

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

Б. В. Каргин

ОБОРУДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОМД

Электронный конспект лекций

Самара 2013

УДК 621.9.06 (075)

К 218

Автор: **Каргин Борис Владимирович**

Каргин, Б. В. Оборудование процессов ОМД [Электронный ресурс]: электрон. конспект лекций / Б. В. Каргин; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т) - Электрон. текстовые и граф. дан. (5,03 Мбайт). - Самара, 2013.

Приведены основные понятия и определения технологического процесса изготовления кузнечно-штамповочного оборудования (КШО). Изложены данные о влиянии технологических параметров на качество мехобработки. На примере типовых деталей КШО и штампов рассмотрены современные методы и способы их изготовления.

Предназначено для студентов инженерно-технологического факультета, обучающихся по направлению подготовки 150400.62 «Металлургия», изучающих дисциплину «Оборудование процессов ОМД» в 8 семестре.

Подготовлено на кафедре обработки металлов давлением.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2013

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| 1. Разделка исходного материала | 8 |
| 1.1. Резка на пресс-ножницах | 8 |
| 1.2. Газопламенная резка | 12 |
| 2. Выбор облойных канавок и облоя..... | 15 |
| 3. Моделирование горячей штамповки в DEFORM 3D | 18 |
| 4. Ручьи молотовых штампов | 28 |
| 5. Штамповка на паровоздушных молотах | 36 |
| 6. Проекционный молот с доской..... | 41 |
| 7. Безшаботные молоты с ленточной связью..... | 42 |
| 8. Безшаботные молоты с гидравлической связью | 43 |
| 9. Высокоскоростные штамповочные молоты | 43 |
| 10. Конструкция молотового штампа | 44 |
| 11. Кривошипный горячештамповочный пресс (КГШП) | 46 |
| 11.1 Особенности конструкции КГШП | 46 |
| 11.2 Преимущества КГШП | 46 |
| 11.3 Недостатки КГШП | 47 |
| 12. Штамповка выдавливанием..... | 49 |
| 13. Штамповка на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Технология штамповки на ГКМ | 50 |
| 13.1. Преимущества ГКМ..... | 52 |
| 13.2. Недостатки ГКМ | 53 |
| 14. Ковочный гидравлический пресс | 54 |
| Список использованных источников | 57 |

Введение

Штамповка – это формоизменение металла в штампах, форма которых приближается к форме готовой детали или точно ей соответствует. Различают холодную и горячую объемную штамповку. Последняя проводится при температуре заготовок выше температуры рекристаллизации обрабатываемого металла или сплава. Штамповка в отличие отковки позволяет металлу претерпевать деформацию по трем осям и получать фиксированные размеры в объеме.

К преимуществам штамповки относятся: небольшое число обжатий, высокая производительность, малоотходность по сравнению с ковкой и обработкой резанием. Себестоимость штамповки в 2-3 раза ниже себестоимости изготовления детали резанием. Однако эти преимущества реализуются только в серийном специализированном производстве из-за большой стоимости штампов. В развитых промышленных странах горячей объемной штамповкой изготавливают по 1–1,5 млн т в год стальных поковок.

Около 80 % штампованных поковок производят на универсальных паровоздушных штамповочных молотах (ПВШМ), кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) и горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Имеется тенденция к замене молотов прессами. Наиболее крупные изделия штампуют на гидравлических прессах усилием до 750 МН. Расширяется применение винтовых штамповочных пресс-молотов (ВШПМ) и горячештамповочных автоматов (ГША). Оборудование для серийной штамповки объединяют в гибкие производственные модули, оснащенные роботами-манипуляторами и управляемые ЭВМ.

Экономическая целесообразность объемной штамповки и выбора ее способов зависит от множества факторов, основными из которых являются следующие:

- тип производства (массовое, серийное);
- свойства и себестоимость металла или сплава;
- тип оборудования, на котором производится деформация металла.

В качестве инструмента применяется приспособление, имеющее две или большее число частей, при сопряжении которых образуется объемная полость по форме детали, которая называется штампом. Количество штампов, необходимых для производства различных деталей, соответствует количеству штампуемых поковок.

Штамп состоит из следующих основных частей:

- верхняя плита;
- нижняя плита;
- верхняя часть штампа (пуансон);
- нижняя часть штампа (матрица);
- направляющие колонки 5, входящие в направляющие втулки;
- хвостовик (запрессован в верхнюю плиту, вставляется в гнездо ползуна прессы и там крепится).

Холодная объемная штамповка (ХОШ) основана на использовании холодной пластической деформации. Все операции ХОШ разделены на 12 групп с индексами от А до Н, каждому из которых соответствует ряд с порядковым номером 1-12. Основными из них являются следующие:

- осадка;
- объемная формовка;
- плоскостная и объемная калибровка;
- холодное выдавливание;
- высадка;
- чеканка.

ХОШ имеет следующие преимущества:

- высокие механические свойства деталей из-за деформационного упрочнения;
- высокую точность размеров и качествоковки (8–9 класс);
- увеличение коэффициента использования металла (в среднем до 82–93 %);
- высокую производительность процесса и возможность механизации и автоматизации (в 5–10 раз производительность выше на кривошипных

прессах-автоматах по сравнению с современными автоматами для обработки резанием таких же деталей).

В качестве недостатка можно выделить высокие удельные нагрузки на инструмент и, как следствие, низкую стойкость штамповой оснастки. Типовой технологический процесс объемной штамповки состоит из резки проката на заготовки, их нагрева, собственно штамповки, обрезки облоя, правки, термообработки поковок, удаления окалины, холодной калибровки (чеканки) и контроля качества.

Общий технологический процесс формоизменения независимо от вида оборудования включает несколько этапов:

1. Подготовительные операции (фасонирование, осадка и др.).
2. Оформление поковки (штамповочные операции).
3. Вспомогательные операции (обрезка облоя, термообработка и др.)
4. Отделочные операции (обработка резанием, калибровка и др.)

По технологическому признаку выделяют следующие разновидности:

- штамповку на молотах;
- штамповку на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП);
- штамповку на горизонтально–ковочных машинах (ГКМ).

На молотах осуществляется штамповка и в закрытых и в открытых штампах.

Используются штамповочные молоты (для стальных поковок) массой падающих частей 15–25 т. В качестве достоинств этого вида штамповки можно выделить следующие:

- возможность осуществления энергоемких операций за счет высоких скоростей деформации и многократного обжатия в ручьях;
- универсальность и простоту эксплуатации;
- возможность деформации малопластичных сплавов.

А в качестве недостатков отмечаются следующие:

- низкая степень автоматизации и механизации;
- экологический вред и тяжелые условия труда;
- необходимость в больших фундаментах.

В качестве инструмента применяют молотовые штампы.

На штампе может быть расположена площадка для осадки (как правило, она выполнена в угловом элементе штампа), нож и различные ручки.

В молотовых штампах применяют следующие.

1. Штамповочные ручки:

- окончательный (чистовой), где производится получение окончательной поковки;
- предварительный (черновой), который, как правило, выполняется беззаусеничной канавки, служит для придания заготовке формы, близкой кокончателюму ручью, и применяется при штамповке стальных поковок.

2. Заготовительные ручки:

- формовочный ручей, который служит для придания заготовке формы, соответствующей форме поковки в полости ручья (для получения контура поковки в плане);
- гибочный ручей, который придает поковке определенный угол изгиба;
- пережимной ручей, который необходим для уширения заготовки поперек ее оси;
- подкатный ручей, который предназначен для увеличения одних поперечных размеров заготовки за счет других вследствие перемещения металла вдоль оси заготовки.

1. Разделка исходного материала

Катаный металл разделяют 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.

1.1. Резка на пресс-ножницах

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

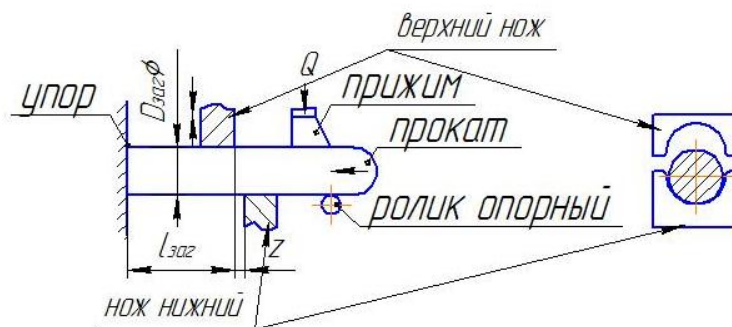


Рисунок 1.1 – Кинематическая схема пресс-ножниц

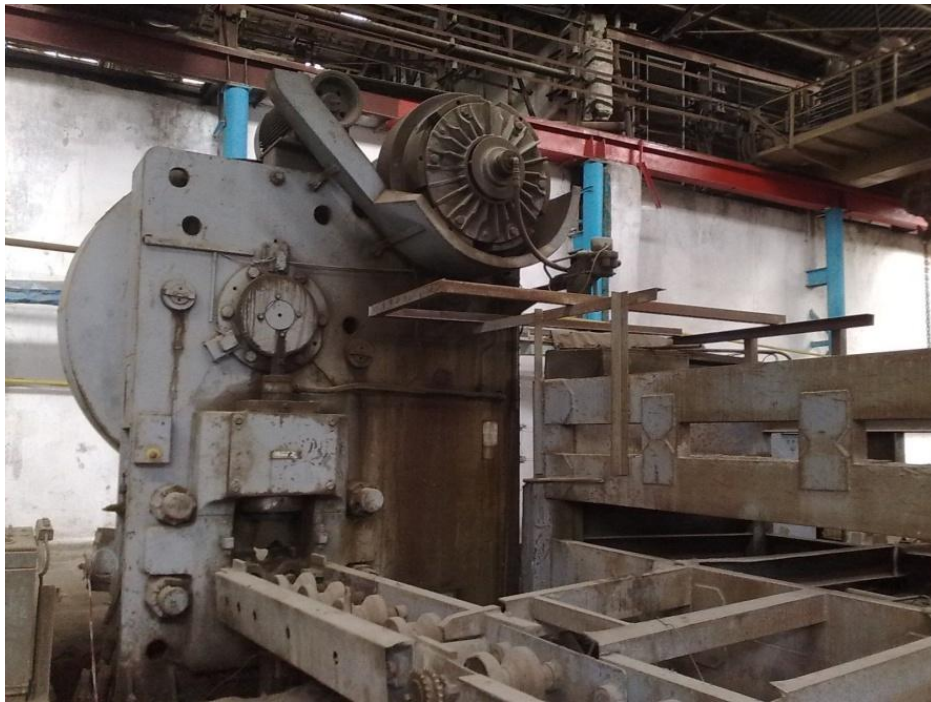


Рисунок 1.2 – Общий вид пресс-ножниц. Резка на хладноломах

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.

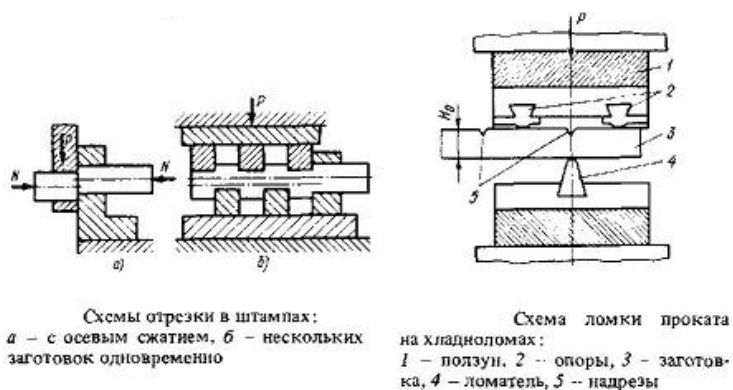


Рисунок 1.3 – Схема отрезки в штампах и ломки проката на хладноломах

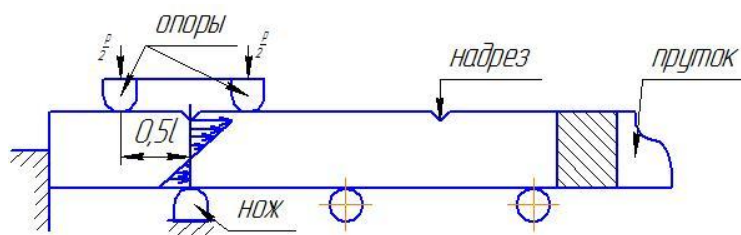


Рисунок 1.4 – Кинематическая схема ломки на хладноломах

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 переламывают 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.

