МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования –
«Оренбургский государственный университет»

А.С. КИЛОВ

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рекомендовано Ученым советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению "Машиностроительные специальности".

Оренбург 2003

ББК 34.623 я73
К 39
УДК 621.7 (075.8)

Рецензент
кандидат технических наук, профессор И.Т. Казармщиков

Килов А.С.
К 39 **Обработка материалов давлением в промышленности: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 266 с.**

В учебном пособии показаны возможности обработки (ОД) в промышленности, рассмотрены основы (материал и природа пластической деформации, кузнечно-прессовое оборудование и основные операции обработки металлов давлением).

Заостренно внимание на разновидностях объемной и листовой штамповки, как наиболее широко используемых операциях ОД, причем в работе показаны не только основные операции штамповки, но и вспомогательные – разделка проката на заготовки, обрезка заусенца, термообработка и калибровка поковок. Показаны основы автоматизации объемной и листовой штамповки, а также способы совмещения операций штамповки как одно из направлений автоматизации технологических процессов.

В работе, наряду с основными вариантами применения ОД, показаны перспективные варианты, в том числе, получение заготовок из порошковых материалов и пластических масс и основы этих производств.

Рассмотрены вопросы локализации очагов деформирования как при изготовлении и упрочнении, так и при ремонте деталей и жестянцких работах.

Приведены сведения об охране труда и технике безопасности кузнечно-штамповом производстве.

В отдельный раздел вынесено проектирование и расчет заготовки с приведением необходимых справочных и стандартизированных данных, а в приложении приведен пример выполнения такой работы.

Учебное пособие предназначено для студентов, изучающих дисциплины «Технология конструкционных материалов», «Технология заготовительных производств», «Технологические процессы обработки пластическим деформированием», «Проектирование и производство заготовок», «Порошковая металлургия» для студентов специальности 120600 – Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов, инженерно-технических работников и специалистов, машиностроительных и других отраслей промышленности связанных с обработкой давлением. Ил. 108. Табл. 34. Библиогр. список 100 назв.

К $\frac{271000000}{}$ ББК 34.62337 я73

© Килов А.С., 2003
© ГОУ ОГУ, 2003

А.С. КИЛОВ

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Предисловие

Современные требования к орудиям труда – различным механизмам и аппаратам – диктуют необходимость создания надежных способов и методов обработки материалов при изготовлении деталей машин и аппаратов.

Огромные успехи в надежности и экономичности созданных машин и приборов не могли быть достигнуты при изготовлении деталей лишь операциями обработки резанием стандартного проката без использования специально созданных заготовок. Такое положение повлекло при становлении машиностроения обязательное создание заготовительных производств, состоящих из кузнечно – штамповочных, литейных и сварочных цехов.

Любую машину (двигатель, преобразователь, орудие) собирают из деталей (элементарных частей), изготовленных без применения сборочных операций и приспособлений. Надежность и долговечность машины зависит от качества деталей, из которых она собрана. Качество детали в основном определяется заготовкой, которую получают тем или иным методом: литьем; сваркой; обработкой резанием или обработкой давлением и тем или иным способом: ковкой; объемной или листовой штамповкой.

В современном машиностроении детали (заготовки) делают из металлов и сплавов, а также из неметаллических (пластмасс, резины, древесины, керамики) и порошковых материалов.

К заготовкам, независимо от метода и способа их получения, предъявляются следующие требования:

- поверхности, используемые как базовые на первой операции обработки должны быть чистыми без заусенцев и других дефектов, чтобы избежать значительных погрешностей установки при дальнейшей обработке или сборке;
- механические и физические свойства материала заготовки, его химический состав, структура и зернистость должны быть стабильными по всему объему;
- все поверхности заготовки не должны иметь механических повреждений, в противном случае возможен выпуск некачественных деталей;
- геометрические размеры заготовок должны приближаться к геометрическим размерам готовой детали;
- коэффициент использования материала должен быть максимальным, а трудоемкость дальнейшей обработки - минимальной, но при этом должно быть обеспечено получение качественной детали (по размерам и шероховатости поверхности) в соответствии с чертежом после механической обработки на металлорежущих станках;
- все внутренние напряжения должны быть сняты за счет приме нения термообработки.

Каждый из указанных методов или способов представляет самостоятельную отрасль машиностроения и описан в специальной литературе, но, в тоже время, отсутствуют обобщенные сведения по производству заготовок различными методами и способами, что вызывает затруднения при выполнении студентами курсовых и дипломных проектов.

В связи с этим по инициативе авторов разрабатывается и издается серия учебных пособий, которая признана способствовать лучшему обеспечению студентов учебно-методической литературой.

В серии книг «ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК» рассмотрены такие вопросы, как получение штампованных и литых заготовок, комбинированные сварные заготовки и листовая штамповка, спеченные формовки из порошковых материалов, композитные и пластмассовые заготовки.

Введение

В техническом вооружении промышленности процессы обработки металлов давлением (ОМД) играют весьма существенную роль, так как операции ОМД позволяет получать заготовки или детали требуемых форм, размеров и свойств путем пластического деформирования металла, то есть перераспределения его из одной части заготовки в другую. Все это дает возможность рассматривать обработку давлением как составной элемент технологии машиностроения, приборостроения и других производств.

Обработка давлением была известна еще в древности, уже тогда использовали свойства материалов пластически деформироваться в холодном или горячем состоянии. Этот метод широко применяли при изготовлении оружия, орудий, в кораблестроении и т.д.

В настоящее время обработка давлением и, в частности, кузнечно-штамповочное производство, является одним из самых металлосберегающих производств, так как отходы при производстве поковок и штамповок значительно ниже, чем при других способах производства. В целом эти отходы не присущи технологии объемной штамповке и большее или меньшее их количество характеризует лишь степень достигнутого технического совершенства данного производства поковок /1/. Такие операции ОМД, как штамповка из порошковых материалов и штамповка жидкого металла, вообще обеспечивают безотходное производство. Тот или иной метод обработки применяется, прежде всего, в зависимости от серийности производства.

Для штамповочного производства (ШП) желательно массовое и крупносерийное производство, а кузнечное производство рационально использовать в индивидуальном и мелкосерийном производстве, а также при производстве массивных поковок массой свыше 200 кг. Понятие серийности производства относительное, так как даже для одного и того же типа поковок это понятие может быть не одинаковым, и зависит оно от габаритов и массы поковки. Например, для поковки «коленчатый вал» для малолитражного автомобиля массой 1,5 кг мелкосерийное производство составит от 300 до 3000 штук, а для судового двигателя массой 120 кг – от 75 до 1000 штук.

Обработке давлением подвергают заготовки из черных и цветных металлов и сплавов, из пластических масс и других не металлических материалов.

По сравнению с другими способами изготовления деталей (обработкой резанием, литьем и сваркой) операции ОМД обеспечивают следующие преимущества /2/:

- экономичное расходование металла;
- улучшение структуры, следовательно, и свойств деталей;
- снижение трудозатрат на изготовление;
- высокая производительность кузнечного и прессового оборудования;
- некоторые детали другим способом просто невозможно сделать.

Роль процессов обработки металлов давлением в техническом плане различных отраслей хозяйства все более возрастает. Процессы обработки металлов давлением позволяют получать детали и заготовки требуемых форм, размеров и свойств путем пластического деформирования металла в холодном или горячем состоянии.

По степени специализации кузнечно-штамповочные цехи подразделяются на специализированные, универсальные и смешанные, по характеру производство бывает индивидуальным, мелкосерийным, серийным, крупносерийным и массовым.

Наряду с изготовлением заготовок и деталей из металла обработка давлением широко используется в порошковой металлургии, которая позволяет создавать изделия с уникальными свойствами, в ряде случаев существенно повышать экономические показатели производства.

Изготовление деталей и узлов из пластмасс менее трудоемко, чем из металлов, себестоимость их значительно ниже себестоимости металлических изделий. Применение пластических масс дает возможность постоянно совершенствовать конструкции.

Процесс создания любой детали или машины состоит из двух неразрывно связанных этапов: проектирования и изготовления. При этом требования, предъявляемые к детали (машине) конструктором и технологом, часто оказываются взаимно противоречивыми. Например, стремление получить более точную и качественную деталь и машину неизбежно влечет за собой усложнение и удорожание технологии изготовления. И наоборот, необоснованное упрощение технологии изготовления, как правило, приводит к нарушению требований, которым должна отвечать машина и ее детали. Поэтому для создания высококачественной и эффективной машины необходимо согласование всех конструкторских и технологических решений, их строгое технико-экономическое обоснование.

Автоматизацию и механизацию кузнечно-штамповочного производства проводят с целью повышения качества и производительности при выпуске заготовок. Сферой развития механизации и автоматизации в кузнечно-штамповочном производстве являются не только объекты тяжелой и однообразной работы, но и работы по созданию и применению принципиально новых систем программного управления оборудованием и технологическими процессами. Автоматизацию также распространяют на вспомогательные операции, зачастую требующие значительно больших затрат времени, чем сами операции штамповки.

1 Назначение заготовительного производства

Изготовление деталей возможно без заготовительного производства в механическом цехе на металлорежущих станках из традиционного материала. Например, во время ремонта для замены разрушенной или изношенной детали новую можно сделать из круглого или специального проката, но такой подход трудоемкий и не экономичный.

На машиностроительных предприятиях существуют заготовительные цеха (кузнечно-прессовые и литейные) производящие заготовки. Из таких заготовок при дальнейшей обработке в механических цехах получают готовые детали необходимой геометрии и качества. Такой подход характеризуется рядом преимуществ, основными из которых являются:

- повышение качества детали путем обеспечения требуемого направления волокон;
- снижение трудозатрат на изготовление детали;
- экономия расхода материала, так как изготовление деталей из предварительно фасонированных заготовок относится к металлосберегающим технологиям.

Следовательно, заготовительные цеха обеспечивают более рациональное производство и способствуют бесперебойной работе сборочного конвейера машиностроительного завода за счет обеспечения его качественными деталями из заготовок, причем в программе выпуска продукции заготовительных цехов предусмотрен выпуск заготовок и для запасных частей.

1.1 Выбор варианта технологического процесса изготовления детали

Разработку технологического процесса начинают с выбора варианта обработки, в зависимости от материала исходной заготовки, размеров и программы выпуска заготовок для производства деталей. Для решения такой задачи необходимо, прежде всего, выявить все возможные варианты технологического процесса, а затем рассчитать технико-экономические показатели, подлежащие сравнению /3/.

От выбора технологического процесса получении заготовки зависит количество расходуемого материала, качество и трудоемкость последующей механической обработки при изготовлении детали.

Оптимальный технологический процесс выбирают на основе расчета и сравнения, возможных при данных условиях вариантов изготовления детали. Оценку экономической эффективности новой технологии, выбор наиболее экономичного варианта производства деталей осуществляют с помощью сравнительного анализа стоимостных и натуральных технико-экономических показателей (ТЭП) /3/ и без применения ЭВМ эффективно решить эту задачу практически невозможно. Критерием при выборе наиболее экономичного варианта технологического процесса в заданных условиях служит сумма приведенных затрат, определяемая для каждого из сравниваемых вариантов производства. Этот показатель позволяет наиболее правильно оценить

преимущества и недостатки каждого варианта в вопросах экономии капитальных вложений и эксплутационных расходов.

Наиболее экономичный вариант технологического процесса должен иметь минимальную сумму приведенных затрат. В расчетах экономической эффективности наибольшие трудности обычно связаны с определением себестоимости продукции. Она рассчитывается по двум способам: детальный расчет по элементам или по укрупненным нормативам. Первый способ более точный, но он сложнее (приложение А).

Совершенствование технологии производства заготовок нацелено на сокращение расхода металла, так как затраты на металл составляют более половины стоимости детали и наилучшие результаты в решении этого вопроса достигнуты при использовании обработки давлением (ОД).

В настоящее время для технико-экономического обоснования применяют программное обеспечение типа « Расчет поковки».

При разработке технологического процесса изготовления поковок возникает необходимость в расчете экономической эффективности ряда возможных вариантов и установление наиболее экономичного из них, для данных производственных условий.

Из операций обработки металлов давлением на машиностроительных предприятиях наибольшее применение находит ковка и штамповка (объемная и листовая). Последнюю применяют для получения объемных деталей из листового материала и она рассмотрена отдельно. Деформирование материала в объеме осуществляют в кузнечных и штамповочных цехах.

Кузнечные цехи характеризуются специфическими особенностями, обуславливающими выбор оптимального варианта технологического процесса. К их числу относятся высокая металлоемкость, энергоемкость процесса и мастерство кузнеца, в тоже время для них свойственна незначительная стоимость основного оборудования, универсальность технологической оснастки и практически неограниченные размеры (по массе и габаритам) получаемых поковок.

К особенностям продукции штамповочных цехов относится не высокая металлоемкость (экономия материала составляет от 30 до 60 %) и энергоемкость процесса, не требуется высокое мастерство штамповщика в тоже время для них свойственна значительная стоимость технологической оснастки (штампов) и практически ограниченные по массе (преимущественно до 50 кг) размеры получаемых поковок.

Сопоставление расчетов себестоимости и приведенных затрат проводят в зависимости от величины серийности выпуска поковок для разных технически приемлемых способов их изготовления. Это позволяет выявить наиболее приемлемый вариант технологии и величину оптимальной программы производства. При увеличении массы заготовок от 0,5 до 10 кг критическая серийность перехода ковка - штамповка уменьшается с 300 до 10 штук. Рассмотрение, расчет и сравнение различных вариантов получения заготовки обработкой давлением является трудоемкой и длительной операцией. Перспективное направление выбора варианта получения заготовки – это

принятие решения о целесообразности того или иного способа на возможно более ранней стадии проектирования – еще при конструировании детали.

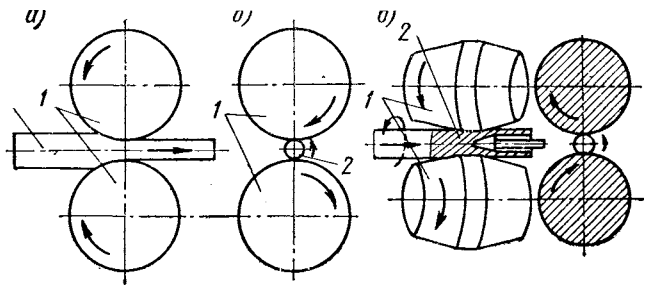
Основными направлениями развития технологии и оборудования для ОМД являются: максимальное приближение форм и размеров заготовки к готовой детали и повышение качества изделий. Также проводят работы по упрощению технологических процессов, разработке новых технологических процессов, значительному увеличению скоростей обработки и мощности используемого оборудования, специализации, механизации и автоматизации процессов /4/.

