литье в кокиль
- 3)изготовление трубных заготовок из расплава.

- Производство сварных профилированных колец, согнутых из прокатанных, гнутых или прессованных профилей.

# Моделирование раскатки в Deform 3D

## Назначение вида термообработки для заготовки и деформирующего инструмента

### Заготовка АМгз

Используемый нами сплав, является термически не упрочняемым. Поэтому назначается отжиг на полигонизацию.

Отжиг проходит при  $T$  360-420 °С. Охлаждение после отжига на воздухе в течение 2-х часов.

---

### Деформирующий инструмент Сталь 3Х2В8Ф

Закалка - медленный нагрев до 850°С и выдержка при этой температуре до полного прогрева Быстрый нагрев до 1000°С и выдержка при этой температуре до полного прогрева. Охлаждение в масле.

Отпуск - выдержка в печи, нагретой до 240°С в течение 2 ч, затем температура в печи поднимается до 580°С, после чего выдержка в 2 ч на каждые 25 мм толщины сечения.




# Моделирование раскатки в Deform 3D

Процессы "Обработки металлов давлением" описываются сложными нелинейными постановками задачи. Проектирование базируется на методе проб и ошибок. Расходуется время инженеров. Необходимо финансирование на изготовление опытного инструмента.

Малоэффективно используются производственные мощности. Рыночные условия требуют снижения издержек и сроков разработки процессов, повышения качества.

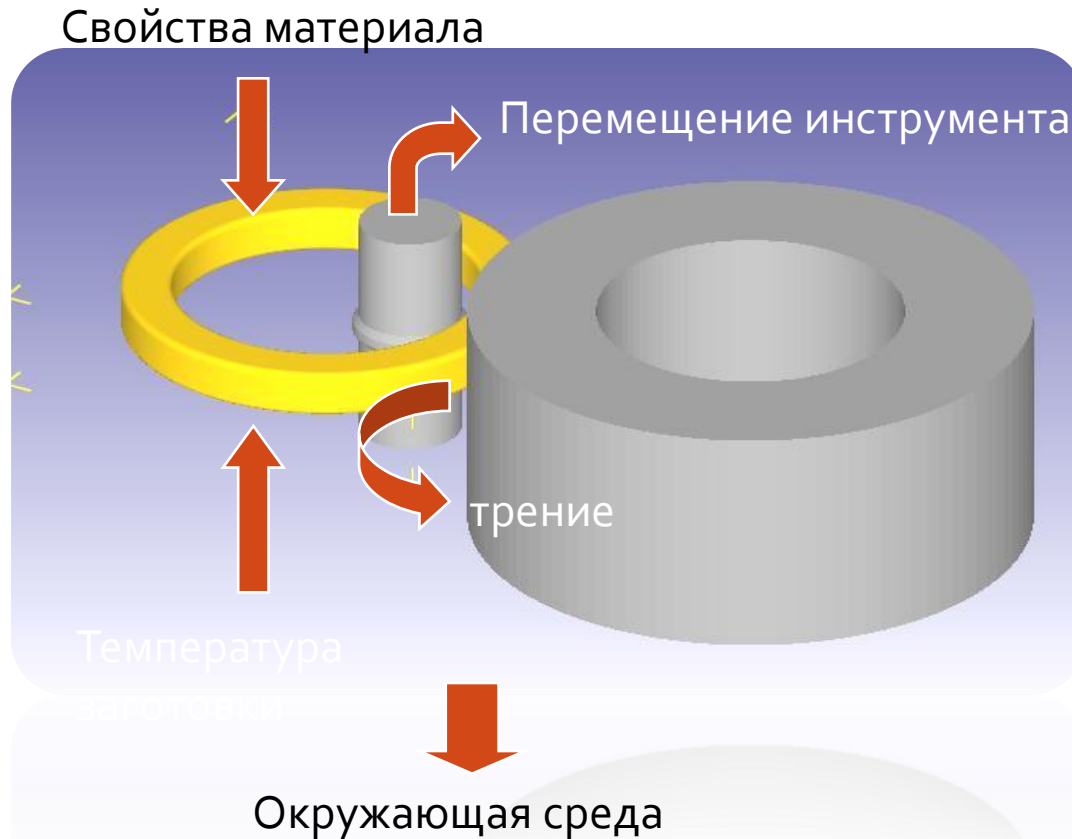
DEFORM - это инструмент, позволяющий ускорить процесс технологической подготовки производства.



DEFORM – основан на методике конечных элементов, специально разработан для моделирования процессов с большими деформациями, как например обработка металлов давлением.

# Моделирование раскатки в Deform 3D

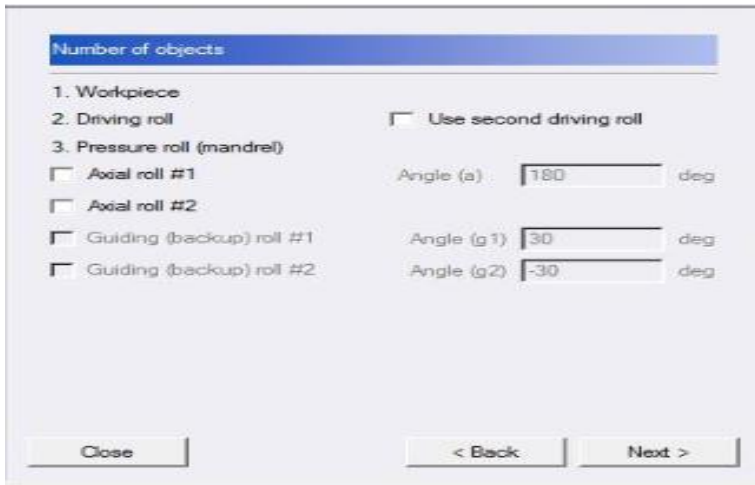
## Принцип работы Deform 3D



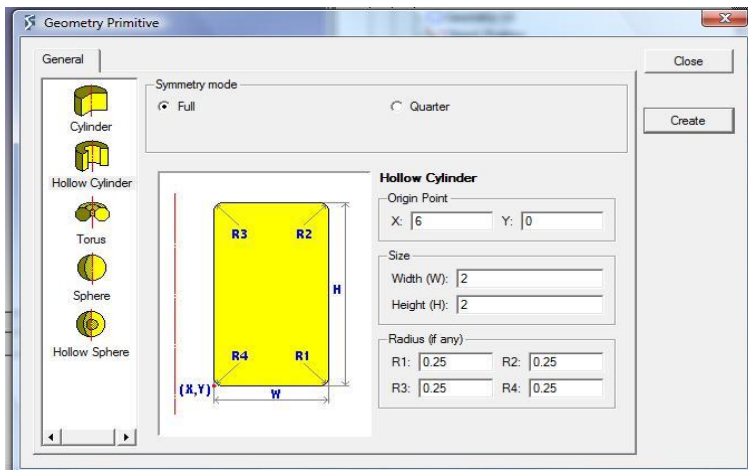
В процессе моделирования задаются основные параметры, такие как:

1. Температура заготовки и инструмента.
2. Перемещение инструмента
3. Свойства материала.
4. Контактное трение
5. Условия окружающей среды

# Моделирование раскатки в Deform 3D



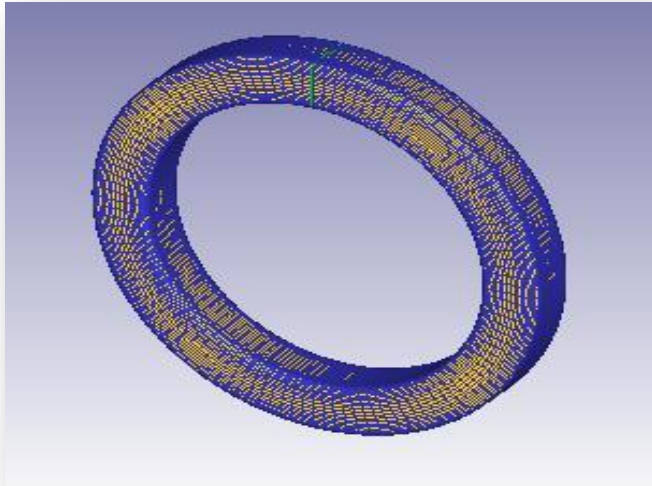
Далее задайте инструменты без использования центрирующих роликов (возможен вариант с центрирующими роликами).



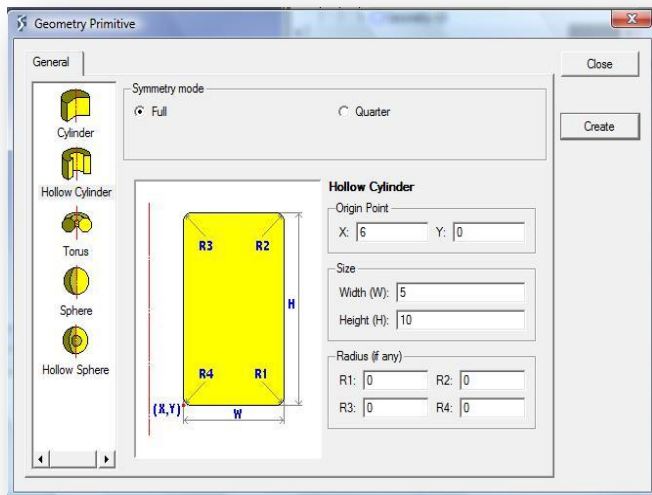
Задание геометрических параметров заготовки



# Моделирование раскатки в Deform 3D

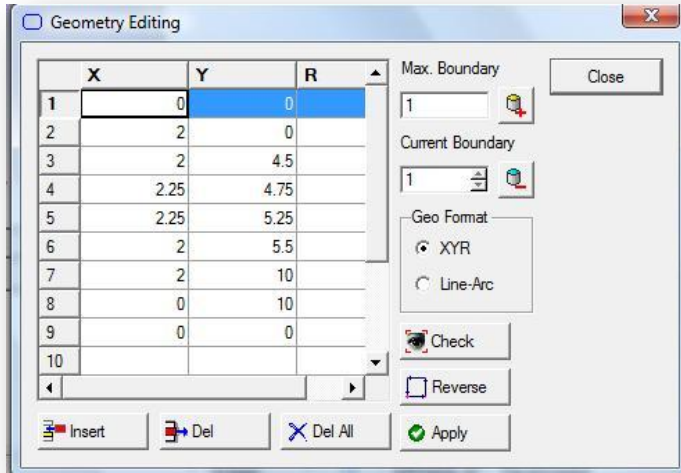


Изображение сетки в Deform 3D согласно введенному количеству элементов

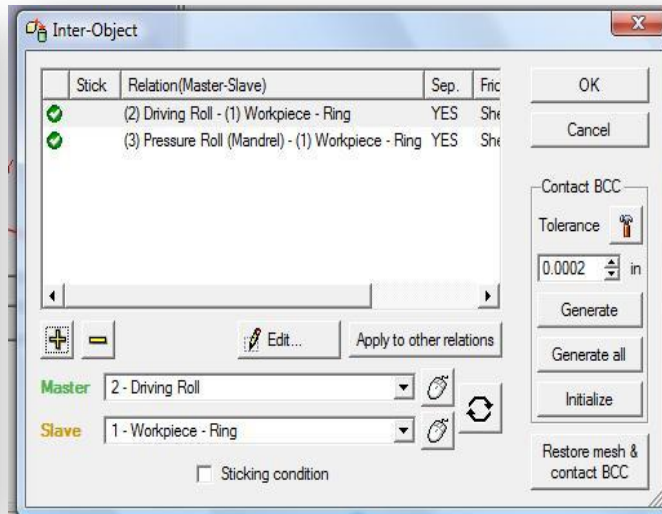
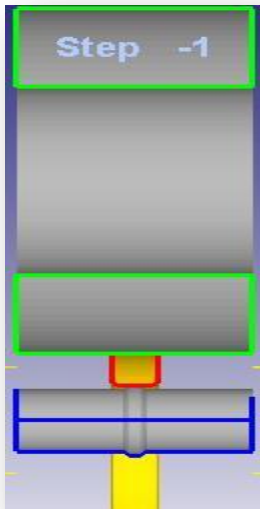


Задание геометрических параметров приводного ролика

# Моделирование раскатки в Deform 3D



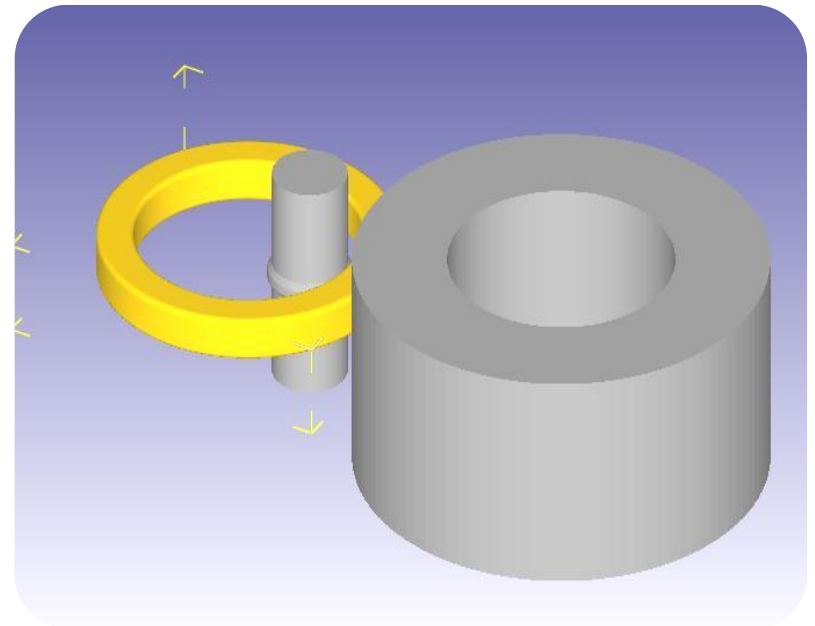
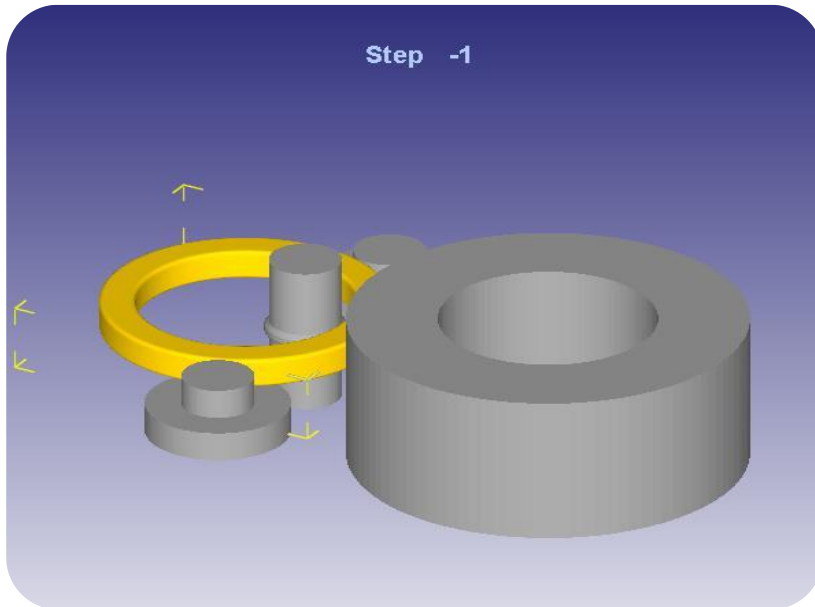
Задание геометрических параметров прижимного ролика



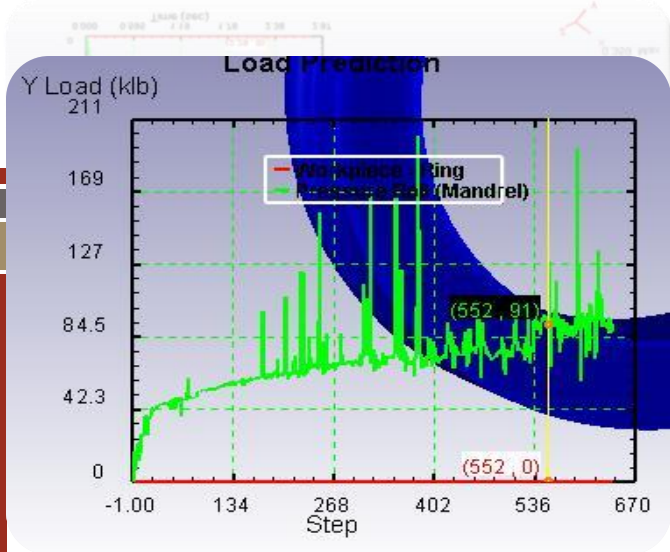
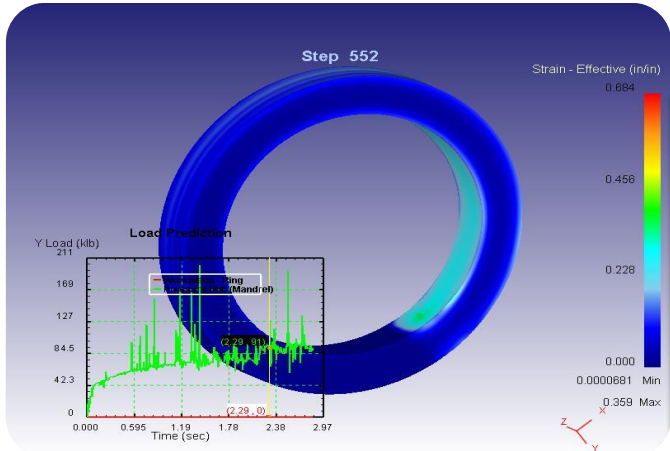
Окончательное позиционирование и задание граничных условий между построенными объектами

# Моделирование раскатки в Deform 3D

## Результаты моделирования



# Моделирование раскатки в Deform 3D

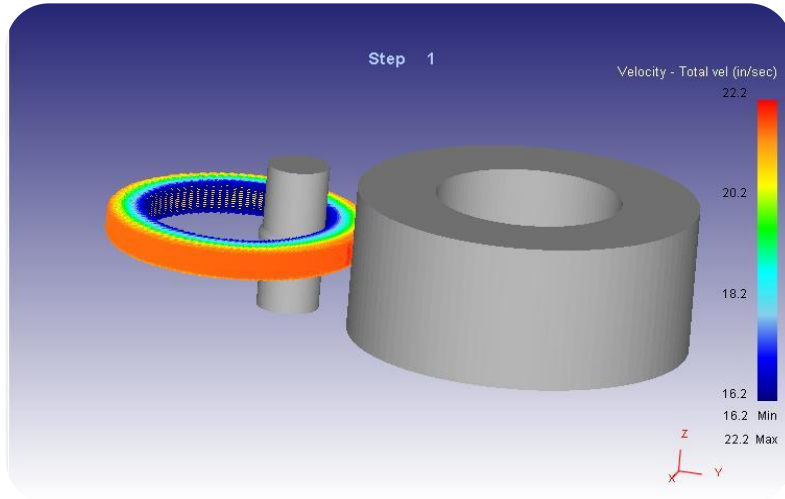


Эюры и графическое отображение интенсивности напряжений.

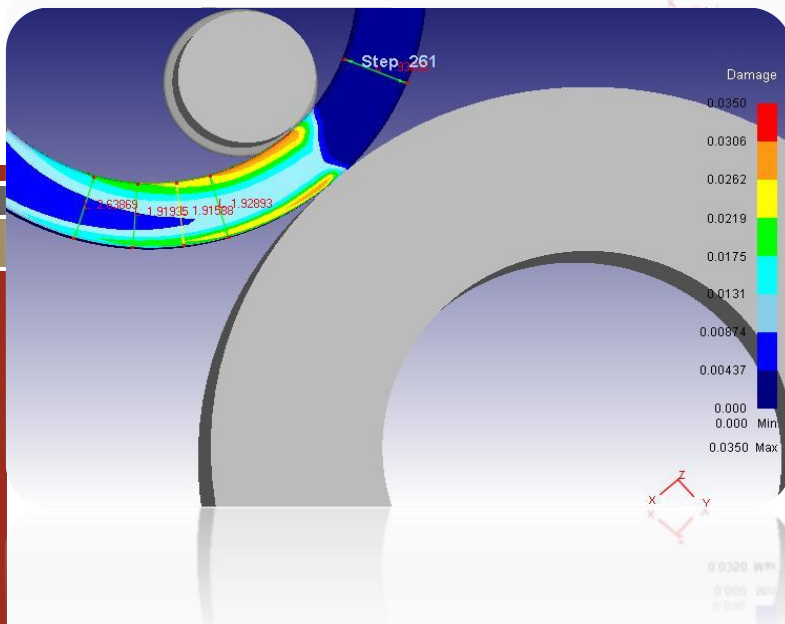
Характер графиков говорит о том, что при раскатке без центрирующих роликов система выходит из равновесия, процесс деформации не стабилен.

Усилие передаваемое прижимным роликом на заготовку.

# Моделирование раскатки в Deform 3D



Скорость деформации кольца.

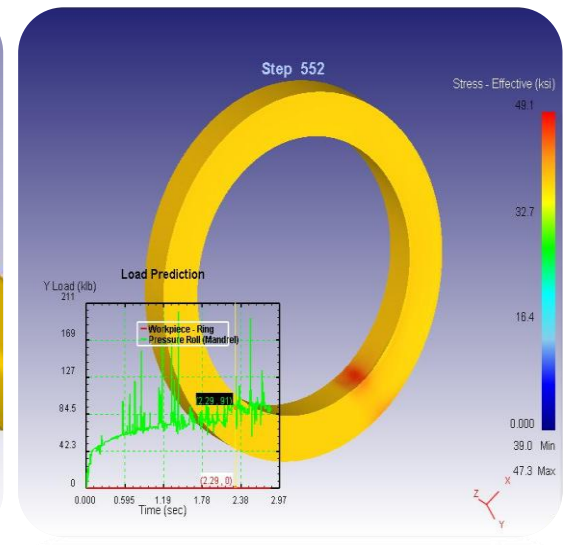
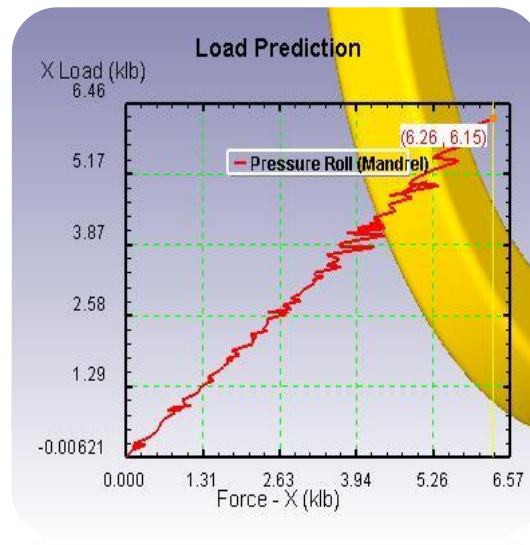
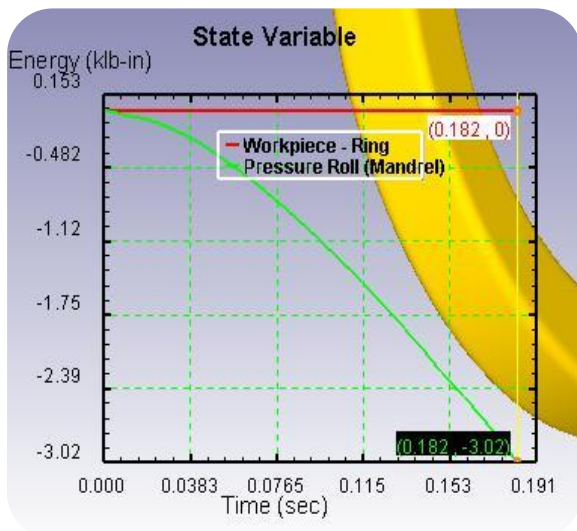


Степень деформации тонкостенного кольца при процессе раскатки.

# Моделирование раскатки в Deform 3D

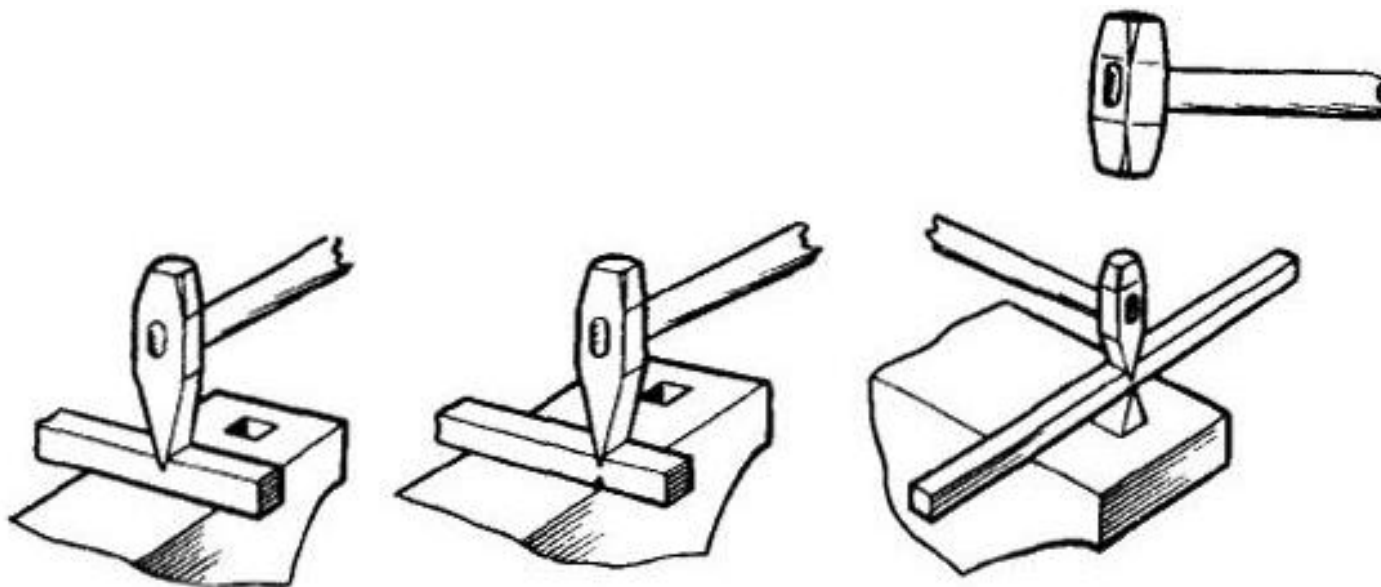
При раскатке с центрирующими роликами передача усилия и другие параметры процесса осуществляются более равномерно (отсутствие скачков на графике), чем при раскатке без роликов.