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 кузнечно-штамповочных цехах ограниченно.

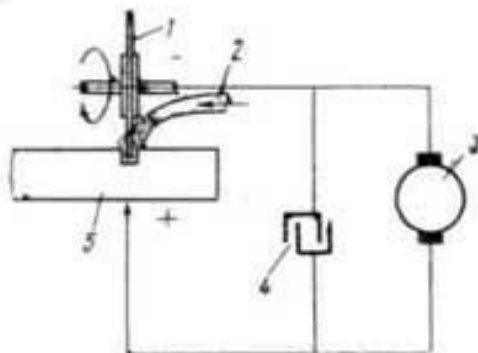


Рисунок 1.5 – Анодномеханическая резка. 1 — диск (катод);
2 — подача электролита; 3 — генератор; 4 — конденсатор;
5 — заготовка (анод).

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.

1.2. 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 муфту.

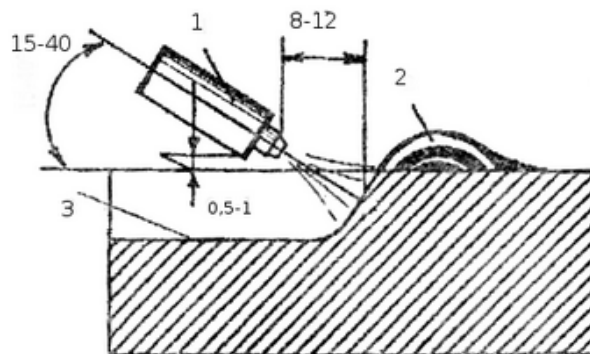


Рисунок 1.6 – Газопламенная резка: 1-мундштук; 2-шлак; 3-канавка.

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

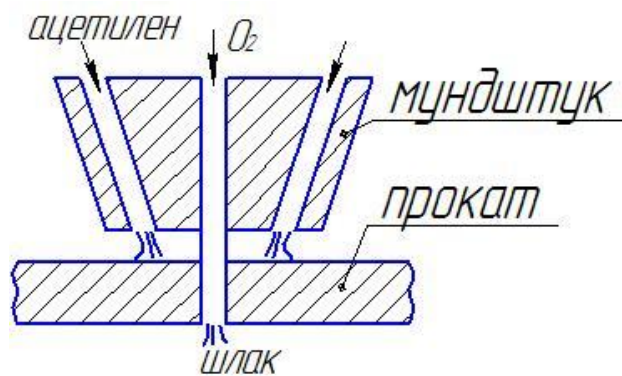


Рисунок 1.7 – Схема газопламенной резки

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.

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

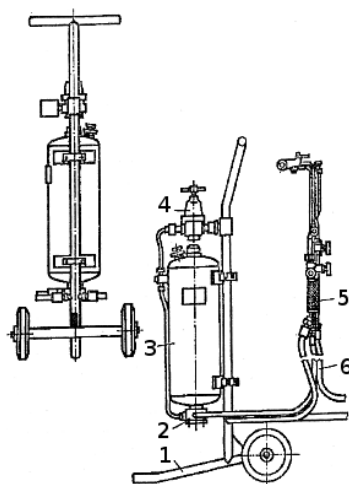


Рисунок 1.8 - Установка кислородно-флюсовой резки. 1 -тележка; 2-циклон; 3-флюсопитатель; 4-редуктор кислорода; 5-резак; 6-шланги.

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.

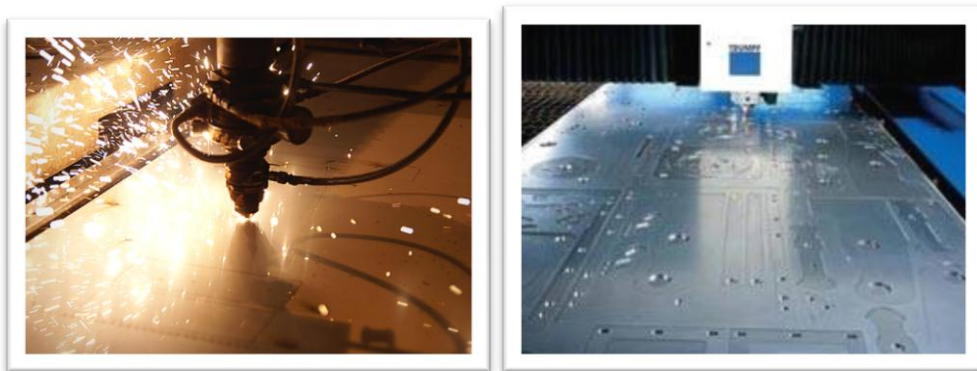


Рисунок 1.9 – Резка лазером будущего корпуса электрической подстанции.

2. 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.

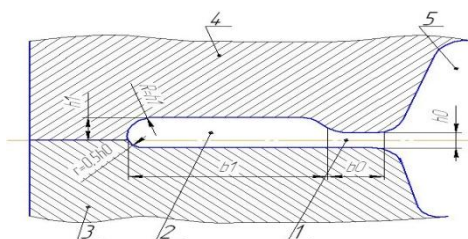


Рисунок 2.1 – Схема облойной канавки молотового штампа: 1 – мостик; 2 – магазин; 3 и 4 – нижняя и верхняя половина штампа 5 – полость окончательного ручья штампа

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.

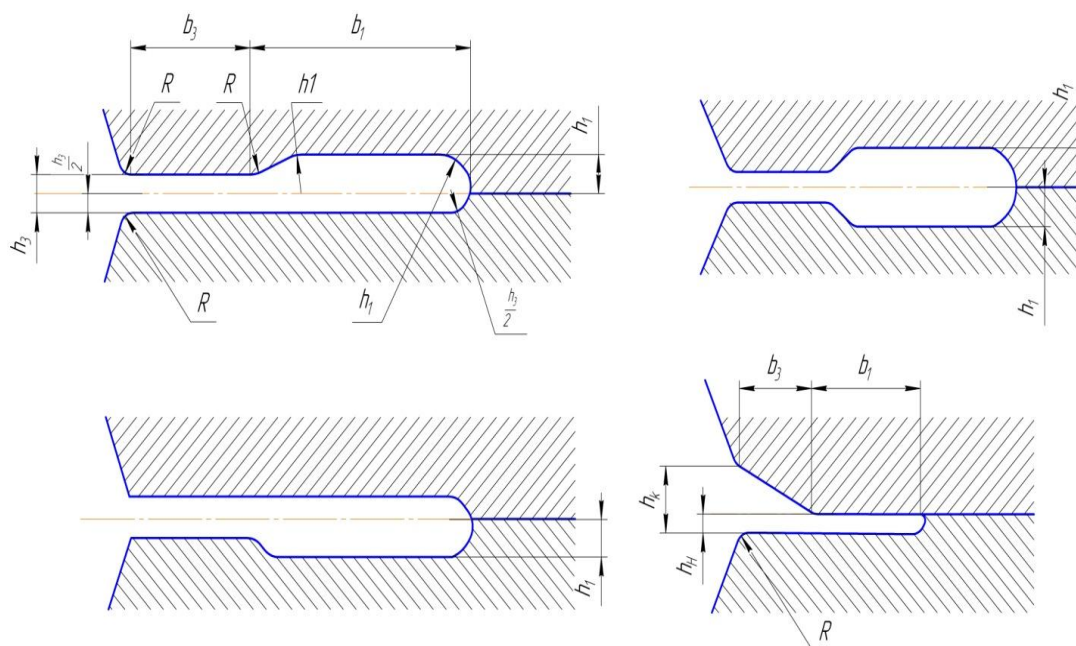


Рисунок 2.2 – Типовые канавки для молотовых штампов.

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

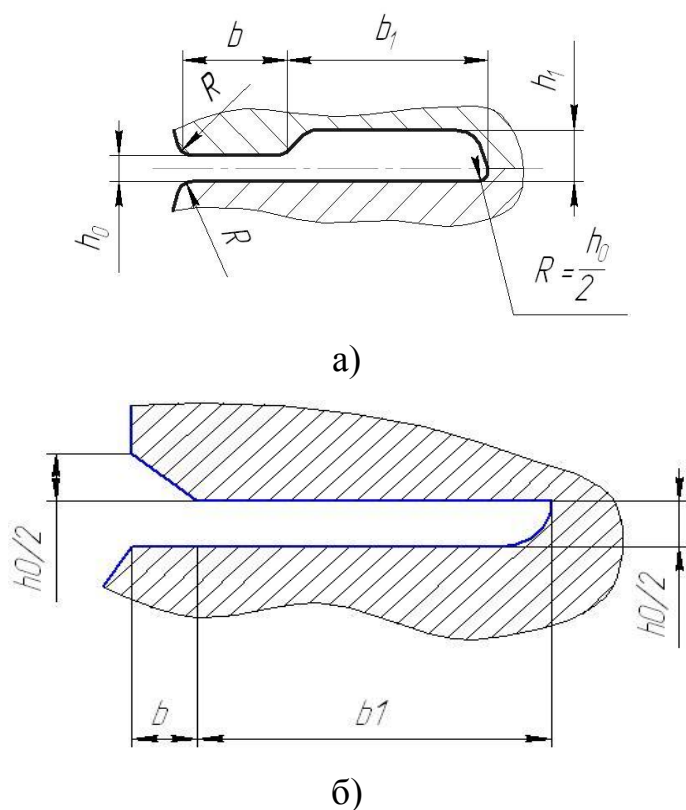


Рисунок 2.3 – Типовые облойные канавки а) первого типа; б) четвертого типа.

Толщина облоя на мостике h_0 (мм) рассчитывается в зависимости от формы поковки в плане. Для круглых поковок диаметром:

$$h_0 = 0,015 \times D_{\text{п}},$$

где $D_{\text{п}}$ – диаметр поковки, мм.

$$h_0 = 0,015 \times 144 = 2 \text{ мм.}$$

Выбираются ближайшее значения h_0 и все остальные размеры в зависимости от группы сложности поковки.

Для облойной канавки I типа в соответствии с таблицей:

$$h_0 = 2 \text{ мм}; h_1 = 4 \text{ мм}; b = 9 \text{ мм}; b_1 = 25 \text{ мм}; R = 1 \text{ мм}; S_{\text{обл.к.}} = 1,36 \text{ см}^2.$$

Для облойной канавки IV типа:

$$h_0 = 0,8 \text{ мм}; b = 6 \text{ мм}; b_1 = 20 \text{ мм}; S_{\text{обл.к.}} = 0,69 \text{ см}^2.$$

Среднюю площадь поперечного сечения облоя S_0 (мм^2) найдем по формуле:

$$S_0 = \xi S_{\text{об.к.}}$$

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

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

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

Для облойной канавки I типа:

$$S_0 = 0,5 \times 136 = 68 \text{ мм}^2.$$

Для облойной канавки IV типа:

$$S_0 = 0,5 \times 69 = 34,5 \text{ мм}^2.$$

3. Моделирование горячей 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:

где $D_{\text{п}}$ - диаметр поковки, мм; σ - предел текучести материала поковки при данной температуре, МПа; b - ширина мостика облойной канавки, мм;

$$G_0 = 5,6 \times 10^{-4} \times 17 \times 1 - 0,0005 \times 144 \times \left\{ \begin{array}{l} 3,75 \left(9 + \frac{144}{4} \right) 75 + 0,001 \times 144^2 + \\ + 144 \left(\frac{9^2}{2} + \frac{9 \times 144}{4} + \frac{144^2}{50} \right) \times \ln \left[1 + \frac{2,5 \cdot 75 + 0,001 \times 144^2}{144 \times 2} \right] \end{array} \right\} =$$

$$844 \text{ кг} - 1 \text{ т}$$

h_0 - толщина мостика облойной канавки, мм.