1.2 Материал заготовок

Металлы и сплавы – основной машиностроительный материал, который обладает свойствами, в основном, обусловленными внутренним строением сплава. Изменяя строение металлов и сплавов можно изменять в необходимом направлении их свойства, то есть расчетливо управлять свойствами материала. Мягкий и пластичный металл или сплав можно сделать твердым или хрупким и наоборот, хрупкий материал можно привести в пластичное состояние. Конструкционные материалы удобно рассматривать по группам с близкими свойствами и применением. Группу материала, необходимого для конструируемого изделия, конструктор определяет до начала конструирования и, как правило, без специальных расчетов, на основании представлений о размерах детали, ее форме, рабочих температурах и действующих нагрузках при эксплуатации детали, способе ее изготовления и общей стоимости конструкции. Лишь после выбора группы материала возможно конструирование детали, уточнение способа ее изготовления и окончательный выбор марки материала /5/.

Из всех материалов, обрабатываемых давлением, большая доля приходится на различные марки стали, которые в свою очередь, подразделяют на горячекатаную сталь и калиброванную холоднокатаную, также используют периодический прокат, получаемый продольной, поперечной или поперечно-винтовой прокаткой, схемы, которых показаны на рисунке 1) /1/.

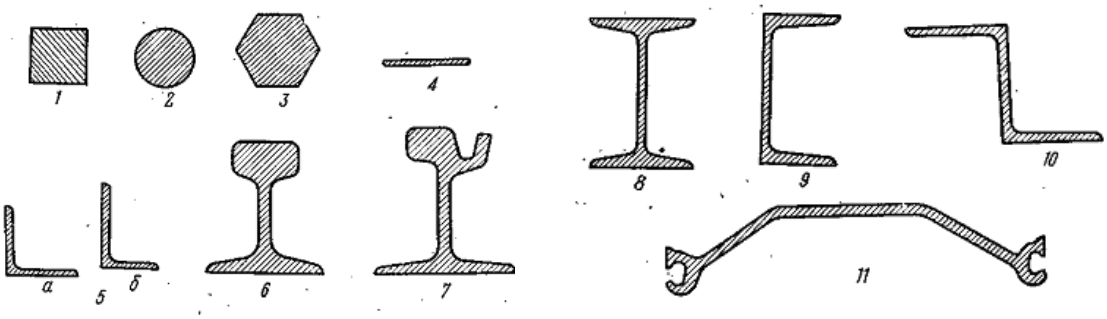
Каждая партия металла, поступающая на машиностроительный завод сопровождается клеймом и сертификатом – документом, в котором указывается: завод-изготовитель, масса партии (иногда количество прутков), номер плавки, марка стали с указанием стандарта или технических условий, химический состав, механические свойства, профиль и размеры и состояние поставки.



а) – продольна, б) – поперечная, в) – поперечно-винтовая
1 – деформирующие валки, 2 - заготовка

Рисунок 1 – Схемы видов прокатки

Сечение проката, используемого как в штамповочном производстве, так и в обработке резанием или сварке, имеют круглую, в том числе в виде труб, квадратную, шестигранную, полосовую, угловую (равнобокую и неравнобокую) форму, или используются заготовки специального профиля рисунок 2.



1 - квадрат; 2 - круг; 3 – шестигранник; 4 - лента (полоса); 5 - уголок (а - равнобокий; б – неравнобокий); 6, 7 - рельс железнодорожный и трамвайный; 8 - двутавр; 9 - швеллер; 10 - зетобразный профиль;11 – шпунт

Рисунок 2 - Сечение некоторых видов проката

Прутки сортовой горячекатаной стали и прессованные штанги диаметром до 300 мм поставляют в пачках и отдельно не клеймят. Помимо клеймения торцы прутков и штанг стали должны окрашиваться в условные цвета.

На склад исходных материалов металл поступает в виде прутков, так называемой торговой длины (от 2 до 6, чаще до 4 метров). Поступивший металл хранят раздельно по маркам и группам сортамента. Мелкий сортовой прокат и холоднотянутую калиброванную сталь обычно хранят в закрытых складах, а другую - под навесами.

В последние годы значительно расширилась номенклатура металлов и сплавов, применяемых в машиностроении. Например, для современного автомобиля детали изготавливают примерно из 70 различных сплавов.

Цены на металл зависят от вида профиля и точности проката данного сплава, от требований, предъявленных к металлу техническими условиями. При

повышенных требованиях взимается дополнительная плата (за размер проката, длину, кратность, диаметр, величину зерна, химический состав металла).

Благодаря приближению формы и размеров периодических профилей к готовой поковке (иногда к детали) достигается экономия металла и сокращение числа переходов при штамповке, повышаются производительность труда и лучше используются кузнечно-штамповочное оборудование. Применяемые в машиностроении специальные профили дают значительную экономию металла и при этом снижаются трудовые затраты на производство детали.

Исходный материал, поступающий на ОМД, может иметь дефекты. У деформированного (прокатанного) металла дефекты могут быть поверхностными и внутренними, которые для исходной заготовки нежелательны.

Поверхностные дефекты образуются из-за нарушения технологии прокатки или прессования и к ним относят: наружные трещины; продольные риски; волосовины; заусенцы; захват и смещение профиля. Поверхностные дефекты остаются на поковке, что требует увеличения припусков на обработку резанием, и они могут явиться причиной брака на поверхности поковки.

Внутренние дефекты имеют металлургическое происхождение и к ним относят: расслоение и рыхлости, представляющее собой усадочные раковины слитка, вытянутые на длину при прокатке; скопление неметаллических включений, в том числе огнеупоров; флокены - мягкие трещины, получающиеся от растворенного водорода. Внутренние дефекты неисправимы.

При обработке давлением, в качестве исходного материала, также широко используют сплавы на основе меди и алюминия, магния и титана.

Все детали в процессе эксплуатации в той или иной мере подвергаются воздействию внешних сил. Нагрузки, действующие на деталь во время работы, весьма разнообразны, они могут растягивать деталь или сжимать ее, изгибать или создавать кручение. При этом воздействия могут осуществляться плавно, постепенно (статически) или мгновенно (динамически), поэтому важным свойством материалов является прочность, характеризуемая максимальной нагрузкой, которую выдерживает материал при данном виде нагружения не разрушаясь. Для того чтобы узнать, удовлетворяет ли деталь предъявляемым к ней требованиям, производят специальные испытания. Вид испытания и характер его проведения указывают в технических условиях или на чертеже детали. Из механических испытаний наибольшее распространение получили следующие виды: на растяжение, на ударный изгиб и ударную вязкость, на выносливость, на твердость, на жаропрочность.

Воздействуя на материал, внешние нагрузки изменяют его форму, то есть деформируют его. Если к детали приложены сравнительно небольшие силы, под действием которых атомы в кристаллической решетке смещаются на расстояния, меньше межатомных расстояний и в соответствии с законом Гука после прекращения действия внешней силы атомы возвращаются в прежнее устойчивое положение, то есть деформация исчезает, и материал принимает свою первоначальную форму,. Свойство материалов принимать, после прекращения действия внешних сил, первоначальную форму, называется

упругостью, а деформация, исчезающая после снятия нагрузки, получила название упругой деформации.

Если к заготовке приложены усилия, под действием которых атомы в кристаллической решетке сместятся на расстояния, больше межатомных, то они занимают новое устойчивое положение, соответствующее положению атомов соседнего ряда. После прекращения действия приложенной силы атомы не возвращаются в прежнее положение, а занимают новое устойчивое положение. Следовательно, произошедшая деформация не исчезает, и заготовка остается деформированной, такая деформация называется пластической.

Способность материала деформироваться под действием внешних нагрузок не разрушаясь и сохранять измененную форму после прекращения действия усилий называется пластичностью. Таким образом, пластичность - это возможность металла изменять форму (деформироваться без нарушения целостности) при обработке давлением, причем, пластичность металла не только свойство материала, сколько его состояние, зависящее от многих факторов, основными из которых являются:

- химический состав (чистые металлы обладают большей пластичностью, а примеси снижают ее из-за образующихся дислокаций);
- температура деформации (при горячей штамповке сопротивление деформированию уменьшается от 10 до 15 раз, следовательно, пластичность материала повышается во столько же раз);
- степень и скорость деформации (с их повышением пластичность снижается);
- напряженно-деформированное состояние материала (при всестороннем сжатии пластичность существенно повышается, в таком состоянии даже хрупкий материал, такой как дуралюмин марки Д 16, приобретает пластичность).

Оценка качества металла при исследовании его на пластичность производится по состоянию поверхности после проведения тех или иных испытаний. Для объемной штамповки проводят испытания на расплющивание, а для листовой штамповки - на изгиб или на перегиб исходного материала (лент, листов и полос толщиной до 4 мм). Технологические пробы, используемые для исследования металлов, стандартизированы.

Материалы, не способные к пластическим деформациям, называются хрупкими. Такие материалы при значительной нагрузке или под действием ударных нагрузок разрушаются внезапно.

Жесткие, прочные, стойкие к удару и нагреву детали изготавливают из конструкционной углеродистой или легированной стали /6/.

По качеству все стали по содержанию серы и фосфора подразделяют на обыкновенные (до 0,05 % S и 0,04 % P), качественные (не более 0,04 % S и 0,035 % P), высококачественные (не более 0,025 % S и 0,025 % P) и особовысококачественные (не более 0,015 % S и 0,025 % P).

Конструкционная сталь обыкновенного качества выпускается трех групп: А, Б, В и обозначается от ст.0 до ст.6. Качественная углеродистая

конструкционная сталь обозначается сотыми долями процента углерода, например, сталь 35.

Легированная конструкционная сталь обозначается буквенно-цифровым индексом, например, сталь марки 45ХН2А, где цифры 45- сотые доли процента углерода, буквы - обозначение легирующих элементов Х - хром, Н - никель, цифра 2-процентное содержание элемента в легированной стали, никеля 2 %, отсутствие цифры указывает, что элемента ~1 %. Буквенное обозначение других легирующих элементов М - молибден, Ф - ванадий, Г - марганец, С - кремний, В - вольфрам, Т - титан, Ю - алюминий, Д - медь, Б - ниобий, Р - бор, К - кобальт. Значение буквы А зависит от ее места написания. В начале шифра буква обозначает автоматную сталь, в середине шифра – количество азота в сплаве, а в конце шифра - высококачественную сталь.

При разработке технологического процесса листовой штамповки необходимо учитывать способность стали к вытяжке и по этому признаку качественную конструкционную сталь подразделяют на три сорта: ВГ - для весьма глубокой вытяжки, Г - для глубокой вытяжки, Н - для нормальной вытяжки. Для деталей сложной конфигурации металлурги производят сталь марки ОСВ - для особо сложной вытяжки.

При разработке процесса штамповки следует уделять внимание вопросам экономии материала, так как в стоимости детали при штамповке стоимость металла составляет от 60 до 80 %.

При выборе материала для конкретной детали необходимо исходить из условия, что изготовленная деталь должна обладать достаточным запасом надежности и долговечности.

1.3 Технологичность конструкции детали

При разработке технологического процесса изготовления детали, из исходной, или предварительно подготовленной заготовки, необходимо знать возможности той или иной технологии и технологические свойства материала, то есть технологичность процесса и материала.

Работоспособность детали зависит от качества конструкционного материала, из которого она изготовлена. Материал, предназначенный для изготовления деталей, оценивается техническими и технологическими характеристиками, а изготовление деталей - экономическими. Первые оценивают пригодность материала, вторые – условия его обработки при изготовлении конструкции, третьи – стоимость, как самого материала, так и его обработки. Технологические свойства металлов – это часть их общих физических и химических свойств. Знание этих свойств позволяет более обоснованно проектировать и изготовлять детали с улучшенными для данного металла (сплава) качественными показателями.

К технологическим свойствам металлов относятся текучесть, пластичность, свариваемость, способность к упрочнению и обработке резанием. Изготовляют детали машин литьем, обработкой давлением (ковкой или

штамповкой), сваркой, обработкой резанием либо комбинацией указанных способов.

Технологический процесс - часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда (ГОСТ 14.301-83) /7/.

Технологическим процессом ковки или горячей объёмной штамповки называют совокупность целенаправленных действий, непосредственно связанных с изменением размеров, формы и свойств исходной заготовки от момента поступления металла в обработку до получения готовой поковки. Данные технологические процессы состоят из ряда операций.

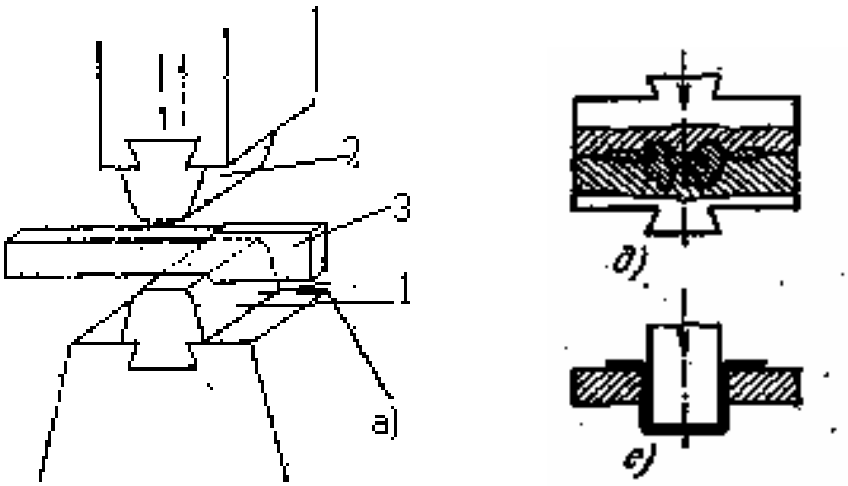
Под технологичностью детали, получаемой штамповкой, следует понимать такое сочетание основных элементов ее конструкции, которое обеспечивает наиболее простое и экономичное изготовление детали при соблюдении технических и эксплутационных требований к ней. Любая деталь машины, как и любой инструмент, должны обладать определенными, в зависимости от условий работы, механическими свойствами (прочностью, упругостью, пластичностью). Поэтому, технический документ (рабочий чертеж) детали должен учитывать в ее конструкции как требования, связанные с назначением и условиями эксплуатации изделия, так и требования технологичности. И, в частности, предусматривать возможность получения заготовки штамповкой, как наиболее эффективного и экономичного метода.

Основными видами получения заготовок обработкой металлов давлением для последующего изготовления деталей операциями резания являются: ковка и штамповка, причем, последняя подразделяется на объемную и листовую.

Кроме того, обработку давлением используют в технологических процессах производства деталей с их помощью на обработанных заготовках выполняют завершающие операции поверхностной пластической деформации, а также раскатку, накатку резьбы, зубьев и шлицев, и ремонтные работы при восстановлении деталей, вышедших из строя /8/.