Система находится в равновесии, что обеспечивает стабильный процесс деформации кольца. По этой причине, на производстве лучше применять именно такой вариант раскатки. Геометрическая точность и однородность механических свойств у кольца будет выше, по сравнению с процессом раскатки без центрирующих роликов.

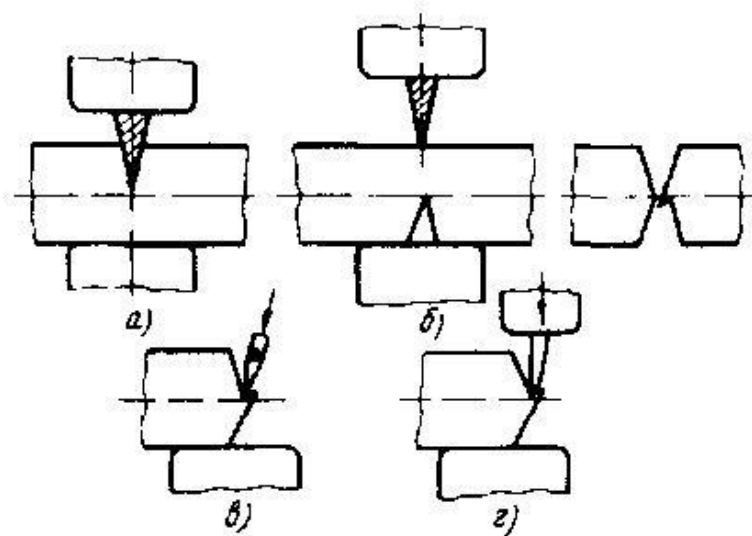


# Отрубка

Отрубка служит для отделения части заготовки по незамкнутому контуру, а также для разделения прутков на мерные заготовки и удаление излишков металла. Нагретую заготовку укладывают на нижнюю плиту, затем надрубают ее (кузнечным топором) почти на всю длину, оставляя небольшую перемычку во избежание порчи лезвия кузнечного топора. После этого топор вынимают и подрубленную часть подводят и ударом верхнего байка разрубают заготовку.



# Отрубка на прессе



Схемы отрубки с двух сторон (а, б) и удаления заусенца (в, г)

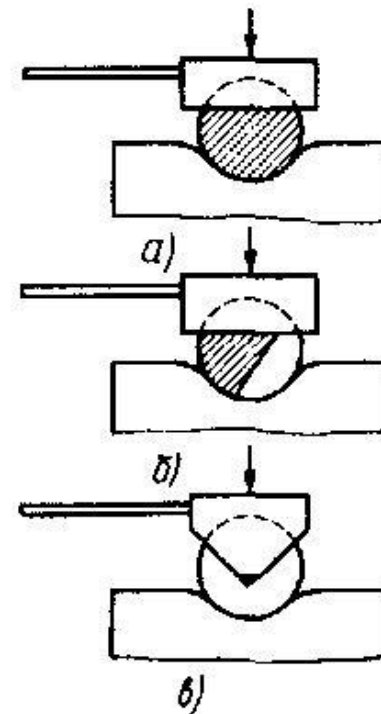
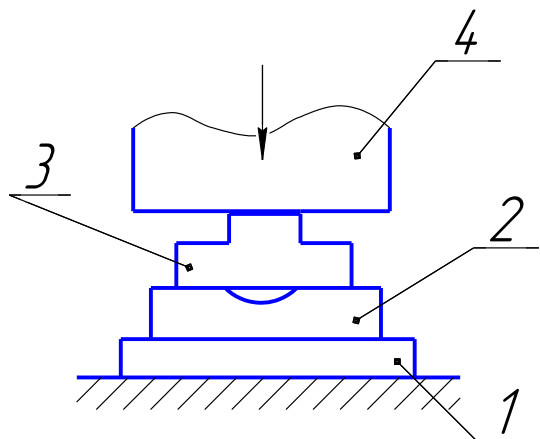


Схема отрубки с трех сторон на прессе:  
а . . . в – первый, второй и третий ходы пресса

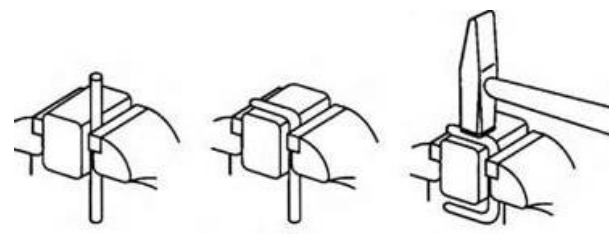


# Гибка

Гибка используется для придания заготовке изогнутой формы. Этой операцией получают угольники, кронштейны, хомуты, крюки для кранов. Гибка используется для изгиба заготовки, которая сопровождается искажением первоначальной формы поперечного сечения заготовки. Наружные слои заготовки на участке изгиба подвергаются растяжению, а внутренние – сжатию. В результате квадратное сечение приобретает форму неправильной трапеции.



1.основание  
2.подкладной штамп  
3.заготовка  
4.боек

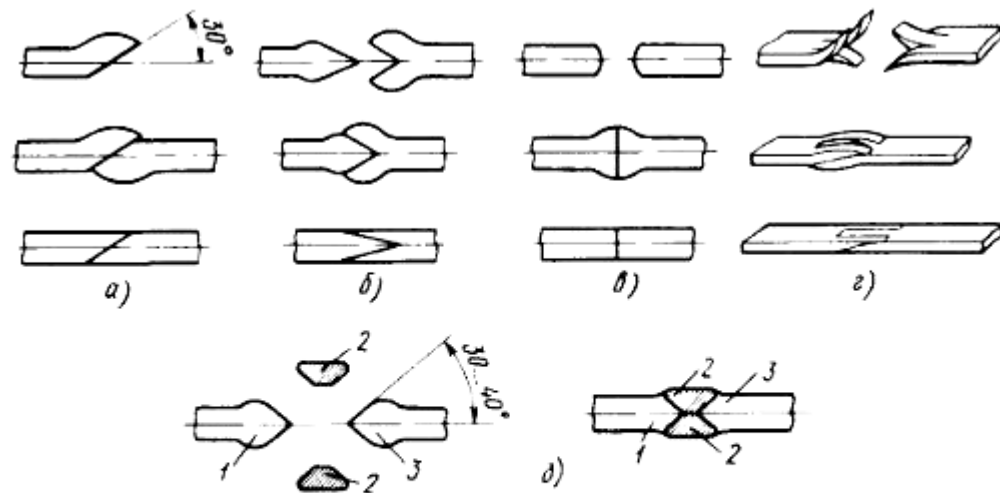


# Кузнечная сварка

Кузнечная сварка служит для соединения в одно целое отдельные части заготовки.

1. Сварка внахлест. Наиболее самый распространенный способ. Концы заготовок сплющивают, затем накладывают один на другой и соединяют сильными ударами молота.

2. Сварка в разруб. Применяется для больших и крупных куском металла.

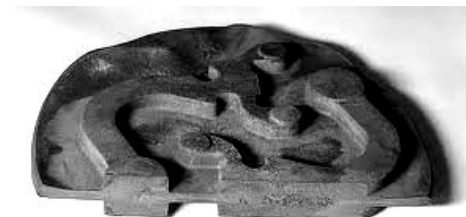
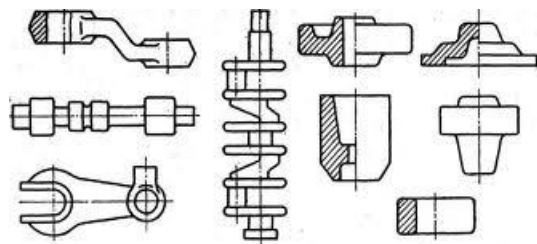


Подготовка свариваемых концов и основные способы кузнечной сварки (а... д):

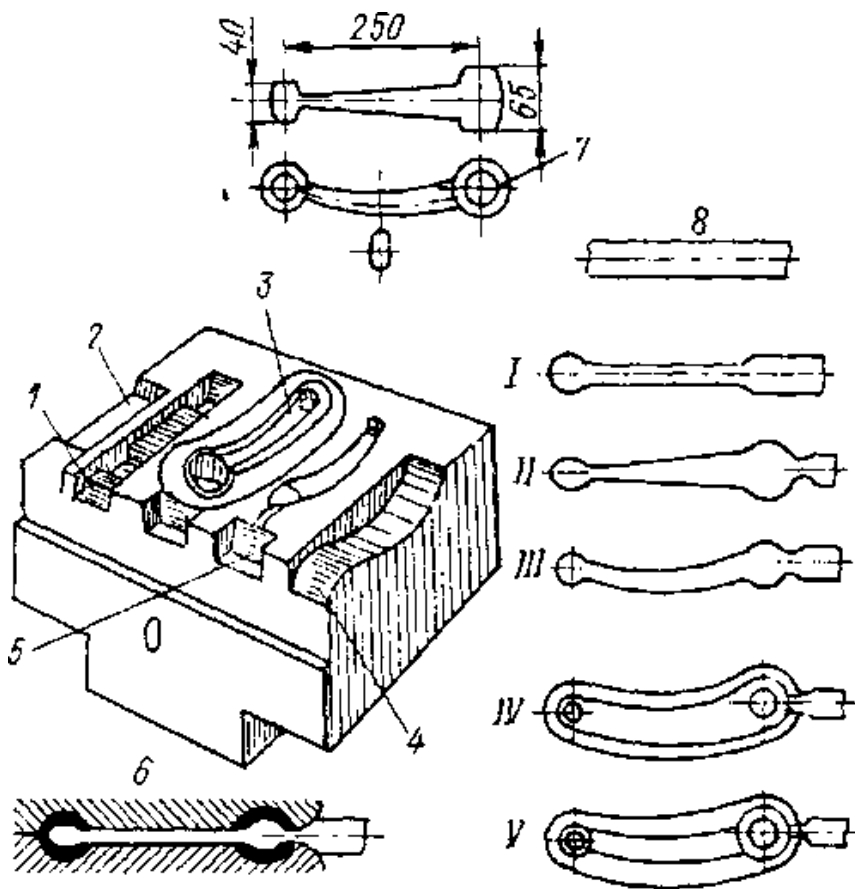
1, 3 – свариваемые концы, 2 – вспомогательные шашки

# Горячая объемная штамповка (ГОШ)

**Объемной штамповкой** называется процесс получения поковок, при котором формообразующая полость штампа, называемая ручьем, принудительно заполняется металлом исходной заготовки и его перераспределяют в соответствии с заданной конфигурацией. Применение объемной штамповки оправдано при массовом и серийном производстве. При использовании этого способа значительно увеличивается производительность труда, также уменьшаются отходы металла, обеспечиваются высокие точности форм изделия и качество поверхности. ГОШ можно получать очень сложные по форме изделия, которые невозможно изготовить методамиковки. Объемную штамповку осуществляют при различных температурах исходной заготовки и в соответствии с температурой делят на холодную и горячую. Наиболее распространенной является ГОШ, которую ведут в заданном интервале температур, который должен обеспечивать снятие напряжений. Исходными материалами для ГОШ является сортовой прокат, прессырованные прутки, литая заготовка, а в крупносерийном производстве периодический прокат.



# Горячая объемная штамповка (ГОШ)



1 – черновой ручей; 2 – подкатной ручей; 3 – протяжной ручей; 4 – чистовой ручей; 5 – гибочный ручей; 6,7-поковка; 8- исходная заготовка.

I - Протяжной ручей;

II - Подкатной ручей;

III – Гибочный ручей;

IV – Предварительная штамповка;

V – Окончательная штамповка.

# Классификация штамповочных поковок

По разьему и конфигурации все поковки делятся на 2 основные группы:

1. Осесимметричные или близкие к ним по конфигурации поковки. Внутри группы существует подгруппы, которые подразделяются по степени сложности заполнения штампа.

Основной особенностью данной группы является то, что все поковки штампуются вдоль оси заготовки.

2. Длинноосные поковки. Эта группа делится на подгруппы по мере увеличения сложности. Длинноосные поковки штампуются из заготовки поперек оси (плашмя).





# Технологический процесс ГОШ

Технологический процесс изготовления поковки включает следующие операции:

1. Отрезка заготовки (прокатка на мерной заготовке).
2. Нагрев.
3. Штамповка.
4. Обрезка облоя.
5. Зачистка.
6. Пробивка (выдра).
7. Термообработка.
8. Очистка поковок.
9. Калибровка.
10. Контроль готовой продукции.

Перед штамповкой заготовки должны быть нагреты равномерно по всему объему заготовки и до заданной температуры. При нагреве должно быть минимальное окалинообразование (окисление). Вследствие перегрева в металле происходит обезуглероживание поверхности заготовки и в дальнейшем может быть брак. Для нагрева используются электроконтактные установки, в которых заготовка, зажата между медными контактами нагревается из-за пропускания через нее электрического тока. Также используются индукционные установки, вследствие воздействия вихревых токов. Газовые печи нагреваются в защитной атмосфере (там заготовка прогревается лучше) или без защитной атмосферы (с выдвижным подом).

## Разработка чертежа поковки

При составлении чертежа поковки необходимо, прежде всего, стремиться придать ей такую форму, которую можно получить, применяя наиболее удобные для выбранной машины простые переходы (ручьи) штамповки при минимальном их количестве и наименьших потерях металла в отход (клевщина, заусенец, перемычки, напуски).

Создать условия для заполнения полости штамповочных ручьев преимущественно осаживанием заготовки, чтобы обеспечить высокую стойкость инструмента и снизить деформирующее усилие (или работу деформации). При этом, зная условия работы детали в машине, обеспечить правильное направление волокна в поковке по отношению к направлению действия рабочих напряжений.

Чертеж поковки составляется по чертежу готовой детали, на котором проставлены ее номинальные размеры, обозначены исходные базы механической обработки и указан класс шероховатости поверхности по ГОСТ2789–73. Чертеж поковки составляется по ГОСТ7505–89 (Поковки стальные штампованные).

## Разработка чертежа поковки

Допуски, припуски и кузнечные напуски) в следующей последовательности:

- установить плоскости разъема штампа;
- ориентировочно определить массу поковки по массе детали с учетом приближенной массы припусков и напусков для того, чтобы пользоваться таблицами стандарта;
- назначить припуски на механическую обработку, допуски и кузнечные напуски;
- установить штамповочные уклоны, построить линию разъема;
- установить наружные и внутренние радиусы закругления;
- выбрать конструкцию наметки отверстия с перемычкой под прошивку (для деталей с отверстием);
- определить точную массу поковки с учетом половины положительного (верхнего) предельного отклонения для наружных размеров и половины отрицательного (нижнего) отклонения для внутренних размеров (отверстия или полости).



## Разработка чертежа поковки

В открытом штампе в плоскости разъема штампа предусматривают облойную канавку, заполняемую вытекающим из ручья избытком металла, образующим облой. При выборе положения разъема необходимо выполнить условия:

- поковка должна свободно удаляться из верхней и нижней частей штампа, для чего разъем молотового штампа располагают в плоскости сечения поковки с наибольшим периметром, что обеспечивает наименьшую глубину и наибольшую ширину ручья. Для штампов КГШП разъем располагают в плоскости наименьших габаритных размеров;
- взаимное расположение поверхности разъема и поковки должно исключить поднутрение на боковых поверхностях поковки;
- ручки ориентируют таким образом, чтобы их заполнение осуществлялось за счет осадки, а не выдавливания, при этом полости под тонкие и высокие ребра, бобышки и приливы в молотовом штампе рекомендуется располагать в верхней половине штампа;
- предпочтительно, чтобы поверхность разъема пересекалась вертикальными образующими поковки, что упрощает контроль смещения частей штампа;

## Разработка чертежа поковки

Припуск на механическую обработку регламентируется ГОСТ 7505–89 и назначается на номинальные размеры детали в зависимости от класса шероховатости поверхности детали с учетом параметров:

- массы поковки (кг);
- точности изготовления поковки (1 и 2 класс);
- группы стали (М1, М2);
- степени сложности поковок (С1, С2, С3, С4).

Массу поковки определяют по формуле

$$M_n = 1,25 M_d,$$

где  $M_d$  – масса детали, определяемая по чистовым размерам с учетом половины положительного отклонения (верхнего допуска) для наружных размеров и половины отрицательного отклонения (нижнего допуска) для внутренних размеров и полостей.

# Классификация штампов

В отличие от универсального инструмента дляковки (бойков) штампы для объемной штамповки являются специальным инструментом, поскольку конструируются и изготавливаются для серийного и массового производства поковок, как правило, одного наименования. В настоящее время в кузнечных цехах объемной штамповки применяют большое число самых разнообразных штампов, которые можно классифицировать по назначению, видам оборудования, количеству ручьев, конструктивному признаку и т. д. По назначению различают штампы для собственно штамповки, обрезные, правочные и калибровочные.

**По видам оборудования штампы можно разделить на две основные группы:**

- 1) устанавливаемые на универсальном кузнечно-штамповочном оборудовании (молотах, ГШКП, винтовых и гидравлических прессах, ГКМ);
- 2) устанавливаемые на специализированном оборудовании (горизонтально-гибочных, радиально-ковочных, ротационно-ковочных, вертикально-ковочных, электровысадочных, высокоскоростных машинах, гидравлических прессах для изотермической и многоплунжерной штамповки, вальцах и прокатных станах, инструмент для жидкой и сферодвижной штамповки и др.).

По количеству ручьев штампы подразделяются на одноручьевые и многоручьевые.

# Материалы для штампов

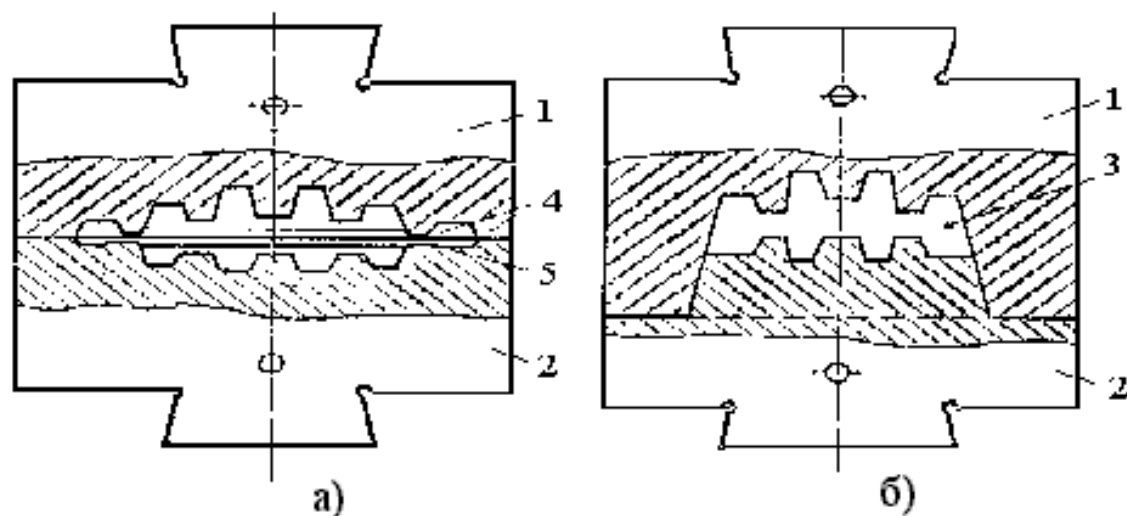
Условия эксплуатации штампов для объемной штамповки, в особенности для горячего деформирования, очень тяжелые. Штампы подвергаются многократному воздействию высоких температур и значительных нагрузок. Интенсивное течение металла в процессе формообразования поковки вызывает истирание (абразивный износ) поверхности ручья. Штампы для горячего деформирования в течение каждого цикла штамповки испытывают резкие колебания температуры, особенно при использовании смазочно-охлаждающих жидкостей, что приводит к образованию на поверхности ручья разгарных трещин. Штамповые стали должны обладать высокими механическими свойствами, сочетая прочность с ударной вязкостью, износостойкостью, разгаростойкостью, и сохранять эти свойства при повышенных температурах. Материалы штампов должны хорошо прокаливаться (при термической обработке), обрабатываться резанием и быть сравнительно дешевыми. Выбор стали для штампа определяется условиями его эксплуатации (горячая или холодная штамповка, динамический или статический характер нагружения, способ смазки и охлаждения, величина удельных усилий штамповки, зависящая от сложности поковки и ее материала, схемы напряженного состояния в очаге деформации), габаритами штампа или вставки, серийностью производства и др. Поэтому для изготовления штампов применяют разнообразные по химическому составу и свойствам марки сталей. Однако их число стремятся свести на заводах к целесообразному минимуму, что облегчает заказ и получение штамповых материалов, изготовление штампов и их эксплуатацию. Марки штамповых сталей и химический состав регламентируются ГОСТ 5950—73. Для изготовления молотовых и прессовых штампов получили распространение стали 5ХНМ, 5ХНВ, 5ХНВС, 5ХГМ.

# Материалы для штампов

Полноценным заменителем дефицитных хромоникелевых сталей 5ХНВ и 5ХНМ является безникелевая сталь 4ХСМФ. Дешевыми сталями для высадочных штампов являются марки 4ХВ2С, 5ХВ2С, 7Х3, 8Х3. При штамповке труднодеформируемых сплавов применяют высоколегированные стали 4ХЗВМФ, 4Х5В2ФС, 4Х5МФС, 4Х4ВМФС, 5ХЗВЗМФС, 5Х2ВМНФ и др. Эти же стали целесообразно применять для изготовления высоконагруженных деталей штампов при высадке и выдавливании на ГКМ, ГШКП, горячевысадочных автоматах, высокоскоростных машинах. Для повышения износостойкости и теплостойкости штамповых вставок, пуансонов и матриц широко применяют химико-термическую обработку поверхности ручья. Например, очень эффективно азотирование сравнительно небольших по габаритам вставок штампов ГШКП. Рабочие элементы обрезающих штампов изготавливают из хромистых сталей типа 7Х3, 8Х3. Реже применяют стали 5ХНВ, 5ХНМ, 4ХВ2С. Часто режущие кромки деталей штампа, выполненных из стали 45, наплавляют твердым сплавом. Блоки для молотовых вставок, матриц для высадки изготавливают из сталей 40ХЛ, 40Л. При жидкой штамповке для инструмента используют стали 4Х5В2ФС, 4Х5МФС, 3Х2В8Ф; для изотермической штамповки титановых сплавов и сталей применяют жаропрочные сплавы на никелевой основе типа ЖС6К, ЖС6У, керамические и металлокерамические сплавы, сплавы на основе молибдена. Весьма перспективно при горячей объемной штамповке применение литых штампов, изготавливаемых вместе с ручьями. Для литых штампов используют стали, в основном, подобные по составу сталям для ковочных штампов.

# Штамповка в открытых и закрытых штампах

В открытых штампах получают поковки удлиненные и осесимметричной формы. В закрытых штампах преимущественно получают осесимметричные поковки из малопластичных материалов. Поковки с простой формой штампуют в штампах с одной полостью, более сложные поковки с очень резкими изменениями сечений по длине или с изогнутой осью штампуются в многоручьевых штампах. Если штамповка происходит с облоем, то в технологическом процессе обязательно нужно включать обрезку облоя, ее производят на кривошипных прессах.



Эскизы открытого (а) и закрытого (б) штампа: 1 – верхняя половина штампа; 2 – нижняя половина штампа; 3 – конфигурация поковки; 4 – магазин; 5 – мостик

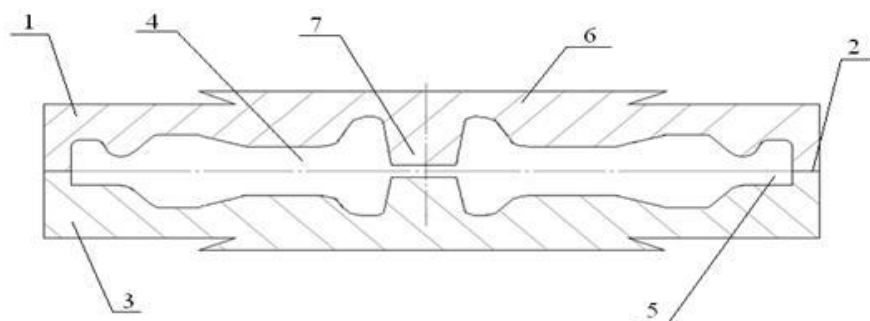
# Штамповка в открытых штампах

Основные признаки открытого штампа.

Полости штампа не замкнуты в течение всего процесса, часть металла (или излишек металла) имеет возможность вытекать в отход (облойная канавка, заусенечная канавка). По мере смыкания штампов толщина мостика постоянно уменьшается и достигает в конце смыкания штампа расчетного значения. При расчете объема металла обязательно нужно предусматривать дополнительный объем металла, который пойдет в облой. Направление вытекания металла в облой всегда перпендикулярно движению штампа, в технологическом процессе нужно обязательно предусматривать операцию обрезки облоя.

Преимущества открытого штампа:

1. Простота конструкции.
2. Надежность работы.
3. Не требуется рассчитывать точный объем заготовки.
4. Из заготовки низкой точности получается поковка более высокой точности.

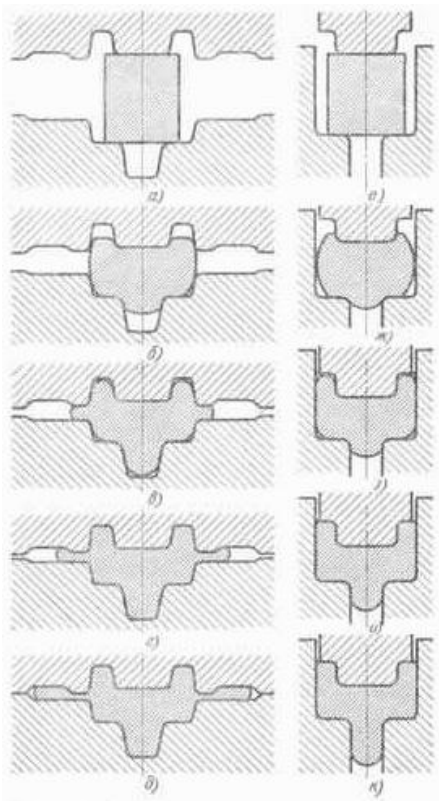


- 1 - верхняя подвижная часть штампа, закрепляемая на бабе молота;
- 2 - плоскость разъема;
- 3 - нижняя неподвижная часть штампа, закреплённая на нижнем шаботе молота;
- 4 - внутренняя плоскость или фигура штампа;
- 5 - облой - заусенец;
- 6 - клиновидный выступ для креплений элементов штампа в оборудовании;
- 7 - прошиваемая перемычка будущего отверстия.