Заполнение гравюры штампа металлом происходит в четыре стадии:

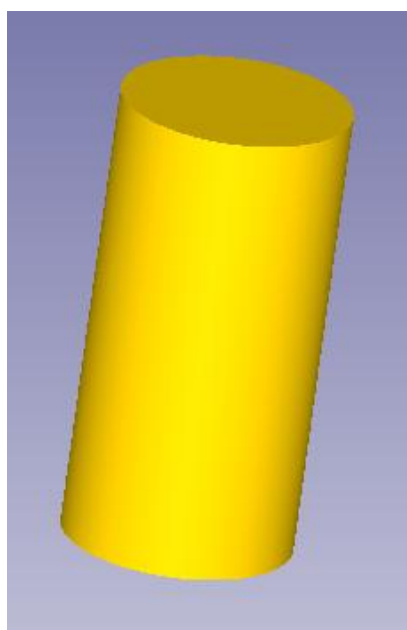
1. Происходит свободная осадка до соприкосновения заготовки со стенкам гравюры штампа.

2. При дальнейшей осадке металл испытывает трение по боковым поверхностям гравюры, происходит дальнейшее заполнение гравюры. Стадия заканчивается началом образования облоя.

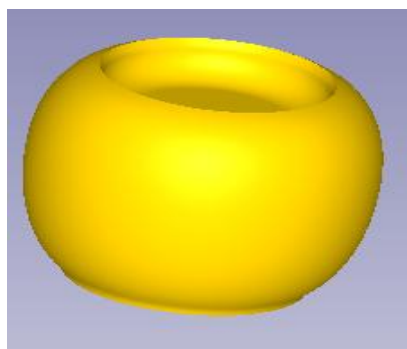
3. Происходит одновременное течение металла в облойную канавку и гравюру, сопротивления мостика увеличивается, стадия заканчивается полным заполнением гравюры.

4. Характеризуется вытеснением избытка металла в облойный магазин.

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

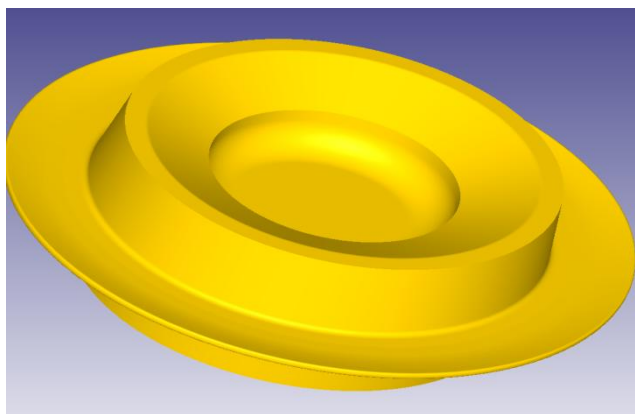


а)

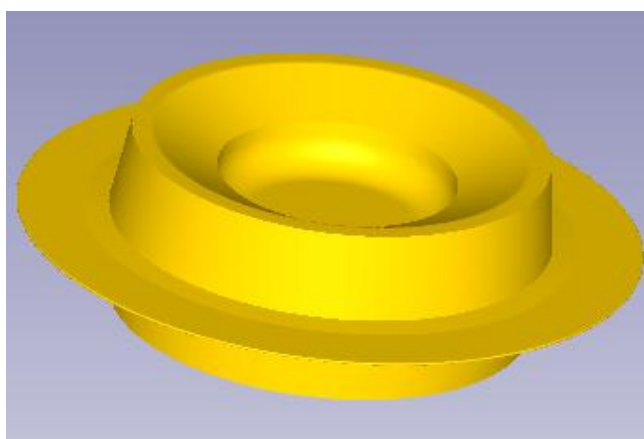


б)

Рисунок 3.1 – Исходная заготовка (а), заготовка после осадки(б).

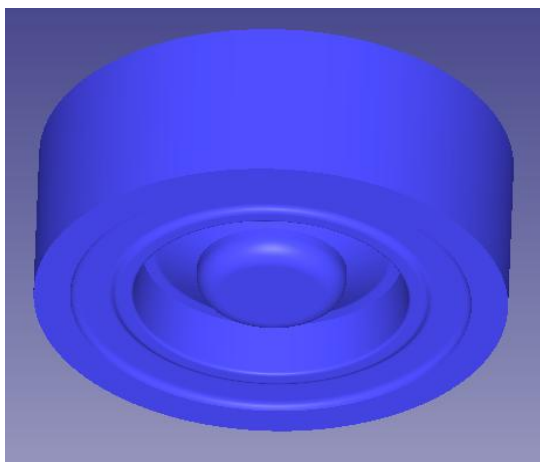


а)

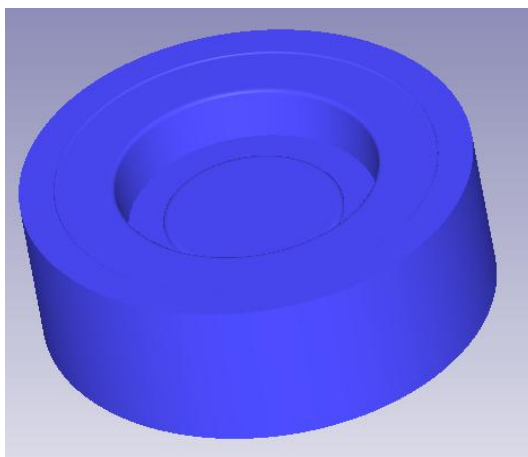


б)

Рисунок 3.2 - Поковка (а) –поковка, полученная горячей объемной штамповкой с помощью штампа с облойной канавкой I типа; поковка (б) – поковка, полученная горячей объемной штамповкой с помощью штампа с облойной канавкой IV типа.



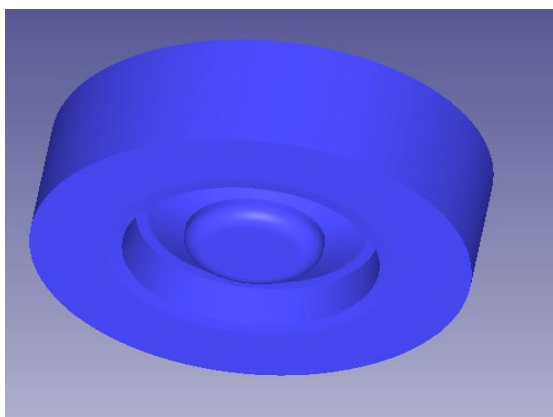
а)



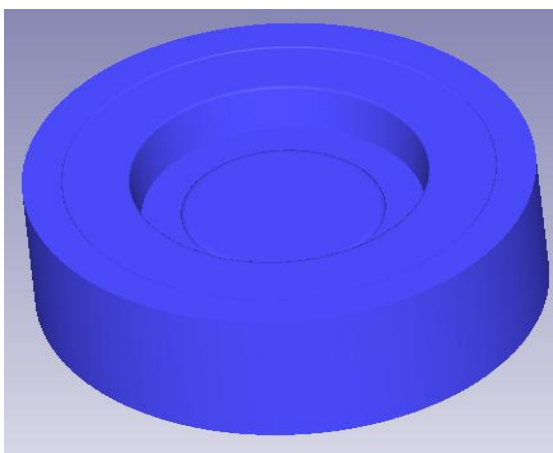
б)

Рисунок 3.3 - Верхняя половина штампа с облойной канавкой I типа (а);

Нижняя половина штампа с облойной канавкой I типа (б)



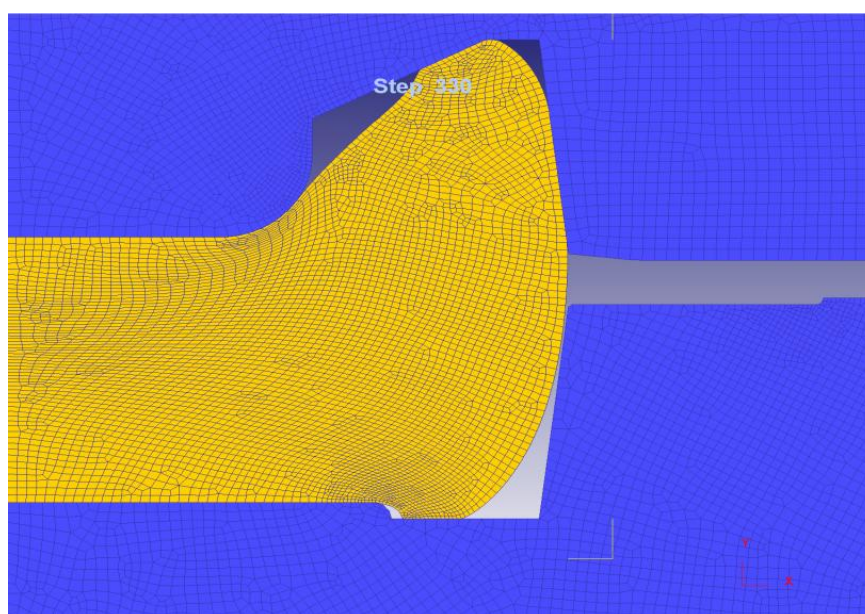
а)



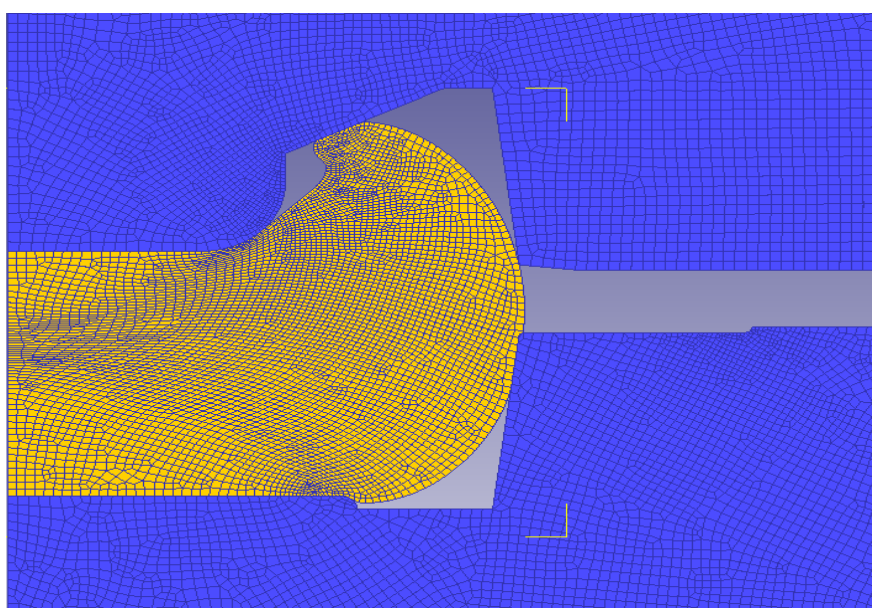
б)

Рисунок 3.4 – Верхняя половина штампа с облойной канавкой IV типа (а);
Нижняя половина штампа с облойной канавкой IV типа (б).

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.