Ковка – придание заготовке нужной формы за счет постепенного обжима ее по частям, путем неоднократного нанесения ударов по заготовке деформирующим инструментом, бойками (рисунок 3).

Штамповка (объемная и листовая) – это деформирование материала исходной заготовки в специальной оснастке (штампе), которая обеспечивает заданные фиксированные размеры по трем осям. Штамповка – это формообразование поковки в полостях штампа, называемых ручьями. Каждый штамп состоит не менее чем из двух частей (рисунок 3).



а - ковка; б - объемная штамповка; в - листовая штамповка
(стрелками показано направление движения инструмента)
1 – нижний и 2 верхний бойки, 3 – обрабатываемая заготовка

Рисунок 3 - Основные виды получения заготовок и деталей операциями обработки металлов давлением

Из всех операций ОМД штамповка находит наиболее широкое применение в промышленности.

Под возможностью штамповки понимают способность материала подвергаться различным формоизменяющим операциям при обработке давлением, без разрушения и без ухудшения его эксплутационных свойств. О возможности материалов подвергаться штамповке можно судить по результатам испытаний механических свойств, выявляемых при растяжении стандартных образцов. Такими свойствами являются предел прочности σ_u, предел текучести σ_y, относительное удлинение δ и равномерное удлинение до появления шейки $\delta_{равн}$.

Чем меньше σ_y,σ_u и их отношение σ_y/σ_u, тем больше δ и $\delta_{равн}$ и тем выше технологические свойства и возможность штамповки материала. Однако только эти параметры не достаточно полно характеризуют возможности штамповки материалов и их уточняют путем комплекса технологических испытаний, моделирующих конкретные операции штамповки.

Возможность штамповки металлов в значительной степени зависит от структуры металла и текстуры деформации зерен кристаллов. Степень предварительного упрочнения и вид термообработки также сказываются на возможности штамповки. Первый, из указанных признаков, особенно важен для листовой штамповки, при которой получают детали, характеризуемые высокой точностью, и часто детали, полученные листовой штамповкой, не требуют дальнейшей механической обработки в отличие от заготовок деталей, полученных другими способами.

1.4 Основы пластической деформации

При обработке давлением, под действием внешних сил, в обрабатываемом материале возникают напряжения (σ) (внутренние силы, противодействующие внешним силам и уравновешивающие их.) и представляющие отношение приложенной силы (P) к площади ее действия (F)

$$\sigma = P/F. \qquad (1)$$

Процессы упругой или пластической деформации и разрушения характеризуются диаграммами “деформация-напряжение” (рисунок 4), построенными на основании испытаний образцов на растяжение.

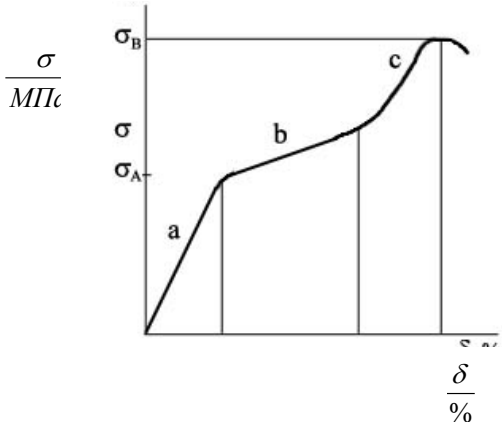


Рисунок 4 - Диаграмма растяжения

Характер диаграмм общий для всех материалов и заключается в наличии трех зон, но каждый металл имеет свою диаграмму растяжения. Зона а – зона упругой деформации (после снятия нагрузки образец возвращается к исходному состоянию). Зона b – зона пластической деформации (образец имеет остаточные изменения). Зона с – зона разрушения образца. Величина каждой из зон и соотношение их размеров для каждого металла индивидуальны, что отражает свойства металла /9/.

До тех пор, пока эти напряжения незначительны и не превышают вполне определенной для каждого металла величины, происходит упругая деформация. При более существенных напряжениях атомы перемещаются на расстояния большие расстояний между атомами в кристаллической решетке и после снятия нагрузки они занимают новые устойчивые положения, тем самым, обеспечивая пластическую (остаточную) деформацию.

Количественно пластичность можно характеризовать величиной максимальной деформации, которую можно сообщить металлу до появления в нем разрушения.

Деформация происходит под действием сил вызывающих нормальные σ и касательные τ напряжения. Чем меньше напряжение и выше пластичность, тем

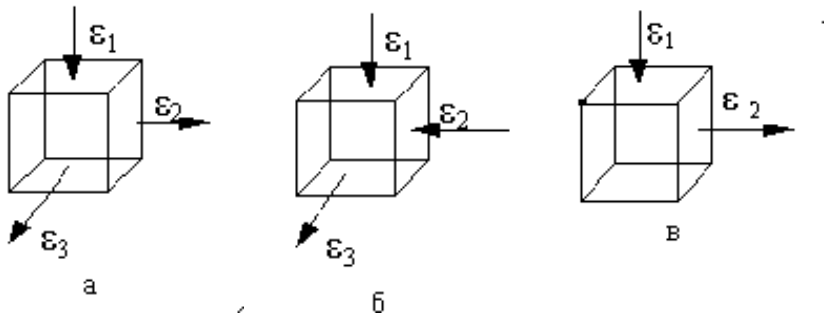
легче металл обрабатывается давлением. Напряжение определяется не на всей поверхности, а в точке, по трем взаимно перпендикулярным плоскостям.

В зависимости от направлений главных напряжений, схемы напряженных состояний бывают одноименными (плюс растяжение или минус сжатие) и разноименные, имеющие разные знаки.

По количеству и направлению действия главных напряжений определяют напряженное состояние, которое может быть одним из следующих:

- объемными О – действуют напряжения по терм осям;
- плоскими П – действуют напряжения по двум осям (двустороннее растяжение или сжатие и одновременное растяжение и сжатие);
- линейными Л – действуют напряжения по одной оси /10/.

Подобно схемам главных напряжений существуют схемы главных деформаций, их может быть всего три (рисунок 5).



а, б – объемные; в – плоская

Рисунок 5 - Возможные схемы деформированного состояния

По схеме *а* в одном направлении размеры деформируемого тела уменьшаются, а в двух других направлениях - увеличиваются, например при осадке. По схеме *б* размеры деформируемого тела увеличиваются в одном направлении за счет уменьшения размеров в двух других направлениях, например, при протяжке. По схеме *в* размеры деформируемого тела в одном направлении не изменяются. Уменьшаются во втором и увеличиваются в третьем направлении, например, вытяжка при листовой штамповке.

При обработке давлением чаще всего металл находится в объемном напряженном состоянии, но также встречается плоское напряженное состояние, например, при вытяжке листового материала.

Общая пластическая деформация поликристаллов, а это практически все применяемые металлы и сплавы, складывается из двух видов деформаций - внутрикристаллитной и межкристаллитной. Внутрикристаллитная деформация это скольжение и образование двойников в кристаллах, а межкристаллитная – это повороты и смещения зерен относительно друг друга /4/.

В результате обработки давлением зерна кристаллов частично раздробляются и вытягиваются в направлении наибольшего течения металла, что вызывает в материале текстуру деформации и приводит к его упрочнению. Превышение напряжений пластической деформации приводит к

возникновению трещин, то есть приводит к разрушению металла. Следовательно, при обработке давлением важно знать граничные условия деформирования, то есть те условия, до которых происходит пластическая деформация и после которых наступает разрушение.

При обработке металла давлением в нем протекают упрочняющие процессы и разупрочнение, вследствие рекристаллизации. В результате преобладания того или иного процесса, штамповку подразделяют:

- на горячую штамповку (рекристаллизация перекрывает упрочнение);
- на неполную горячую штамповку (рекристаллизация наблюдается не у всех деформированных зерен);
- на неполную холодную штамповку (рекристаллизации нет, но весь объем подвергается возврату);
- на холодную штамповку, которая характеризуется только упрочнением и наличием остаточных напряжений.

В результате холодной пластической деформации структура металла становится мелкозернистой и полосчатой, то есть образуется текстура деформации, что влечет за собой деформационное упрочнение металла. При этом возрастают твердость, предел текучести, предел прочности, снижаются пластичность и ударная вязкость, изменяется электропроводимость и магнитная проницаемость.

На параметры деформации влияют следующие факторы:

1. Химический состав – чистые металлы имеют большую пластичность, а примеси в металлах снижают пластичность. Особо вредными примесями являются сера и фосфор. Сера на границах зерен приводит к образованию трещин (зона красноломкости), а фосфор вызывает хладноломкость. Также вредными являются примеси кислорода и водорода.

2. Скорость и степень деформирования также влияют на пластичность металла. Влияние на пластичность и сопротивление деформированию скорости и степени деформирования имеет сложный характер и в каждом частном случае учета их влияния необходимо обращаться к специальной литературе.

3. Влияние напряженного состояния на пластичность и деформацию является определяющим. В условиях всестороннего неравномерного сжатия напряженное состояние обеспечивает увеличение пластичности материала и возможна, например, пластическая деформация выдавливанием без разрушения целостности традиционно хрупкого металла - чугуна.

4. Наличие и вид смазочного материала уменьшает контактное трение между оснасткой и заготовкой и способствует лучшей деформации.

5. Влияние температуры на процесс деформации показано выше.

При нагреве упрочненного металла до 0,4 температуры плавления ($T_{пл}$) происходит рекристаллизация, приводящая к разупрочнению, то есть восстанавливаются начальные прочностные свойства металла.

Правильный выбор вида обработки и параметров деформации (температуры, степени и скорости деформирования, смазывающего материала) является основой для получения деталей с наилучшими эксплуатационными свойствами /6/.

2 Проектирование поковки

2.1 Основные положения выбора оптимальной заготовки

Выбор способа получения заготовки – всегда очень сложная, подчас трудно разрешимая задача, так как различные способы часто могут обеспечить технические и эксплуатационные требования, предъявляемые к детали. Выбранный способ получения заготовки должен быть экономичным, обеспечивающим высокое качество детали, производительным и нетрудоемким процессом. Оценку целесообразности и технико-экономической эффективности применения того или иного способа получения заготовки необходимо проводить с учетом всех его как преимуществ, так и недостатков.

Многообразие способов получения заготовок приводит к тому, что выбор способа получения заготовки становится сложной технико-экономической задачей. Для получения заготовок в машиностроении наиболее широко применяют следующие методы: литье, обработку металлов давлением и сварку, а так же комбинации этих методов. Однако каждый из методов содержит большое число способов получения заготовок. Например, метод обработки металлов давлением включает в себя все технологические процессы, которые основаны на пластическом формоизменении металла - прокатку, ковку, волочение, штамповку (объемную и листовую), порошковую металлургию, переработку пластмасс.

При выборе метода получения заготовки для конкретной детали необходимо ориентироваться, в первую очередь, на материал заготовки и требования к детали /12/, при этом, прежде всего, следует определить, каким методом наиболее целесообразно получать заготовку с точки зрения обеспечения эксплуатационных свойств. Особо ответственные детали, к которым предъявляются высокие требования по размеру зерна, направлению волокон, а так же по уровню механических свойств, надо делать из заготовки, полученной обработкой давлением/13/.

На выбор способа получения заготовки влияет много факторов и при выборе того или иного способа руководствуются в качестве основных следующими характеристиками /12/.

- Размерами (массой и конфигурацией) детали. Они играют решающую роль, так на универсальном оборудовании для горячей объемной штамповки не представляется возможным получение поковок массой более 50 кг (изредка до 200 кг).

- Качеством поверхности заготовок. Совершенствование процессов ковки и штамповки позволяет получать заготовки, параметры шероховатости поверхности и точность размеров которых соответствуют величинам, достигаемым при механической обработке, при полировании. Специальные и дополнительные виды штамповки (холодное выдавливание, листовая штамповка и калибровка) обеспечивают получение деталей машин, пригодных для сборки без дополнительной обработки резанием.

- Характером производства. Для мелкосерийного и единичного производств принято использовать в качестве заготовок горячекатаный прокат или поковки, полученные ковкой. Это характеризуется большими припусками и напусками, и, следовательно, значительным объемом последующей механической обработки, повышением трудоемкости, в том числе и за счет низкой технологической оснащенности. В структуре себестоимости, в данном случае, велика доля затрат на основные материалы (до 50 %) и заработную плату (от 30 до 35 %), но такие потери не перекрывают затрат на изготовление штампов для объемной штамповки. В условиях крупносерийного и массового производств рентабельна горячая объемная штамповка. Применение этого способа позволяет значительно сократить припуски (в среднем до 25 % к массе заготовки) на механическую обработку и снизить трудоемкость изготовления деталей из поковки. Повышение точности формообразующих процессов, как и выбор наиболее точных и прогрессивных способов штамповки при получении заготовок, в сочетании с увеличением серийности производства, является одним из важнейших резервов повышения его технического уровня.

- Материалом и требованиями, предъявляемые к качеству детали. Основная тенденция современного машиностроения – применение материалов, имеющих повышенную обрабатываемость на всех переделах и стадиях производства и обеспечивающих необходимые конструктивные и эксплуатационные свойства, Иными словами, материал должен обладать необходимым запасом определенных технологических свойств – ковкостью, способностью к штамповке, обрабатываемостью резанием. Для деформируемых материалов технологическим свойством является пластичность. Чем ниже пластичность материала, тем сложнее технологический процесс и тем труднее получить качественную заготовку методом обработки металлов давлением, следовательно, и тем выше себестоимость детали /14/.

- Возможностями имеющегося оборудования. Это обстоятельство следует учитывать при изготовлении любых заготовок, в том числе и при горячей объемной штамповке. В некоторых случаях возможности оборудования являются основным определяющим моментом, так как выбор того или иного способа получения заготовки данным методом обработки металлов давлением возможен лишь при наличии определенного оборудования. И это обстоятельство необходимо учитывать при разработке технологического процесса. Например, наличие в кузнечном цехе ротационной ковочной машины позволяет получать ступенчатые заготовки практически без механической обработки. Такого же эффекта можно добиться при наличии механических прессов двойного действия или гидравлических многоступенчатых прессов, предназначенных для штамповки деталей в разъемных матрицах. При наличии чеканочных прессов после горячей объемной штамповки можно использовать чеканку (калибровку) как отделочную операцию, что позволит значительно уменьшить припуск на механическую обработку. Мощность имеющегося кузнечного или штамповочного оборудования подчас определяет и номенклатуру деталей, получение которых возможно на этом оборудовании.

Выбор способа изготовления заготовки должен быть обоснованным и аргументированным. Окончательное решение по выбору способа можно принимать после анализа технико-экономических показателей (ТЭП), основанных на использовании количественных критериев и стоимостных показателей сравниваемых вариантов /3/. При этом рассматривают сравнительную ценность и пригодность каждого из возможных вариантов в конкретных условиях поставленной задачи. В расчетах учитывают объем производства, рациональное использование людских, материальных, энергетических и технических ресурсов, а также все эксплуатационные требования, предъявляемые к продукции, такой анализ должен носить комплексный характер.