# Последовательность заполнения штампа

Первая стадия. Обычно это аналогия какой-нибудь операции свободной ковки, когда первая стадия заканчивается металл приближается к облойной канавке.

На второй стадии металл начинает вытекать в облойную канавку. На третьей – полное смыкание штампов, то есть стадия до штамповки. Если на третьей стадии появляется облой, то его называют избыточным облоем.



а, б, в, г, д – стадии заполнения штампа в открытом штампе;  
е, ж, з, и, к – стадии заполнения в закрытом штампе.





# Штамповка в закрытых штампах

Основные признаки закрытого штампа.

Отход в облой не предусмотрен, то есть объем поковки равен объему заготовки. В процессе штамповки в закрытом штампе предусмотрен компенсатор, он расположен между пуансоном и матрицей.

Преимущества закрытого штампа:

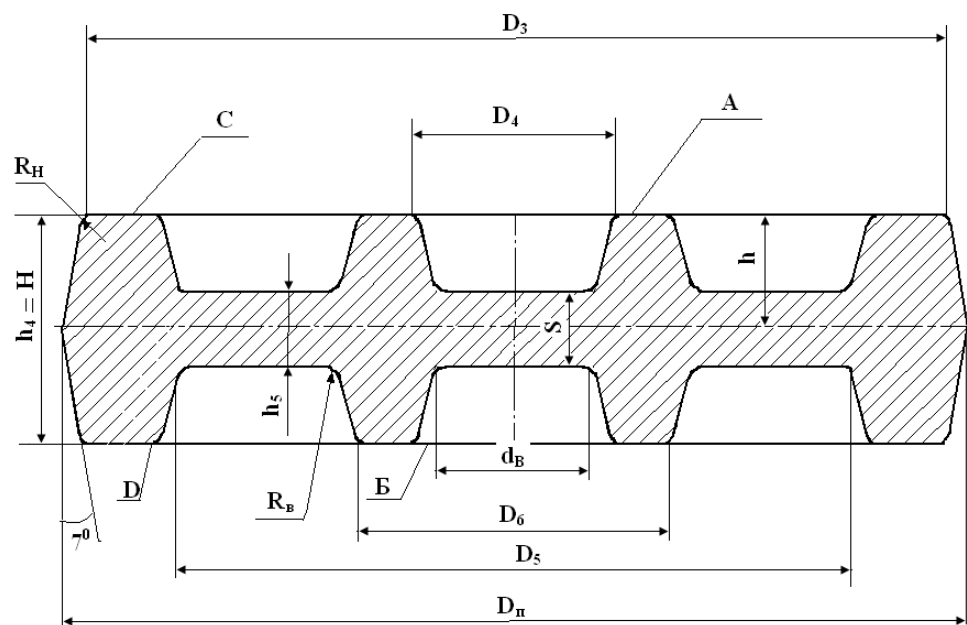
1. Практически нулевой отход металла.
2. Очень высокая точность размеров по сравнению с открытым штампом.

Недостатки закрытого штампа:

1. Требуется точный объем металла, в противном случае произойдет не заполнение штампа. В случае избытка металла возникают большие напряжения, что приводит к износу и возможно к поломке.
2. Если металла образуется больше, то образуется торцевой заусенец.
3. Большие допуски на высоту поковки.

# Выбор линии разреза штампа

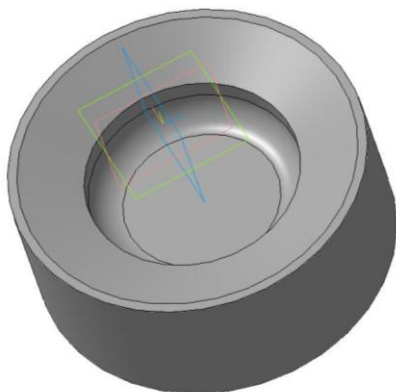
Различают наружный и внутренний разъемы. Линии разреза выбираются по наибольшему габаритному размеру в плане заготовки. Линия разреза должна визуально контролировать смещение штампов. Внутренние разъемы возникают в случае, когда нужно изготовить внутренние отверстия. Внутренняя линия назначается независимо от наружной линии разреза. Линию разреза можно изготавливать чуть выше, чуть ниже или по середине.



Если нужно получить сквозное отверстие, то рекомендуется применить плоскую перемычку  $S=3\div 6$  мм. Если диаметр отверстия  $< 0,4$ , то применяют перемычки с раскосом.

# Штамповочные уклоны

Штамповочные уклоны необходимы для свободного извлечения заготовки из штампа. Они направлены в сторону линий разъема, назначаются по ГОСТ из стандартного ряда (1,2,3,5,7,9,11). Различают наружные и внутренние уклоны,  $R_{\text{н}}=2\div 3$  мм и  $R_{\text{вн}}=3\div 4$  мм.



Оборудование	Штамповочные уклоны, градусов	
	На наружной поверхности	На внутренней поверхности
Штамповочные молоты, прессы без выталкивателей	7	10
Прессы с выталкивателями, горизонтально-ковочные машины	5	7
Горячештамповочные автоматы	1	2

На поверхностях отверстий в поковках, изготовленных на горизонтально-ковочных машинах, штамповочный уклон не должен пропитать  $3^\circ$ .

Впадины и углубления в поковке, когда их оси параллельны направлению движения одной из подвижных частей штампа, а диаметр или наименьший поперечный размер не менее 30 мм, выполняют глубиной до 0,8 их диаметра или наименьшего поперечного размера — при изготовлении на молотах и прессах и до трех диаметров — при изготовлении на горизонтально-ковочных машинах.

В поковке выполняют сквозные отверстия при двухстороннем углублении, если при ее изготовлении их оси параллельны направлению движения одной из подвижных частей штампа, а диаметр сквозного отверстия не менее 30 мм, а толщина поковки в месте пробивки — не более диаметра пробиваемого отверстия.

# Термическая обработка поковок

В процессековки и горячей штамповки в детали возникают внутренние напряжения, чаще всего возникают при охлаждении поковок. Обычно температура окончания штамповки примерно составляет в зависимости от технологического процесса 850-950 °С, при этой температуре в металле также протекают процессы распада аустенита и рекристаллизации зерен, что наряду с термическими напряжениями может привести к критическим напряжениям, в последствии которые вызывают трещины. Поковки подвергают различным видам термообработки. Обычно в кузнечных цехах проводят только первичную термообработку (отжиг, нормализация, высокий отпуск). В некоторых случаях применяют двойную термообработку (нормализацию с последующим отпуском или закалку с последующим отпуском). Как правило, после отжига уменьшается временное сопротивление, то есть твердость стали. Тем не менее, увеличивается ее относительное удлинение. В последующем в результате нормализации сталь получает более однородную мелкозернистую структуру, значительно увеличиваются механические свойства, главным образом прочность и вязкость. Нормализованная сталь хорошо обрабатывается механической обработкой (резание, обработка на станках). При быстром охлаждении стали во время заковки возникают внутренние напряжения, которые вызывают брак (коробление заготовки и всевозможные трещины), поэтому при закалке важное значение имеет правильный выбор охлаждающей среды. Выбор охлаждающей среды, во многом, зависит от марки стали. При отпуске в стали не происходит обычное структурное изменение, связанное с переходом критической точки  $A_{C1}$  при нагреве стали под отпуск происходит только распад мартенсита в процессе которого образуются промежуточные структуры стали.

# Термическая обработка поковок

Сталь соответственно теряет твердость и прочность, становится более мягкой и вязкой. Для поковок из конструкционной стали, обычно применяют высокий отпуск с целью снятия внутренних напряжений, возникающих в процессе штамповки и при охлаждении.

Марка стали	Режим обработки, °С	Твердость после термообработки, НВ
Ст 10-20	Углеродистые стали, нормализация 750-870	НВ 143-156
Ст 40-45	Нормализация 840-860, закалка 820-850	После нормализации НВ 207-217
15X – 20X	Легированные стали, нормализация 900-920, отжиг 890-910, закалка 840-860 в воде	После нормализации НВ 143-197
X12 –X12M	Отжиг изотермический 730-862	НВ 228-255

# Оборудование для термической обработки

Все современные кузнечно-штамповочные цеха имеют в своем составе термические отделения, в которых заготовки подвергаются термообработке. Основным оборудованием для термообработки служат пламенные и электрические печи. В зависимости от характера производства и термообработки применяют камерные или проходные механизированные печи. Для отжига поковок применяют камерные печи с высоко-выдвижным подом, а в небольших цехах применяют обычные.



Печь с выкатным подом




## Очистка поковок от окалины

Для того, чтобы повысить срок службы режущего инструмента (режущий инструмент для обработки поковок) их подвергают очистке от окалины.

Качество поковок в значительной степени зависит от очистки заготовок от окалины перед штамповкой. На производстве применяются механические способы удаления окалины — скребками, вращающимися стальными щетками и рифлеными роликами, а также струей сжатого воздуха или пара во время штамповки.

Применяется также способ очистки от окалины водой под давлением 100—150 атм. Нагретая заготовка со всех сторон омывается струями воды, вырывающимися из насадок. Охлаждаемая окалина отскакивает от основного металла. Так как процесс происходит очень быстро (несколько секунд), то основной металл не успевает охладиться.



По сравнению с механическими способами гидроочистка дает более чистую поверхность поковки. Гидроочистку можно применять для заготовок из стали разных марок, разного сечения и размеров. Поковки также необходимо тщательно очищать от окалины.



# Очистка поковок от окалины

В промышленности применяют 3 основных способа очистки поковок:

- 1.Травильная установка.
- 2.Дробеструйная установка.
- 3.Галтовочный барабан.

## Травильная установка.

В течение примерно 40 минут поковки помещаются в 16—20% раствор серной или соляной кислоты, затем нейтрализуются известью, промываются и сушатся. При этом способе окалина полностью удаляется даже из труднодоступных мест (отверстий, углублений). При травлении происходит потеря 1—1,5% основного металла.

## Очистка в дробеструйных установках.

Очистка производится струей чугунной дроби или стальной рубленой проволоки, механически выбрасываемой из специального аппарата. Качество очистки высокое, поковка не меняет своих размеров, углы и ребра не забиваются.



# Очистка поковок от окалины

Производительность очистки в 3—4 раза выше, чем при травлении, а стоимость меньше примерно в 7 раз.

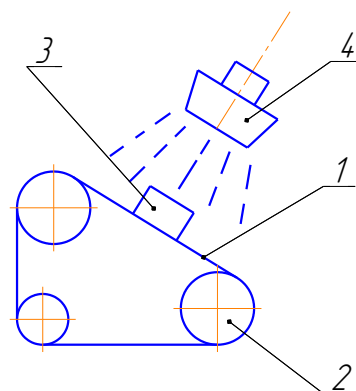
Особо ответственные поковки, на которых недопустимы никакие поверхностные дефекты, после дробеметной очистки могут подвергаться кратковременному (5—10 минут) травлению в слабом (5—7%) растворе серной кислоты. При дробеметной очистке повышается твердость поверхностного слоя поковки.



Контейнерный тип



Карусельный тип



1. транспортер по которому движется заготовка 3  
2. опорный ролик  
3. заготовка  
4. дробеструйная установка

Туннельный тип

## Очистка поковок от окалины

**Галтовка в барабанах.** Детали помещаются во вращающийся барабан. Для поглощения окалины и частиц металла в барабан в небольшом количестве загружаются опилки. Обкатка заготовок может также производиться в барабанах со щебнем или синтетической окисью алюминия и мыльной водой (мокрая галтовка). Недостатком мокрой галтовки является то, что снимается не только окалина, но и основной металл.



Тела галтовочные



# Разделка исходного материала

Катаный металл разделявают на заготовки следующими способами:

1. Резка на прессножницах и резка в штампах.
2. Ломка на хладноломах.
3. Резка пилами.
4. Газопламенная резка.

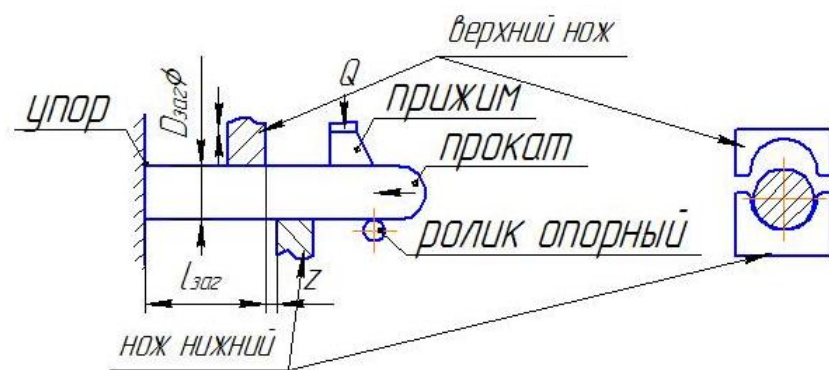
В последнее время новыми видами разделки являются резка кручением и лазерная резка.



# Разделка исходного материала

## Резка на прессножницах.

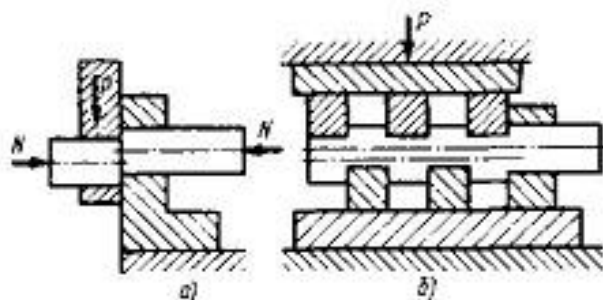
Это основной способ разделки проката  $D$  до 300 мм. Прокат подается в осевом направлении, после закрепления в упорах движение верхнего ножа происходит отрезка заготовки.



# Разделка исходного материала

## Резка на хладноломах.

Резка на хладноломах представляет собой способ разделки проката на заготовки путем разрушения металла по предварительно нанесенным надрезам 5, которые являются концентраторами напряжений. Надрез выполняют глубиной, равной 3 ... 8 % от толщины заготовки  $H_0$ . Ширина надреза, выполненного механической пилой, соответствует толщине пилы. Если надрез осуществляется газовым резаком, его ширина должна быть не более 5 ... 7 мм.



Схемы отрезки в штампах:  
а – с осевым сжатием, б – нескольких заготовок одновременно

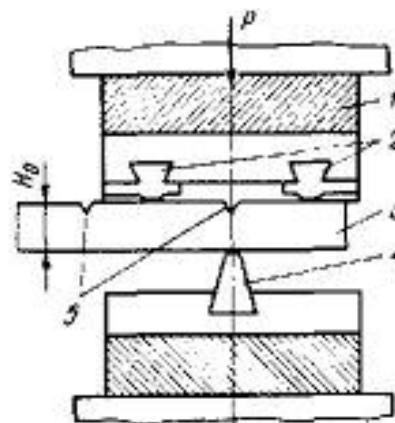
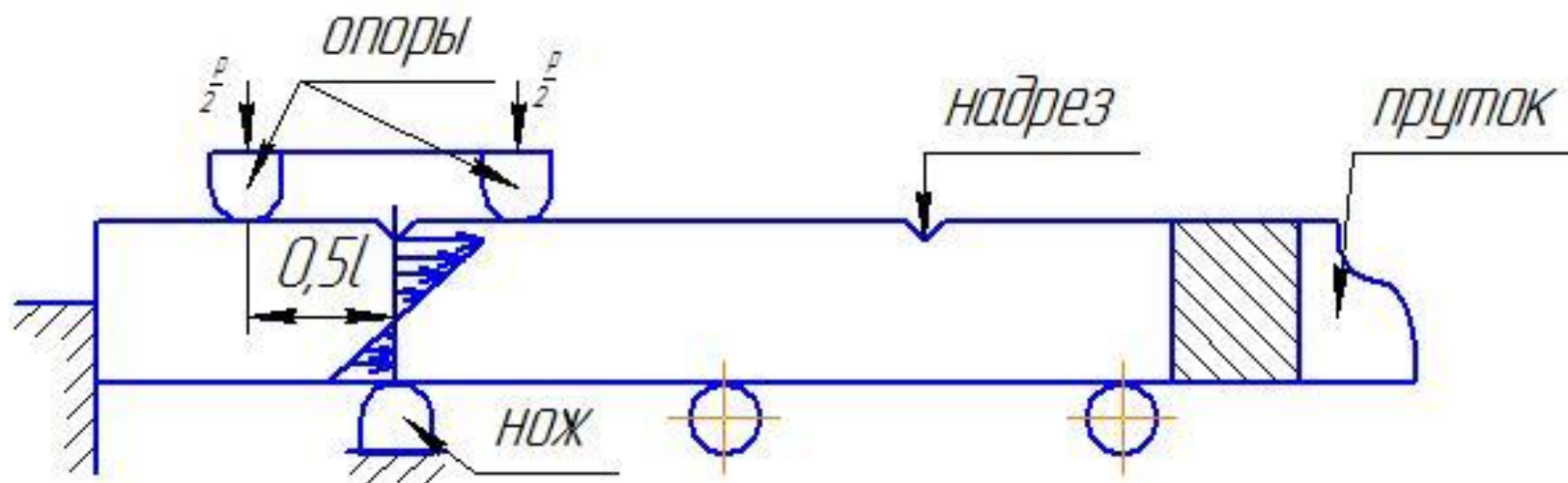


Схема ломки проката на хладноломах:  
1 – ползун, 2 – опоры, 3 – заготовка, 4 – ломатель, 5 – надрезы

# Разделка исходного материала

Резка на хладноломах.



## Разделка исходного материала

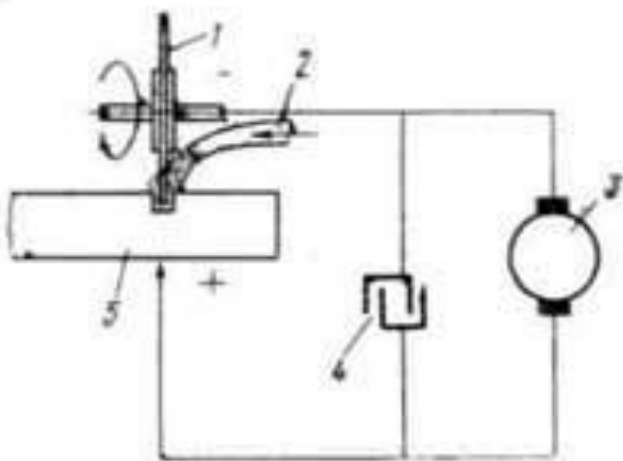
В современных прессах-хладноломах концентраторы напряжений наносят путем вдавливания специального пуансона, образующего на прутке канавку треугольного профиля. Предварительно надрезанная заготовка 3 устанавливается на ломатель 4; при опускании ползуна 1 закрепленные на нем опоры 2 переламаывают заготовку.

Производительность хладноломов зависит от типа применяемого оборудования. Чаще всего в качестве этого оборудования используют быстроходные кривошипные прессы, производительность которых составляет несколько тысяч мерных заготовок в смену. Хладноломы применяют для получения заготовок крупного сечения (50 . . . 250 мм) из легированных и углеродистых сталей, например из стали ШХ15. Возможность быстрого регулирования расстояния между опорами 2 позволяет применять хладноломы и в мелкосерийном производстве.

К достоинствам холодной ломки относятся высокая производительность процесса, простота конструкций хладноломов, небольшое усилие ломки и возможность контроля качества металла по характеру излома. Ее недостатками являются непригодность для разделки труб, сложных профилей и пластичных металлов, а также необходимость предварительного нанесения надрезов.

## Разделка исходного материала

Резка заготовок на дисковых пилах (холодной резки) и на электропилах (анодномеханических). Для заготовок, длина которых меньше 0,8 диаметра или стороны квадрата (сечения) исходного материала, а также при необходимости получения ровного торца и точного размера по длине заготовки применяют резку на пилах. Дисковые пилы для холодной резки металла из-за относительно низкой производительности и значительных потерь металла на прорезку применяют в кузнечноштамповочных цехах ограниченно.



- 1 — диск (катод);
- 2 — подача электролита;
- 3 — генератор;
- 4 — конденсатор;
- 5 — заготовка (анод).

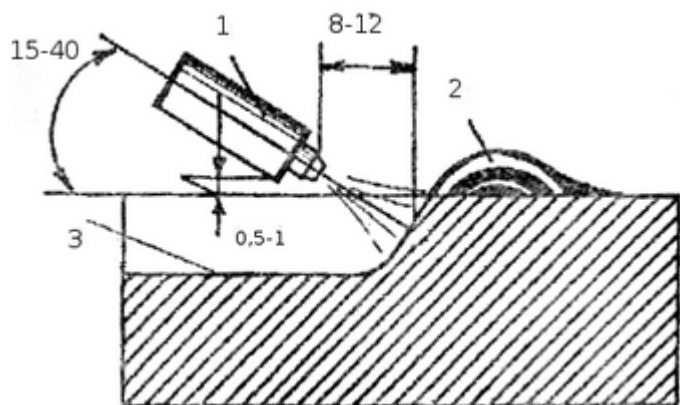


## Разделка исходного материала

Более производительны **анодномеханические станки**, которые широко применяют для резки заготовок из высоколегированных сталей и которые совершенно незаменимы для резки вязких и очень твердых сплавов. Поверхность реза (торца) получается чистой и так как толщина режущего диска не превышает 1,5—2 мм, то потери металла при резке этим способом значительно меньше, чем при использовании пил для холодной резки. Анодномеханическая резка основана на электроэрозионном эффекте — способности электрического тока при определенных условиях разрушать любой металл. Источник постоянного тока (низкого напряжения) генератор 3 соединен положительным полюсом (анодом) с разрезаемой заготовкой 5, а отрицательным полюсом (катодом) с вращающимся режущим диском 1. По трубке 2 в зазор между вращающимся диском и телом заготовки подается электролит, образующий на поверхности реза тонкую пленку с большим электрическим сопротивлением. Однако при высокой плотности тока происходит замыкание электрической цепи. Расход режущих дисков небольшой, изготавливают их штамповкой из листовой стали марок 08 и 10, а часто из кровельного железа толщиной от 0,5 мм.

# Разделка исходного материала

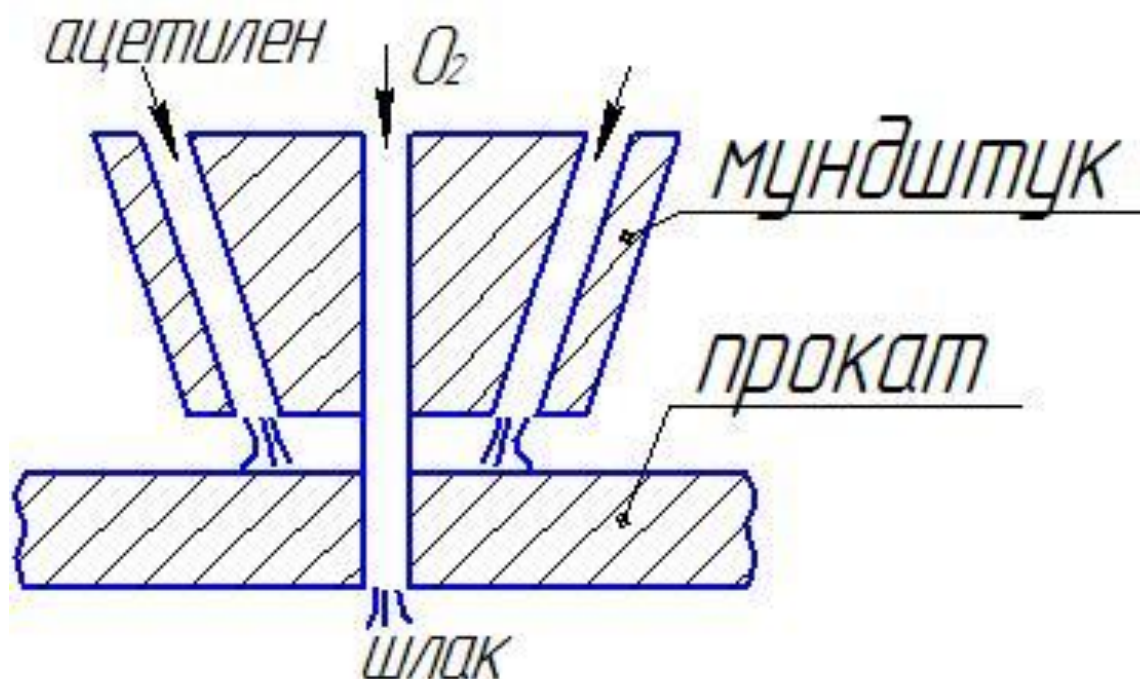
**Газопламенная резка.** Используется для разделки стального проката не круглых сечений (ацетилен через мундштук подается на заготовку и подвергается возгоранию). Пламя подается в зону реза и быстро нагревает металл до температуры нагрева металла. После этого в зону реза подается кислород, и металл сгорает, образуя шлак, который выходит из зоны реза в мульту.



1-мундштук; 2-шлак; 3-канавка

Недостаток: Резка данным способом проводится до 10 мм из-за высоких энергических затрат.

## Разделка исходного материала



Ацетилен подается через мундштук и подвергается возгоранию. Пламя подается в зону реза и быстро нагревает металл до температуры его горения. Затем через центральное отверстие мундштука подается кислород и металл сгорает, а шлак выдувается из полости реза.