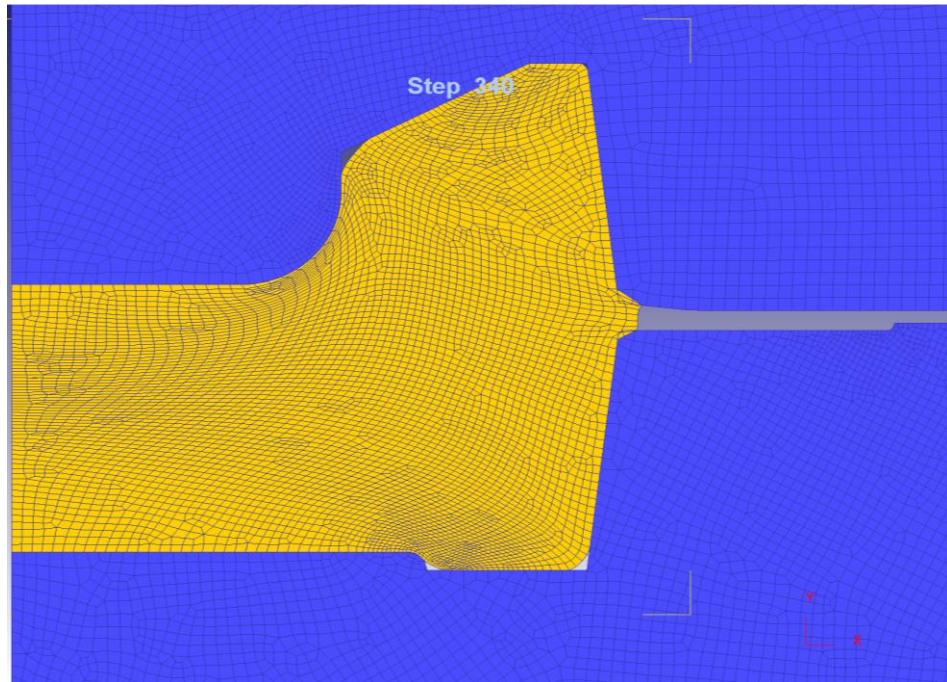


а)

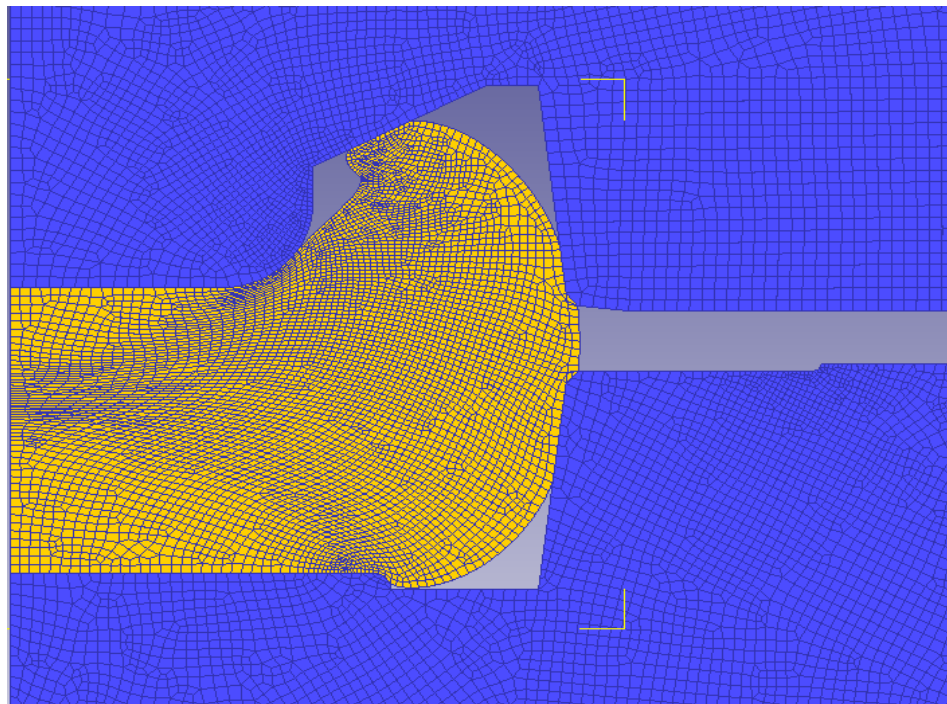


б)

Рисунок 3.5 - Стадия I-Смыкание штампа, скорость деформирования 5 м/с (а);
стадия I-Смыкание штампа, скорость деформирования 7 мм/с (б).

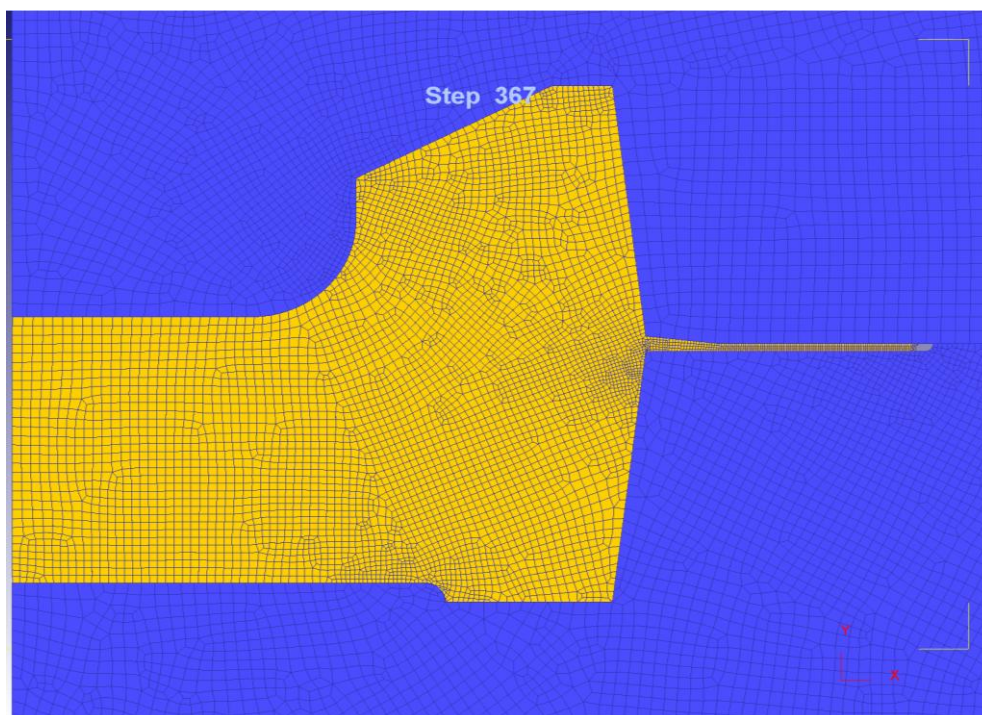


а)

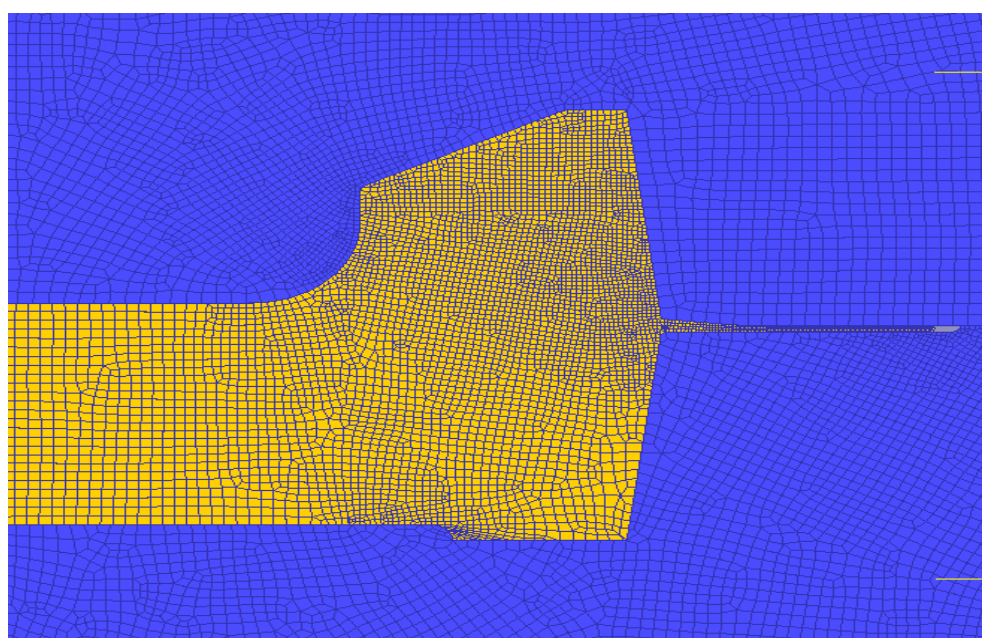


б)

Рисунок 3.6 – Стадия II-Металл начинает затекать в облойную канавку, скорость деформирования 5 м/с (а); Стадия II-Металл начинает затекать в облойную канавку, скорость деформирования 7 м/с (б).

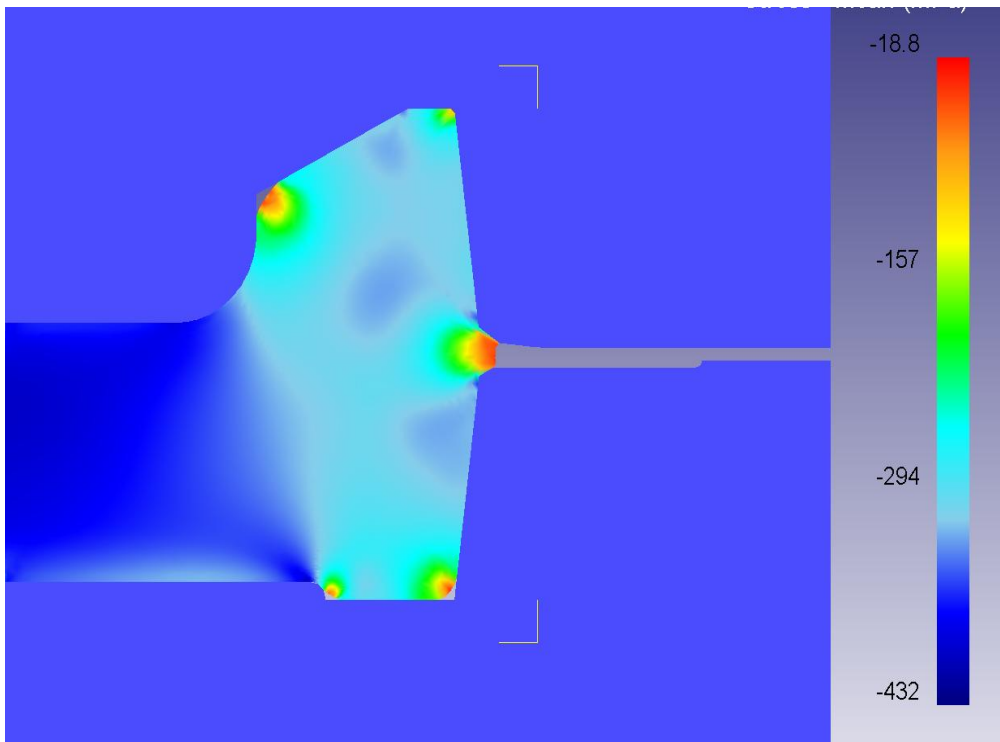


а)

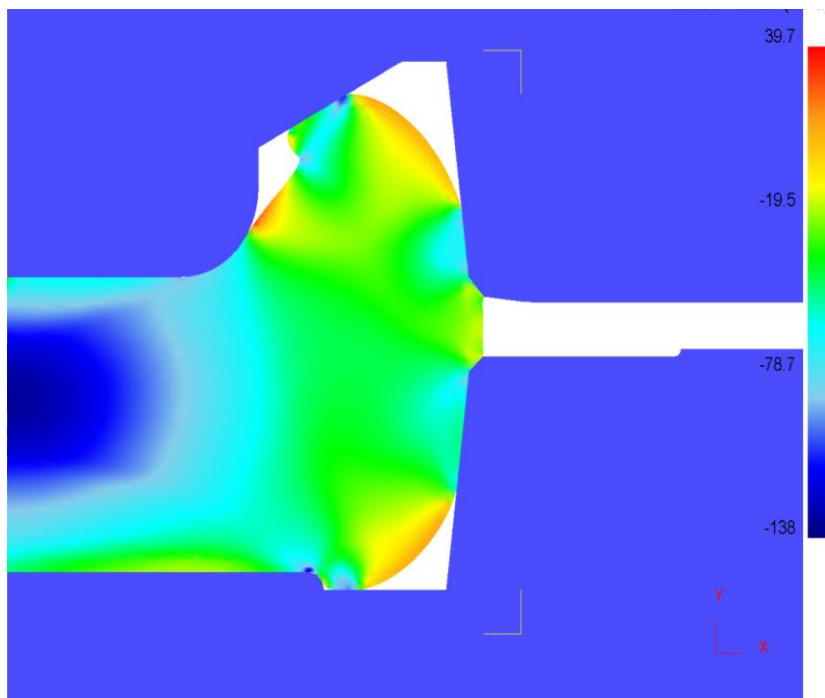


б)

Рисунок 3.7 - Стадия III-Металл начинает затекать в облойную канавку, скорость деформирования 5 м/с (а); Стадия III-Металл начинает затекать в облойную канавку, скорость деформирования 7 м/с (б).