Стоимостную оценку адекватных технологических процессов строят на определении годовой технологической себестоимости для каждого из возможных процессов, или приведенных затрат, рассчитываемых по всем операциям процессов изготовления заготовок и их обработки.

Основная проблема, решением которой на протяжении десятилетий заняты технологи различного профиля (литейщики, кузнецы), заключается в в поиске рационального способа на стадии получения. Этим и объясняется то многообразие способов получения заготовок, которое характерно для современного заготовительного производства. Однако, каждый из имеющихся способов дает наибольший эффект в определенных условиях, в частности, при определенной программе выпуска деталей. В таких случаях целесообразно применить укрупненный способ расчета, основанный на определении критического объема производства, при котором становится экономически целесообразным использование дорогой оснастки /3/. Так как нередко решающим при выборе оптимального способа получения заготовки является стоимость оснастки.

Одной из основных задач при выборе оптимального способа получения заготовки является выполнение всех требований, предъявляемых к качеству готовой продукции. При этом следует помнить, что качество продукции зависит в первую очередь от уровня технологического процесса.

Многие мероприятия, направленные на повышение качества конечной продукции, бывают связаны с необходимостью применении более дорогого оборудования, специальной технологической оснастки или включением в технологический процесс заготовительного производства дополнительных операций. Естественно, что все это может потребовать и дополнительных расходов, но эти расходы должны быть компенсированы качеством предварительно подготовленных заготовок и получаемых деталей.

2.2 Классификация заготовок

Все заготовки можно классифицировать по различным принципам и разделить на группы по нескольким признакам, а именно: по степени точности, по способу производства, по материалу /14/.

Выбрать заготовку – это значит решить следующие вопросы:

1) установить оптимальный способ изготовления заготовки;

2) определить размеры, форму и расположение поверхностей заготовки, а также установить расчетную номинальную массу заготовки. Для этого нужно назначить припуски, установить допуски и предельные отклонения размеров заготовки, а также допуски ее формы;

3) провести технико-экономическое обоснование выбора заготовки;

4) разработать и оформить графический документ (чертеж) на заготовку, на котором должны быть сформулированы технические требования на изготовление заготовки.

Критерием, позволяющим оценить эффективность производства и степень приближения заготовки к детали является КИМ (коэффициент использования металла) это отношение массы (M_0) детали к норме расхода материала $H_{рм}$.

$$КИМ=Мд/Нрм \qquad (2)$$

и по степени точности заготовки бывают:

1) грубые заготовки, КИМ < 0,5;

2) заготовки пониженной точности 0,5≤ КИМ <0,75

3) точные заготовки 0,75≤ КИМ ≤0,95;

4) заготовки повышенной точности, для которых КИМ > 0,95.

В отечественном машиностроении КИМ в среднем равен 0,73, следовательно, отходы металлов составляют до 27 %, то есть заготовки приближены к точным и коэффициент необходимо повышать так как перевод 10^3 кг массы металла в стружку сопровождается затратами электроэнергии ≈ 425 кВт·ч.

По виду материала заготовки бывают:

1) металлические, в том числе из железоуглеродистых сплавов (стальные и чугунные) из сплавов цветных металлов (бронзы и латуни, магниевых и титановых сплавов);

2) неметаллические (пластмассовые, резинотехнические);

3) порошковые;

4) композитные.

По способу производства заготовки различают:

1) литые (отливки, полученные в разовых и многократных формах), в том числе кузнечные штампы;

2) пластически деформированные заготовки (полученные обработкой давлением), в том числе

а) прокатные (прокат листовой, сортовой, прутки и трубы);

б) полученные волочением (проволока и профили);

в) прессованные заготовки;

г) гнутые (профили);

д) кованые заготовки;

е) штампованные заготовки;

3) спеченные формовки из порошковых материалов, в том числе формованные в прессовых формах и прессованные, заготовки, уплотненные вибрацией, химически формованные и прокатанные;

4) комбинированные заготовки сварные, литые биметаллические и многослойные, в том числе (сварно-литые, штамповочно-сварные, ковано - литые, штамповочно-литые);

5) композитные заготовки, в том числе, бывают пластмассовые, резиновые, металлические, керамические и углеродные композиты.

2.3 Общие рекомендации по выбору заготовок

Технологически все многообразие деталей делится на 6 типов:

1) тела вращения – пустотелые (типа втулок, колец, гильз)

2) тела вращения – цельные (типа валов, осей);

3) тела вращения в виде дисков (типа шкивов, маховиков, а также зубчатые пары (цилиндрические, червячные);

4) ребристые детали (типа рычагов, суппортов);

5) корпусные коробчатые детали, в которых монтируются узлы и механизмы (корпуса коробок передач, передние бабки станков, коробки подач, а также коробки скоростей, фартуки токарных станков, блоки и головки цилиндров двигателей внутреннего сгорания, а также блоки закрытого штампа);

6) крупные базовые детали, на которых монтируются узлы и механизмы (рамы машин, станины станков, прессов, литейных машин, компрессоров и т.д.).

В соответствии с приведенной классификацией машиностроительных деталей рекомендуются следующие методы формирования заготовок:

- заготовки для деталей первого типа формируют из стандартного (сортового или периодического) проката;
- заготовки для деталей второго типа - центробежным литьем или штамповкой, выдавливанием, а также из проката;
- заготовки для деталей третьего типа - литьем или штамповкой (в серийном производстве), а в мелкосерийном и единичном производстве только литьем;
- заготовки для деталей четвертого типа - литьем или сваркой из проката в мелкосерийном и единичном производстве;
- заготовки для деталей пятого типа - корпусные и коробчатые детали – литьем;
- заготовки для деталей шестого типа - при серийном производстве литьем, а в мелкосерийном и единичном производстве – сваркой.

2.4 Выбор способа производства заготовок

Выбор способа производства заготовок определяется следующими факторами:

1) технологическими свойствами материалов, то есть его литейными свойствами или пластичностью, структурными изменениями в процессе изготовления заготовки и величиной зерна и т.д.;

2) конструктивными формами и размером деталей (чем больше деталь, тем дороже металлическая форма);

3) требуемой точностью выполнения заготовки и качества ее поверхности (шероховатость, остаточные напряжения и т.д.);

4) объемом выпуска продукции или типом производства;

5) производственными возможностями заготовительных цехов (соответственно возможностями оборудования);

6) временем, затрачиваемым на подготовку производства (изготовление моделей, штампов или пресс-форм и т.д.);

7) гибкостью производства, то есть возможностью быстрой переналадки оборудования и оснастки в условиях автоматизированного производства;

8) экономичностью производства.

При выборе вида заготовки для вновь проектируемого технологического процесса возможны три варианта:

Первый вариант получения заготовок предусматривает процесс-аналогичный существующему производству;

По второму варианту получения заготовок – они изменяются, но это не вызовет изменения в технологическом процессе их дальнейшей механической обработки резанием;

По третьему варианту получения заготовок предусматривается их изменение, и в результате этого существенно изменяется ряд операций дальнейшей обработки заготовок резанием.

В первом случае для выбора способа получения заготовок достаточно ограничиться справочной литературой, где для аналогичных условий рекомендован тот вариант как оптимальный, так как стоимость заготовки не изменяется, то ее не надо учитывать при определении технологической себестоимости.

Во втором случае предпочтение следует отдавать заготовке, характеризующейся лучшим использованием металла (максимальным КИМ) и меньшей ее стоимостью. В этом случае при расчете технологической себестоимости стоимость заготовки учитывается.

В двух рассмотренных случаях имеется полная возможность принять окончательное решение относительно вида заготовки и рассчитать ее стоимость еще до определения технологической себестоимости варианта процесса.

В третьем случае вопрос о целесообразности вида заготовки может быть решен только после расчета технологической себестоимости детали по существующему варианту и предусматриваемому в проекте варианту.

Предпочтение следует отдать той заготовке, которая обеспечивает меньшую себестоимость детали.

Если сопоставляемые варианты (базовый и проектные) по технологической себестоимости окажутся равноценными, то предпочтительным следует считать вариант, по которому заготовки имеют более высокий коэффициент использования металла КИМ.

2.5 Особенности получения штампованных заготовок

Предъявляемые к машинам высокие требования по качеству, надежности и долговечности зависят не только от совершенства конструкции узлов, но и от качества обработки деталей и сборки узлов и машин. Изготовление заготовок и получение из них деталей представляют собой единый технологический процесс, части которого тесно связаны между собой. И все это обеспечивают технологические процессы.

Технологические процессы машиностроительного производства - это методы изготовления деталей машин, то есть методы придания им требуемой формы и свойств. Технологические методы обработки подразделяют на механические, электрохимические и электрофизические и комбинированные. Первые, в свою очередь, подразделяют на обработку резанием и пластическим деформированием /13/.

Знание технологических методов проектирования и обработки деталей позволяет создавать более совершенные конструкции машин и приборов, обеспечивая одновременно экономическую целесообразность их изготовления. При разработке рациональной конструкции детали должна обеспечиваться ее экономичность. На эти признаки (рациональность и экономичность конструкции) влияют многие факторы и, в том числе, материал детали, ее форма и размеры, точность и качество поверхности, тип производства. Рациональный выбор заготовки также обусловлен необходимостью экономии металла, обеспечением заданной структуры и свойств материала, в соответствии с назначением детали и условиями ее эксплуатации.

Заготовка, выполненная из материала выбранного в соответствии с назначением детали, должна по своей конструкции приближаться к ней.

Особенности технологических процессов влияют на конструкцию деталей (как и она влияет на технологический процесс), кинематические и прочностные свойства механизмов. Вариантность технологических процессов изготовления детали одной и той же номенклатуры определяется ее различными параметрами (назначением, материалом, размерами, массой, количеством и т.д.). Для получения необходимой геометрической формы, точности размеров, взаимного расположения и шероховатости поверхностей и создание любых машин, как правило, объединяет в себе различные по своей сущности технологические методы (литье, сварку, обработку давлением или резанием). Каждый из способов, в определенных условиях, имеет преимущества перед другими. В то же время, под технологией машиностроения традиционно понимается обработка резанием, процесс снятия с поверхности

заготовки режущим инструментом слоя металла в виде стружки. Резание является одним из наиболее распространенных (основных) технологических процессов машиностроительного производства. Обработка резанием включает в себя, как точение, сверление, строгание (долбление), фрезерование, протягивание, так и отделочные методы - шлифование.

Однако, обработку резанием нельзя рассматривать в отрыве от вида заготовки и метода ее получения, а чаще всего заготовки получают обработкой давлением, литьем или сваркой.

Операции обработки резанием рациональней всего использовать как завершающую стадию доводки заготовки, полученной одним из вышеуказанных способов обработки, до окончательных размеров. Обработка резанием позволяет получать детали, поверхность которых характеризуется высокой точностью геометрических размеров, малой шероховатостью, но, в то же время, обработка резанием не является металлосберегающей технологией. Использование только операций обработки резанием предварительно неподготовленных заготовок не позволяет получать высокие эксплуатационные характеристики деталей. При таком подходе нет возможности максимально использовать особенности кристаллической природы металлических материалов. Применение других методов обработки материалов позволяют существенно, от 30 до 60 %, а иногда и до 95 %, экономить металл. Использование для предварительного получения заготовок обработки давлением, литья, сварки и их сочетания также позволяет придать детали заданную структуру и свойства, что, в свою очередь, позволяет повысить надежность и долговечность эксплуатации, как отдельных деталей, так и машины в целом.

Литье еще в древности использовали для изготовления металлических изделий из меди и бронзы, а затем из чугуна, сталей и других сплавов. Основными процессами получения отливок являются изготовление литейной формы и плавка металла, заливка расплавленного металла в форму и охлаждение отливки, выбивка и обрубка отливок.

Процессы сварки осуществляются с конца XIX века. Эти процессы позволили существенно экономить металл и существенно упростить процесс изготовления тех или иных деталей. Методы сварки используют для получения сложных заготовок и неразъемных соединений. В зависимости от назначения изготовляемой детали, особое значение приобретает выбор метода сварки, позволяющего получать различные заготовки, которые затем обрабатывают различными способами. Сварка дает возможность получать заготовки из разнородных материалов.

Обработка давлением, в большинстве своем, металлосберегающая и высокопроизводительная технология. Обработка давлением известна из глубокой древности (древнейшие изделия, полученные ОМД (ковкой), найденные при археологических раскопках характеризуются возрастом в 85 веков). ОД рациональнее получать заготовки, которые доводят до окончательной детали обработкой резанием. В настоящее время для производства заготовок ОД подвергают до 85 % стали и до 60 % цветных

металлов, причем ОД подвергают не только металлы и сплавы, но так получают и заготовки из порошковых и неметаллических материалов, резины и пластических масс.

Примерно 90 % деталей любой современной машины изготавливают с применением операций обработки давлением, в частности, штамповкой, а получаемые при этом заготовки называют поковки.

2.6 Алгоритм проектирования штампованной заготовки

Для выполнения практического проектирования поковки необходимо выполнить следующее:

1) определить исходный индекс по ГОСТ 7505-89 /15/ (таблица В.4) для этого необходимо определить:

а) массу поковки, определяют из массы детали (по объемам элементарных фигур, на которые разбивается деталь) и плотности материала (для сталей плотность $\rho=7{,}85\cdot10^3$ кг/м^3) и расчетного коэффициента принимаемого из таблицы стандарта;

б) группу стали, подбирают в соответствии с химическим составом;

в) степень сложности определяют из отношения объема (массы) поковки к объему (массе) простейшей фигуры, описанной вокруг поковки, (при определении объема фигуры к максимальным размерам детали применяют коэффициент 1,05);

г) класс точности определяют по таблице, исходя из принятого варианта штамповки;

д) исходный индекс определяют по номограмме и проверить его можно по формуле:

$$U = N + M + C + 2(T-1) - 2, \qquad (3)$$

где N - значения характеристики массы поковки из пункта 1.1 (номер строки из таблицы, возможные значения от 1 до 10);

M из пункта 1.2 – группа стали (от 1 до 3);

C из пункта 1.3 – степень сложности (от 1 до 4);

T из пункта 1.4 – класс точности (от 1 до 5).

2) Исходя из персонального задания (формы и размеров детали) предварительно выбирают плоскость разъема штампа.

3) На основании исходных данных (формы и размеров детали), и найденных параметров (исходного индекса) необходимо из таблиц определить либо подобрать:

а) основные и дополнительные припуски;

б) назначить штамповочные уклоны;

в) назначить радиусы закруглений;

г) определить допускаемые отклонения размеров.