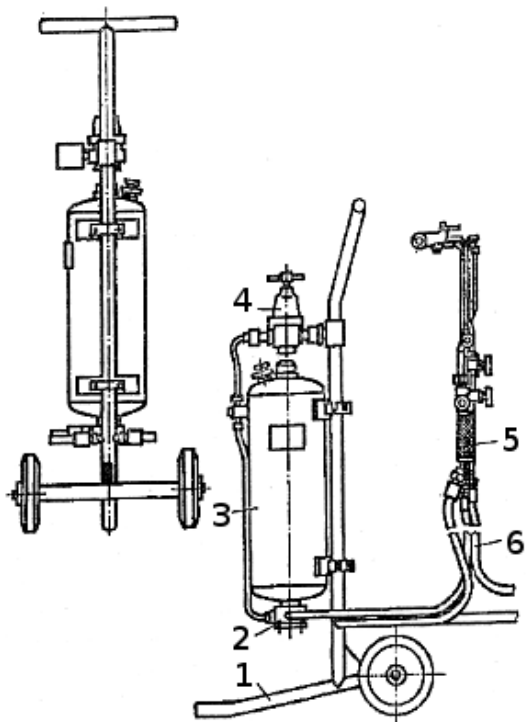
## Разделка исходного материала

**Высококачественная скоростная резка** достигается наклоном резака под острым углом и применением специальных мундштуков, у которых имеется три отверстия для режущего кислорода. Центры этих отверстий образуют равнобедренный треугольник, вершиной которого служит отверстие, предназначенное для основной режущей струи. Режущая струя осуществляет резку и проходит первой. Две вторые струи, перемещаясь вслед за основной, осуществляют зачистку образовавшихся кромок. К недостаткам этого вида резки относят большую ширину реза и невозможность прохода по криволинейным контурам.

**Кислородно-флюсовую резку** выполняют при резке легированных сталей. Для этого вместе с кислородом вводят порошкообразный флюс, при сгорании которого выделяется дополнительное тепло, что увеличивает температуру в зоне резки. В качестве флюса чаще всего используют железный порошок, которым заполняют специальный флюсопитатель, обеспечивающий подачу и регулировку расхода. Продукты сгорания флюса взаимодействуют с оксидами, образуя жидкотекучие шлаки, которые легко удаляются из зоны реза. Лучше всего подаются кислородно-флюсовой резке хромистые и хромоникелевые стали. Этим же методом можно резать и чугун.

## Разделка исходного материала

Резка сплавов на медной и алюминиевой основе затруднительна и требует последующей механической обработки. Для механизации работ по кислородно-флюсовой резке существует установка УГПР.



УГПР - Установка кислородно-флюсовой резки.

1 - тележка; 2-циклон; 3-флюсопитатель;  
4-редуктор кислорода; 5-резак; 6-шланги

# Разделка исходного материала

**Резка лазером** осуществляется лазерным лучом, который расплавляет и испаряет металл.

Достоинства:

1. Высокая точность.
2. Высокая скорость.
3. Гладкая поверхность линии среза.

Недостаток:

1. Ограниченная толщина заготовки.



# Выбор облойных канавок и облоя

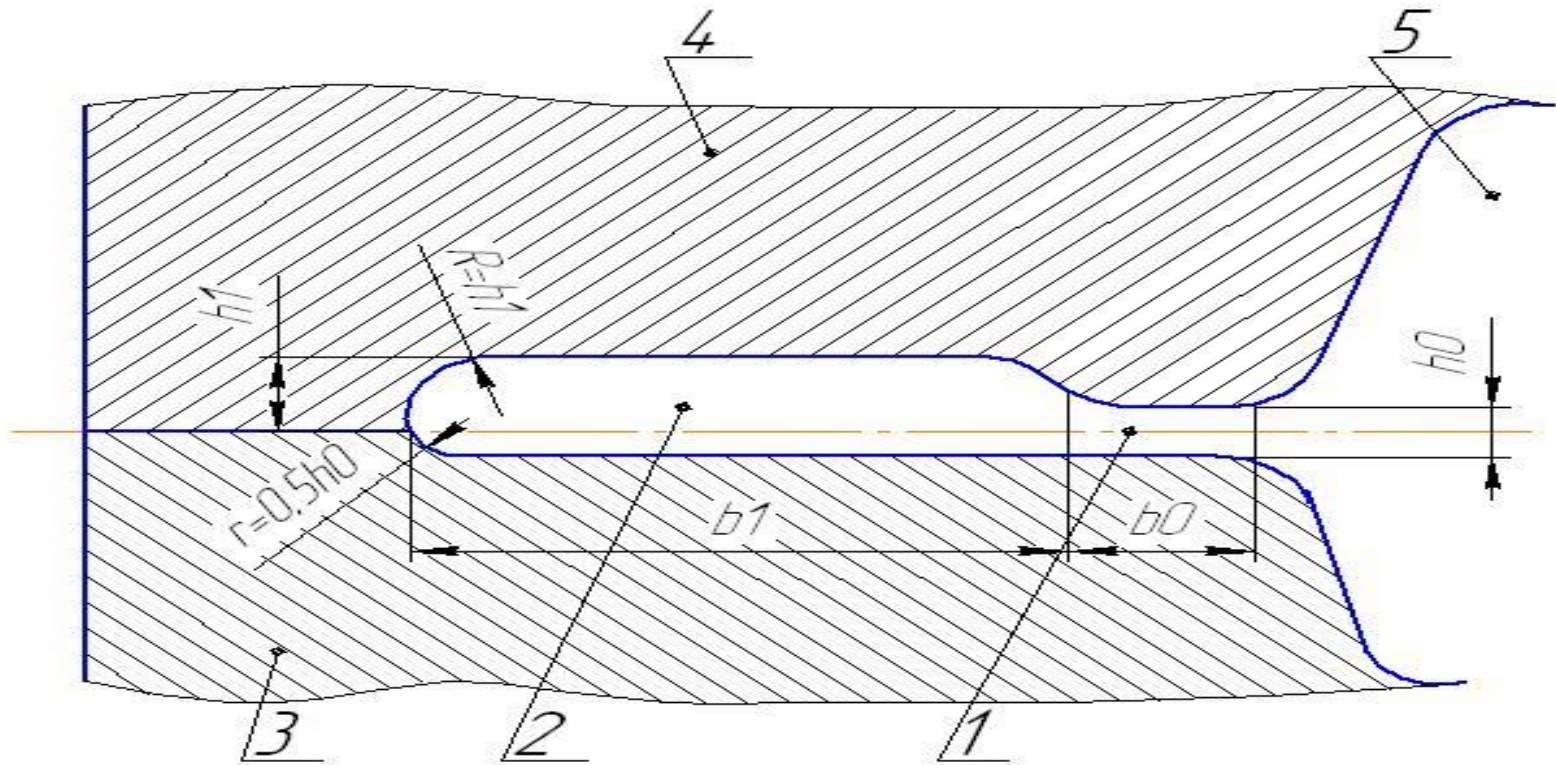
**Облойная канавка** – предназначена для размещения в ней облоя. Она создает сопротивление истечению металла из полости ручья, это способствует заполнению ручья металлом.

При штамповке заготовка сначала осаживается и часть металла вытекает в облойную канавку. По мере осаживания он закрывает выход остальному металлу из полости ручья, способствуя его заполнению. Когда полость ручья полностью заполнена металлом происходит доштамповка поковки, при которой избыточный металл вытекает из полости ручья. Основное влияние на сопротивление истечению металла оказывает толщина и ширина облоя. В соответствии со своим назначением облойная канавка имеет два участка:

Мостик – создает сопротивление истечению металла из полости ручья.

Магазин – для размещения излишков металла. В магазине металл не должен деформироваться, чтобы не создавать дополнительное сопротивление истечению металла из полости ручья.

# Выбор облойных канавок и облоя



- 1 – мостик; 2 – магазин; 3 и 4 – нижняя и верхняя половина штампа;  
5 – полость окончательного ручья штампа  
Схема облойной канавки молотового штампа






# Выбор облойных канавок и облоя

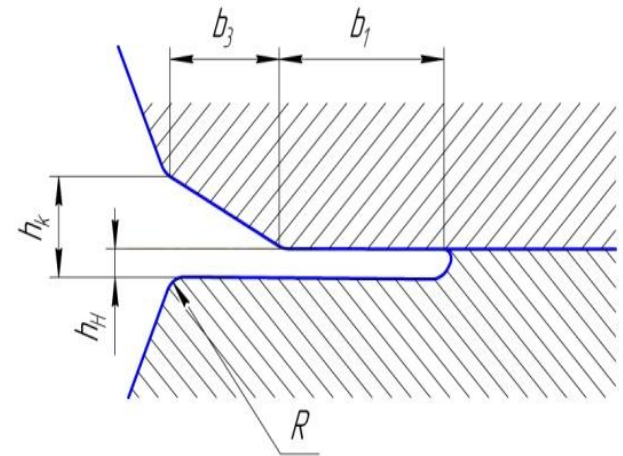
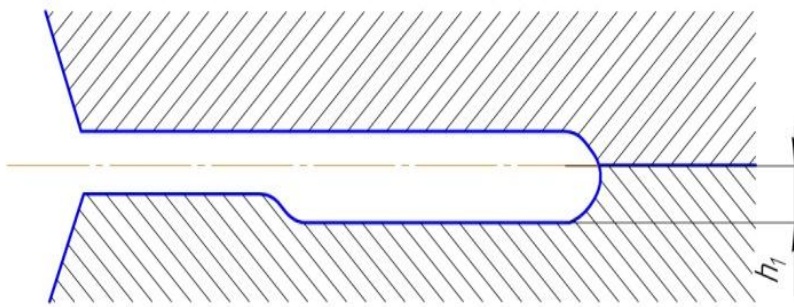
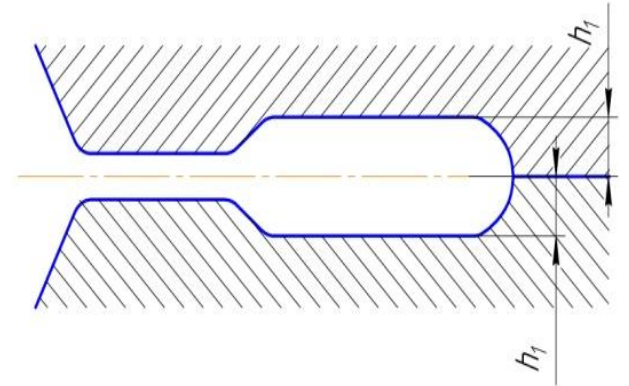
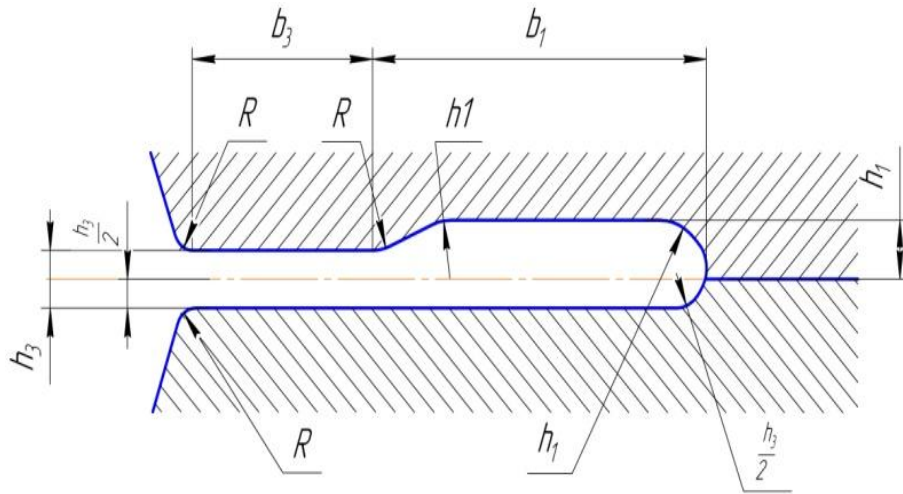
Применяется 4 типа облойных канавок:

- 1.основная – обеспечивает большую стойкость мостика, так как верхняя половина штампа прогревается меньше, чем нижняя;
- 2.с увеличенным магазином – применяется для увеличения объема магазина при штамповке сложных поковок;
- 3.применяется, если необходимо резко повысить сопротивление течению металла на некоторых участках окончательного ручья, с тем чтобы обеспечить заполнение глубоких и сложных полостей штампа.
- 4.применяется для круглых в плане поковок, которые обычно штампуют с применением только окончательного ручья (так называемая малоотходная штамповка).

Группы канавок по ширине:

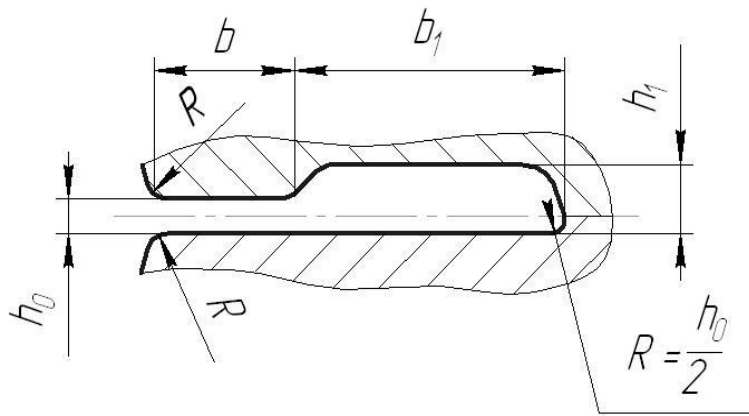
- узкая – если ручей заполняется осаживанием;
  - средняя – когда заготовка перекрывает ручей и заполняется он преимущественно выдавливанием;
  - широкая – многостадийное заполнение полости ручья.
- 

# Выбор облойных канавок и облоя

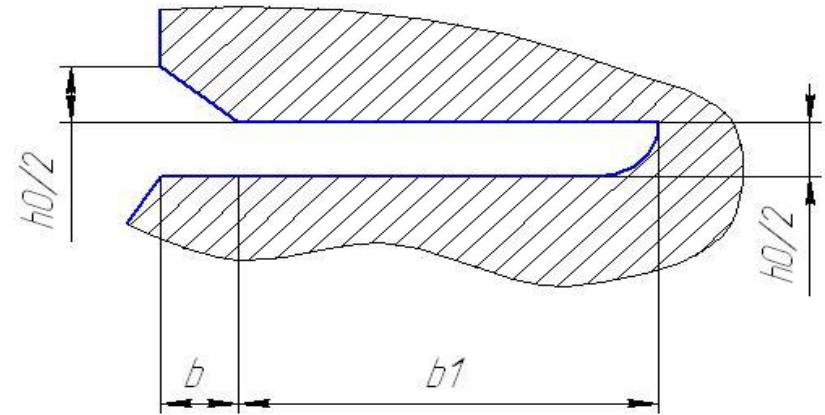


# Расчет размеров облойной канавки

В качестве примера приведен расчет двух облойных канавок типа I и IV.



Облойная канавка, I типа



Облойная канавка, IV типа

# Расчет размеров облойной канавки

Толщина облоя на мостике  $h_o$  (мм) рассчитывается в зависимости от формы поковки в плане. Для круглых поковок диаметром :

$$h_o = 0,015 \times D_{п},$$

где  $D_{п}$  – диаметр поковки, мм.

$$h_o = 0,015 \times 144 = 2 \text{ мм.}$$

Выбираются ближайшее значения  $h_o$  и все остальные размеры в зависимости от группы сложности поковки.

Для облойной канавки I типа в соответствии с таблицей:

$$h_o = 2 \text{ мм;}$$

$$h_1 = 4 \text{ мм;}$$

$$b = 9 \text{ мм;}$$

$$b_1 = 25 \text{ мм;}$$

$$R = 1 \text{ мм;}$$

$$S_{\text{обл.к.}} = 1,36 \text{ см}^2.$$

# Расчет размеров облойной канавки

Для облойной канавки IV типа:

$$h_o = 0,8 \text{ мм};$$

$$b = 6 \text{ мм};$$

$$b_1 = 20 \text{ мм};$$

$$S_{\text{обл.к.}} = 0,69 \text{ см}^2.$$

Среднюю площадь поперечного сечения облоя  $S_o$  ( $\text{мм}^2$ ) найдем по формуле:

$$S_o = \xi S_{\text{обл.к.}}$$

где  $\xi$  - коэффициент, учитывающий степень заполнения облойной канавки, зависит от формы поковки и сложности сечений;

Определяем коэффициент  $\xi$  заполнения облойной канавки. Для поковки группы II, с массой 7,26 кг,  $\xi_I = 0,5$  и  $\xi_{IV} = 0,5$ ;

$S_{\text{обл.к.}}$  - площадь поперечного сечения облойной канавки,  $\text{мм}^2$ .

Для облойной канавки I типа:

$$S_o = 0,5 \times 136 = 68 \text{ мм}^2.$$

Для облойной канавки IV типа:

$$S_o = 0,5 \times 69 = 34,5 \text{ мм}^2.$$

## Расчет размеров облойной канавки

Объем облоя  $V_o$  (мм<sup>3</sup>) можно определить как произведение средней площади его поперечного сечения на длину линии, проходящей через центры тяжести поперечных сечений облоя, или приближенно по формуле:

$$V_o = S_o P_n$$

где  $P_n$  – периметр поковки по линии разъема штампов,  $P_n = 478,54$  мм.

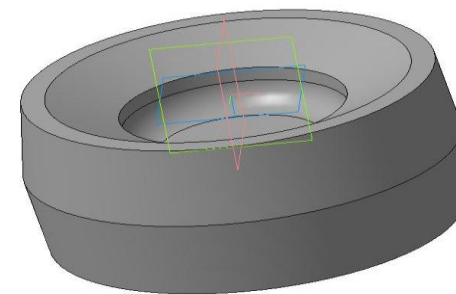
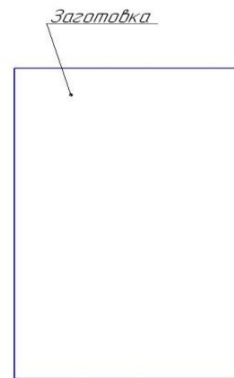
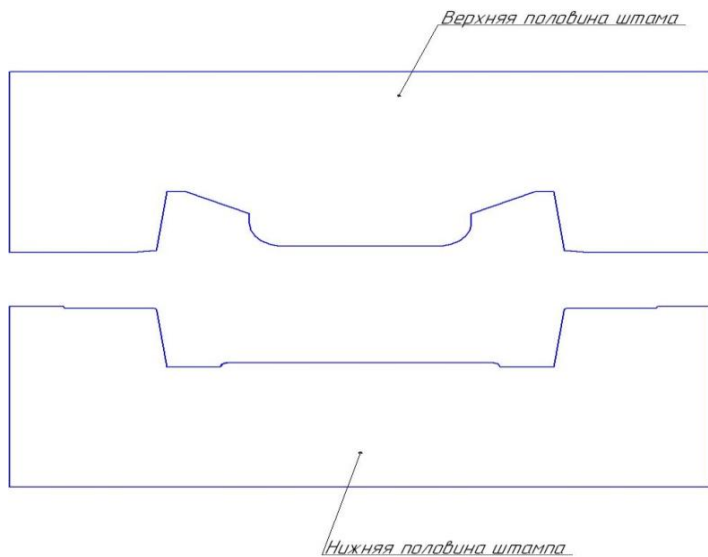
Для облойной канавки I типа:

$$V_o = 68 \cdot 478,54 = 32540,72 \text{ мм}^3$$

Для облойной канавки IV типа:

$$V_o = 34,5 \cdot 478,54 = 16509,63 \text{ мм}^3$$

# Моделирование штамповки в Deform 3D



Цилиндрическая заготовка для поковки с облойной канавкой I типа



Цилиндрическая заготовка для поковки с облойной канавкой IV типа

# Моделирование штамповки в Deform 3D

При штамповке круглых и квадратных в плане поковок в открытых штампах необходимую для штамповки массу падающих частей паровоздушного штамповочного молота  $G_0$  (кг) определяют по формуле:

$$G_0 = 5,6 \cdot 10^{-4} \times \sigma \left( -0,0005 D_n \right) \times \left\{ 3,75 \left( b + \frac{D_n}{4} \right) \left( 5 + 0,001 D_n^2 \right) + D_n \left( \frac{b^2}{2} + \frac{b \times D_n}{4} + \frac{D_n^2}{50} \right) \times \right. \\ \left. \times \ln \left[ 1 + \frac{2,5 \left( 5 + 0,001 D_n^2 \right)}{D_n \times h_0} \right] \right\}$$

где  $D_n$  - диаметр поковки, мм;

$\sigma$  - предел текучести материала поковки при данной температуре, МПа;

$b$  - ширина мостика облойной канавки, мм;

$h_0$  - толщина мостика облойной канавки, мм.



# Моделирование штамповки в Deform 3D

При штамповке круглых и квадратных в плане поковок в открытых штампах необходимую для штамповки массу падающих частей паровоздушного штамповочного молота  $G_0$  (кг) определяют по формуле:

$$G_0 = 5,6 \cdot 10^{-4} \times \sigma \left( -0,0005 D_n \right) \times \left\{ 3,75 \left( b + \frac{D_n}{4} \right) \left( 5 + 0,001 D_n^2 \right) + D_n \left( \frac{b^2}{2} + \frac{b \times D_n}{4} + \frac{D_n^2}{50} \right) \times \right. \\ \left. \times \ln \left[ 1 + \frac{2,5 \left( 5 + 0,001 D_n^2 \right)}{D_n \times h_0} \right] \right\}$$

где  $D_n$  - диаметр поковки, мм;

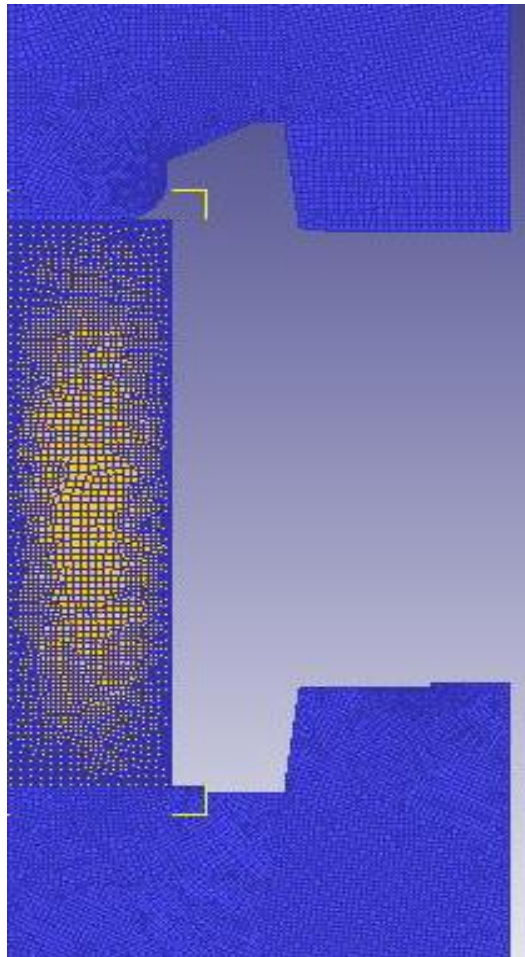
$\sigma$  - предел текучести материала поковки при данной температуре, МПа;

$b$  - ширина мостика облойной канавки, мм;

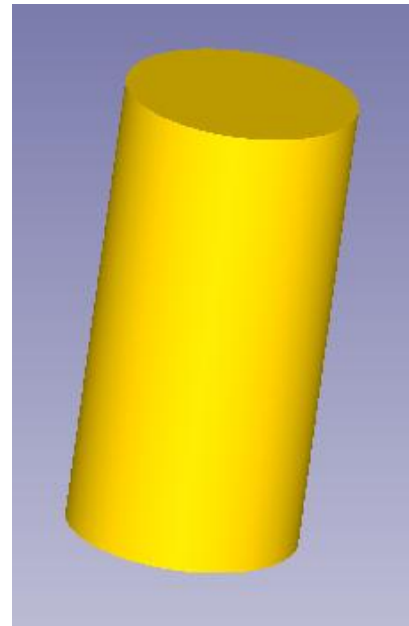
$h_0$  - толщина мостика облойной канавки, мм.

$$G_0 = 5,6 \times 10^{-4} \times 17 \times \left( -0,0005 \times 144 \right) \times \left\{ 3,75 \left( 9 + \frac{144}{4} \right) \left( 5 + 0,001 \times 144^2 \right) + 144 \left( \frac{9^2}{2} + \frac{9 \times 144}{4} + \frac{144^2}{50} \right) \times \ln \left[ 1 + \frac{2,5 \left( 5 + 0,001 \times 144^2 \right)}{144 \times 2} \right] \right\} = 844 \text{ кг} - 1 \text{ т}$$

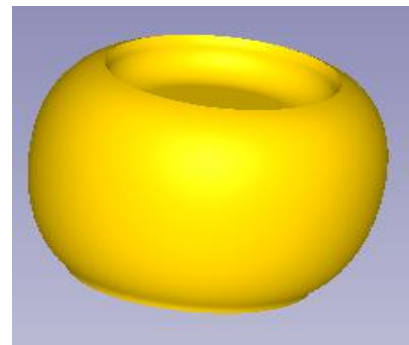
# Моделирование штамповки в Deform 3D



Конечно-элементная сетка



Заготовка исходная



После осадки




# Моделирование штамповки в Deform 3D

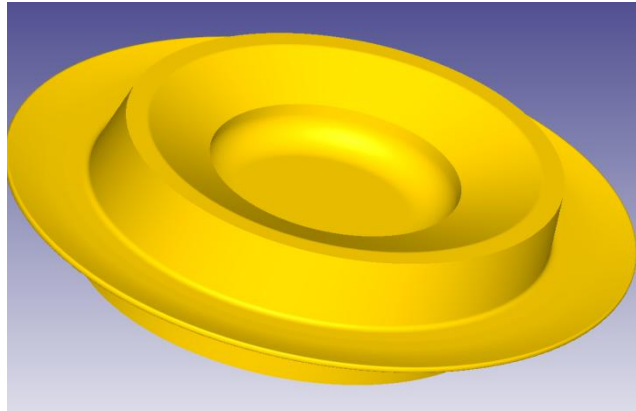
Заполнение гравюры штампа металлом происходит в четыре стадии:

1. Происходит свободная осадка до соприкосновения заготовки со стенкам гравюры штампа.
2. При дальнейшей осадке металл испытывает трение по боковым поверхностям гравюры, происходит дальнейшее заполнение гравюры. Стадия заканчивается началом образования облоя.
3. Происходит одновременное течение металла в облойную канавку и гравюру, сопротивления мостика увеличивается, стадия заканчивается полным заполнением гравюры.
4. Характеризуется вытеснением избытка металла в облойный магазин.