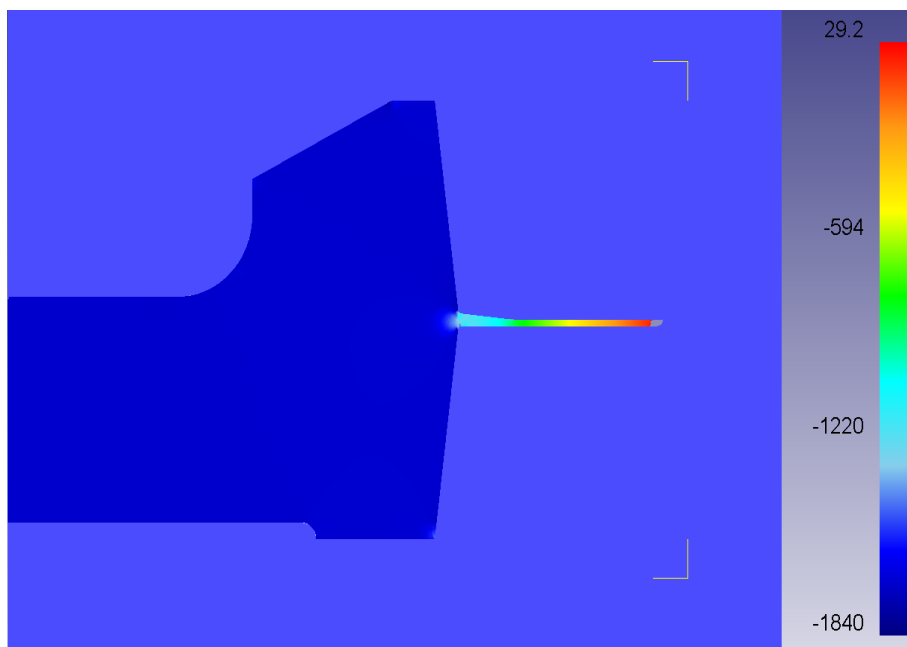


a)

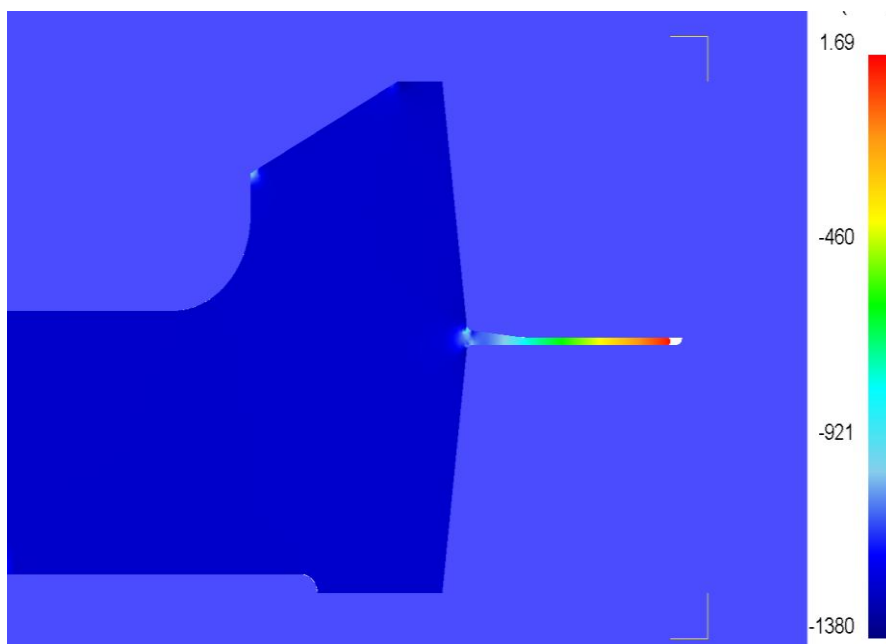


б)

Рисунок 3.8 – Эпюра средних напряжений при стадии II, скорость деформирования 5 м/с, Мпа (а); Эпюра средних напряжений при стадии II, скорость деформирования 7 мм/с, Мпа (б).

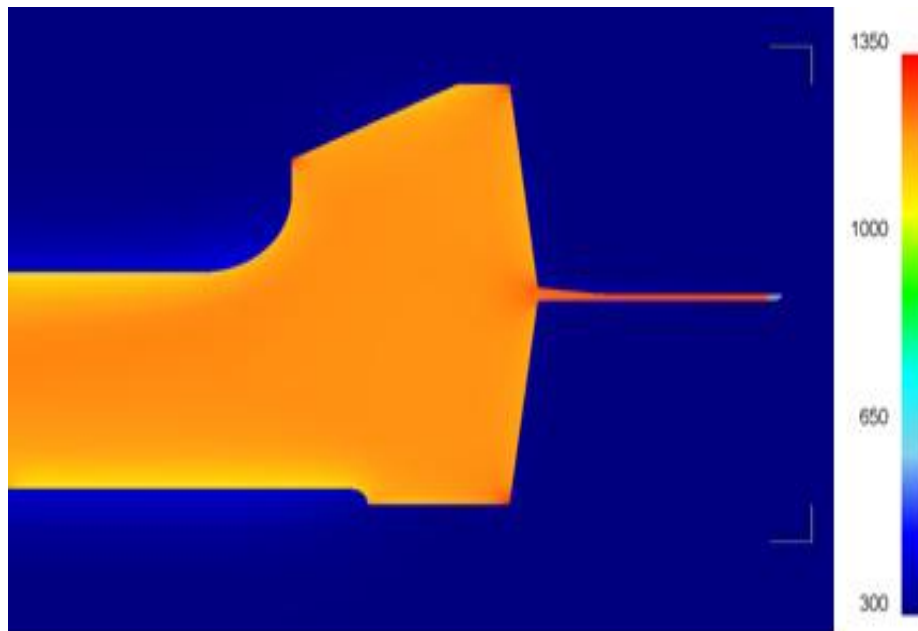


а)

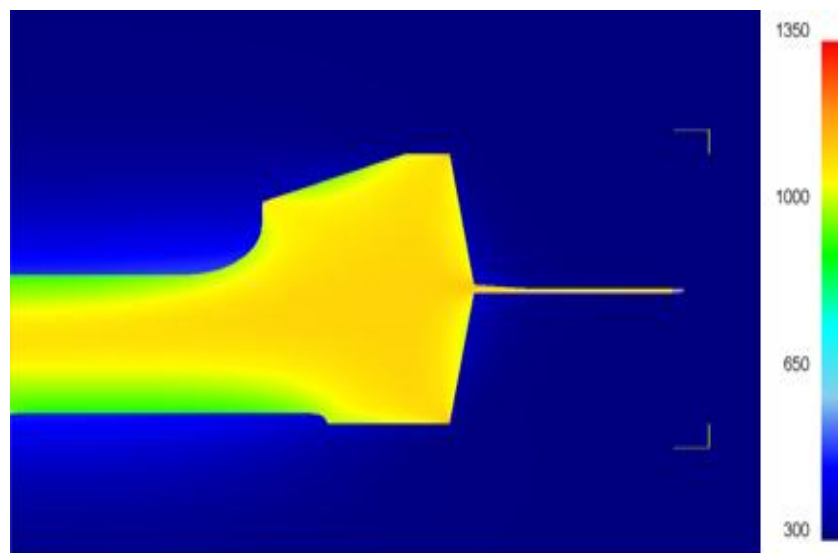


б)

Рисунок 3.9 - Эпюра средних напряжений при стадии II, скорость деформирования 5 м/с, Мпа (а); Эпюра средних напряжений при стадии II, скорость деформирования 7 мм/с, Мпа (б).



а)



б)

Рисунок 3.10 - Температурное поле, заготовка деформировалась со скоростью 5м/с, (а); Температурное поле, заготовка деформировалась со скоростью 7мм/с, (б).

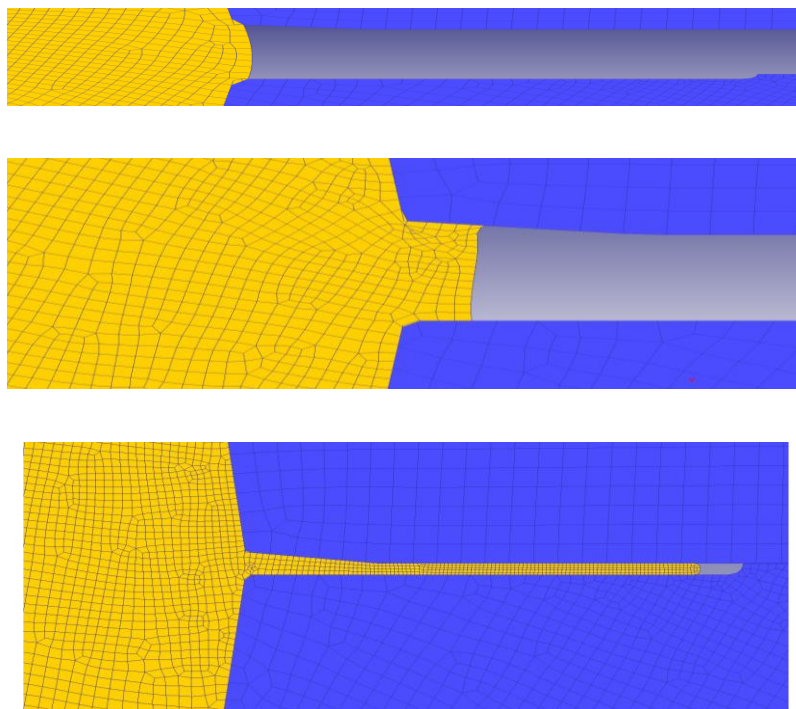


Рисунок 3.11 - Крупный план стадии I, II, III с облойной канавкой 4 типа.

4. Ручьи молотовых штампов

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

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

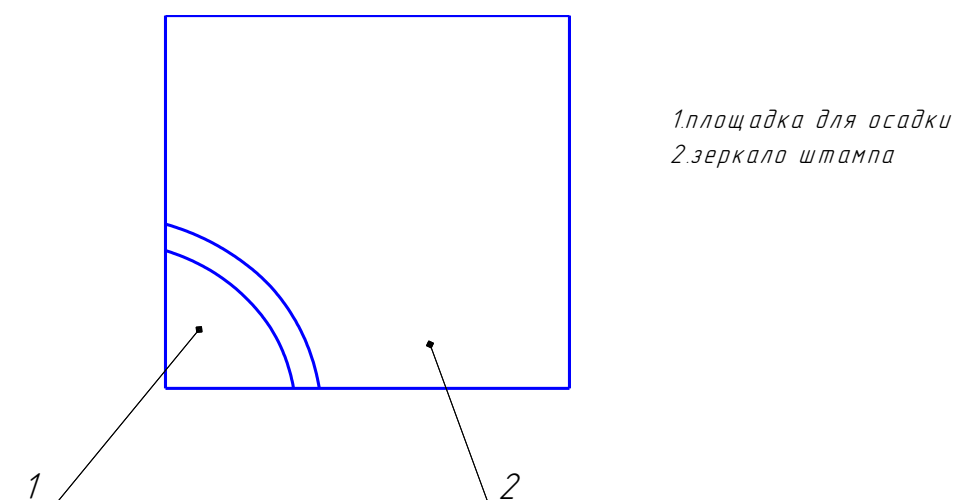


Рисунок 4.1 – Нижняя половина штампа

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 ручки.

Предварительный ручей. Для увеличения стойкости окончательного ручья в штампах выполняют предварительный ручей, который по форме и размерам очень близок к окончательному ручью. Предварительные ручки 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 налипают металл, после чего они с трудом извлекаются из гравюры штампа, что в конце приводит к перегреву штампа и потере 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).

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.

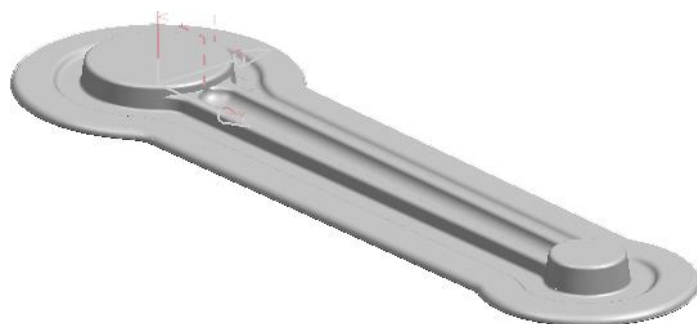


Рисунок 4.2 – Поковка "шатун" после штамповки в окончательном ручье.