После выполнения прежних указаний необходимо все найденные значения свести в таблицу сведений о детали и поковки;

Таблица 1- Сведения о размерах детали и поковки

Исходные данные детали			Данные поковки, мм					
			Припуски				Окон чат. разме р	Допуск
Размер		Шерохо-ватость, Ra	Основн ые	дополнительные		Общи й		
Обоз	мм			смещ по диаметру	наруш. плоскостности			
$Д_1$	·	·	·	·	-	·	·	±
$Д_2$	·	·	·	·	-	·	·	±
d_3	·	·	·	·	-	·	·	±
H_1	·	·	·	-	·	·	·	±
h2	·	·	·	-	·	·	·	±

4) Построить по чертежу детали (А4) чертеж холодной поковки (А3) с соблюдением всех правил черчения (масштаб - М 1:1, внутри поковки тонкой или штрихпунктирной линией указывают контуры детали). На чертеже указывают технические требования и прочие характеристики к поковке (неуказанные штамповочные уклоны, радиусы закруглений /15/).

2.7 Конструирование поковки

Горячей объемной штамповкой получают поковки различной конфигурации от простых поковок до очень сложных. Все поковки в зависимости от конфигурации разбиты на группы сложности, в соответствии с которыми подбирают способ ее получения (ковка или штамповка на молотах, прессах или на другом специальном оборудовании) /16, 17, 18, 19/.

По форме конфигурации поковки подразделяют на три группы основные группы: с вытянутой осью, симметричные в плане и сложной формы.

К первой группе относятся поковки типа шатунов, рычагов, валиков и т.п., в том числе, с простым или со сложным поперечным сечением, с вытянутой осью и отростком. Также к этой группе относят поковки с изогнутой осью, в том числе с кривой главной осью и с ломаной линией разъема, с изогнутой осью и отростком, с удлиненной развилкой и короткой осью или, наоборот, с короткой развилкой.

Ко второй группе относятся осесимметричные поковки типа фланцев, колец, зубчатых колес, в том числе, осесимметричные вытянутые, осесимметричные с углублением, вытянутые с фланцем и углублением, типа крестовины и с несимметричными отростками разной длины.

К третьей группе относятся поковки сложной формы, в том числе, промежуточные круглые в плане и с вытянутой осью, с отростками и развилками, состоящие из различных элементов групп и подгрупп и поковки типа коленчатого вала.

Основные виды поковок и их характеристики приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Характеристика и вид поковок, получаемых штамповкой на молотах или кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП)

Груп -па	Характеристика детали	**Типовые представители**	**Вид поковки**
1	2	3	**4**
1	Удлиненной формы		
1.1	С прямой осью	Валы, оси, шатуны, балки	
1.2	С изогнутой осью	**Рычаги рулевого управления**	
2	**Осе симметричные круглые и многогранные в плане**		
2.1	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	
2.2	Квадратные, многоугольные, многогранные	Фланцы, ступицы, гайки	
2.3	С отростками	Крестовины, вилки	
	Другие детали		
3	Комбинированной конфигурации сочетающей элементы групп	Коленчатые валы, кулачки поворотные	
4	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения передач, буксирные крюки	
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	

Поковки с вытянутой осью штампуют плашмя, такие поковки имеющие значительную разницу в площадях поперечных сечений, требуют предварительной подготовки заготовки, которую осуществляют в дополнительных ручьях путем постепенного превращения простой исходной заготовки в фасонную. Обработку заготовки в одном ручье называют переходом штамповки. Количество ручьев в штампе соответствует количеству переходов. В зависимости от сложности поковок и организации производства штамповку выполняют за одну или несколько операций, причем каждая операция может состоять из одного или нескольких переходов.

Во многих случаях выбор технологии устанавливается без расчетов, так если масса и размеры поковок превышают допустимые для штамповки, то неизбежна ковка. При массе поковок меньше 50 кг решающим фактором является серийность. Если серийность исчисляется сотнями изделий, то их получают штамповкой, если десятками - ковкой, возможна ковка с частичной штамповкой. Дополнительным фактором является конфигурация поковок. Для уточнения решения, какой процесс принять - проводят анализ технико-экономических показателей ТЭП /3/ (приложение А).

Когда технологический процесс уточнен, технолог разрабатывает техническую документацию поковки, с учетом стандартов.

Техническую документацию поковки, как кованой, так и штампованной, составляют по чертежу готовой детали. При составлении технической документации поковки надлежит установить плоскость разъема штампа, назначить припуски и допуски, определить штамповочные уклоны, радиусы закруглений, а также установить форму и размеры наметок перемычек под прошивку отверстий.

2.7.1 Плоскость разъема штампов

Разъем штампа необходим для вкладывания исходной заготовки в ручей и извлечения из него поковки, а также для размещения канавки для заусенца при открытой штамповке. Расположение поковки в штампе подбирается в зависимости от ее конфигурации.

При установлении линии разъема следует учитывать следующее:

- заполнение окончательного ручья штампа за счет осаждения в нем металла происходит легче, чем его заполнение выдавливанием;
- ручей в верхнем штампе заполняется легче, а поверхность поковки в нем получается чище, чем в нижнем штампе, поэтому полости под тонкие и высокие ребра, следует располагать в верхней части штампа.

Окончательное положение разъема на фигуре поковки определяют при установлении штамповочных уклонов после назначения припусков.

Поверхность разъема штампа (линия разъема) указывает границу между частями поковки, оформляемыми в верхнем и нижнем штампе. В плоскости разъема эта линия всегда проходит по наружному контуру. По высоте наружная линия разъема считается расположенной по середине толщины заусенца, а внутренняя - по середине толщины прошиваемых перемычек. При штамповке в открытом штампе, для обеспечения хорошего среза заусенца, линию разъема устанавливают так, чтобы на боковой поверхности поковки получились штамповочные уклоны, идущие в обе стороны от нее, т.е. вверх и вниз от линии разъема.

Реальные поковки рассматривают как сложные геометрические фигуры, состоящие из простых элементов. Положение плоскости разъема определяют различными факторами, в том числе, как формой поковки и условиями работы детали, также величиной отхода металла и требуемой макроструктурой.

Линия разъема штампа может быть прямой (для простых поковок) или ломанной. Ломаный разъем предпочтительнее для поковок с выступами, так как при этом лучше заполняются углы ручья штампа, и экономится металл.

В большинстве случаев выполнить все требования к плоскости разъема не удается, и в каждом отдельном случае выделяют некоторое число требований, являющихся главными. Окончательно решение по плоскости разъема штампа принимают исходя из экономичности процесса в целом.

2.7.2 Припуски, напуски и допуски

Если качество поверхностного слоя поковки, его шероховатость и допуски на размеры не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к готовой детали, предусматривается припуск на механическую обработку всей поверхности или отдельной ее части, что учитывают при составлении графического материала поковки.

Припуском на механическую обработку поковки называют увеличение ее размеров по сравнению с готовой деталью, которое необходимо для снятия дефектного слоя, образовавшегося в процессе ковки (штамповки) или для устранения отклонений в геометрической форме поковки.

Припуск на механическую обработку по длине меньше суммы отдельных составляющих, так как отклонения могут взаимно компенсировать друг друга. В стандартах определены наибольшие отклонения припусков и допусков. Диапазон изменения припуска, на каждую сторону, обрабатываемую резанием, установлен в пределах от 0,6 до 13 мм, а при применении пламенного нагрева заготовок, допускается увеличение припуска на сторону от 0,5 до 1 мм, соответственно, для поковок массой от 2,5 до 6 кг.

Минимальная величина припуска определяется, прежде всего, глубиной дефектного поверхностного слоя поковки, а также технологией последующей механической обработки и ее регламентирует ГОСТ 7505-89 /15/.

Иногда, конфигурацию поковки упрощают путем применения напусков некоторого слоя металла, который в дальнейшем переходит в стружку. Напуски назначают по технологическим признакам, так как узкие уступы, выступы малого радиуса и т.п. не воспроизводятся в штампах.

На любой размер поковки назначают допуск независимо от наличия и значения припусков. Допуском на указанную обработку называют допускаемое отклонение размеров готовой поковки от ее номинальных размеров. Допуск определяется только технологией кузнечной обработки и не зависит от припуска. При этом припуски, входящие в этот размер, назначают отдельно с каждой стороны этого размера. К основным факторам, определяющим величины допусков, прежде всего, относятся технологические свойства штампуемых сплавов, габаритные размеры и форма поковок.

Данные по величинам припуска П и допуска Д принимают из соответствующих нормативов, для стальных поковок общего назначения массой до 400 кг они установлены /15/ с учетом исходного индекса, а для поковок из конструкционных углеродистых и легированных сталей - /20/. Базой

для определения исходного индекса являются масса поковки, степень сложности, группа стали, класс точности и качество поверхности (в соответствии с классами шероховатости по /21/).

Существует два варианта значения (указания) припусков и допусков от разных баз и от одной базы.

По первому варианту неточности (погрешности) изготовления ручья штампа и самой поковки суммируются, и допускаемое отклонение по всей длине выдержать труднее. При ведении отсчета размеров от одной базы (по второму варианту), точность изготовления детали будет, несомненно, выше и условия контроля улучшатся.

Припуски на диаметр условно относят к одной стороне поковки.

В промышленности применяют несколько способов установления припуска. При расчетах припусков и полей отклонения размеров удобнее пользоваться односторонним отклонением размеров. При наладке штампа удобнее пользоваться двусторонними отклонениями.

2.7.3 Радиусы закруглений

Для обеспечения лучшего заполнения углов штампа их делают скругленными, т.е. вводят радиусы закругления. Радиусы закругления бывают двух видов: внутренние и наружные. Наружный радиус у поковок трудно выполнить небольшим, т.к. металл в такой угол затекает в последнюю очередь, и это требует повышения удельных усилий штамповки. Чем больше глубина полости штампа, тем труднее получить в полости малый радиус на поковке. Так как малый радиус закругления частей штампа приводит к их истиранию и разрушению. При изготовлении поковок с малыми радиусами закругления получение брака из-за не заполнения полости ручья или образования на поковке складок. Большая величина радиусов приводит к увеличению припусков, а слишком малая - затрудняет удаление окалины в полостях и наметках отверстий в поковках. Недостаточная величина радиусов закруглений внешних кромок штампа может привести к рассечению волокон в заготовке. Обычно внутренние радиусы $R_{вн}$ принимают от 1 до 6 мм, а наружные $R_н$ от 1 до 8 мм. Величину радиусов выбирают в соответствии со способом заполнения полости при штамповке и при выдавливании его величина он больше, при осадке - меньше.

2.7.4 Штамповочные уклоны

Для предотвращения того, чтобы поковки оставались в ручьях штампа, их боковые стенки выполняют не параллельными, а с наклоном, то есть на них выполняют штамповочные уклоны, при этом поковка образуется с напуском. Без штамповочного уклона удаление поковки затрудненно силами трения между поверхностями поковки и ручья штампа. Уклоны имеют величину от 1° до 10° (от 5° до 7° - наиболее распространенные). С применением выталкивателей штамповочные уклоны уменьшают, и они составляют от 1°

(иногда от 0,5) до 3°. Чем относительно глубже полость штампа, тем больше должен быть штамповочный уклон. Для геометрически подобных фигур штамповочные уклоны делаются меньшими для больших фигур. Это связано с тем, что поверхность трения, приходящаяся на единицу объема, у мелких поковок больше, чем у крупных.

Применение смазочного материала /22,23/ способствует уменьшению сил трения и, следовательно, способствует более легкому извлечению поковок из штампа и позволяет применять минимальновозможные штамповочные уклоны.

Нахождение поковок в верхней полости штампа недопустимо из-за возможного выпадения в любой момент. Такое ограничение обусловлено условиями техники безопасности, а также из-за образования брака (забоин) при падении поковки из поднятого штампа. Лучшие условия извлечения поковок из верхней полости штампа создают соответствующим выбором линии разъема путем уменьшения контактной поверхности, а также увеличением штамповочных уклонов по сравнению с уклонами в нижнем ручье штампа. Для разных марок стали они одинаковы, а для различных металлов - не одинаковые.

Штамповочные уклоны, как и радиусы закругления по отношению к поковке бывают внешними (наружными) и внутренними.

Внутренние уклоны делают большими, чем внешние, так как при остывании поковки она уменьшается в размерах на величину термического расширения, что способствует более легкому извлечению поковки из штампа. По тем же причинам внутренние полости поковки охватывают выступы штампа, создающие их, приводя к посадке.

При конструировании инструмента для выбора штамповочных уклонов используют опытные данные, например, из таблицы Ребельского А.В. /19/ и их выбирают с учетом соотношений длины или диаметра полости (l_n) или глубины плоскости (h_n) к ширине или диаметру полости (b_n) h_n/b_n и l_n / b_n , значения которых приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения штамповочных уклонов

Значение отношения l_n/b_n	Значения штамповочных уклонов, град., при значении отношения h_n/b_n,		
	до 1	от 1 до 3	больше 3
До 1,5	5	7	10
Свыше 1,5	3	5	7

2.7.5 Полости, наметка отверстий в поковках

Получение поковок с полостями или сквозными отверстиями приводит к сокращению расхода металла и уменьшению механической обработки.

При получении деталей со сквозным отверстием делают двусторонние наметки с последующим удалением перемычки при обрезке заусенца. Получение полостей и наметок под сквозные отверстия в поковках приводит и

к повышенному износу выступов штампов, формирующих такие полости. Поэтому, полости с диаметром меньше 30 мм не выполняют. В полостях и наметках (двусторонних) назначают внутренние штамповочные уклоны.

Для верхних знаков принимают соотношение размеров диаметра и высоты h=2d, а для нижних - h=0,8d.

Проверить правильность выполненных проектных работ можно на компьютере по методике и программе приведенной в работе /24/.

2.7.6 Оформление технической документации на поковку

После определения основных характеристики (припусков на механическую обработку, допусков на размеры, радиусов закруглений и штамповочных уклонов) назначают и дополнительны характеристики поковки, необходимые для изготовления штампа (неуказанные радиусы закруглений и штамповочные уклоны, допускаемое отклонение от плоскостности и допустимый размер заусенца после обрезки, а также допускаемую величину смещения по поверхности разъема штампа).

После разработки поковки осуществляют оформление технической документации на нее по ГОСТ 3.1126-88 /25/.

При вычерчивании поковки используют обычные правила технического черчения, отличия состоят в том, что внутри контура поковки обозначают тонкими сплошными, или штрих пунктирными с двумя точками, линиями эскиз детали или обдирочный ее контур. Ниже каждого размера поковки в скобках ставят размер детали, а справа от основного размера – допуски (±Д), в соответствии с /26/.