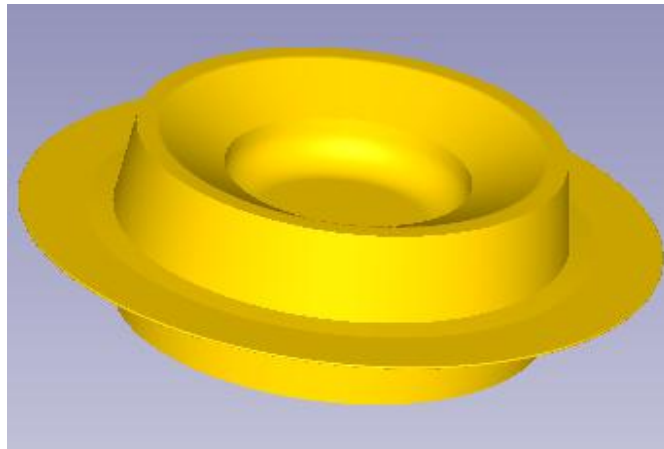
Ручьи штампов с облойными канавками I и IV типов заполнились полностью.



## Моделирование штамповки в Deform 3D

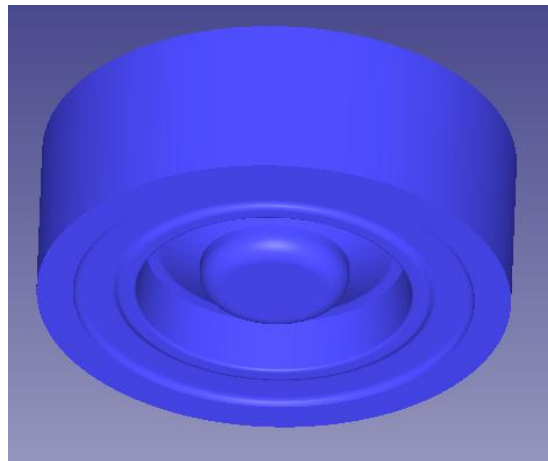


Поковка 1 –поковка, полученная горячей объемной штамповкой с помощью штампа с облойной канавкой I типа.

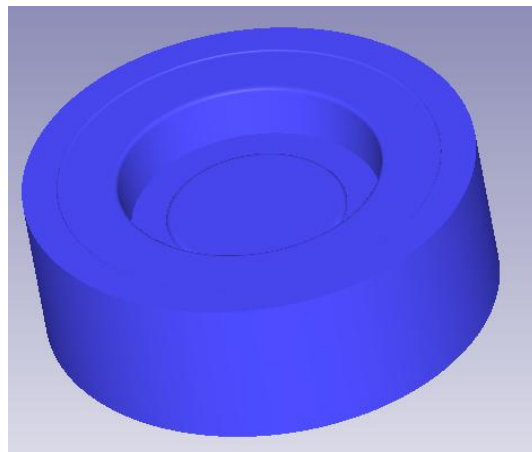


Поковка 2 –поковка, полученная горячей объемной штамповкой с помощью штампа с облойной канавкой IV типа.

# Моделирование штамповки в Deform 3D

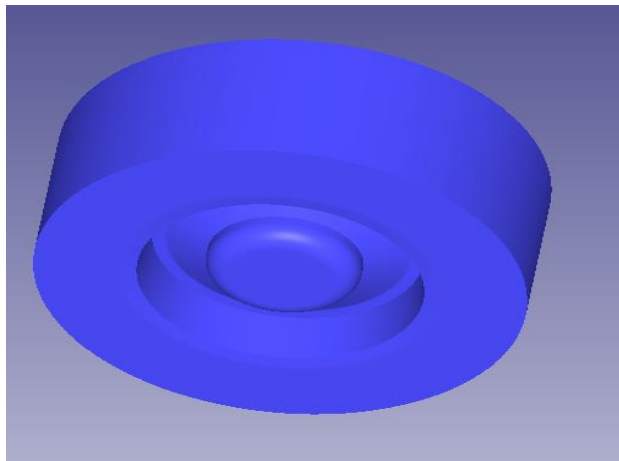


Верхняя половина штампа с облойной канавкой I типа

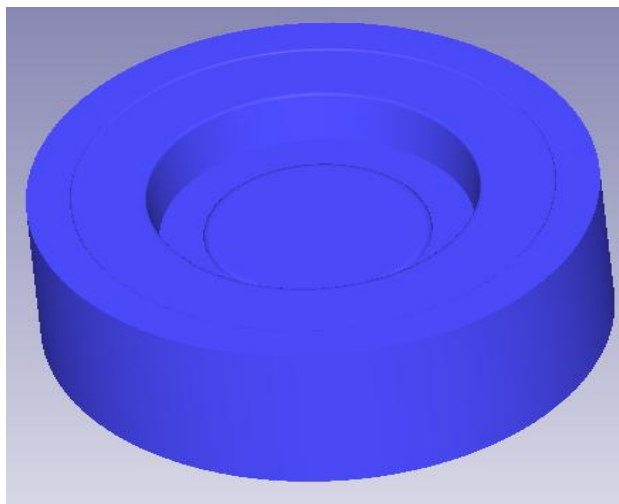


Нижняя половина штампа с облойной канавкой I типа

# Моделирование штамповки в Deform 3D



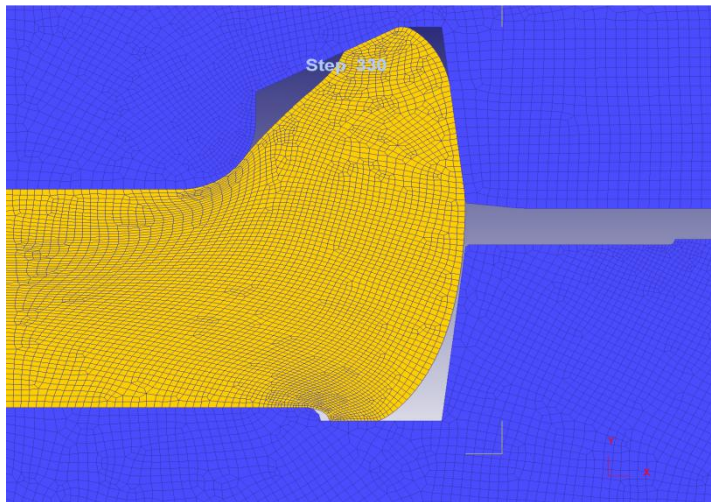
Верхняя половина штампа с облойной канавкой IV типа



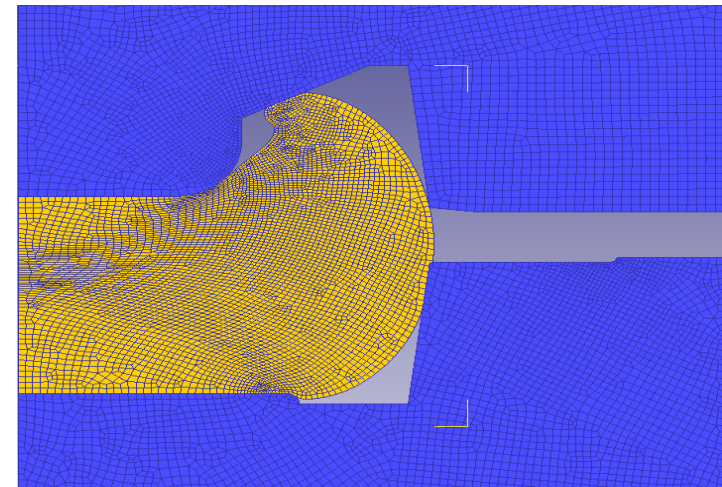
Нижняя половина штампа с облойной канавкой IV типа

# Моделирование штамповки в Deform 3D

Течение металла, изменение напряжений и температуры при разных скоростях штамповки. Смоделируем два процесса с облойной канавкой IV типа: для одного зададим скорость деформации 5 м/с, а для другого 7 мм/с.

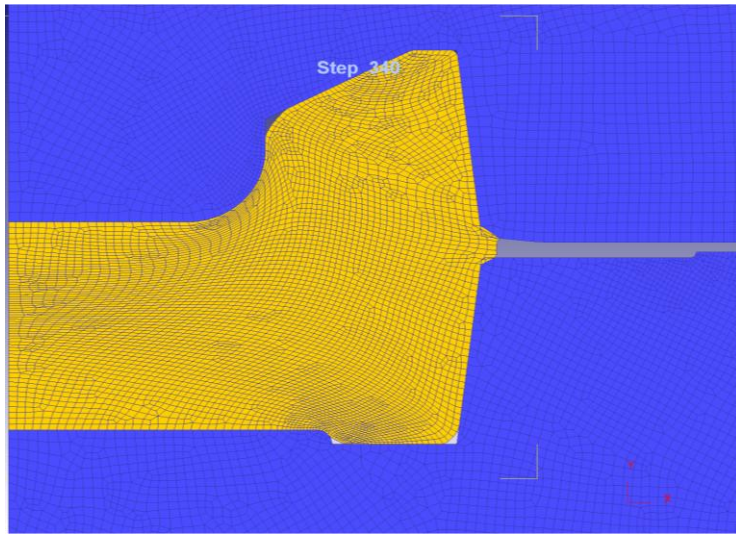


Стадия I-Смыкание штампа, скорость деформирования 5 м/с

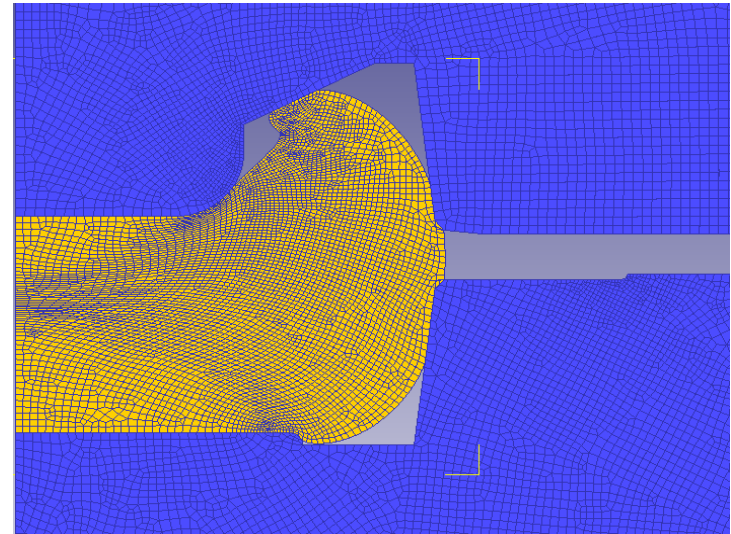


Стадия I-Смыкание штампа, скорость деформирования 7 мм/с

# Моделирование штамповки в Deform 3D



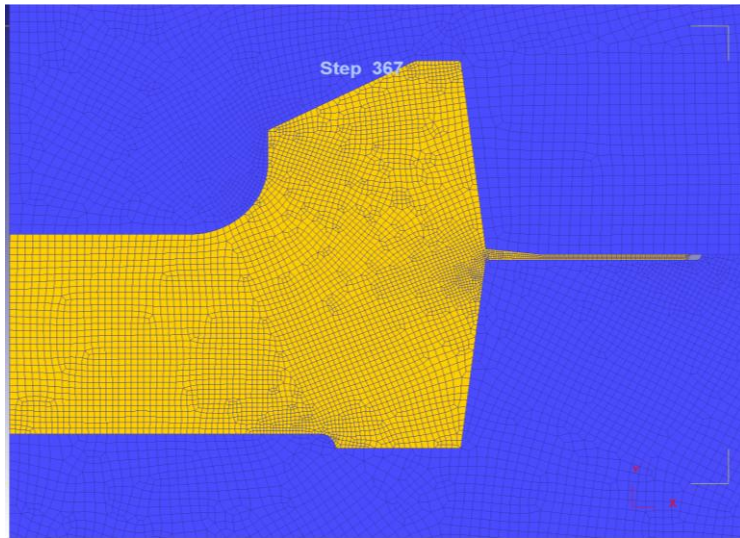
Стадия II-Металл начинает затекать в облойную канавку, скорость деформирования 5 м/с



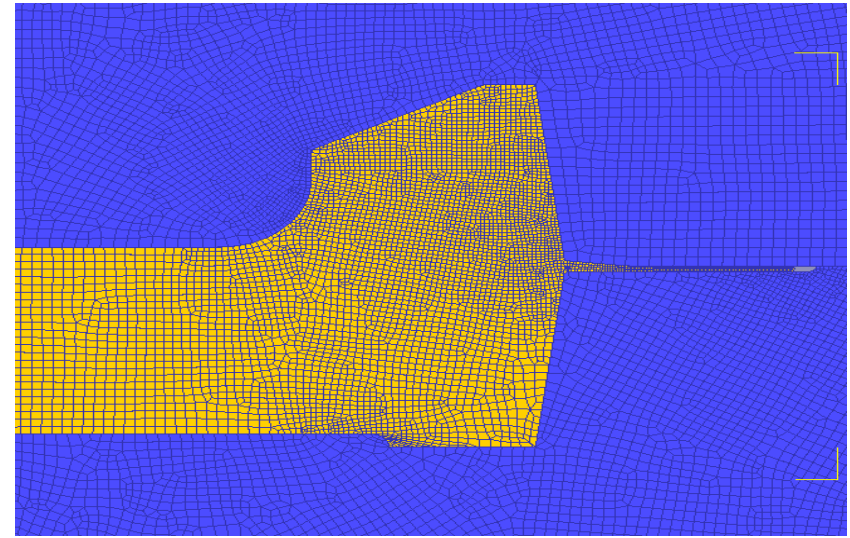
Стадия II-Металл начинает затекать в облойную канавку, скорость деформирования 7 м/с



# Моделирование штамповки в Deform 3D

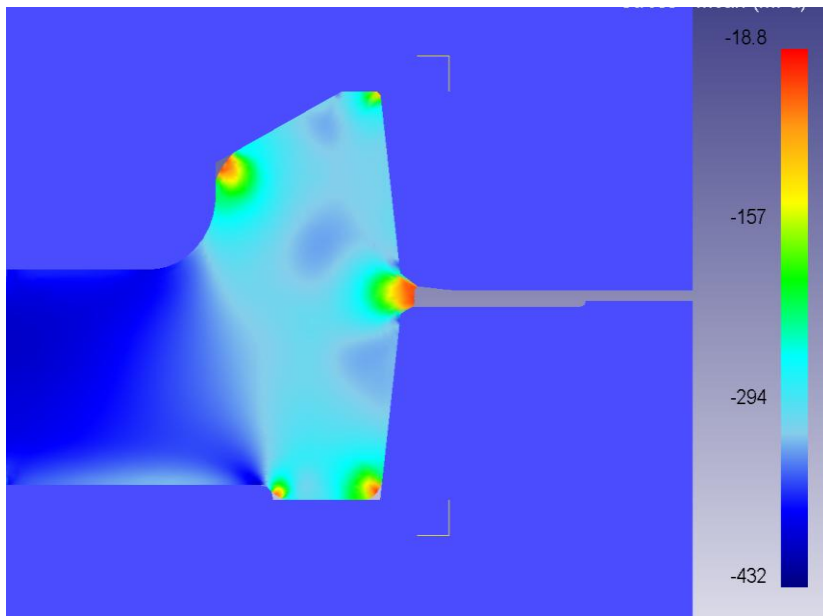


Стадия III-Металл начинает затекать в облойную канавку, скорость деформирования 5 м/с

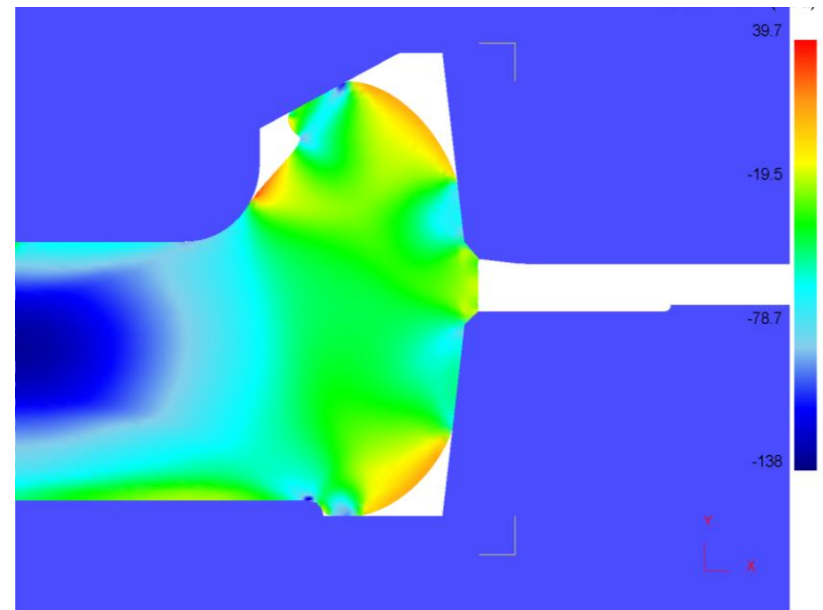


Стадия III-Металл начинает затекать в облойную канавку, скорость деформирования 7 м/с

# Моделирование штамповки в Deform 3D

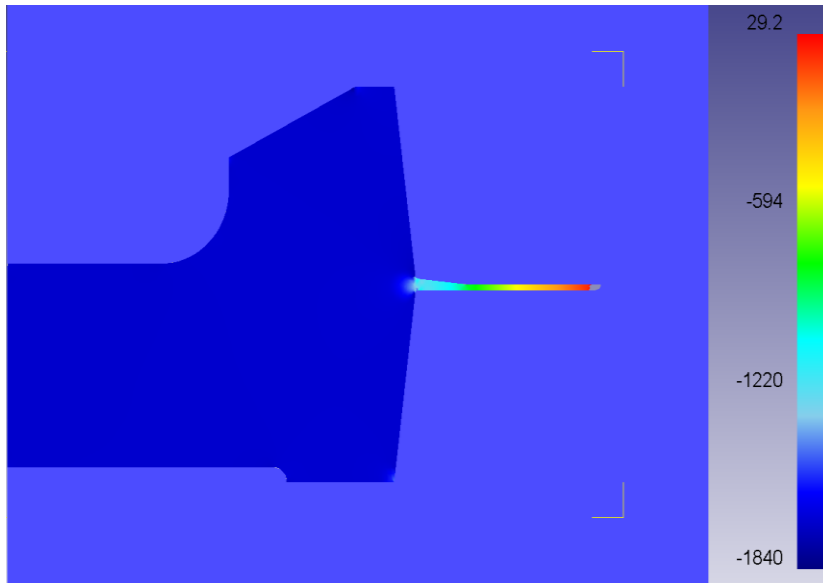


Эпюра средних напряжений при  
стадии II, скорость  
деформирования 5 м/с, МПа

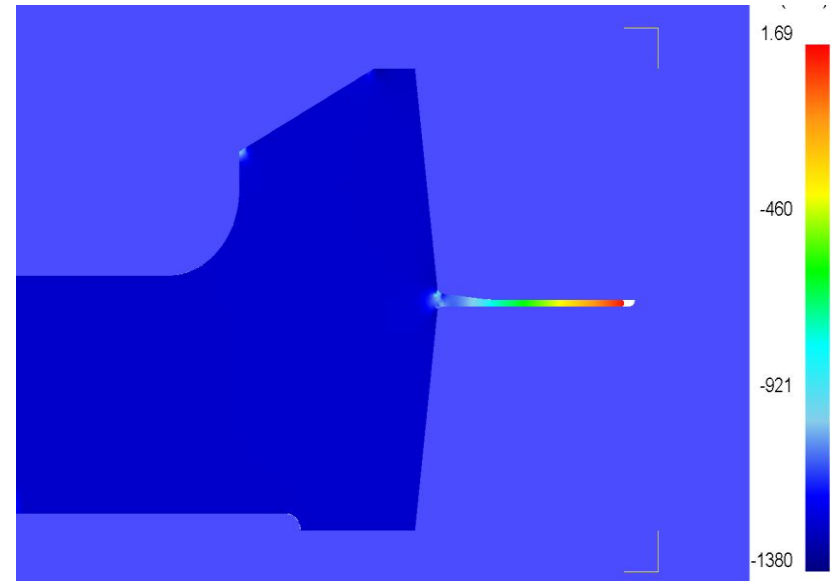


Эпюра средних напряжений при  
стадии II, скорость  
деформирования 7 мм/с, МПа

# Моделирование штамповки в Deform 3D

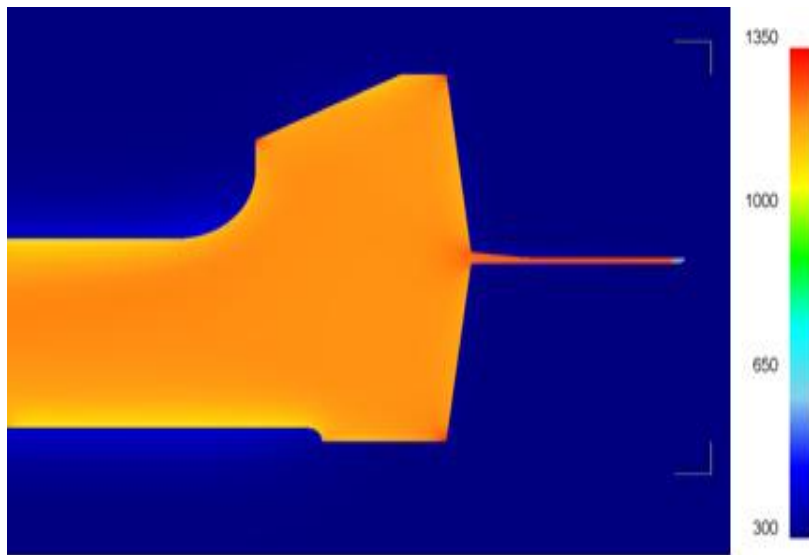


Эпюра средних напряжений при  
стадии II, скорость  
деформирования 5 м/с, МПа

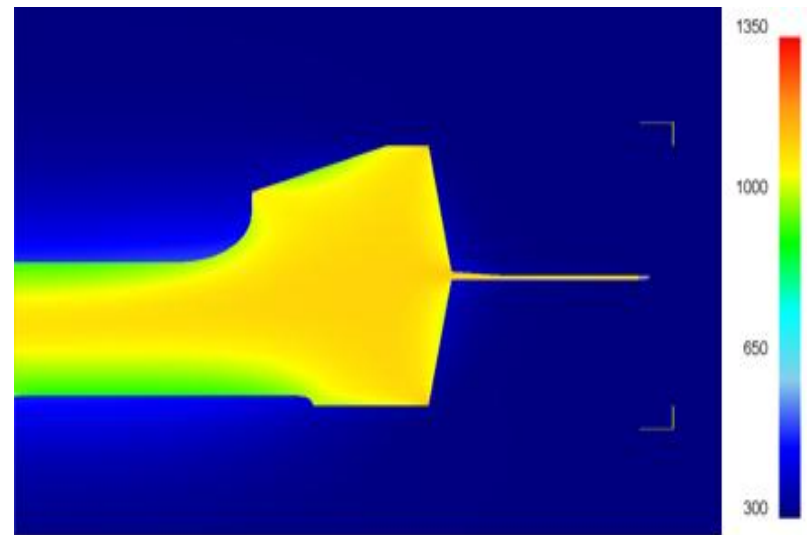


Эпюра средних напряжений при  
стадии II, скорость  
деформирования 7 мм/с, МПа

# Моделирование штамповки в Deform 3D

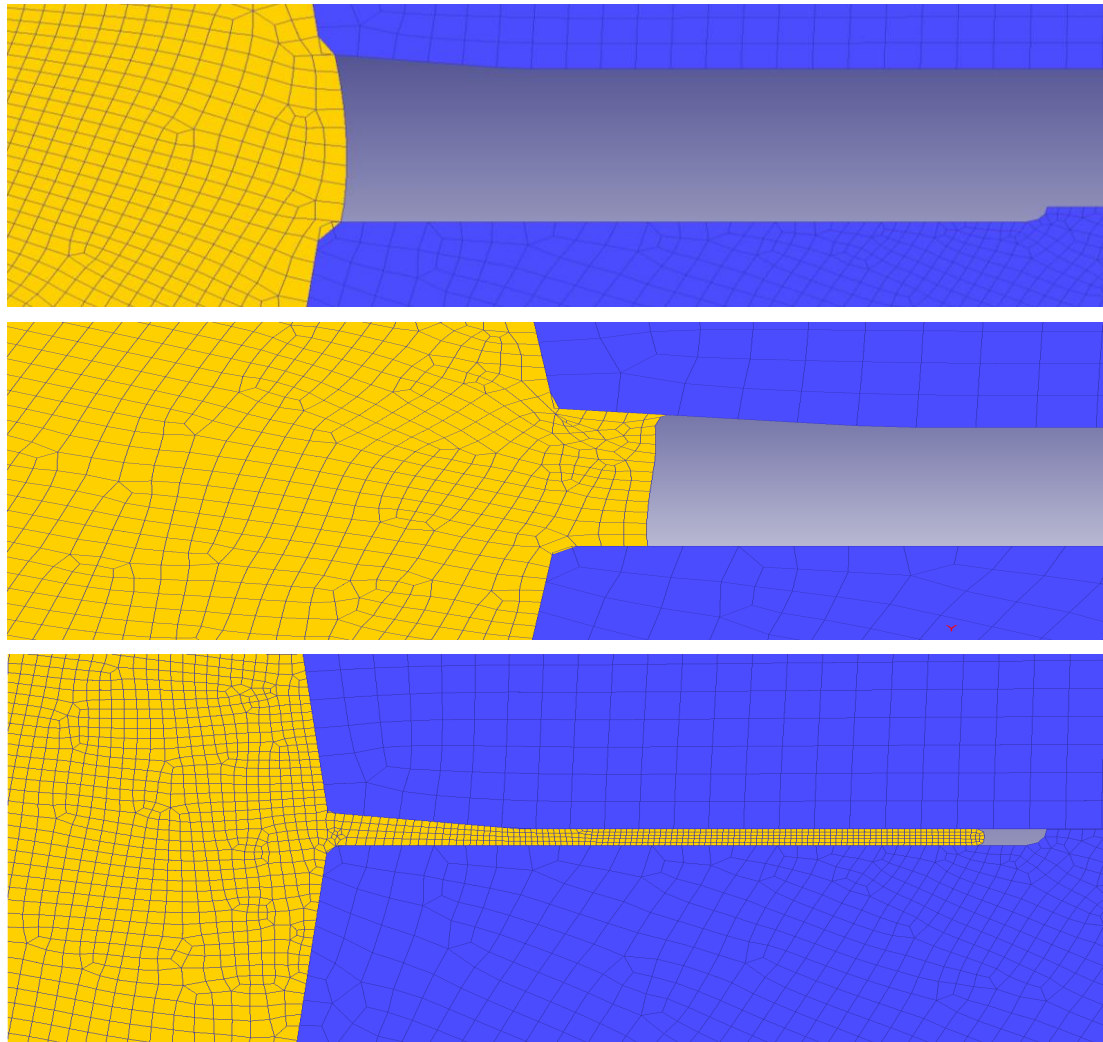


Температурное поле, заготовка деформировалась со скоростью 5 м/с, °С



Температурное поле, заготовка деформировалась со скоростью 7 мм/с, °С

# Моделирование штамповки в Deform 3D

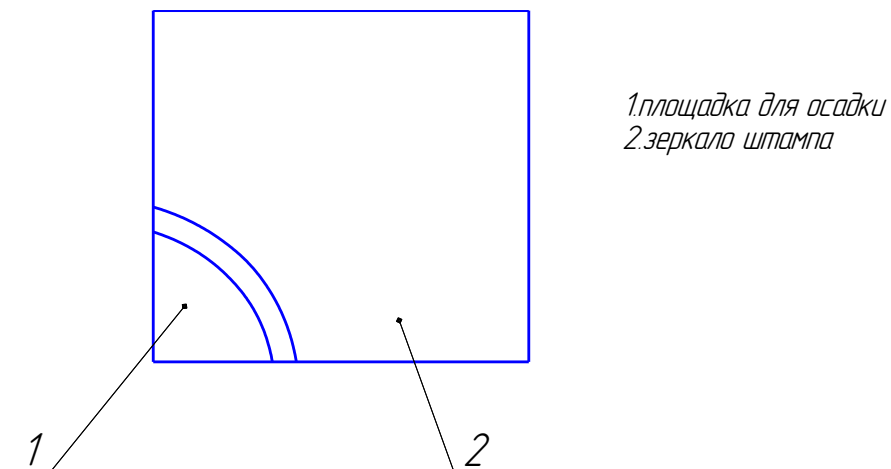


Крупный план стадии I, II, III с облойной канавкой 4 типа

# Ручьи молотовых штампов

При штамповке на молотах в большинстве случаев применяют катаную заготовку. Соответственно и штамп делают многоручьевым. Применяемые ручки имеют различное назначение и вид.