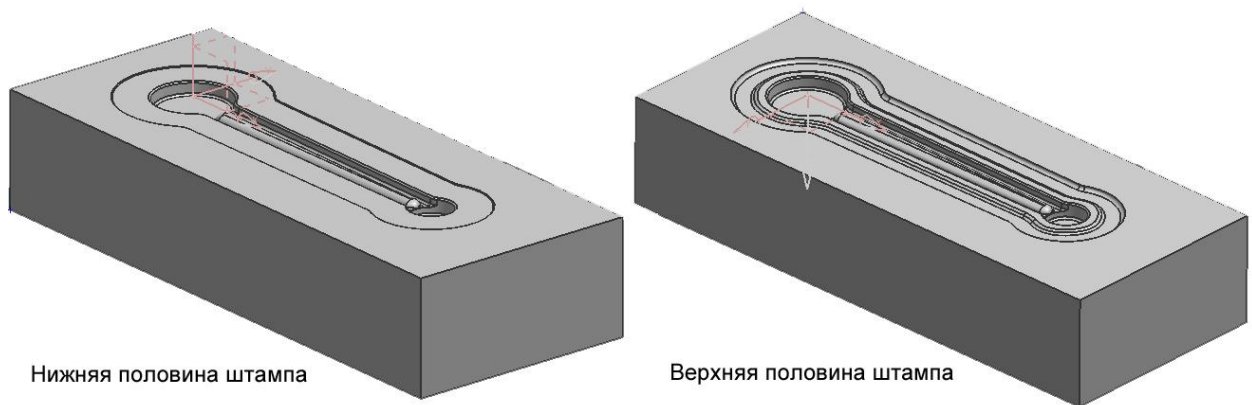


Рисунок 4.3 – Нижняя и верхняя половина молотового штампа

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.

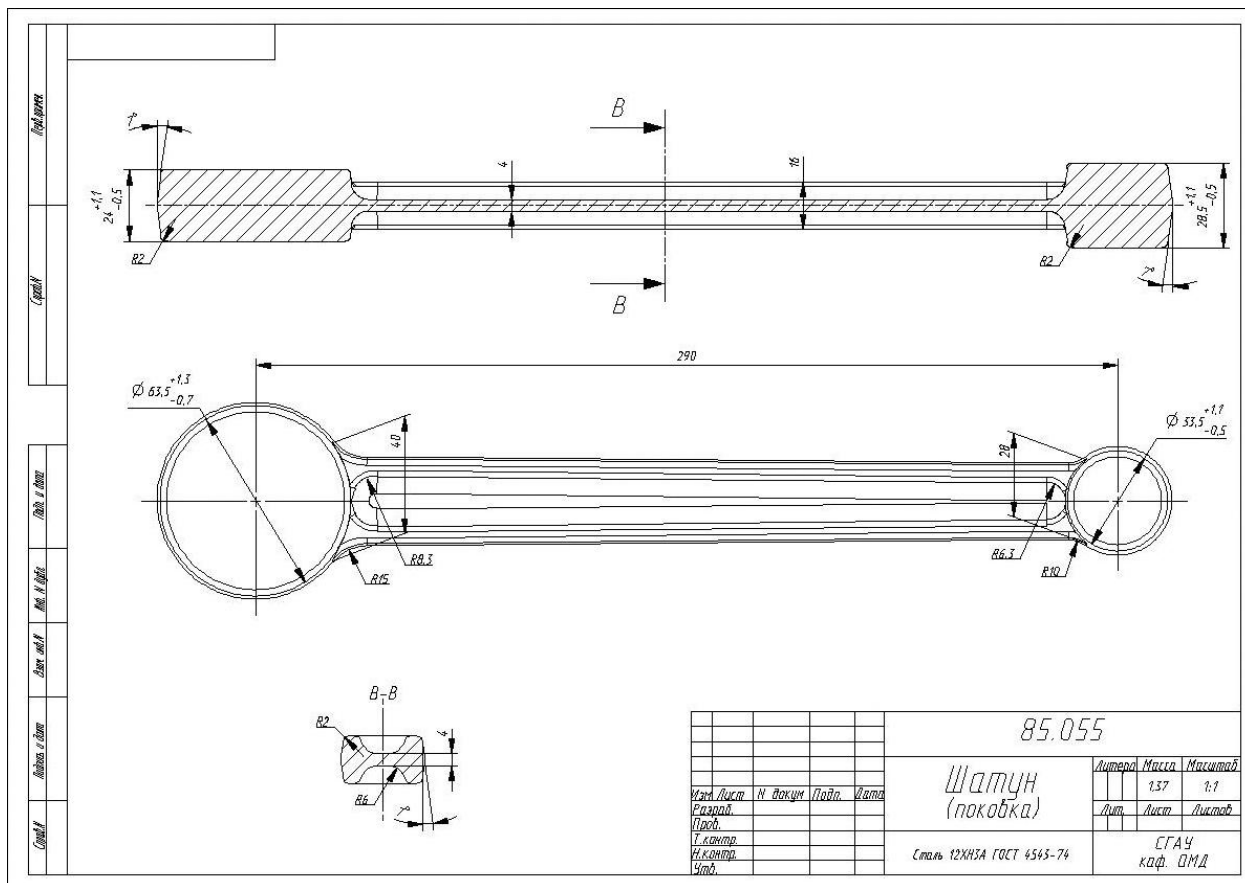


Рисунок 4.4 – Чертеж поковки

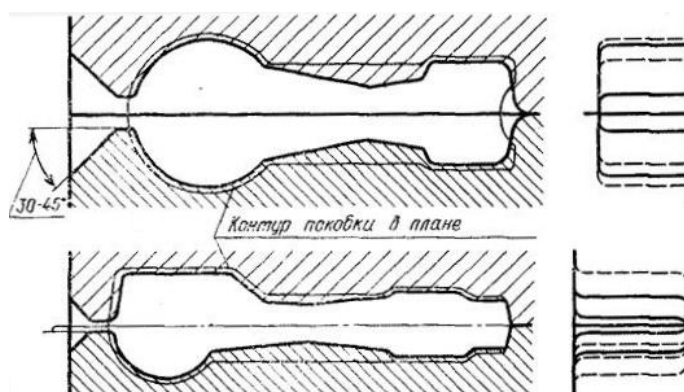


Рисунок 4.5 – Формовочный ручей

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 ручки могут иметь не одинаковую ширину, длину, различные поперечные сечения бывают открытыми и закрытыми. На чертеже профиль подкатных ручьев строят соответственно с расчетной заготовкой.

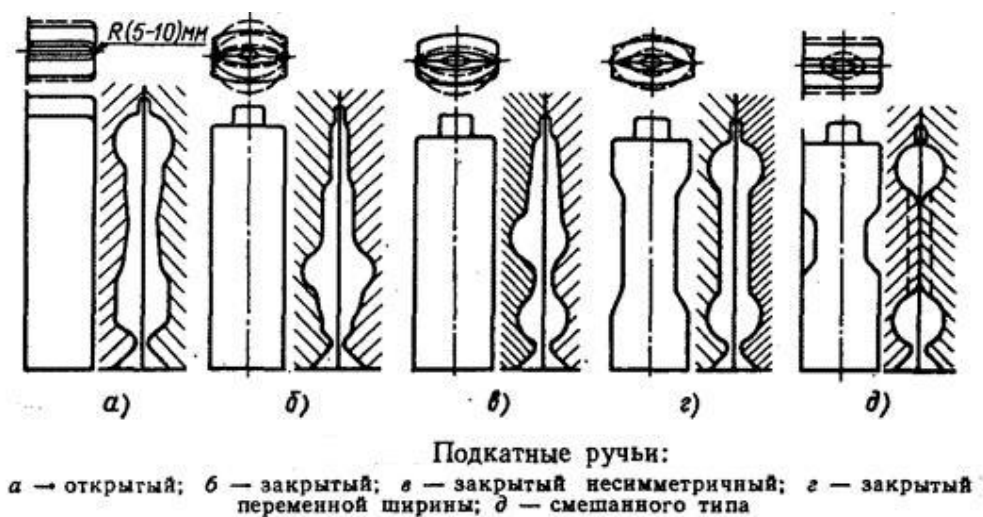
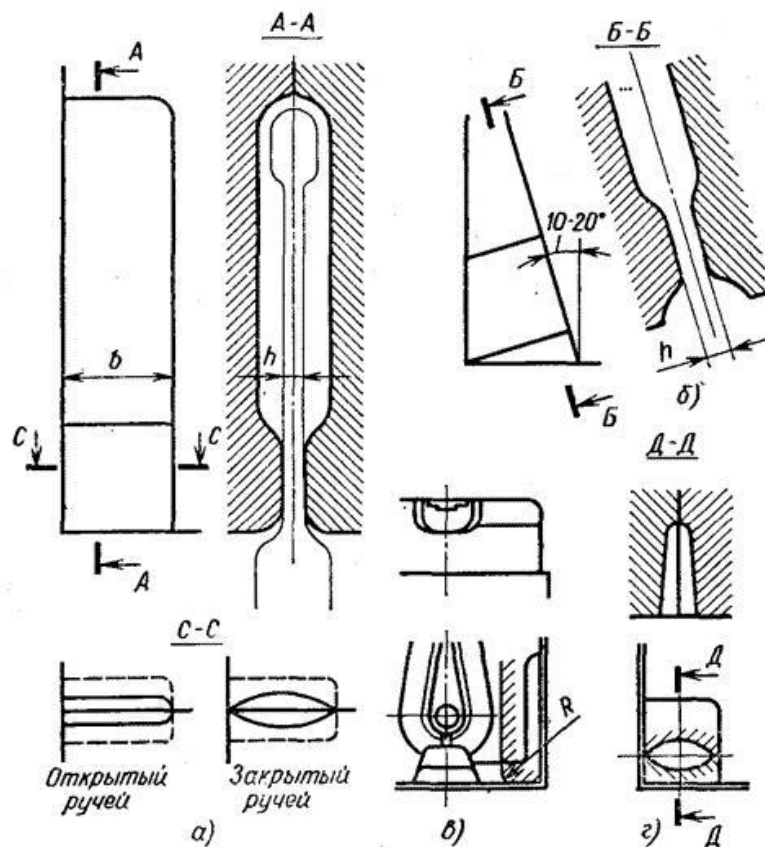


Рисунок 4.6 – Податные ручки

Протяжной ручей. Протяжной ручей служит для увеличения длины исходной заготовки за счет уменьшения площади поперечных сечений. Протяжные ручки 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

Рисунок 4.7 – Протяжные ручьи

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.



Рисунок 4.8 – Пережимной ручей

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.

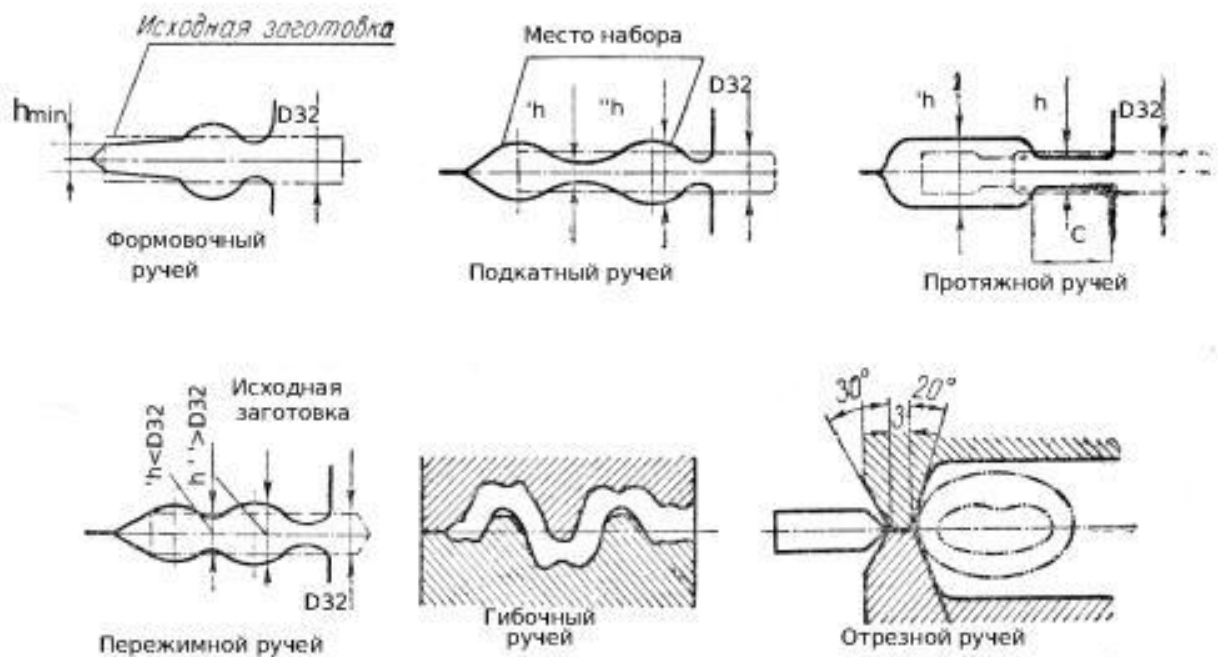


Рисунок 4.9 – Гибочный ручей

5. 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.