На технической документации (чертеже поковки) указывают технические требования по ГОСТ 8479-70 /27/. При разработке технологического процесса штамповки выполняют два чертежа (чертеж холодной поковки и чертеж горячей поковки), причем, по чертежу холодной поковки осуществляют ее приемку, а по чертежу горячей поковки изготавливают штамп. Чертеж холодной поковки содержит технические требования, включающие указание следующих характеристик:

- твердости поковки с указанием стандарта;
- класса точности, группы стали, степени сложности, исходный индекс, также с указанием стандарта;
- размеры, обеспечиваемые штампом;
- неуказанные радиусы закруглений;
- неуказанные штамповочные уклоны;
- допустимый размер заусенца после обрезки;
- допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа;
- допускаемое отклонение от плоскостности;
- допускаемая величина поверхностных дефектов на обрабатываемых и на не обрабатываемых поверхностях;
- отношение к очистке от окалины.

В зависимости от используемого процесса, а получают поковки, являющиеся заготовками для изготовления деталей, ковкой или разновидностьями объемной штамповки, и оборудования, используемого для процесса, применяют различные штампы. Штампы для получения поковки могут быть молотовыми, их используют на молотах, прессовыми - используют на прессах. В таких штампах, формирующие поковку вставки, укреплены на верхней и нижней плите. Штамп также может быть составным для горизонтально-ковочной машины (ГКМ), содержащим блок матриц и блок пуансонов.

После разработки и проектирования чертежа поковки и конструирования штампа, для получения спроектированной поковки, в инструментальном цехе завода, в соответствии с положениями и рекомендациями, изложенными в /28 - 30/ изготавливают разработанный штамп, который после проверки устанавливают на необходимом, для получения поковки, технологическом оборудовании.

3 Расчет исходной заготовки

3.1 Алгоритм расчета исходной заготовки

Для расчета исходной заготовки необходимо выполнить следующее:

1) рассчитать объем поковки. Выполняют так же, как рассчитывали объем детали, но с учетом новых размеров;

2) рассчитать объем перемычки;

а) толщину перемычки определяют по формуле:

$$S = 0{,}45\sqrt{d - 0{,}25h + 5} + 0{,}6\sqrt{h}\,, \tag{4}$$

где S – толщина перемычки, мм

d – диаметр прошиваемого отверстия, мм

h – глубина наметки, мм.

б) зная толщину перемычки и ее диаметр, определяют объем перемычки:

$$V_{пер} = FS = \frac{\pi d^2}{4} S\,, \tag{5}$$

где F – площадь перемычки, мм^2

3) рассчитать объем заусенца;

Объем заусенца рассчитывают по формуле:

$$V_{об} = S_k \cdot K_з \cdot P_{зн}\,, \tag{6}$$

где S_k – площадь канавки (из таблицы 6) , мм^2,

$K_з$ – коэффициент заполнения облойной канавки, при продольной штамповке принимают $K_з$=0,5;

$P_{зс}$ – периметр средней линии заусенца рассчитывают исходя из размеров поковки и канавки для заусенца по формуле:

$$P = 2\pi\left(R_п + b + \frac{b \cdot K_з}{2}\right), \tag{7}$$

где $R_п$ – радиус поковки, с учетом припуска и напуска, мм;

b – ширина мостика, мм;

b – ширина канавки для заусенца, мм;

$K_з$ – коэффициент заполнения канавки для заусенца.

3.1.3.1 Радиус поковки рассчитывают по формуле:

$$R_n = R\partial + \frac{П_{общ}}{2} + h_{ш.у.}, \quad (8)$$

где R_∂ – радиус детали, мм;

$П_{общ}$ – общий припуск (таблицы В.5) , мм;

$h_{ш.у.}$ – высота штамповочного уклона ($h_{ш.у.}=tg\varphi\ h/2$) , мм;

h – общая высота поковки, мм.

3.1.3.2 Номер канавки для заусенца определяют исходя толщины мостика, которую определяют по формуле:

$$h_o=C_o \cdot \sqrt{F_{пп}} \quad (9)$$

где C_o – коэффициент (принимают от 0,013, для крупных поковок, до 0,015);

$F_{пп}$ – площадь проекции поковки ($F_{пп}=\pi R_n^2$) , мм^2,

причем найденное значение округляют до ближайшего из талицы, с соответствующим номером канавки.

По номеру канавки и ее варианту (по характеру заполнения ручья) определяют все размеры канавки (h_o; b_o; h_1; b_1; S_k).

3.1.3.3 Суммируя полученные объемы поковки, перемычки и заусенца определяют объем исходной заготовки

3.1.4 Определение размеров исходной заготовки

Определение размеров исходной заготовки проводят исходя из ее объема, который определяют по формуле:

$$V_{заг}=V_n+V_{об}+V_{пер.}+V_{уг.}, \quad (10)$$

где $V_{n.}$ – объем поковки;

$V_{зс.}$ – объем заусенца;

$V_{пер.}$ – объем перемычки;

$V_{уг.}$ – объем угара.

3.1.4.1 На размеры исходной заготовки существенно влияет вид штамповки, а именно, при продольной штамповке размеры исходной заготовки находят с учетом соотношения

$$1{,}25 \le \frac{Н_з}{Д_з} \le 2{,}5, \quad (11)$$

где Н – длина заготовки, мм,

Д – диаметр заготовки, мм.

Исходя из неравенства и формулы, для нахождения объема цилиндра имеем:

$$V_{заг.} = \frac{\pi Д_з^2}{4} \cdot H_з примем H = 2{,}5Д \Rightarrow 2{,}5\pi Д^3 = 4V_{заг.} \Rightarrow Д_{заг} = \sqrt[3]{\frac{4V_з}{2{,}5\pi}}.$$

3.1.4.1.2 Полученное значение диаметра ($Д_{заг}$) округляют до стандартного ряда диаметра проката, кратного 5 (например, …85, 90, 95…).

3.1.4.1.3 С учетом найденного диаметра определяют длину заготовки:

$$H_{заг} = \frac{4V}{\pi Д^2_{заг}}; \qquad (12)$$

3.1.4.1.4 Проверяют отношение найденных величин $Н/Д_{заг}$ и оно должно быть меньше 2,5.

3.1.4.2 Для поперечной штамповки при определении объема исходной заготовки необходимо построить эпюру сечений поковки, а по ней - эпюру диаметров, при этом для выбора заготовки возможно три варианта:

а) принимают заготовку по максимальному из диаметров эпюры диаметров, при этом в технологическом процессе штамповки предусматривается предварительные переходы в протяжном ручье;

б) приминают заготовку по среднему из диаметров эпюры, при этом длина заготовки равна длине поковки, а предварительными операциями является передача;

в) принимают заготовку по минимальному диаметру эпюры. Предварительное формоизменение – высадка.

3.1.5 Коэффициент использования металла определяют по формуле:

$$КИМ = К_{вт} \cdot К_{вг} = \frac{G_д}{G_п} \frac{G_п}{G_з}. \qquad (13)$$

3.1.6 Показать процентное распределение материала исходной заготовки по составляющим (норма расхода материала принимается за 100 %), то есть необходимо показать, сколько процентов металла идет на поковку, на облой, на перемычку, на угар и на деталь.

3.2 Определение размеров исходной заготовки

Для изготовления спроектированной поковки необходима исходная заготовка и ее параметры (длину и диаметр проката) определяют исходя из закона сохранения объема. В соответствии с этим законом, объем исходной заготовки равен объему поковки, причем, последний включает в себя объем самой поковки, а также, объем заусенца и объем перемычки.

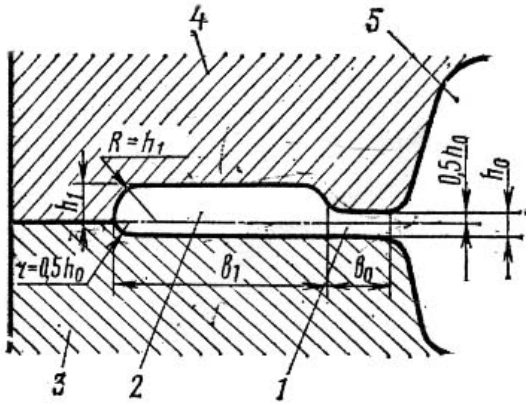
3.2.1 Определение объема поковки

Объем поковки определяют аналогично объему детали, по объему элементарных фигур, из которых состоит поковка, то есть по размерам детали с учетом напусков и припусков на механическую обработку.

3.2.2 Определение объема заусенца

Канавка для заусенца является важным элементом окончательного ручья, так как она определяет расход металла на заусенец.

Отходы металла, вытесненные в заусенец, являются весомым слагаемым в норме расхода металла в кузнечно-штамповом производстве, поэтому, в целях экономии металла заусенец должен иметь минимальные размеры. Однако, заниженные размеры заусенца (толщины мостика и магазина) являются одной из причин не качественной штамповки. Это обусловлено повышением сопротивления металла деформированию, увеличением числа необходимых для штамповки ударов молота, что приводит к излишнему расходу энергии, снижению производительности и стойкости штампов. Наиболее распространенная форма канавки показана на рисунке 6.



1 – мостик; 2 – магазин; 3 и 4 – нижняя и верхняя половины штампа; 5 – полость окончательного ручья штампа

Рисунок 6 – Схема и элементы канавки молотового штампа

Канавка состоит из мостика и магазина. Мостик, формующий тонкую часть заусенца, создает в процессе деформирования заготовки перемычку, играющую роль пояса, ограничивающего (сдерживающего) преждевременный выход металла заготовки за пределы полости окончательного ручья, тем самым, способствуя получению полноценной поковки.

Магазин выполняет функцию сборника (приемника) вытесняемого избыточного металла /19/. Этот метал, выполняет технологическую функцию, а именно тонкий слой металла создает значительное противодавление течению

металла в зазор между частями штампа. За счет этого материал заготовки затекает в глубокие полости и углы ручья штампа.

Определение канавки сводится к выбору или расчету ширины и высоты мостика и магазина канавки, а также ее площади.

Среднюю площадь поперечного сечения заусенца находят по формуле

$$S_{к.с} = K_з S_к, \qquad (14)$$

где $K_з$ – коэффициент заполнения канавки заусенцем (ориентировочные значения $K_з$ приведены в таблице 4).

Таблица 4 – Значения коэффициентов $K_з$

При штам-повке	Масса поковки, кг		$K_з$ для варианта канавки			При штам-повке	Масса поковки, кг		$K_з$ для варианта канавки		
	от	до	1	2	3		от	до	1	2	3
Плаш-мя	—	1	0,4	0,5	0,6	Осадкой	—	1	0,3	0,4	0,5
	1	5	0,5	0,6	0,7		1	5	0,4	0,5	0,6
	5	—	0,6	0,7	0,8		5	—	0,5	0,6	0,7

Заполнение ручья штампа металлом можно разделить на несколько стадий. В первой стадии происходит свободная осадка заготовки, практически же осадка сопровождается частичным выдавливанием металла в углубления (полости) или прошивкой металла заготовки. Усилие штамповки на этой стадии небольшое.

При достижении металлом боковых стенок ручья начинается вторая стадия штамповки. Которая характеризуется возрастанием усилия штамповки и протекает она до начала образования заусенца.

На третьей стадии штамповки избыточный металл вытекает в канавку. Что сопровождается значительным возрастанием необходимого для деформации усилия. При этом штампы соединяются заусенцем, полость закрывается. Происходит интенсивное заполнение ручья его углов.

Четвертая стадия – окончательная штамповка поковки до заданной высоты. Затраты энергии на эту стадию составляют от 30 до 50 %, а абсолютная величина деформации лишь до одного процента.

В соответствии со своим назначением канавка имеет по ширине обычно два участка: низкий - мостик, прилегающий непосредственно к ручью и расположенный за ним более высокий - магазин.

На участке мостика создается сопротивление истечению металла из ручья в заусенец.

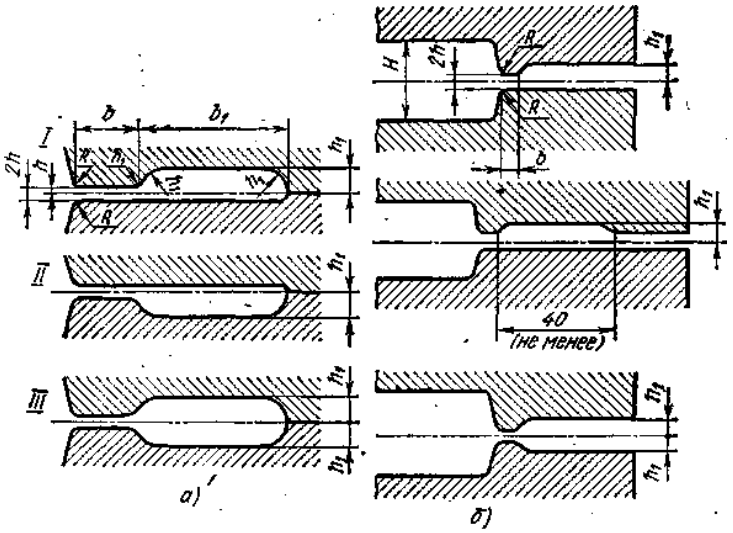
Магазин служит для размещения большей части избыточного объема заготовки.

Глубокая часть магазина снижает прочность стенки ручья. Поэтому ее размещают в верхней части штампа, так как она, соприкасаясь с горячим металлом, в течение более короткого времени, разогревается меньше нижней части штампа и стенки ручья остаются достаточно прочными.

По виду и расположению элементов канавки также бывают с одинаковым мостиком и магазином в обеих частях штампа и с расширенным нижним магазином, с верхним или с нижним мостиком, с предварительным магазином, с мостиком без магазина или клиновые канавки без магазина и мостика.

В случаях применения клиновой канавки, силы, тормозящие истечение металла в заусенец, по мере заполнения канавки стремительно возрастают. Это резко повышает давление в полости ручья и обеспечивает быстрое и четкое его заполнение при весьма небольшом заусенце. Трудность изготовления клиновой канавки ограничивает их применение.

Часто применяемые виды облойных канавок показаны на рисунке 7.



а – молотовые, б – прессовые
I – канавка с магазином в верхней части штампа,
II - канавка с магазином в нижней части штампа,
III - канавка с магазином в обеих частях штампа

Рисунок 7 – Виды облойных канавок штампов

Канавки с сечением II типа делают в том случае, когда необходимо обрезать заусенец в положении, после поворота поковки на 180^0. Обратное расположение поковки в окончательном ручье вызвано тем, что заусенец должен располагался на обрезной матрице своей плоской стороной. Поступают так тогда, когда труднозаполнимая часть фигуры поковки, имеющая сложную форму, штампуемая в верхнем штампе, а другая (нижняя при штамповке) часть фигуры поковки имеет более простую форму, и поэтому, по ней проще и дешевле изготовить и подогнуть обрезной штамп. Иногда канавки второго типа применяют вместо канавок первого типа в тех случаях, когда необходимо или желательно резко повысить сопротивление истечению металла в заусенец.