Полость окончательного ручья в точности соответствует форме, получаемой поковки. Для облоя предусмотрена облойная канавка. Предварительные ручки, также как и окончательные повторяют форму поковки, здесь облойная канавка отсутствует, а лишний металл вытекает на зеркало штампа.





# Ручьи молотовых штампов

Ручьи предназначены для окончательного формоизменения и получения готовой поковки относятся к первой группе. К второй группе относятся заготовительные ручьи, в которых производят предварительное деформирование исходной заготовки, чтобы получить благоприятную форму для штамповки, в штамповочных ручьях с относительно малым отходом металла. Заготовительные ручьи можно подразделять на подгруппы, в зависимости от применяемого способа штамповки (поперек оси или вдоль оси заготовки). К заготовительным ручьям, применяемым при штамповке, относятся:

- 1.Формовочный.
- 2.Подкатной (открытый или закрытый).
- 3.Протяжной (открытый или закрытый).
- 4.Площадка для осадки.

Существует еще 2 заготовительных ручья:

- 1.Ручей для специальной протяжки.
- 2.Высадочный ручей.


К третьей группе относятся турбинные ручьи.





## Ручьи молотовых штампов

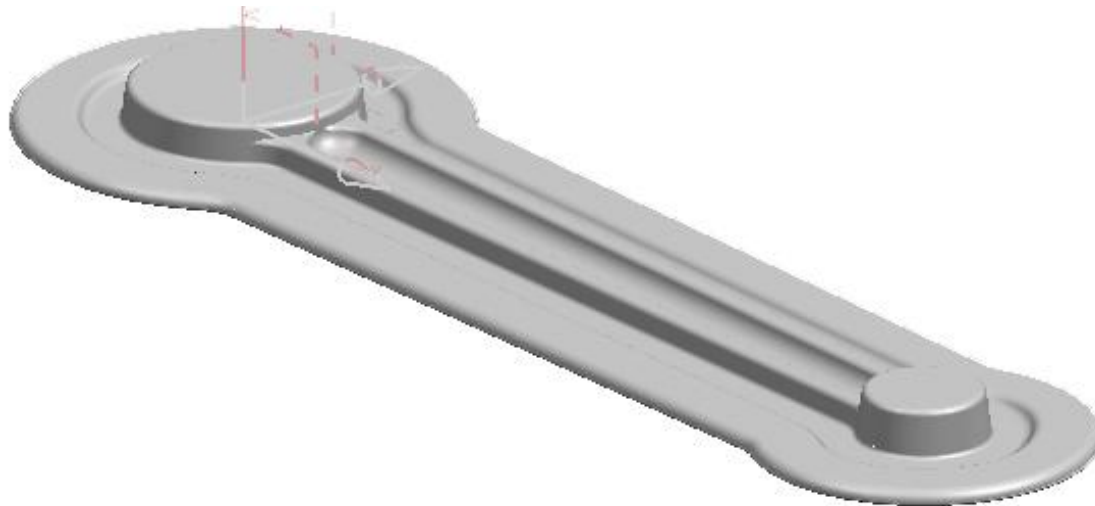
**Предварительный ручей.** Для увеличения стойкости окончательного ручья в штампах выполняют предварительный ручей, который по форме и размерам очень близок к окончательному ручью. Предварительные ручьи применяют при штамповке поковок с глубокими полостями штампа. В этом случае стойкость одного окончательного ручья оказывается низкой, а полости ручья могут не заполняться. На поковках налипает металл, после чего они с трудом извлекаются из гравюры штампа, что в конце приводит к перегреву штампа и потери прочности металла. При применении предварительного ручья снимается основная нагрузка с окончательного ручья и стойкость последнего ручья (окончательного) резко повышается. Так как предварительный ручей имеет несколько упрощенную форму по сравнению с окончательным, то заполнение его металлом происходит значительно быстрее, следовательно, его легче вынуть из полости штампа. По форме и размерам предварительный ручей мало отличается от окончательного. Штамповочные уклоны изготавливаются такими же, как и в окончательном ручье (в редких случаях, когда в предварительном ручье из-за сложности детали изготавливают глубокие полости в штампе, то эти уклоны отличаются на 2 градуса по сравнению с предварительными).





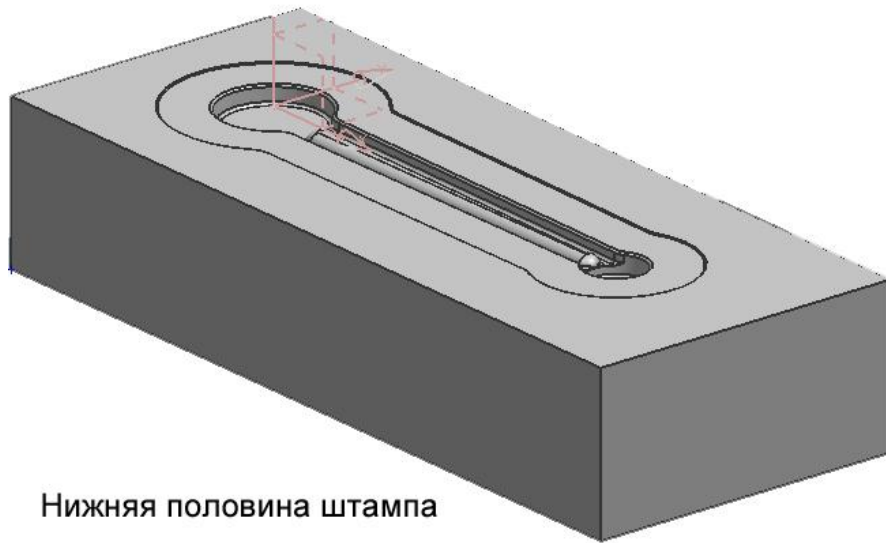
## Ручьи молотовых штампов

Полость окончательного чистового ручья выполняют только по чертежу горячей поковки, так как поковка после штамповки охлаждается, и ее размеры уменьшаются, то необходимо, чтобы размеры полости окончательного ручья были чуть больше, чем размеры холодной поковки.





# Ручьи молотовых штампов



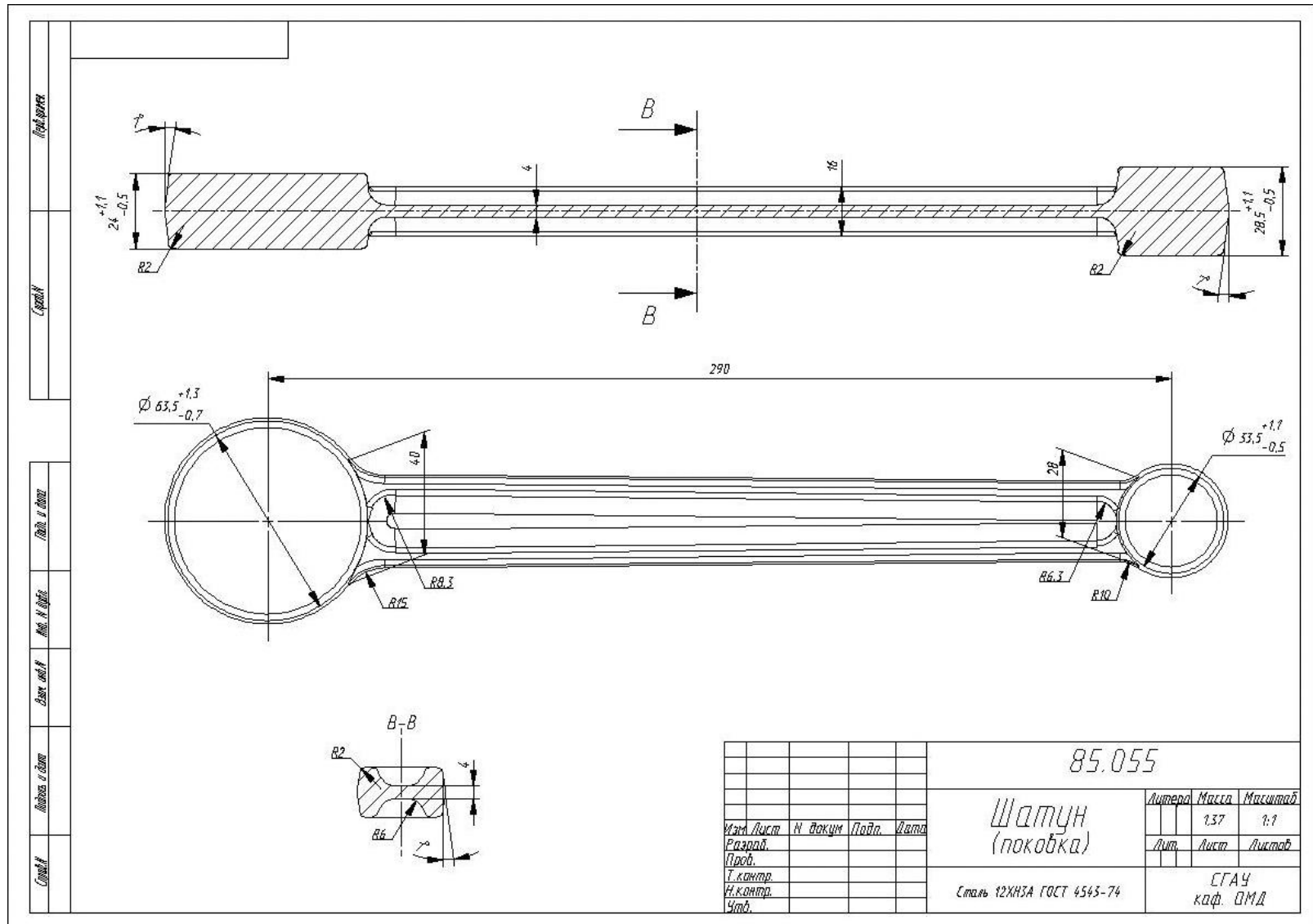
Нижняя половина штампа



Верхняя половина штампа



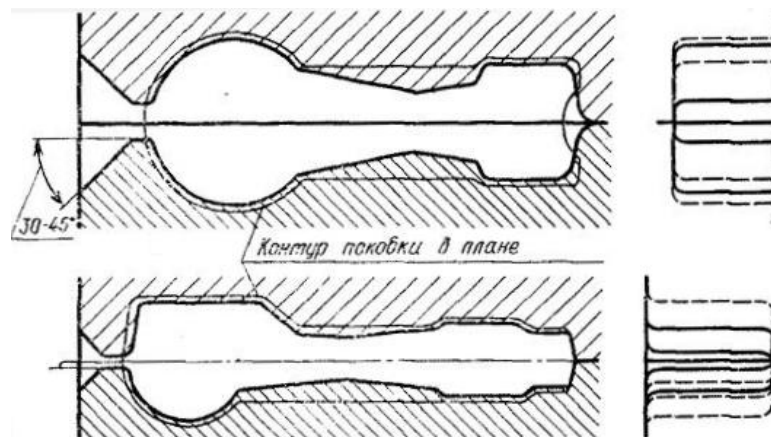
# Ручьи молотовых штампов



				85.055		
				Шатун (поковка)		
Устьк. Лист	И. докум.	Подп.	Дата	Литера	Масса	Масштаб
Резав.				Лит.	Лист	Листов
Проб.						
Т. контр.						
И. контр.						
Чтд.						
				Сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-74		
				СГАЧ каф. ОМД		

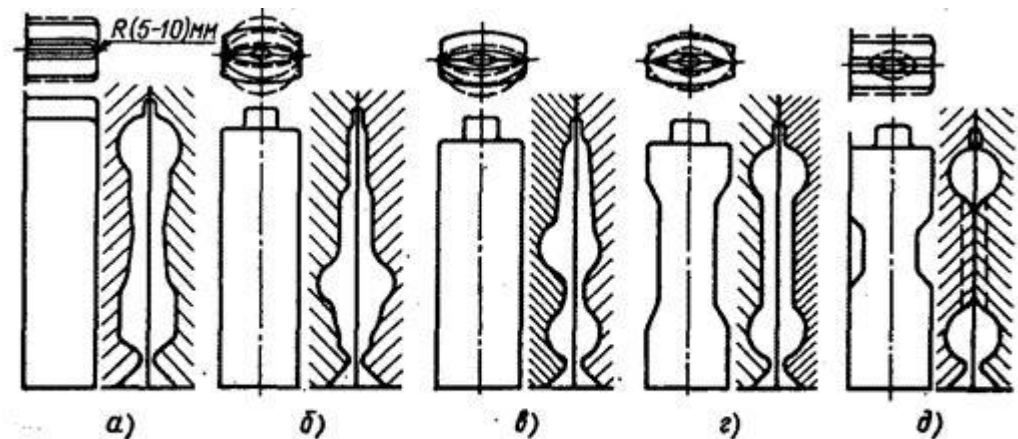
# Ручьи молотовых штампов

**Формовочный ручей.** Формовочный ручей предназначен для придания заготовке формы, приближенной к форме самой поковки. При этом процесс штамповки становится проще. А отход металла в облой уменьшается. В формовочный ручей по заготовке наносят 1-2 удара молотом, после чего заготовка передается в окончательный ручей. Формовочный ручей не служит для большого распределения металла по длине, если поковка имеет сложную форму, то заготовка поступает в формовочный ручей не как исходная заготовка (цилиндрический пруток), а предварительно обработанная или в подкатном или протяжном ручье, где соответственно происходит значительное перераспределение металла по всей длине исходной заготовки.



# Ручьи молотовых штампов

**Подкатной ручей.** Подкатной ручей служит для увеличения площади поперечного сечения или для уменьшения площади поперечного сечения. Из подкатного ручья заготовка поступает в штамповочные ручьи (в редких случаях она поступает в гибочный или формовочный ручьи). Продольные профили подкатного ручья иногда изготавливают не симметрично относительно полости разъема штампа. Подкатные ручьи могут иметь не одинаковую ширину, длину, различные поперечные сечения бывают открытыми и закрытыми. На чертеже профиль подкатных ручьев строят соответственно с расчетной заготовкой.

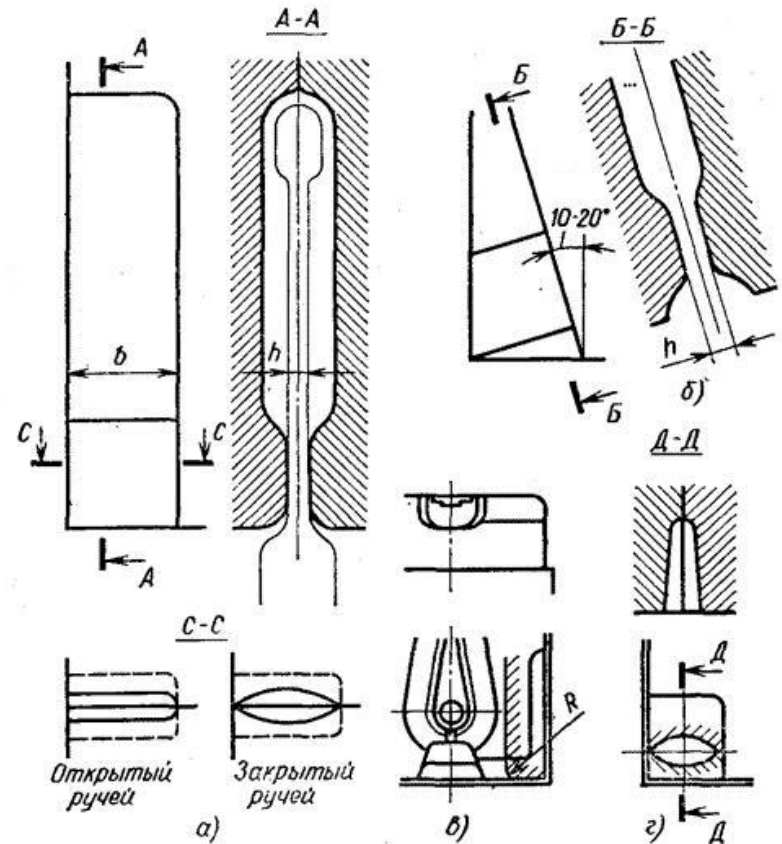


Подкатные ручьи:

а — открытый; б — закрытый; в — закрытый несимметричный; г — закрытый переменной ширины; д — смешанного типа

# Ручьи молотовых штампов

**Протяжной ручей.** Протяжной ручей служит для увеличения длины исходной заготовки за счет уменьшения площади поперечных сечений. Протяжные ручьи бывают открытыми и закрытыми. В открытом ручье обработка заготовки является аналогичной процессу протяжки в плоских байках. Протяжной ручей можно выполнить наклонным соответственно к боковой грани штампа. Это сокращает площадь, занимаемую ручьем в штампе. Недостатки: трудно контролировать длину заготовки. Расчет протяжного ручья проводят в соответствии с расчетом заготовки.



Протяжные ручьи:

$a$  — прямое расположение;  $б$  — угловое расположение;  $в$  — площадка для протяжки;  $г$  — специальный протяжной ручей

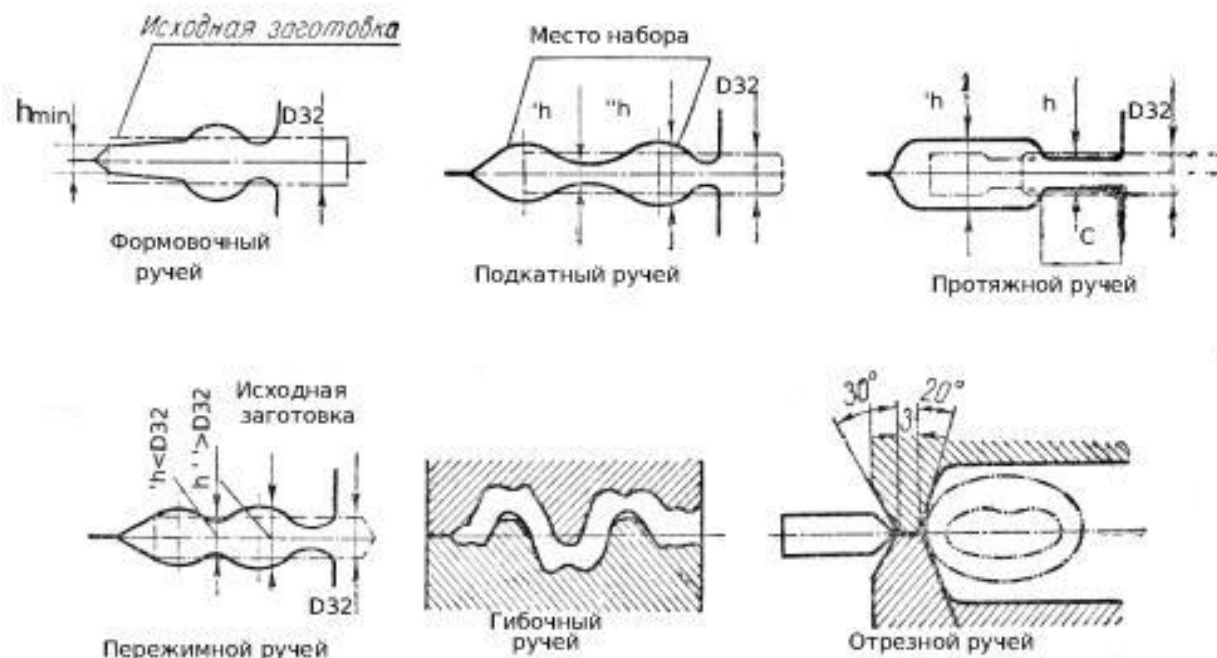
## Ручьи молотовых штампов

**Пережимной ручей.** Пережимной ручей предназначается для уширения заготовки в некоторых сечениях, а также для небольшого перераспределения металла по всей длине заготовки. Этот ручей применяют для поковок с относительно большой шириной, в прижимном ручье заготовка чаще всего поступает, как исходная (в редких случаях она поступает из протяжного ручья). При обработке по заготовке наносят 1-2 удара молотом. Из пережимного ручья заготовку переносят в том же положении относительно плоскости штампа. Профиль ручья рассчитывают в зависимости от расчетной заготовки.



# Ручьи молотовых штампов

**Гибочный ручей.** Гибочный ручей предназначен для изгиба заготовки, а также для формовки заготовки в соответствии с формой окончательного ручья. Гибочный ручей применяют при штамповке поковок с изогнутой осью. Из гибочного ручья заготовка поступает в окончательный ручей. Обычно гибочный ручей располагают справа стороны штампа и наносят по заготовке примерно 1-2 раза молотом.





# Основное оборудование для КШП

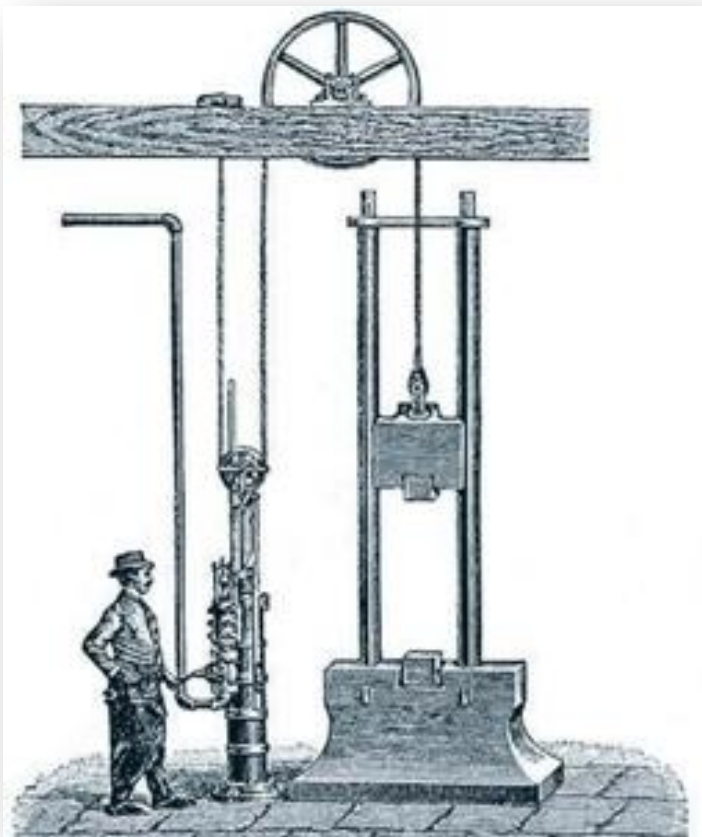
**Штамповка на паровоздушных молотах.** Основные виды штамповочных молотов являются паровоздушные проекционные с доской, бесшаботные паровоздушные с гидравлической связью, бесшаботные паровоздушные с ленточной связью, импакторы и высокоскоростные волны. Отечественный производитель выпускает эти молоты с номинальной массой падающих частей от 630 кг до 25 тонн. Энергия удара этих молотов составляет от 16 до 630 кДж. Число ударов 120-215. Наибольшая высота штампа без хвостовика 180-600 мм. На этих молотах штампуются поковки массой 1-360 кг, но может быть и выше в зависимости от технологического процесса. Заготовки в основном используются катанные.

# Основное оборудование для КШП

Конструктивная особенность паровоздушного штамповочного молота.

1. Регулируемая сила удара весьма широких пределов.
2. На паровоздушных штамповочных молотах штамповка ведется на открытых штампах (в редких случаях применяют закрытые штампы, но нужно предусмотреть выталкиватель для извлечения поковки из штампа).
3. Штамповку в окончательном ручье обычно ведут в течение нескольких ударов с постоянным смыканием штампа.
4. На паровоздушном штамповочном молоте легко применять и проектировать любые заготовительные ручьи (осадка, протяжка).
5. Очень редко применяют предварительные ручьи. Обычно штамповка на паровоздушных штамповочных молотах ведется в заготовительном и окончательном ручье.