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.

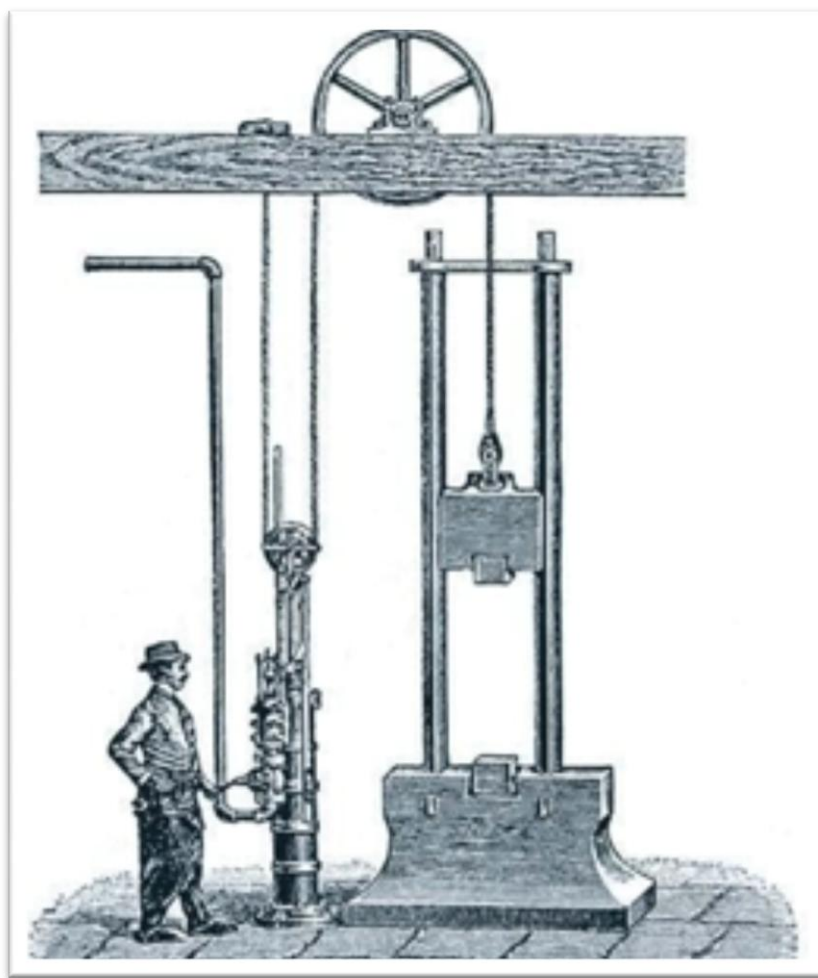


Рисунок 5.1 – Ковочный молот XIX века.



Рисунок 5.2 – Паровоздушный молот

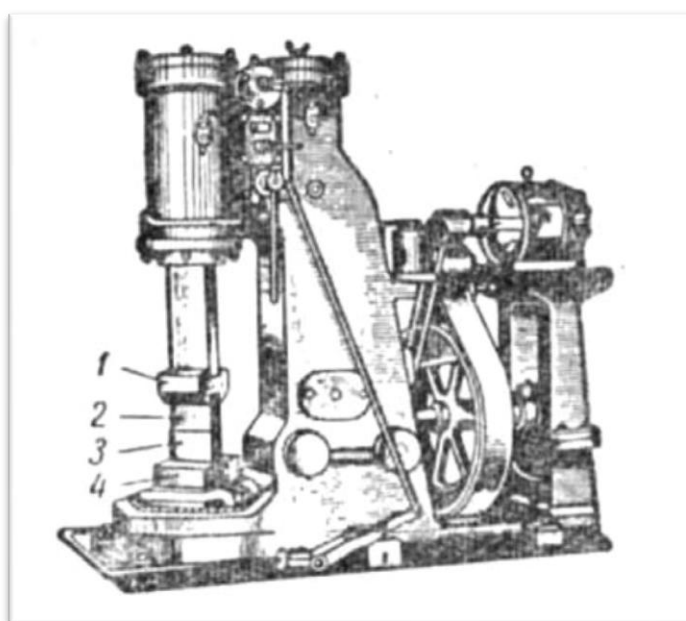


Рисунок 5.3 – Пневматический молот

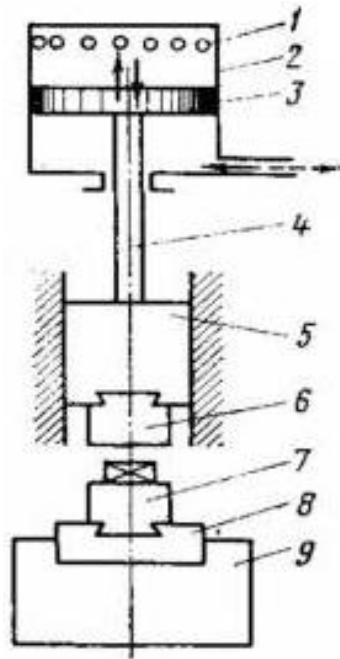


Рисунок 5.4 - Схема паровоздушного молота одностороннего действия: 1 - отверстие для прохода воздуха, 2 — рабочий цилиндр, поршень, 3—шток, 4— баба, 5 — верхний боек (штамп), 7-нижний боек (штамп), 8 — штамповая подушка, 9 — шабот.

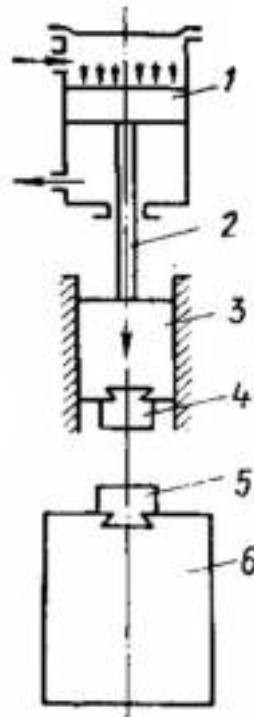


Рисунок 5.6 - Схема паровоздушного молота двустороннего действия: 1 - поршень, 2 — шток, 3 — баба, 4 — верхний боек (штамп), 5 - нижний боек (штамп). 6 — шабот.

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.

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.

6. Проекционный молот 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.

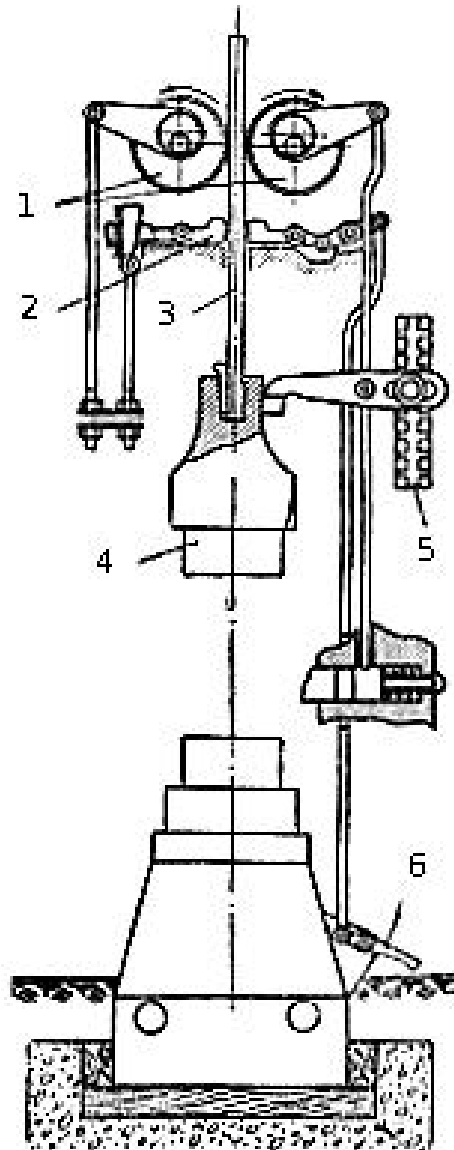


Рисунок 6.1 – Проекционный молот с доской

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.

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.

7. 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.

8. 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.

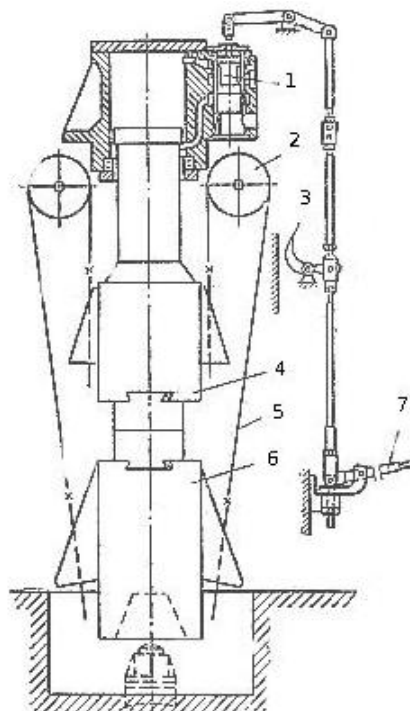


Рисунок 8.1 – Бесшаботный молот с гидравлической связью

9. 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 требуются меньше площадь в цехе. Также нуждается в сложных глубоких фундаментах.

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 деформируемых материалов.

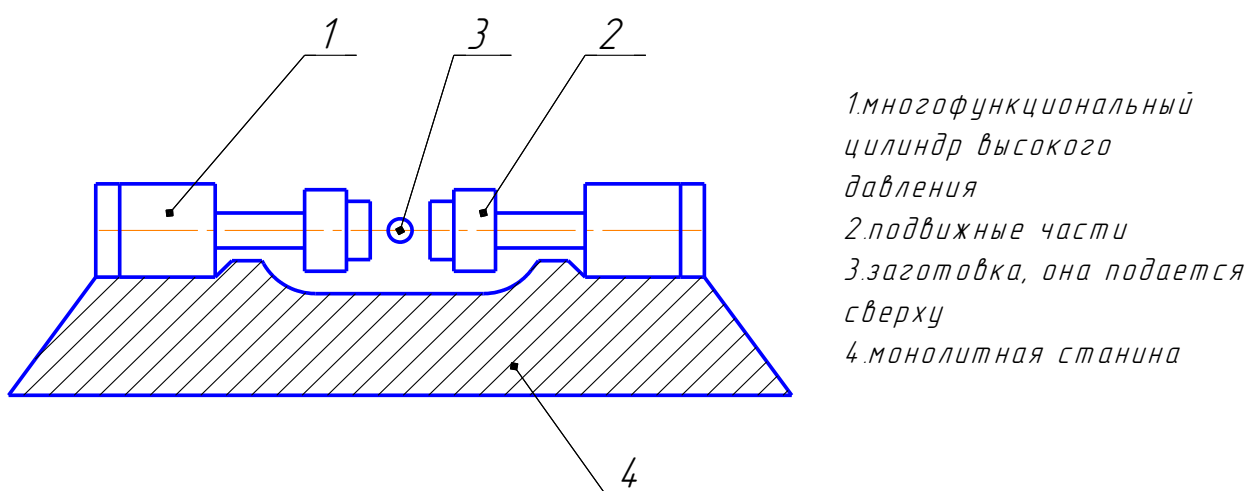


Рисунок 9.1 – Схема импактора

10. 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.