Канавки с сечением III типа (рисунок 7) обычно применяют лишь на отдельных участках канавок, в тех местах ручья, в которых ожидается повышенный выход металла в заусенец, из-за невозможности обеспечить необходимое распределение металла заготовки в заготовительных ручьях штампа.

На практике величина заусенца иногда составляет десятки процентов от массы поковки (от 10 до 30 %).

В автотракторной промышленности масса заусенца составляет от 16 до 18 % /17/.

Приближенный объем заусенца определяют по формуле:

$$V_0 = S_{к.с} P_{пок}, \qquad (15)$$

где $S_{к.с}$ – средняя площадь поперечного сечения заусенца, мм^2;

$P_{пок}$ – периметр поковки по линии разъема, мм.

Параметрами канавки (магазина и мостика) являются: высота и ширина мостика (h_0 и b_0) и магазина (h_1 и b_1) и, производная от них, площадь канавки, но определяющей характеристикой является высота мостика, являющейся толщиной пояска заусенца.

Размеры канавки зависят от площади проекции поковки, от глубины ручья и характера деформации материала заготовки. На практике канавки определяют несколькими способами, но наиболее широко используют выбор канавки по толщине мостика.

Для определения толщины пояска используют эмпирическую формулу зависимости h_0 от площади поковки в плане $F_{пок\ п}$.

$$h_0 = C_0 \sqrt{F_{пок.п}}. \qquad (16)$$

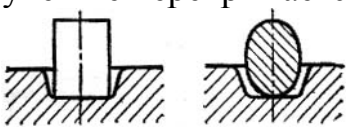
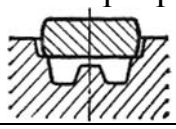
Значение коэффициента C_0 принимают от 0,013 до 0,016, причем меньшее значение берут для крупногабаритных поковок, а большее – для мелких поковок.

Исходный, для выбора канавки, параметр h_0 принимают округлением определенной, по выше приведенной формуле, величины до ближайшего значения из таблицы 6. Остальные размеры канавки такие, как толщину и ширину мостика и магазина, а также площадь поперечного сечения канавки $S_{к.}$ подбирают из этой же таблицы. Указанные характеристики принимают в зависимости от номера канавки и сложности конфигурации поковки и их используют для расчета объема заусенца.

Вариант канавки зависит от способа штамповки поковок и, при выборе варианта канавки, учитывают как профиль и размеры окончательного ручья штампа, так и характер деформации заготовок при заполнении полости ручья штампа (таблица 5), хотя строгих границ для выбора варианта канавки (размеров b_0 и b_1) установить нельзя, так как одна и та же поковка может

состоять из элементов различной сложности. В таких случаях b_0 и b_1 выбирают по преобладающему элементу поковки.

Таблица 5 – Ориентировочные критерии для выбора варианта канавки для заусенца

Положение заготовки в окончательном ручье	Форма полости	Характер деформации при штамповке	Подходящий вариант канавки
Ручей не перекрывается 	Простая неглубокая	Осаживание и расплющивание	1
Ручей частично перекрыт или сочетание первого и третьего вариантов	То же	Выдавливание	2
Ручей перекрыт 	Сложная не глубокая	Выдавливание	3

Для каждого номера канавки предусмотрены три варианта размеров ширины мостика и магазина b_0 и b_1..

Таблица 6 – Размеры канавок для заусенца, мм ($S_к$ – в мм^2)

Номер канавки	Вертикальные размеры		При штамповке поковок								
			простой конфигурации осаживанием и плашмя			выдавливанием в полость					
						неглубокую простой конфигурации			глубокую и трудно заполняемую		
			Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3		
	h_0	h_1	b_0	b_1	S_K	b_0	b_1	S_K	b_0	b_1	S_K
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,6	3	6	18	52	6	20	61	8	22	74
2	0,8	3	6	20	69	7	22	77	9	25	88
3	1	3	7	22	80	8	25	91	10	28	104
4	1,6	3,5	8	22	102	9	25	113	11	30	155
5	2	4	9	25	136	10	28	153	12	32	177

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	3	5	10	28	201	12	32	233	14	38	278
7	4	6	11	30	268	14	38	344	16	42	385
8	5	7	12	32	343	15	40	434	18	46	506
9	6	8	13	35	435	16	42	530	20	50	642
10	8	10	14	38	601	18	46	745	22	55	903
11	10	12	15	40	768	20	50	988	25	60	1208

Расчетный периметр следует определять по линии, находящейся на расстоянии от поковки, и проходящей по центру тяжести заусенца.

Для осесимметричных поковок, получаемых продольной штамповкой, (рисунок 20 а) периметр заусенца рассчитывают по формуле

$$P = 2\pi\left(R_n + b_0 + \frac{(b_1 \cdot K_з)}{2}\right), \qquad (17)$$

где P – периметр средней линии заусенца, мм;

R_n – радиус поковки по линии разъема штампа с учетом припусков и штамповочных уклонов, мм;

b_0 – ширина мостика облойной канавки, мм;

b_1 – ширина магазина облойной канавки, мм, (b_0 и b_1 принимают из таблицы 6).

Для поковок получаемых поперечной штамповкой (рисунок 15 б) периметр заусенца определяют суммированием его средней линии на отдельных участках поковки, с учетом коэффициента заполнения канавки на каждом участке.

Различное истечение металла в канавку по периметру сложной полости штампа проще выровнять, используя канавки с разной шириной мостика. Фактический, объем заусенца больше рассчитанного по выше приведенному алгоритму, и он складывается из следующих составляющих:

$$V_ф = V_{\min} + V_1 + V_2 + V_3 + V_5 \qquad (18)$$

Характер и значение величины показаны ниже:

- из-за износа ручья штампа, заготовка увеличивается на величину от 3 до 5 % объема заготовки, V_3;
- неравномерность образования заусенца – V_2 – до десятков процентов;
- колебание размеров заготовки – V_1 –от 6 до 9 % в среднем 4,5 %;
- из-за объема не полной штамповки V_4 – его не учитывают в расчетах;
- из-за преждевременного попадания металла в магазин – V_5.

Если заготовке предварительно предана форма, то $V_5 = 0$.

При существенном отличии исходной заготовки от поковки V_5 надо учитывать.

Для хорошо отработанных технологических процессов:

$$V_2 = V_5 = 0 \text{ и } V_ф = V_{\min} + V_1 + V_3 . \quad (19)$$

3.2.3 Определение размеров перемычки

Наметка углублений для отверстий в поковках способствует экономии металла за счет снижения отходов в стружку при обработке резанием.

В целях экономии металла перемычки, как напуски, должны иметь, возможно, меньшую толщину, так как излишне толстая перемычка, кроме перерасхода металла, затрудняет последующую прошивку сквозного отверстия, с удалением перемычки в отход, выполняемую на обрезном прессе.

С другой стороны, заниженная толщина перемычки ухудшает условия штамповки и отрицательно сказывается на стойкости знаков штампа. Слишком тонкая перемычка приведет к быстрому износу выступов в ручье штампа, формирующих соответствующую перемычку, что приведет к искажению наметки отверстия и прилипанию поковки в ручье штампа. К тому же чем тоньше перемычка, тем большее число ударов требуется нанести по поковки для доведения ее до номинальной высоты. Каждый лишний удар сопровождается расходом энергии и ускоряет износ выступов штампов, образующих наметки углублений в поковке.

Геометрия перемычек может быть различной и зависит она от соотношения диаметра и глубины наметки под отверстие.

Если глубина прошиваемого отверстия больше его диаметра в 2,5 раза, то штамп такой наметки затруднен.

Причем, отверстия в поковках диаметром меньше 30 мм не прошивают. Такие отверстия получают только обработкой резанием. Максимальная глубина наметки углубления должна быть соотнесена с размерами диаметра отверстия и для верхних знаков ее значение допускается до двух диаметров, а для нижних – до 0,8d.

Вместо плоских перемычек иногда конструируют перемычки с раскосом.

У таких перемычек толщину определяют по формуле:

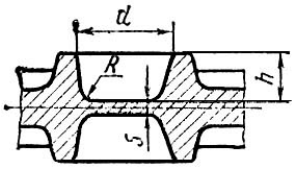
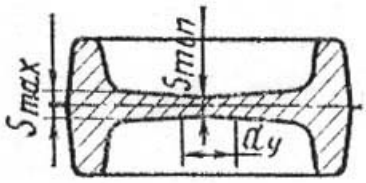
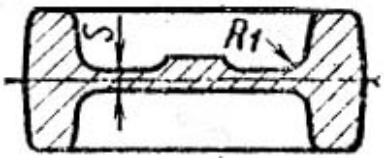
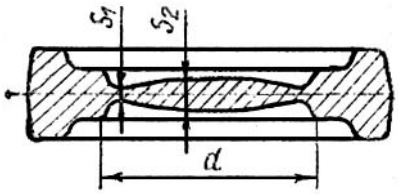
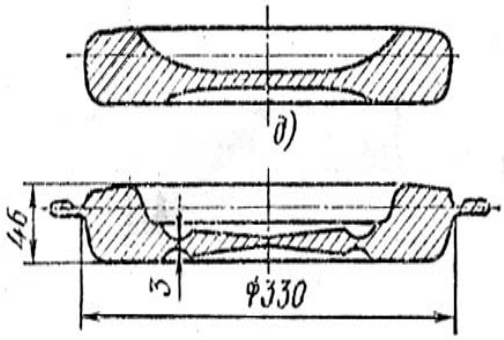
$$S_{\min}=0,65S. \quad (20)$$

Толщина обычной плоской перемычки S зависит, прежде всего, от диаметра отверстия D (выбираемого конструктивно) и глубины h наметки отверстия (выбираемого с учетом выше указанных рекомендаций) и определяется по формуле:

$$S=0.45\sqrt{D-0.25h-5}+0.6\sqrt{h}. \quad (21)$$

Некоторые рекомендации по выбору перемычек рациональных форм и размеров даны в таблице 7.

Таблица 7 – Форма и размеры перемычек

Форма перемычки	Применение и некоторые параметры
Плоская 	При сравнительно небольших диаметрах d наметок толщина плоской пленки, мм, $S = 0{,}45\sqrt{d - 0{,}25h - 5} + 0{,}6\sqrt{h}$.
Вогнутая (с раскосом) 	При средних диаметрах наметок (d>80 мм) среднюю толщину S пленки предварительно определяют по формуле для плоской перемычки, а затем рассчитывают параметры $S_{\max} = 1{,}35S$ и $S_{\min} = 0{,}65S$. Установочная площадка в нижней половине штампа принимается с диаметром d_y = 30…50 мм
С утолщением (с магазином) 	Для штампов с черновым (предварительным) ручьем, в котором выполняется перемычка с раскосом, а затем в окончательном ручье – с утолщением. При этом достигается уменьшение толщины $S_{\max}$ до S, что облегчает пробивку. Излишек металла вытесняется в магазин.
Выпуклая (с карманом) 	Для низких поковок с большим диаметром наметки (d>150 мм). Толщина в месте пробивки $S_1 = 0{,}4\sqrt{d}$, в максимальном сечении $S_2 = 5S_1$. Штамповка по этому варианту производится после предварительной осадки заготовки. Объем кармана делается с запасом по сравнению с возможным излишком металла
Вогнутая с двусторонними кольцевыми углублениями 	Для крупных поковок. Штамповка производится на двух молотах: на первом заготовка осаживается и одновременно, приобретая близкую к поковке форму, затем на втором молоте ее штампуют в окончательном ручье

В производственной практике, с целью экономии металла, также применяют совмещенную штамповку двух различных поковок. Для такой штамповки подбирают такие поковки, чтобы размеры перемычки большей поковки примерно соответствовали размерам наружного контура меньшей поковки.

В этом случае необходимо обеспечить, чтобы меньшая поковка вписывалась во внутреннюю часть большей поковки и штамповалась вместо сложной перемычки (строки 3 и 4, по типу последнего рисунка таблицы 7).

Экономия металла при совмещенной штамповке получается за счет изготовления вписываемой (меньшей) поковки без облоя, а большей – без затрат металла на перемычку. Подобные технологические решения эффективно повышают коэффициент использования металла в КШП.

Зная параметры перемычки (диаметр и толщину) определяют ее объем по формуле (обозначения из таблицы 7):

$$V_{пер} = \frac{\pi d^2}{4} S . \qquad (22)$$

3.2.4 Выбор типа исходной заготовки

Целесообразность применения того или иного вида заготовки зависит от способа штамповки (в торец или плашмя), массы и размеров поковки. При штамповке в торец применяют штучную заготовку. При штамповке на молоте плашмя возможны три типа заготовки.

В зависимости от условия штамповки применяют штамповку заготовок по одной штуке, с поворотом (по две штуки), спаренную или много штучную штамповку. Часто используют штамповку от прутка с отделением отштампованной поковки.

Для тяжелых и длинных поковок применяют штучную заготовку, для легких небольших поковок целесообразно вести штамповку от прутка. Средние заготовки рационально штамповать попарно с поворотом, т.к. при этом не требуется клещевина.

Объем исходной заготовки для штучной поковки определяют по формуле:

$$V_З = K\left(V_{пок} + V_{от}\right). \qquad (23)$$

где K – коэффициент, учитывающий угар металла в зависимости от вида нагрева. Его принимают равным 1,01 при индукционном нагреве и 1,03 от массы поковки при пламенном нагреве.

Объем поковки определяют по ее чертежу, а отхода - по сумме объема перемычки и заусенца:

$$V_{отх} = V_{пер} + V_{обл} . \qquad (24)$$

3.2.4.1 Исходная заготовка для поковок с вытянутой осью

Объем исходной заготовки для поковок с вытянутой осью получаемых поперечной штамповкой, находят по вышеприведенной формуле, однако к величине отхода добавляют объемы клещевины и соединительного напуска:

$$V_{отх} = V_{пер} + V_{з} + V_{кл} + V_{с.н.} \qquad (25)$$

Размеры исходной заготовки определяют исходя из того условия, что длинна фасонной заготовки не должна превышать длину поковки.

Для определения конфигурации фасонной заготовки вдоль оси поковки строят эпюру сечений и эпюру диаметров, так называемой расчетной заготовки, представляющая собой воображаемую заготовку с круглым поперечным сечением. Исходя из нее, определяют размеры исходной заготовки, в виде цилиндра со средним расчетным диаметром. Для построения эпюры сечений на фигуре поковки проводят сечения в характерных точках (1 – 11 рисунок 8), и рассчитывают площади фигуры в этих сечениях. Преимущественно, место сечения в виде прямоугольника и его площадь это произведение ширины на высоту. Найденные значения заносят в таблицу, причем, площади сечений равны сумме площадей соответствующих сечений поковки, и площади облоя.

$$Sэ = Sп + 2Sк, \qquad (26)$$

где Sэ – площадь сечения расчетной заготовки, мм^2;

Sп – площадь сечения поковки, мм^2;

Sк - площадь сечения одностороннего облоя, мм^2.