# Основное оборудование для КШП

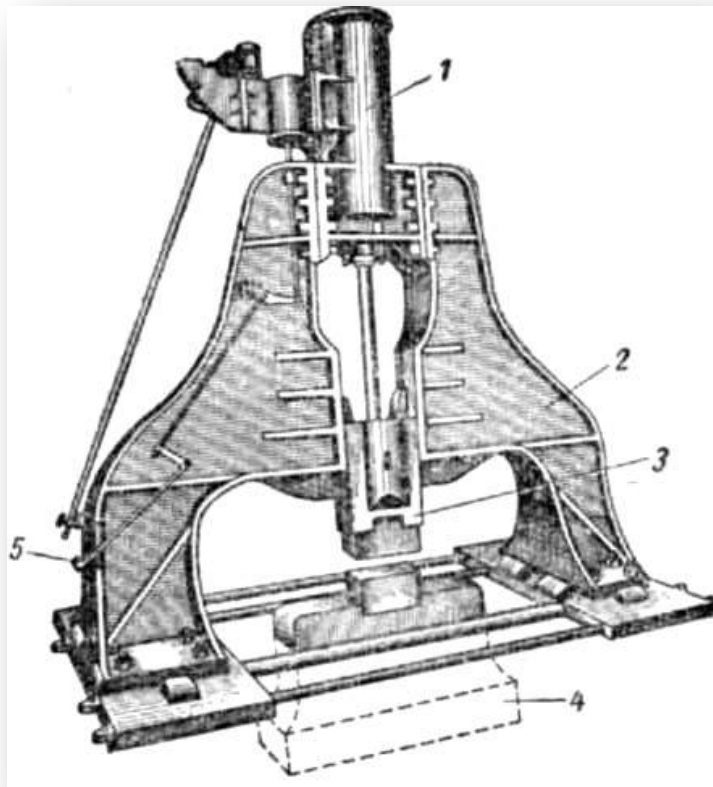


Ковочный молот 19 века

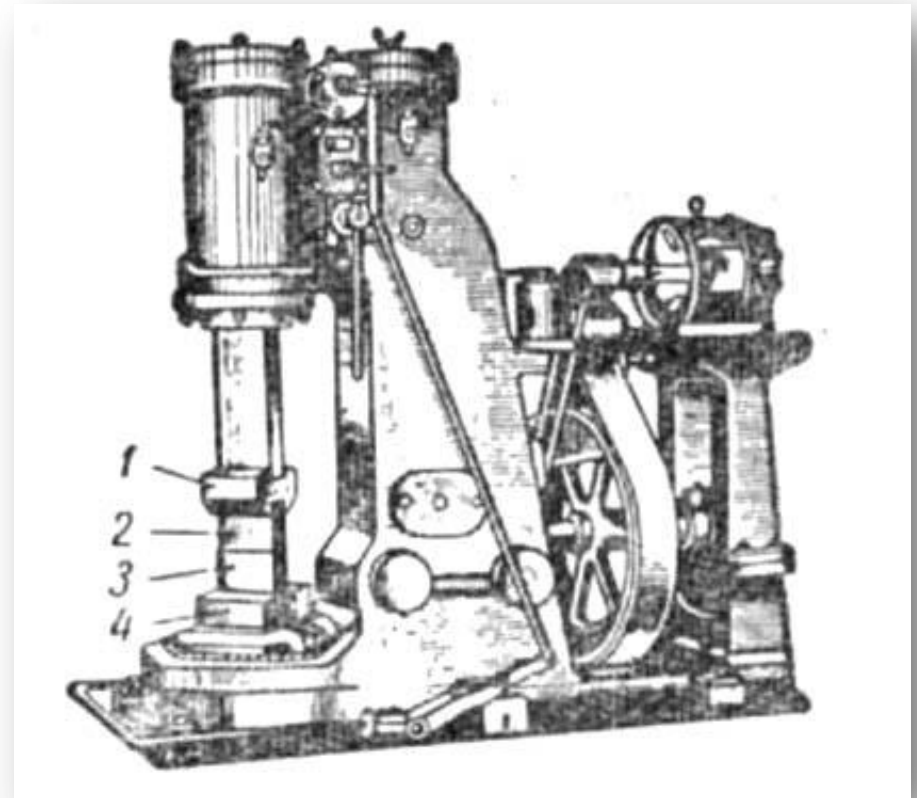


Паровоздушный молот

# Основное оборудование для КШП



Паровоздушный молот



Пневматический молот

# Основное оборудование для КШП

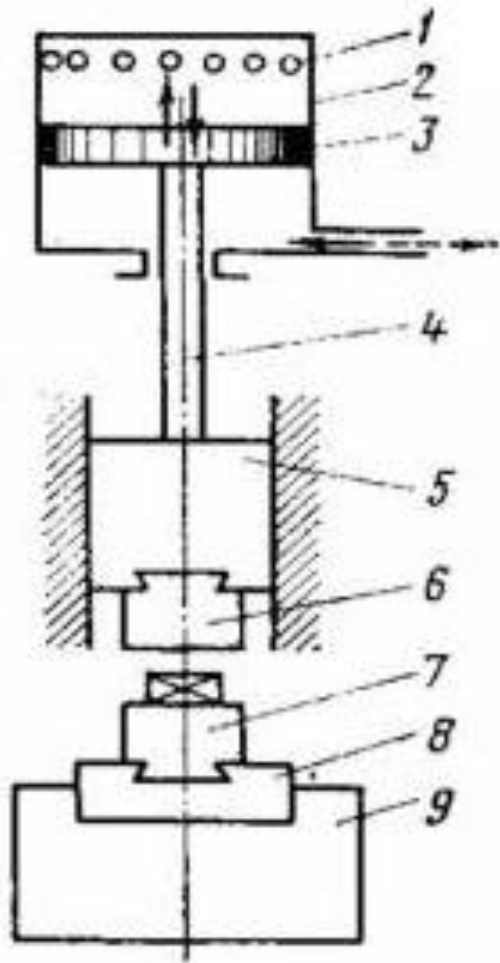


Схема паровоздушного молота одностороннего действия: 1 - отверстие для прохода воздуха, 2 — рабочий цилиндр, поршень, 3—шток, 4— баба, 5 — верхний боек (штамп), 7-нижний боек (штамп), 8 — штамповая подушка, 9 — шабот

# Основное оборудование для КШП

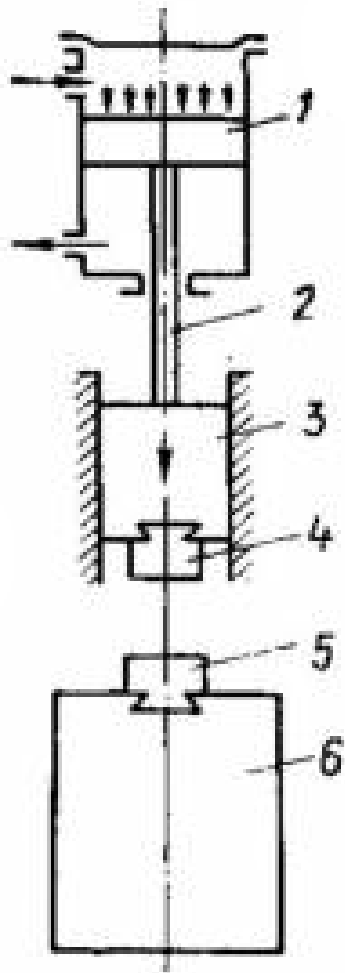


Схема паровоздушного молота двустороннего действия: 1 - поршень, 2 — шток, 3 — баба, 4 — верхний боек (штамп), 5 - нижний боек (штамп). 6 — шабот

## Основное оборудование для КШП

В молотах двустороннего действия пар или сжатый воздух не только поднимает части в верхнее положение, но и давит сверху на поршень при рабочем ходе. Тем самым он увеличивает силу удара, разгоняя падающие части до более высокой скорости. В молотах одностороннего действия рабочий цикл начинается с подачи пара или сжатого воздуха из магистрали в нижнюю полость рабочего цилиндра 2. Действуя на поршень 3, энергоноситель заставляет его двигаться вверх. С поршнем 3 связан шток 4, к нижнему концу которого крепится баба 5. На бабе 5 устанавливается верхний боек 6. Таким образом, при впуске пара или сжатого воздуха все падающие части поднимаются вверх. Вблизи верхней крышки по окружности цилиндра расположены отверстия через которые воздух, находящийся над поршнем, выходит в атмосферу. Когда поршень 3, поднимаясь вверх, доходит до отверстий 1 и перекрывает их, над поршнем оказывается замкнутое пространство. При дальнейшем ходе поршня вверх воздух, находящийся в этом пространстве, будет сжиматься. Таким образом, создается воздушная подушка, которая обеспечивает плавное торможение поршня в верхнем положении. Когда баба поднимается на достаточную высоту, парораспределительный механизм прекращает подачу энергоносителя в цилиндр и воздух из-под поршня выпускается в атмосферу.

## Основное оборудование для КШП


Давление в цилиндре резко уменьшается. Под действием собственного веса подвижные части падают вниз и боек 6 ударяет по заготовке, которая укладывается на нижний боек 7 (штамп). Он укрепляется в штамповой подушке 8, лежащей на шаботе 9. Молоты одностороннего действия имеют простое устройство и надежны в работе. Однако они имеют недостатки: велик расход энергоносителя, трудно регулировать скорость движения бабы, а значит, и силу удара, наконец, для нанесения удара такой же силы, как у молота двустороннего действия, масса подвижных частей молота одностороннего действия должна быть значительно больше. Поэтому молоты одностороннего действия в последнее время вытесняются более совершенными молотами двустороннего действия.



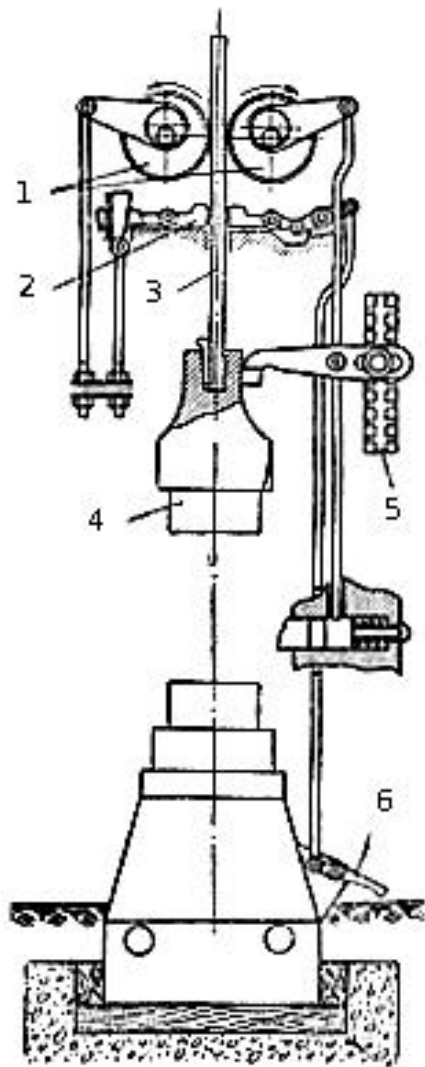


# Основное оборудование для КШП

**Проекционные молоты с доской.** Имеют номинальную массу падающих частей от 500 кг до 1600 тонн, регулируемый вход 900-1500 мм, номинальная высота без хвостовика штампа составляет 160-180 мм, число ударов в 1 мин 38-42. На этих молотах можно штамповать поковки до 2 кг, однако эти молота чаще всего служат для холодной правки поковок. Конструкция этого молота почти аналогична конструкции паровоздушного молота простого действия. С механическим приводом или с электрическим приводом.

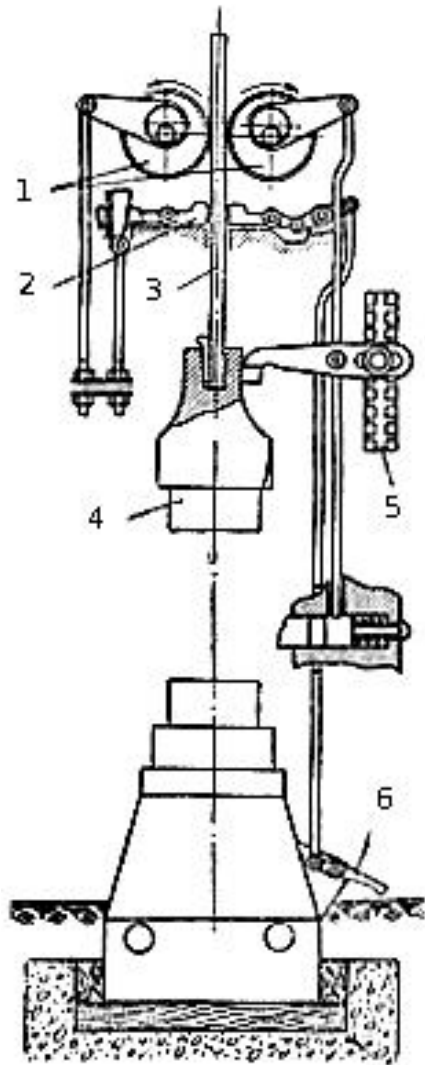


# Основное оборудование для КШП



В проекционных молотах закрепленная в бабе этого молота деревянная доска 3, будучи зажатой парой вращающихся роликов 7, поднимается ими до верхнего положения, после чего ролики расходятся, а падающие части движутся по инерции вверх, и в это же время доска зажимается тормозными колодками 2. Нажатием на педаль 6 колодки тормоза разводятся, происходит удар по заготовке, в момент которого ролики опять поднимают бабу. Удары будут следовать один за другим, пока не будет опущена педаль, после чего баба остановится в верхнем исходном положении благодаря действию тормозных колодок.

# Основное оборудование для КШП



Имеют номинальную массу падающих частей от 500 кг до 1600 тонн, регулируемый вход 900-1500 мм, номинальная высота без хвостовика штампа составляет 160-180 мм, число ударов в 1 мин 38-42. На этих молотах можно штамповать поковки до 2 кг, однако эти молота чаще всего служат для холодной правки поковок. Конструкция этого молота почти аналогична конструкции паровоздушного молота простого действия. С механическим приводом или с электрическим приводом.

Основным недостатком этих молотов является невозможность регулировать силу удара при работе на них. Энергия удара этих молотов ниже энергии, получаемой у молотов двойного действия. Высота падения бабы 4 регулируется с помощью устройства 5.




# Основное оборудование для КШП

## Безшаботные молоты с ленточной связью.

На этих молотах можно штамповать поковки массой 15-500 кг. Масса этих молотов в 2 раза меньше, чем масса обычного шаботного молота. Число ударов в мину 6-10.

**Недостатки:** частый обрыв этой ленты, срок службы ленты 2 месяца.

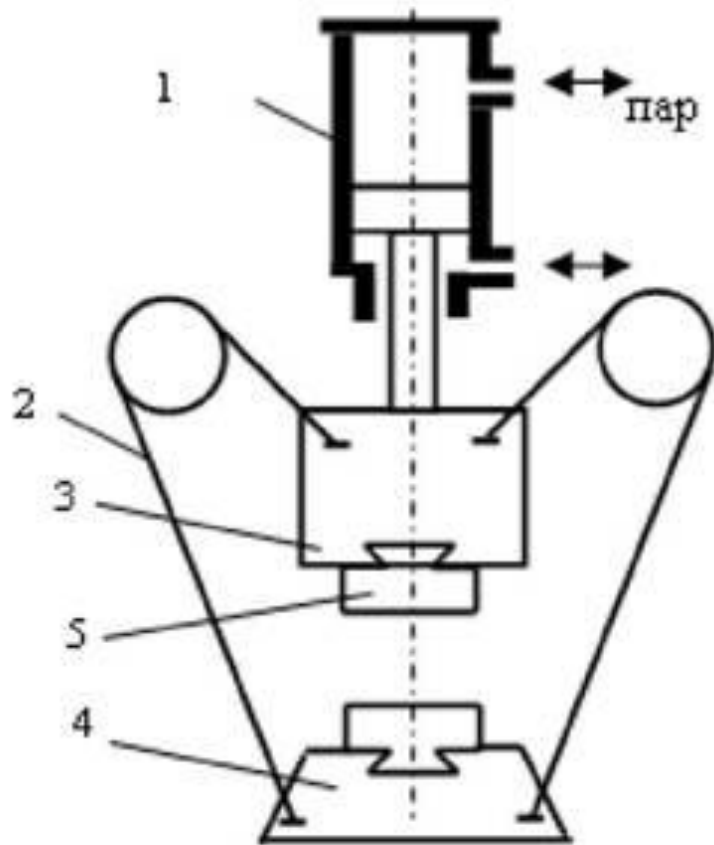
## Безшаботные молоты с гидравлической связью.



Они имеют энергию удара в пределах 200-1000 кДж. Суммарный ход падающих частей 1200-1800 мм. На этих молотах штампуются крупные поковки массой 100-1000 кг.

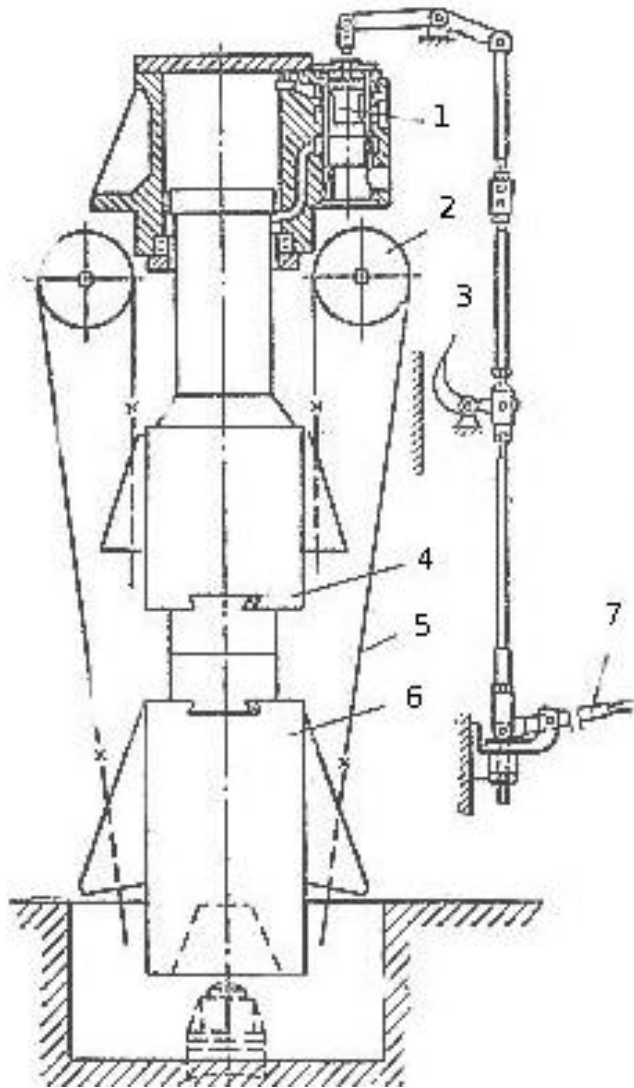
**Преимущества:** надежная гидравлическая связь, отсутствие быстро-выходящих из строя лент.

# Основное оборудование для КШП



*Схема бесшаботного молота с ленточной связью  
1 – рабочий цилиндр;  
2 – металлические ленты;  
3, 4 – верхняя и нижняя бабы;  
5 – части штампа*

# Основное оборудование для КШП




В бесшаботных паровоздушных молотах, у которых шабот заменен второй нижней бабой, связанной с верхней бабой (механической) или иной связью. Управление молотом производится с помощью рукоятки 7. При опускании верхняя баба 4 посредством лент 5, перекинутых через блок 2, сообщает движение нижней бабе 6, вследствие чего происходит соударение баб. Конструкции бесшаботных молотов из-за отсутствия тяжелых шаботов получаются более компактными. Бесшаботные молоты применяют на слабых грунтах, в верхних этажах зданий и на плавучих судоремонтных базах. Одновременно с вертикальным движением баб делают бесшаботные молоты с горизонтальным движением.



# Основное оборудование для КШП

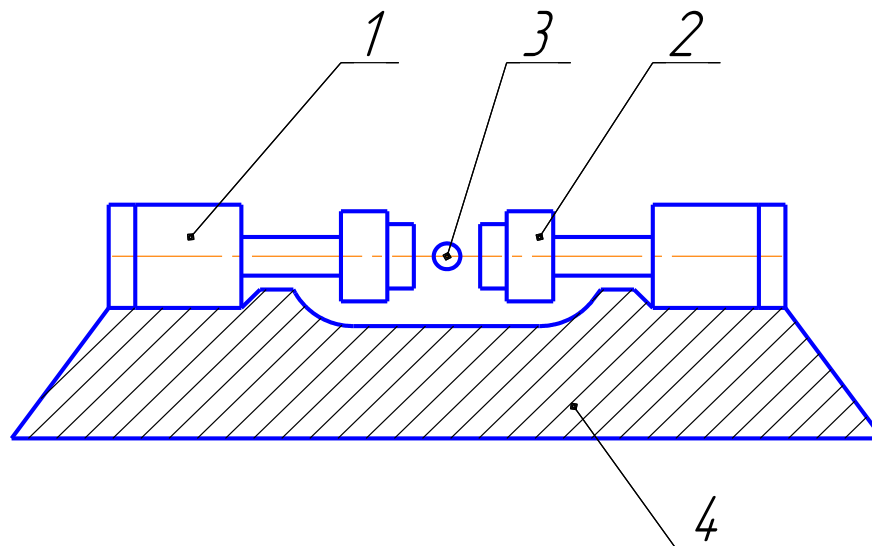
## Высокоскоростные штамповочные молоты.

Высокоскоростные штамповочные молоты бывают вертикальной или горизонтальной конструкции. Скорость удара составляет 20 м/с, что в 3 раза больше, чем при обычной серийной штамповке. Серийный высокоскоростной молот выпускает энергию удара 25-250 кДж, 360 кДж – особо-крупные. Из-за высокого нагрева рабочий цикл таких молотов составляет 5-15 сек. Высокоскоростные молоты значительно компактнее обычных молотов и требуется меньше площадь в цехе. Также нуждается в сложных глубоких фундаментах.



# Основное оборудование для КШП

Импакторы являются разновидностью молотов с независимыми приводами и различными частями молота, их выполняют горизонтально. Подвижные части приводятся в движение от пневматических цилиндров двойного действия. Скорость соударения и энергии удара регулируется временем открытия и закрытия впускных и выпускных клапанов. Работа на импакторах полностью автоматизирована. Из-за малого охлаждения заготовки на импакторах можно штамповать заготовки только с тонким полотном (газотурбинные лопатки). В редких случаях можно штамповать заготовки из трудно деформированных материалов.



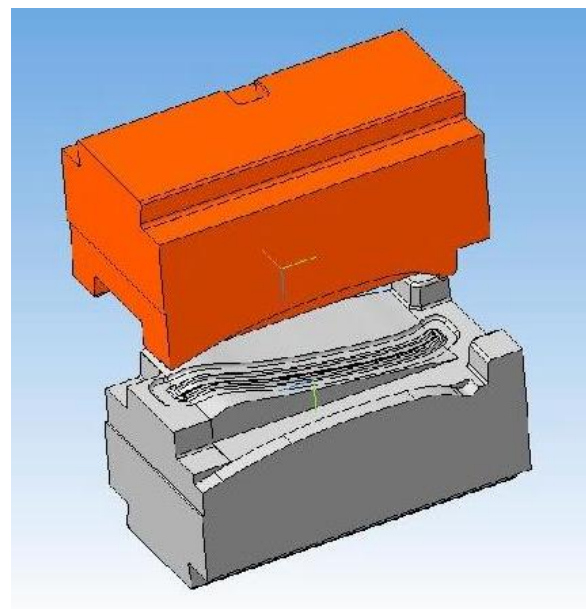
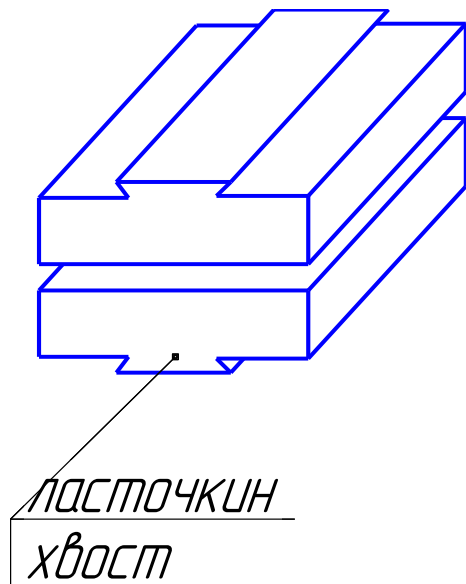
1.многофункциональный  
цилиндр высокого  
давления  
2.подвижные части  
3.заготовка, она подается  
сверху  
4.монолитная станина



# Основное оборудование для КШП

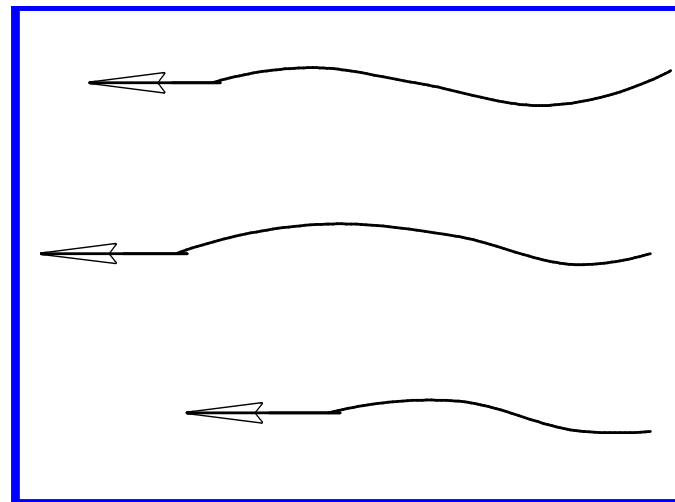
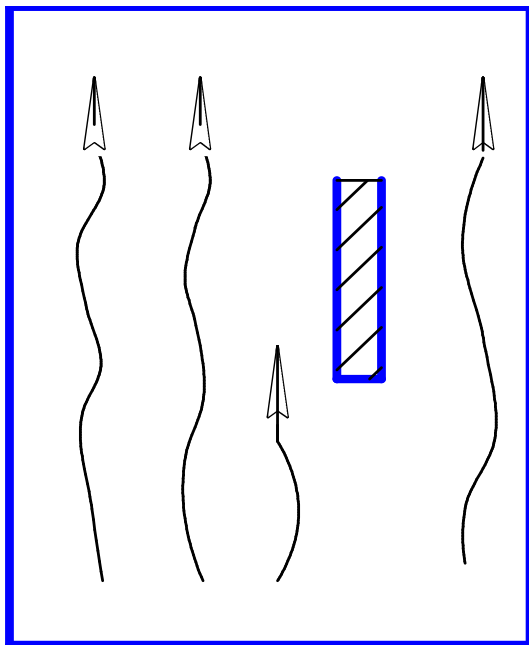
**Конструкция молотового штампа.** Штамп состоит из двух монолитных кубов, на которых соответственно располагаются все ручки, крепятся штампы с помощью ласточкиного хвоста.