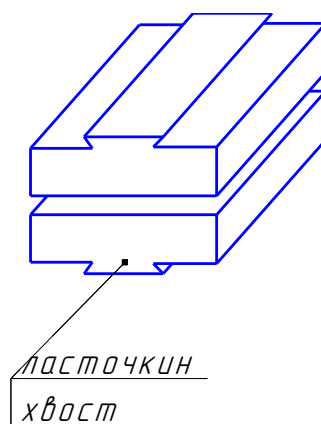


Рисунок 10.1 – Крепление типа "Ласточкин хвост"

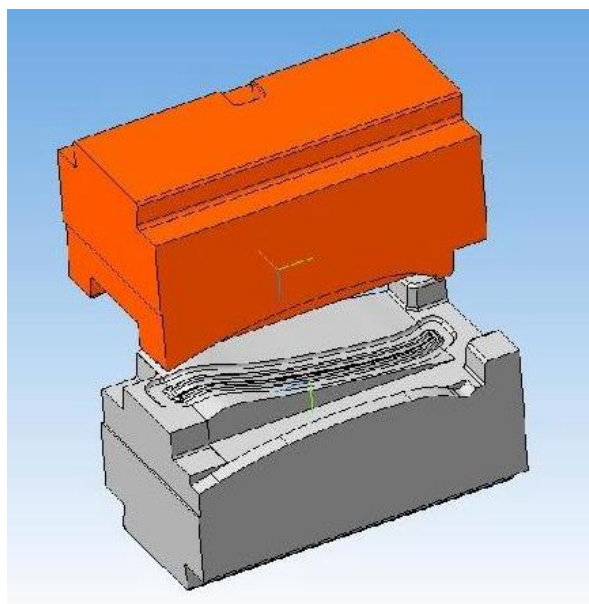


Рисунок 10.2 – Модель штампа с креплением "Ласточкин хвост"

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

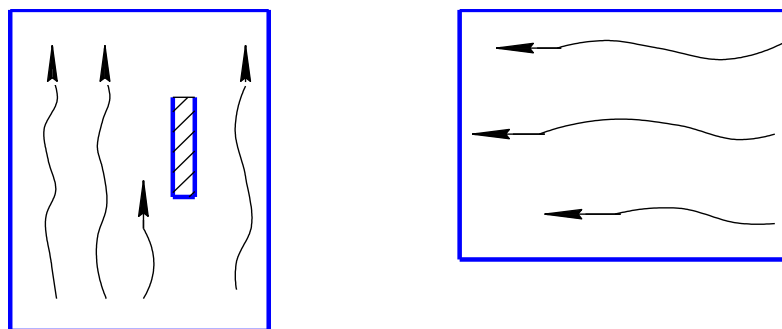


Рисунок 10.3 – Направление волокон на зеркале штампа

11. 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.

11.1 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.

11.2 Преимущества КГШП

1. Поковки получаются 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.

11.3 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).

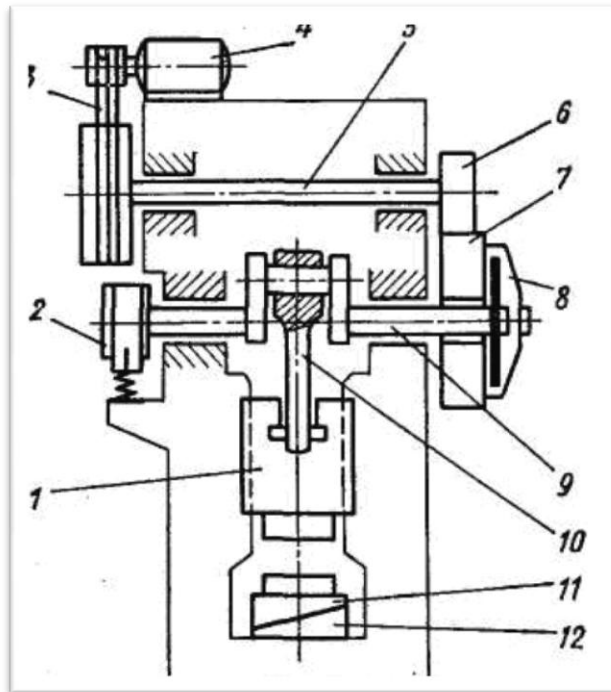


Рисунок 11.1 – Кинематическая схема кгшп

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 прессы 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.



Рисунок 11.2 – Общий вид ГКШП на производстве

12. 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.

13. 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.



Рисунок 13.1 – Общий вид ГКМ на производстве

На ГKM 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 ГKM можно штамповать большое разнообразие поковок, сначала своего развития на ГKM изготавливали детали типа болта. В дальнейшем технологические процессы стали более разнообразными, и номенклатура поковок сильно повысилась. В настоящее время на ГKM в большинстве случаев штампуют поковки типа стержня с фланцем, кольца, стаканы и прочие типовые детали.

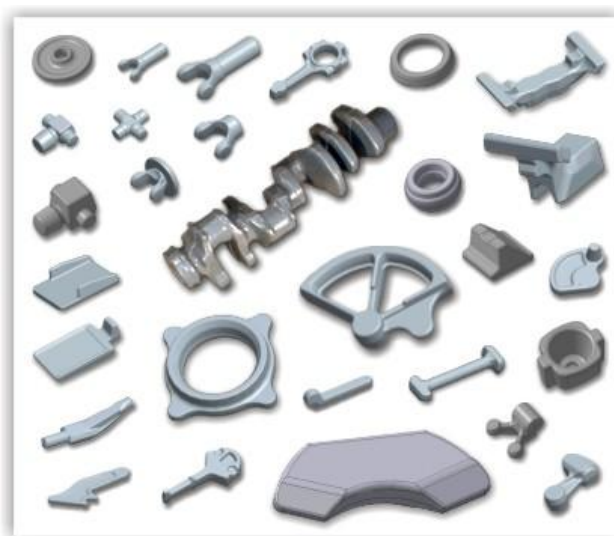
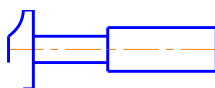
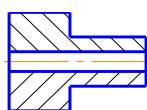


Рисунок 13.2 – Классификация поковок ГKM

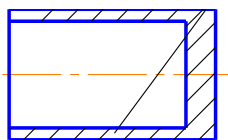
1. Поковки типа стержня.



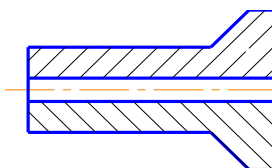
2. Поковки типа кольца.



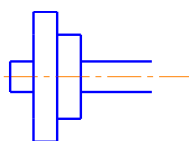
3. Поковки с глухим отверстием.



4. Поковки с полым отверстием.



5. Поковки смешанной формы.



6. Поковки требующие дополнительную обработку.



13.1. Преимущества ГKM

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

2. На ГKM 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 разрезами.

13.2. Недостатки 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.

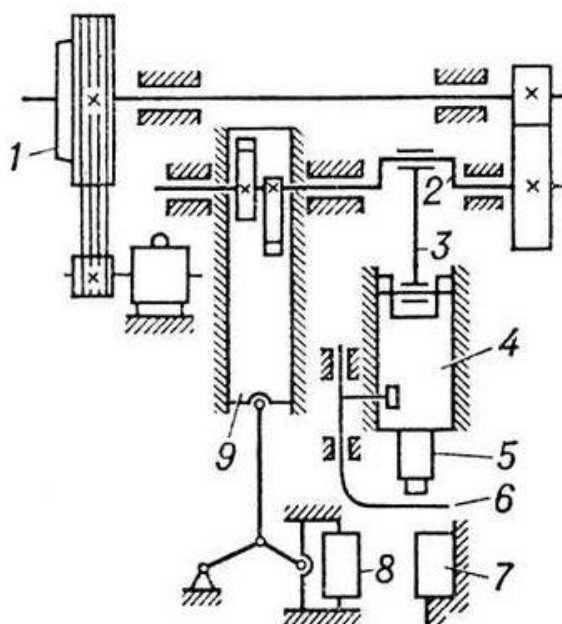


Рисунок 13.3 – Кинематическая схема ГКМ: 1 - привод; 2 - кривошипный вал; 3 - шатун; 4 - главный ползун; 5 - пуансон; 6 - упор; 7 - неподвижная матрица; 8 - подвижная матрица; 9 - боковой ползун.

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.

14. 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.



Рисунок 14.1 – Ковочный гидравлический пресс

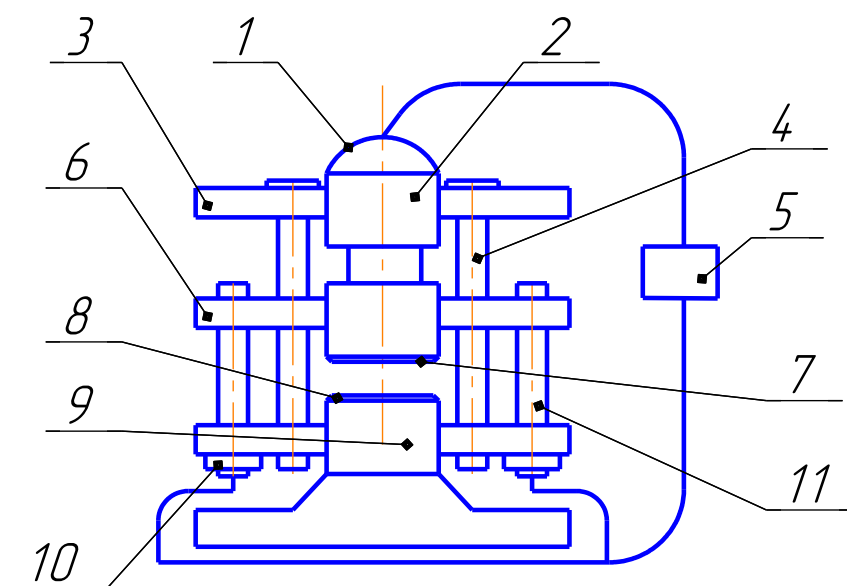


Рисунок 14.2 – Установка прессы

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.

Список использованных источников

1. Брюханов А.Н. Ковка и объемная штамповка. М., Машиностроение, 1975. 408 с.
2. Бойцов В.В., Трофимов И.Д. горячая объемная штамповка – М.: Высш. шк. 1982 – 270с.
3. Брюханов А.Н. Ковка и объемная штамповка – М.: Машиностроение, 1975 – 408с.
4. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник/Под ред. М.В. Сторожева.1967. Т. II. М., Машиностроение. 435 с.
5. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник/Под ред. М.В. Сторожева.1968. Т. II. М., Машиностроение. 448 с.
6. Ковка и штамповка: Справочник в 4 т. /Под ред. Е.И. Семёнова. – М.: Машиностроение, 1985. Т.1: Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка. – 568 с.
7. Ковка и штамповка: Справочник в 4 т. / Под ред. Е.И. Семёнова. – М.: Машиностроение, 1986. Т.2: Горячая штамповка. – 592 с.
8. Ковка и штамповка цветных металлов: Справочник /Н.И. Корнеев, В.М Аржаков, Б.Г. Бармашенко и др. – М.: Машиностроение, 1971, 232 с.
9. Косыжев В.А., Шитарев И.Л. Раскатка колец – Самара, Самарский гос. аэрокосм. ун-т. 2000
- 10.Маликов А.Н. Справочник для работников кузнечно-прессовых цехов. М., Московский рабочий, 1976. 167 с.
- 11.Мансуров А.М. Технология горячей штамповки. М., Машиностроение, 1971. 415 с.
- 12.Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства. М., Машиностроение, 1976. 560 с.
- 13.Семенов Е.И. Ковка и объемная штамповка. М., Высшая школа, 1972. 352 с.

- 14.Сгибнев В.Ф. Ковочно-штамповочное производство М.: Машиностроение 1980. 144с.
- 15.Сторожев М.В., Середин П.И., Кирсанова С.Б. Технологияковки и горячей штамповки цветных металлов и сплавов М.: Высшая школа. 1967. 376 с.
- 16.Справочник кузнеца-штамповщика /В.И. Ершов, В.В. Уваров, А.С. Чумадин и др. – М.: изд-во МАЛ, 1996. 352с.