Заготовки для штампов поставляются в виде кованных кубиков из стали, например 5ХНВ, 5ХМН, 5ХНТ. Заготовки из штампов изготавливают методом свободнойковки из слитков. Обычно на штамповых кубиках указывается направление волокна. Клеймо ставится на торце, так как может произойти растрескивание куба вдоль волокна.



# Основное оборудование для КШП

**Конструкция молотового штампа.** С целью получения одинаковой прочности штампа по всем направлениям, иногда применяют заготовки с перепутыванием волокна. Такие действия применяют, когда необходима операция осадка или протяжка.



# Кривошипный горячештамповочный пресс (КГШП).

КГШП предназначен для ГОШ поковок из сортового проката, как в закрытых, так и в открытых штампах. Редко используют для калибровок поковок. КГШП выпускают с силой от 6,3 до 125 МН. Ходы ползуна 200-520 мм. Число ходов в мин 32-100.

## Особенности конструкции КГШП.

1. Жесткая конструкция главных узлов и всего процесса, обеспечивает в целом высокую точность штамповки.
2. Усиленный направляющий ползуна обеспечивает высокую точность при высоких нагрузках (многоручьевого штамп, если применяется).
3. Повышенное число ходов ползуна необходимо для продолжительного контакта со штампом и горячей заготовкой.
4. Наличие выталкивателя, для удаления штамповочных заготовок из штампа.

# Кривошипный горячештамповочный пресс (КГШП).

## Преимущества КГШП.

1. Поковки получают с высокой точностью особенно по высоте изделия.
2. Припуски и штамповочные уклоны значительно меньше, так как существует выталкиватель, следовательно, происходит экономия металла и уменьшение энергетических затрат на последующую обработку резанием.
3. Производительность при штамповке для КГШП в среднем на 1,4 раза выше, чем при штамповке на молотах. Это объясняется тем, что деформация на КГШП происходит за один ход.
4. При штамповке на КГШП можно применять автоматические переключатели заготовок и, следовательно, процесс полностью автоматизируется.
5. По расходу энергии пресс обходится дешевле, чем молот. Молот потребляет пар и сжатый воздух, а КГШП – энергию. КПД у прессов выше примерно в 4 раза, если сравнивать с паровоздушным штамповочным молотом.
6. КГШП имеет спокойный безударный характер работы, что позволяет устанавливать данные машины в зданиях с обычным фундаментом.
7. Надежность КГШП более высокая, чем у молотов (у молотов есть недостаток – часто ломаются штоки). Работа на прессах более простая.

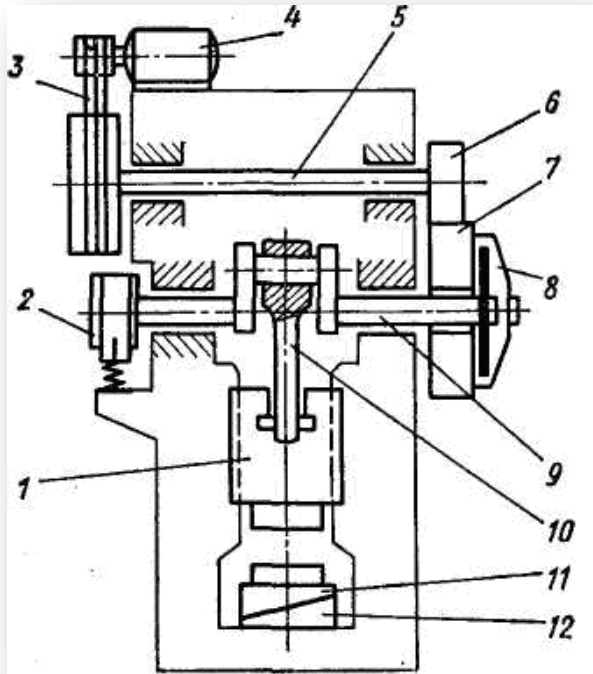
# Кривошипный горячештамповочный пресс (КГШП).

## Недостатки КГШП.

- 1.Меньше универсальность по сравнению с молотом.
- 2.Необходимость очистки заготовок перед штамповкой.
- 3.В виду плохого заполнения штампов, при штамповке на КГШП требуется большое количество ручьев на зеркале штампа.
- 4.Штампы КГШП более сложные.
- 5.Стоимость КГШП в 3-4 раза выше, чем стоимость паровоздушного штамповочного молота.

На КГШП в открытых штампах преимущественно штампуются следующие типы поковок (шестерни, рычаги, турбинные лопатки, из крупных поковок можно отметить – крышки шатунов).

# Кривошипный горячештамповочный пресс (КГШП).




Электродвигатель 4 передает движение клиновыми ремнями на шкив 3, сидящий на приемном (промежуточном) валу 5, на другом конце которого закреплено малое зубчатое колесо 6. Это колесо находится в зацеплении с большим зубчатым колесом 7, свободно вращающимся на кривошипном валу 9. С помощью пневматической фрикционной дисковой муфты 8 зубчатое колесо 7 может быть сцеплено с кривошипным валом 9; тогда последний придет во вращение. Посредством шатуна 10 вращение кривошипного вала преобразуется в возвратно-поступательное движение ползуна 1.

Для остановки вращения кривошипного вала после выключения муфты служит тормоз 2. Стол пресса 11, установленный на наклонной поверхности, может перемещаться клином 12 и тем самым в незначительных пределах регулировать высоту штампового пространства. Для облегчения удаления поковки из штампа прессы имеют выталкиватели в столе и ползуне. Выталкиватели срабатывают при ходе ползуна вверх.



## Штамповка выдавливанием.

Штамповка выдавливанием характеризуется тем, что металл течет в направлении движения деформированного пуансона. Сила трения направлена в сторону противоположную движению пуансона. Существует и обратное выдавливание, которое характеризуется тем, что металл течет в направлении противоположному движению пуансона, существует поперечное выдавливание. При таком виде выдавливания металл течет в обе стороны, процесс выдавливания очень похож на процесс прессования. Для штамповки выдавливанием применяют КГШП, винтовые прессы, гидравлические прессы. В отличие от прессования течение металла при выдавливании является не постоянным, очаг деформации изменяется по ходу всего процесса. При выдавливании образуется схема неравномерного всестороннего сжатия, в отдельных случаях при определенных условиях возникают растягивающие напряжения, которые приводят к возникновению нежелательных эффектов: пресс-утяжка, трещины, разрывы и сколы. Для разработки технологии штамповки выдавливанием необходимо учитывать форму поковки, степень деформации, скорость деформации, нагрев и другие факторы.



# Штамповка на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Технология штамповки на ГКМ.

На ГКМ штамповка происходит без удара и имеет прессовый характер, в виду относительно низкой скорости рабочего хода штампа. Штампы сильно нагреваются и их необходимо охлаждать, в отличие от молотов на ГКМ можно штамповать большое разнообразие поковок, сначала своего развития на ГКМ изготавливали детали типа болта. В дальнейшем технологические процессы стали более разнообразными, и номенклатура поковок сильно повысилась. В настоящее время на ГКМ в большинстве случаев штампуют поковки типа стержня с фланцем, кольца, стаканы и прочие типовые детали.





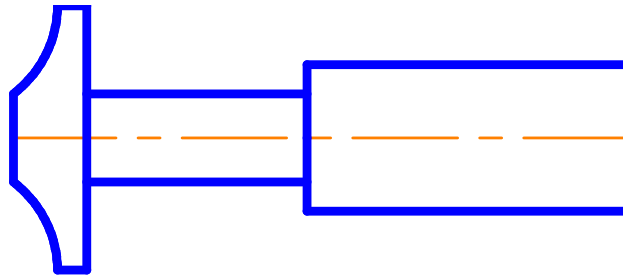
# Штамповка на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Классификация поковок.

На ГКМ штамповка происходит без удара и имеет прессовый характер, в виду относительно низкой скорости рабочего хода штампа. Штампы сильно нагреваются и их необходимо охлаждать, в отличие от молотов на ГКМ можно штамповать большое разнообразие поковок, сначала своего развития на ГКМ изготавливали детали типа болта. В дальнейшем технологические процессы стали более разнообразными, и номенклатура поковок сильно повысилась. В настоящее время на ГКМ в большинстве случаев штампуют поковки типа стержня с фланцем, кольца, стаканы и прочие типовые детали.

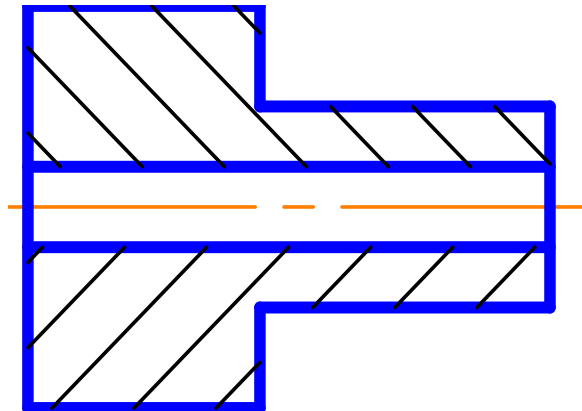


# Штамповка на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Классификация поковок.

1. Поковки типа стержня.

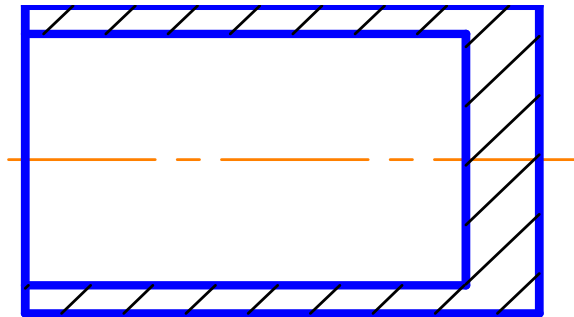


2. Поковки типа кольца.

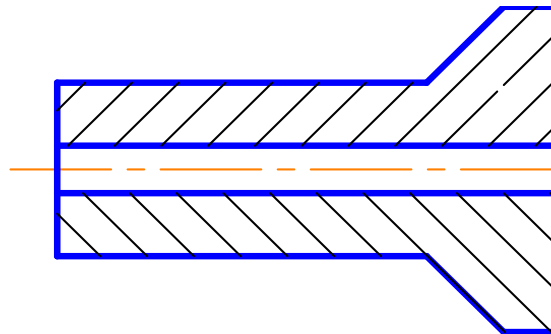


# Штамповка на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Классификация поковок.

3. Поковки с глухим отверстием.

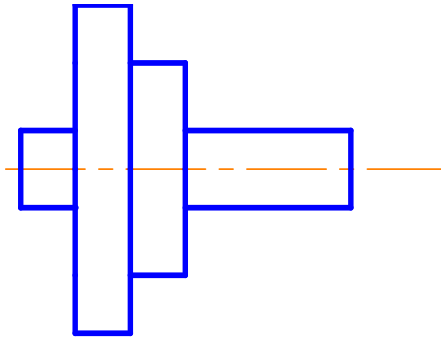


4. Поковки с полым отверстием.




# Штамповка на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Классификация поковок.

5. Поковки смешанной формы.



6. Поковки требующие дополнительную обработку .





# Штамповка на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). **Преимущества штамповки на ГКМ.**


На ГКМ можно легко штамповать очень сложные детали, которые на других машинах изготовить практически не возможно.

2. На ГКМ достигается большая экономия металла, так как штамповка проходит в закрытых штампах и облойная канавка отсутствует.

3. Микроструктура поковок получается благоприятной для большинства высококачественных деталей.


4. Работа на ГКМ безударна и безопасна.

5. ГКМ легко автоматизируется. Существуют автоматизированные линии ГКМ с горизонтальным и вертикальным разъемами.

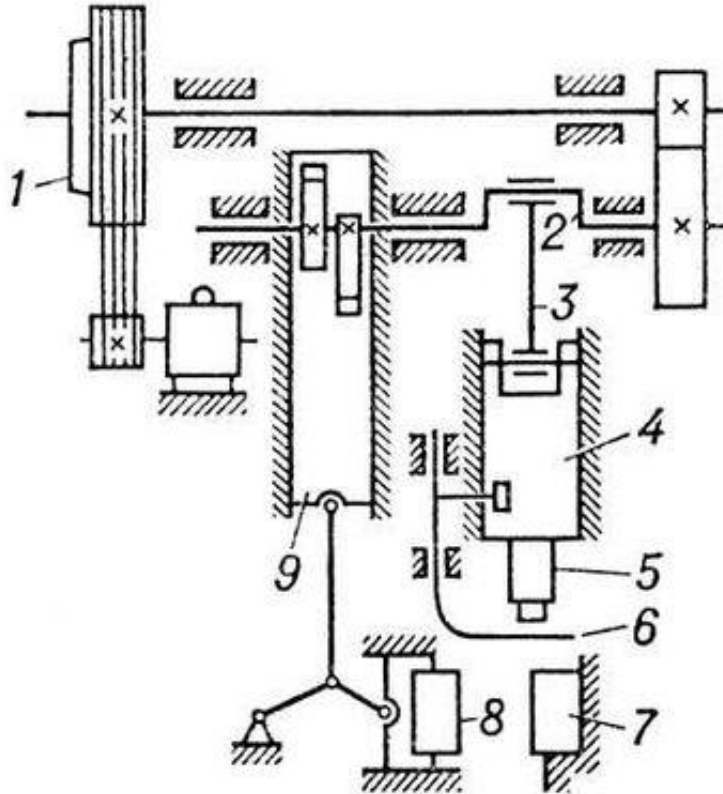




## Штамповка на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Недостатки штамповки на ГКМ.

1. Меньше универсальность по сравнению с молотами и прессами.
  2. Масса поковки относительно не большая, примерно до 150 кг.
  3. Низкая стойкость штампа.
  4. Есть необходимость очистки поковок от окалины, если окалину не удалять, то за один ход ГКМ заготовка деформируется и окалина заштамповывается в поверхность металла.
  5. Стоимость ГКМ в 1,5 раза больше, чем стоимость КГШП той же мощности.
- 

# Штамповка на горизонтально-ковочной машине (ГКМ).



1 - привод;

2 - кривошипный вал;

3 - шатун; 4 - главный ползун;

5 - пуансон;

6 - упор;

7 - неподвижная матрица;

8 - подвижная матрица;

9 - боковой ползун.

# Штамповка на горизонтально-ковочной машине (ГКМ).

Характерной особенностью следует считать наличие двух разъемов непосредственно в штампе. Причем главный разъем проходит между пуансоном и блоком матриц. Блок матриц выполнен разъемным, а матрицы могут состоять из подвижных и неподвижных частей. В начале всего процесса блок матриц и пуансон находятся в разомкнутом состоянии. В блок матриц вставляется пруток и заходит он до упора. При совершении рабочего хода сначала происходит зажим прутка между подвижными и неподвижными частями матриц, затем этот блок отводят в рабочую зону, и происходит деформация заготовки. На ГКМ штамповка производится из пруткового материала (прутки, штанги). Деформирование происходит в многоручьевых штампах, а также путем прошивки закрытой полости. Поковки могут быть не только типа тел вращения, но и сложными по форме, например, в виде рычагов. ГКМ может быть двух видов: с горизонтальным разъемом матриц и с вертикальным разъемом матриц.



# Ковочный гидравлический пресс

КГП разделяются по конструкции станины расположения привода. КГП изготавливают вертикальными. По конструкции станины их подразделяют на колонные и одностоечные. Одностоечные станины изготавливают только у прессов с маленькой мощностью (с небольшим усилием). Колонные станины подразделяются на 4 вида:

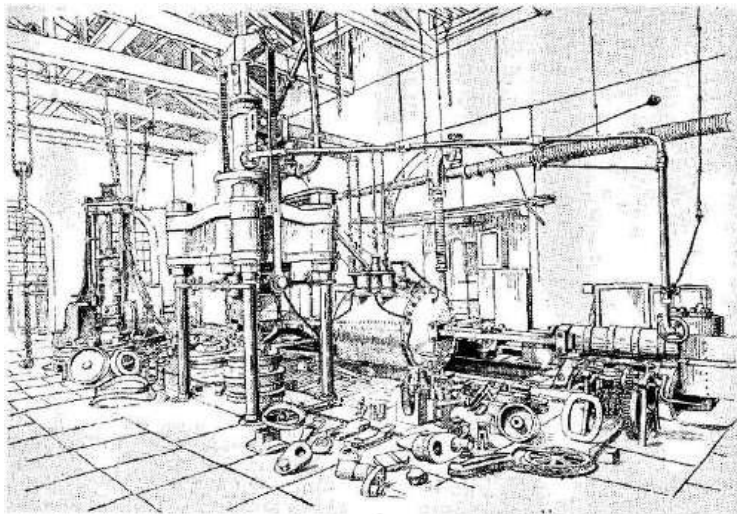
1. С верхним приводом.
2. С равной конструкцией.
3. Двухколонные.
4. С нижним приводом.



# Ковочный гидравлический пресс

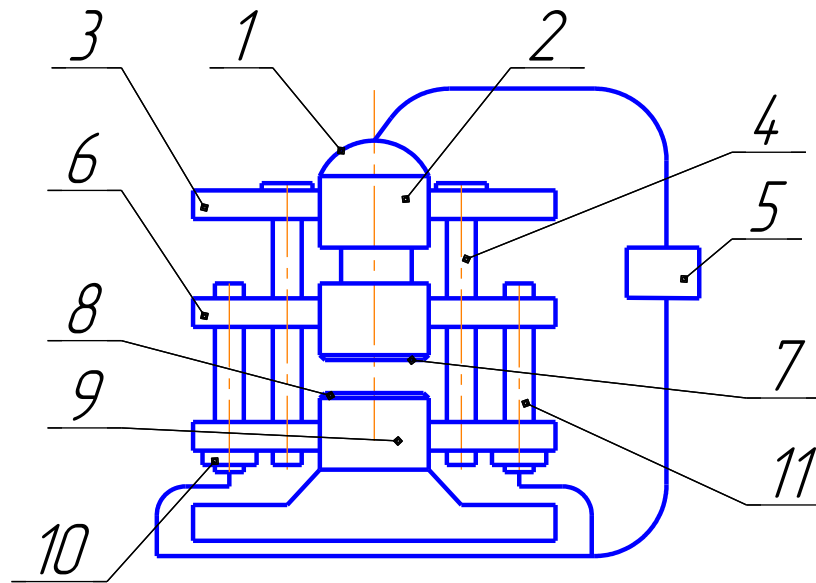
Отечественная промышленность выпускает КГП колонного типа. На этих прессах изготавливают поковки из слитков от 650 кг до 2 тонн. Максимальная масса 98 тонн, номинальная сила пресса составляет от 2 до 31 МН. Максимальный ход подвижной траверсы составляет 420-2000 мм. Число рабочих ходов составляет 14-50 ходов/мин. У гидравлических прессов скорость меняется в зависимости от сопротивления заготовки. Максимальная скорость перемещения траверса обычно не превышает 0,3 м/с.

Гидравлические прессы относятся к машинам статического действия. Скорость и рабочий ход можно регулировать в широких пределах. Максимальное усилие может быть получено на любом этапе рабочего хода.



Общий вид мастерской, оборудованной гидравлическим ковочным прессом Газвелла. Вторая половина XIX в.

# Ковочный гидравлический пресс



Установка состоит из пресс СА, привода, системы управления и трубопровода. Рабочая система пресса создается путем подачи рабочей жидкости (водная эмульсия, минеральное масло), под высоким давлением 20-30 МПа, подаваемая в рабочий цилиндр (1) и ход привода через систему управления (5). Жидкость давит на плунжер (2), который передает силу на подвижную траверсу (4), которая жестко соединена с неподвижными и подвижными элементами траверса. При опускании траверса жидкость из возвратных цилиндров (10) и рабочего цилиндра (1) вытесняется плунжером (2). Таким образом, совершается один рабочий ход (прямой и обратный ход). При работе гидропресса жидкость высокого давления расходуется только при движении траверса в прямом направлении. Основным видом основного элемента жесткости гидропресса является станина, состоящая из верхних и нижних траверс, связанных колонн цилиндра, плунжера и упрочнительных соединений.

## Эксплуатация и ремонт штампов.

Штампы и горячие вставки для горячего деформирования изготавливают в основном из кованых прямоугольных заготовок, а вставки из полосовых заготовок. Кроме кованых заготовок иногда применяют литую сталь, а в редких случаях высокопрочный чугун. Для вставок иногда применяют заготовки, полученные прокатом. Заготовки изготавливают двух категорий:

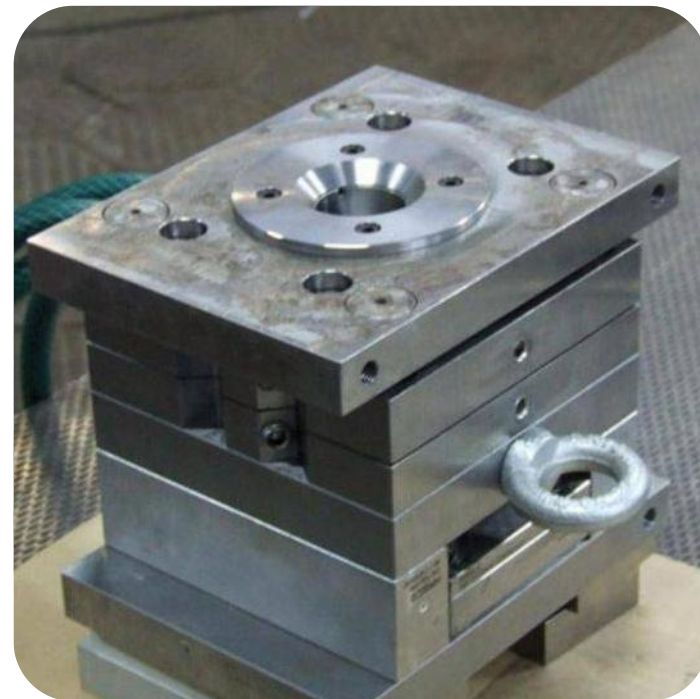
1. Высшей (В).
2. Первой (П).

Ковку заготовок (В) категории производят с предварительной осадкой до 50 % от исходной высоты, по трем осям заготовки. Ковку заготовок (П) категории выполняют с осадкой на 50 % от исходной высоты. После осадки (П) и (В) категории производят правку торцов. Заготовка не должна иметь усадочные рыхлости, рисковые загрязнения (царапины), пузыри, трещины и другие дефекты, приводящие к последующему браку. Приемку заготовок производят партиями. Партией считается заготовки одной марки, одного размера, одной категории качества, прошедшей термообработку по одному режиму и оформленные одним документом.

## Эксплуатация и ремонт штампов.

От партии отбирают 10 % заготовок для определения твердости (для определения химического состава берут одну плавку из ковша, качество поверхности и размеры проверяют у каждой заготовки). Твердость рабочей части штампа составляет 277-460 НВ. При штамповке из труднодеформируемых сталей и сплавов для изготовления вставок и пуансонов можно применять следующие марки стали: 4Х5, В2, ФС, 4Х4, МВФС, 3Х3, М3Ф (эти марки обладают повышенной разгароустойчивостью). Штампы паровоздушных штамповочных молотов и КГШП подогревают до 200-400 °С. Штампы гидравлических прессов подогревают до 200-400 °С, Вставки молотовых штампов и штампы КГШП нагревают в течение 1-1,5 ч. Штампы крупных молотов и штампы крупных гидравлических прессов массой до 15 тонн нагревают от 6 до 8 ч. Если штамп находился на улице (вне помещения) в холодное время года, перед нагревом его кладут на стеллаж и выдерживают 4-5 ч. Подогрев штампа производился либо газом, либо электричеством, персональными или стационарными установками, или в печах. Наилучшим подогревом считается индукционный (переносной индуктор устанавливается между частями штампа) прогрев происходит около 50 мин.


# Эксплуатация и ремонт штампов.





## Эксплуатация и ремонт штампов.

Текущий ремонт штампов выполняют при мелком износе непосредственно на рабочем месте, а при крупном ремонте, то в штамповых мастерских. Мелкие трещины зачеканиваются, наплывы и риски, наварившийся металл зачищают ручными бормашинами. Или в редких случаях пневматическими машинами с гибким валом. Изношенные или сломанные детали штампа заменяют новыми, при этом штамп демонтируют. Капитальный ремонт штампа необходим тогда, выгоден, когда штамп полностью сломан. Со стороны зеркала молотового штампа снимают слой металла нужной толщины, снимают полностью на всю глубину полости ручья. Это дает возможность сконфигурировать новый ручей и удалить накопившиеся дефекты на поверхности штампа.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковка и объемная штамповка: Справочник/Под ред. Е.И. Семенова: В 2 т. -М.: Машиностроение, 1986.- Т2.- 563с.
2. Ковка и объемная штамповка стали: Справочник/Под ред. М.В. Сторожева. -Т1.-М.: Машиностроение, 1967.-435с.
3. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства. - М.: Машиностроение, 1976.-554с.
4. Ковка и объемная штамповка стали: Справочник/Под ред. М.В. Сторожева. -Т2.-М.: Машиностроение, 1967.-435с.
5. Семенов Е.И. Ковка и объемная штамповка. -М.: Высш. шк., 1972.- 345с.
6. Брюханов А.Н. Ковка и объемная штамповка. -М.: Машгиз, 1960.- 387с.
7. Брюханов А.Н., Ребельский А.В. Горячая штамповка. Конструирование и расчет штампов.-М.: Машгиз, 1952. -664с.
8. Технологический справочник по ковке и объемной штамповке /Под ред. М.В. Сторожева. -М.: Машгиз, 1959. -966с.
9. Бабенко В.А., Бойцов В.В., Волик Ю.П. Объемная штамповка: Атлас схем и типовых конструкций штампов. -М.: Машиностроение, 1962. -104с.
10. Вербицкий Е.И., Добровольский И.Г. Курсовое проектирование по горячей штамповке.-Минск: Вышейш. шк., 1978.-208с.
11. Торопов Ю.А. Припуски, допуски и посадки. С-Пб.: Профессия., 2003 – 598с.
12. ГОСТ 7505-8. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски, 3бс.