Коэффициент заполнения облойной канавки принимают равным для фасонной заготовки – 0,4, для сечения заготовки у торца – 0,75, а для облоя на торце – 1.

Таблица 8 – Расчетные значения площадей по сечениям (пример для построения эпюры диаметров)

Сечение	Площадь сечения, мм2			Коэффициент заполнения канавки, $К_з$	Диаметры эпюры $d_э = 1{,}13\sqrt{F_э}$
	Поковки $F_п$	Канавки $S_к$	Поковки и облоя $F_э = F_п + 2К_зS_к$		
1	2	3	4	5	6
1.	-	102	220	1 (2,15)	16,1
2.	188	102	340	0,75	22,9
3.	276	102	358	0,4	21,4
4.	292	102	374	0,4	21,8
5.	163	102	245	0,4	17,6

6.	537	102	619	0,4	28,1

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
7	970	102	1052	0,4	36,7
8	1140	102	1222	0,4	39,6
9	960	102	1042	0,4	39,6
10	237	102	390	0,75	21,0
11	-	-	247	1 (2,4)	17,3

По полученным значениям площадей сечения строят эпюру сечений и эпюру приведенных диаметров, откладывая значения 0,5d по обе стороны относительно произвольной оси (рисунок 8).

Диаметр сечения расчетной заготовки определяют по формуле:

$$d = \sqrt{S/\pi} = 1{,}13\sqrt{S} \qquad (27)$$

Сумма произведений площадей эпюры сечений на длину участков равна объему поковки с заусенцем и другими отходами и равна объему расчетной заготовки.

$$V_{заг} = \sum S_э l = V_п + V_{от}, \qquad (28)$$

где Vзаг - объем расчетной заготовки, мм^3;

Vп - объем поковки, мм^3;

Vот – объем отхода^3;

$S_э$ – площадь эпюры, мм^2;

l – длина участков эпюры, мм.

Если объем расчетной заготовки разделить на ее длину (L), то получится площадь поперечного сечения средней расчетной заготовки, то есть, цилиндр с постоянным сечением площадью

$$S_{ср} = V/L \text{ и диаметром } d = 1{,}13\sqrt{S_{ср}}, \qquad (29)$$

где $S_{ср}$ - площадь поперечного сечения средней расчетной заготовки, мм^2.

Таким образом, расчетная заготовка соответствует фасонной заготовке, которая должна деформироваться в штамповочном ручье, а средняя расчетная заготовка соответствует исходной заготовке постоянного сечения, из которой в заготовительных ручьях штампа необходимо получить фасонную заготовку. Часть расчетной заготовки, у которой $d > d_{ср}$ называют головкой, а разницу между объемом головки и объемом средней расчетной заготовкой в пределах головки - недостающим объемом.

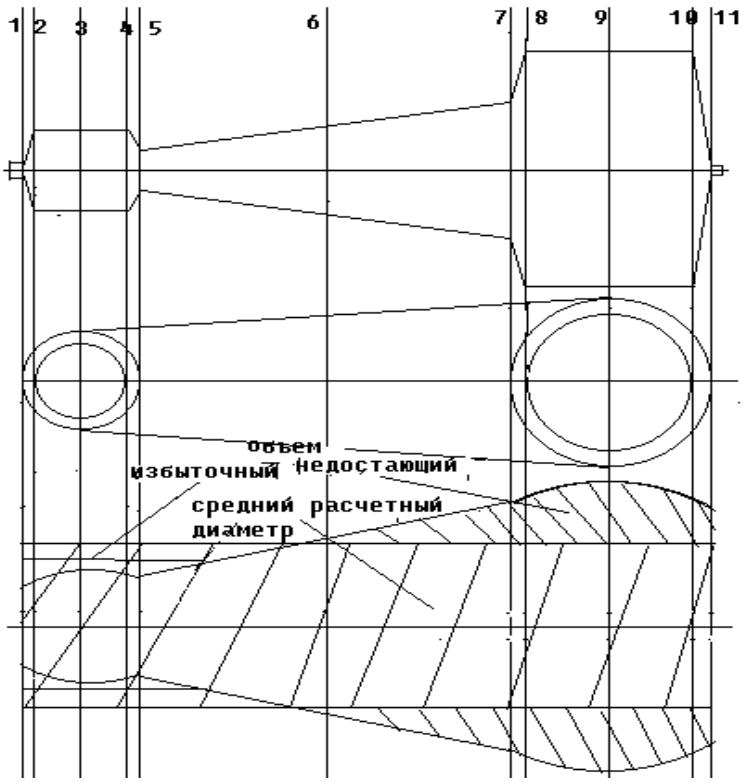


Рисунок 8 - Эпюра сечений и приведенных диаметров

Часть расчетной заготовки, у которой $d<d_{ср}$ называют стержнем, а разницу между объемом средней расчетной заготовки и объемом стержня в пределах стержня - избыточным объемом.

Для любого объема материала всегда возможно подобрать множество вариантов исходной заготовки, которые обеспечат требуемый объем. При выборе размеров исходной заготовки из проката следует иметь в виду 3 возможных граничных варианта (крайних случаев):

– заготовка может иметь наименьшую, из приведенных на эпюре диаметров, величину и наибольшую длину;

– заготовка может иметь, наибольшую из приведенных на эпюре диаметров, величину и наименьшую длину;

- заготовка может иметь среднюю, из приведенных на эпюре диаметров, величину и ее длина равная длине поковки.

В случае с наиболее длиной исходной заготовкой ее диаметр принимают из площади поперечного сечения меньшей части эпюры сечения, а длину – делением объема заготовки на площадь сечения заготовки выбранного диаметра. Предварительной операцией формоизменения исходной заготовки должна явиться высадка. Такие исходные заготовки имеют весьма ограниченное применение.

Во втором случае диаметр заготовки принимают по наибольшему диаметру, из эпюры диаметров. Длину определяют делением объема заготовки на площадь сечения заготовки выбранного диаметра. Для таких исходных заготовок предварительная операция перед штамповкой в окончательном ручье – протяжка.

В третьем случае, длина заготовки равна длине поковки, а ее диаметр - среднему диаметру из эпюры. Предварительная операция, перед штамповкой в окончательном ручье – передача.

3.2.4.2 Исходная заготовка для осесимметричных поковок

Объем исходной заготовки для осесимметричных поковок, получаемых продольной штамповки, объем заготовки находят по прежней формуле, однако величина отхода учитывает объем заусенца и перемычки

$$V_{отх} = V_з + V_{пер} \qquad (30)$$

Размеры исходной заготовки определяют исходя из общего объема равному объему поковки с заусенцем и др. отходами.

При выборе размеров исходной заготовки из проката при штамповке из штучных заготовок следует иметь в виду, что диаметр проката желательно брать минимальным, так как, при этом требуется меньшее усилие на разрезку проката. Также необходимо учитывать то, что качественный срез торца получается при отношении длины исходной заготовки к ее диаметру больше 1,25, в тоже время при значении рассматриваемого отношения больше 2,5 не исключен продольный изгиб заготовки при ее осадке.

Исходя из соотношения $1{,}25 \le \frac{H_з}{Д_з} \le 2{,}5$, находим:

$$V_{заг.} = \frac{\pi Д_з^2}{4} \cdot H_з принимая H = 2{,}5Д \Rightarrow 2{,}5\pi Д_з^3 = 4V_{заг.};$$

$$Д_з = \sqrt[3]{\frac{4V_з}{2{,}5\pi}}. \qquad (31)$$

Полученное значение диаметра исходной заготовки ($Д_{заг}$) округляют до стандартного ряда диаметров проката кратного 5 (например, …85, 90, 95…).

Длину заготовки определяют делением объема заготовки на площадь сечения исходной заготовки выбранного диаметра

$$H_{заг} \frac{4V}{\pi Д^2_{заг`}}. \qquad (32)$$

После нахождения размеров исходной заготовки проверяют соотношение ее длины к диаметру, и оно должно удовлетворять условию

$H/Д_{заг}$ меньше 2,5 (в крайнем случае, до 2,8).

После расчета параметров исходной заготовки определяют коэффициент использования металла (раздел 2)

$$КИМ = К_{ВТ} \cdot К_{ВГ} = \frac{G_д}{G_п} \cdot \frac{G_п}{G_з} \qquad (33)$$

и процент распределения металла по составляющим: (норма расхода принимается за 100 %, и дальнейшее распределение на поковку, облой, перемычку, угар и сому деталь)

Правильность выполнения всех расчетов (поковки и заготовки) можно проверить по программе описанной в /24/.

После расчета параметров исходной заготовки необходимо обеспечить отрезку требуемой заготовки от исходного материала и ее подготовку к штамповке

4 Производство поковок

4.1 Разновидности объемной штамповки

В отличие от ковки, которая обеспечивает в процессе обжима заготовки фиксированные размеры вдоль одной оси, объемная штамповка (ОШ) обеспечивает заданные размеры по трем осям. Ее производят в специальном инструменте – штампе, состоящем из двух и более частей, при сопряжении которых, образуется объемная полость по форме штампуемой поковки. Полости штампа, в которых деформируют заготовку, называют ручьями.

Объемную штамповку, вследствии ее высокой производительности и дешевизны процесса широко используют в машиностроении, а детали, полученные с помощью штамповки, применяют практически во всех отраслях хозяйства /17/.

Независимо от вида используемого оборудования процесс формоизменения при штамповке включает следующие стадии. Подготовительные операции (предварительное придание заготовке приближенной формы), непосредственно штамповка (оформление поковок) и отделочные операции.

По сравнению с ковкой штамповка обеспечивает получение поковок с высокой точностью размеров. Она позволяет заметно уменьшить расход металл (до 40 % от массы детали). Объемная штамповка обеспечивает получение поверхности высокого качества, при этом отпадает необходимость последующей обработки резанием всей поверхности детали, резанием обрабатывают лишь те поверхности, которые в процессе работы, соприкасаются с другими деталями. Штамповка также обеспечивает получение деталей весьма сложной формы, во многих случаях недостижимой в условиях ковки без припусков.

Объемная штамповка бывает горячая (преимущественно) и холодная, открытая и закрытая. Ее также подразделяют на расчлененную штамповку, при которой поковку получают в двух и более штампах установленных на разных машинах одного типа и комбинированную штамповку, при которой поковку штампуют на машинах разного типа /17/.

4.1.1 Горячая объемная штамповка

Горячая объемная штамповка высокопроизводительный процесс при котором за 1 минуту изготавливают на штамповочном молоте до 3 поковок. На прессе до 60 поковок, а на электровысадочных автоматах от 200 до 400 деталей.

Объемную штамповку, вследствие ее высокой производительности и дешевизны процесса широко используют в машиностроении, а детали, полученные с помощью штамповки, применяют практически во всех отраслях хозяйства /17/.

Независимо от вида используемого оборудования процесс формоизменения при штамповке включает следующие стадии.

Подготовительные операции (предварительное придание заготовке приближенной формы), непосредственно штамповка (оформление поковок) и отделочные операции.

По сравнению с ковкой штамповка обеспечивает получение поковок с высокой точностью размеров. Она позволяет заметно уменьшить расход металла (до 40 % от массы детали). Объемная штамповка обеспечивает получение поверхности высокого качества, при этом отпадает необходимость последующей обработки резанием всей поверхности детали, резанием обрабатывают лишь те поверхности, которые в процессе работы, соприкасаются с другими деталями. Штамповка также обеспечивает получение деталей весьма сложной формы, во многих случаях недостижимой в условиях ковки без припусков.

При выборе типа штамповки и штампа во внимание принимается не только экономическая сторона вопроса, но и структура металла получаемых поковок, которая в свою очередь зависит от типа процесса и штампа. Форма окончательных ручьев и, следовательно, получаемых поковок для деталей одного и того же наименования отличаются друг от друга в зависимости от типа штампа. Объемная штамповка бывает горячая (преимущественно) и холодная. Ее также подразделяют на открытую (облойную) и закрытую (безоблойную) штамповку, на расчлененную штамповку, при которой поковку получают в двух и более штампах установленных на разных машинах одного типа и комбинированную штамповку, при которой поковку штампуют на машинах разного типа /17/.

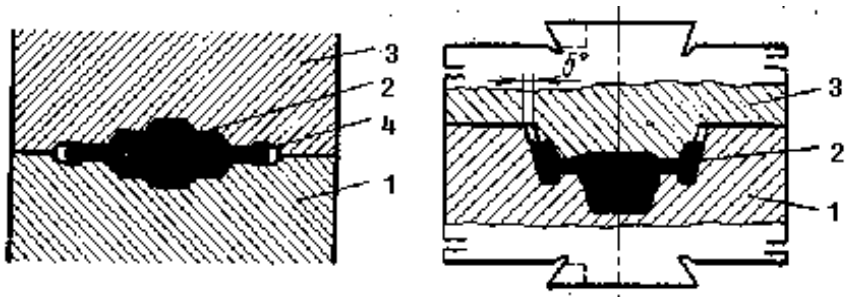
4.1.1.1 Сравнение штамповки в открытых и закрытых штампах

При выборе типа штамповки и штампа во внимание принимается не только экономическая сторона вопроса, но и структура металла получаемых поковок, которая в свою очередь зависит от типа процесса и штампа. Форма окончательных ручьев и, следовательно, получаемых поковок для деталей одного и того же наименования отличаются друг от друга в зависимости от типа штампа.

При получении поковок в открытых штампах усилие штамповки и работа деформации больше, чем в закрытых. Причина - значительное увеличение площади поперечного сечения поковки из-за наличия канавки с мостиком и магазином. Так как толщина мостика минимальная по всей толщине заготовки, то на его деформацию требуется значительное дополнительное усилие.

Закрытая штамповка позволяет получать поковки более высокого качества и более точных размеров в плоскости разъема штампа.

Отношение площади проекции поковки с заусенцем и без заусенца составляет от 1,7 до 1,2 в зависимости от диаметра поковки (рисунок 9).



а б

а – открытый; б – закрытый 1 - нижний штамп; 2 – изделие;
3 - верхний штамп; 4 – облой (заусенец)

Рисунок 9 - Схема молотовых штампов

Недостатки штамповки в закрытых штампах: отсутствие универсальности, ограниченность рациональных форм, необходимость предварительной подготовки заготовок точных размеров и необходимость использования в штампах выталкивателей. При нарушении высокой точности объема (массы) заготовок наблюдается повышенный износ штампа, что приводит к нарушению технологического процесса и даже может явиться причиной аварии.

Точность массы нельзя относить только к недостатку, так как точные заготовки не только экономят металл, но и в целом повышают технический уровень КШП. Однако, доля поковок, получаемых в закрытых штампах, пока составляет меньше 10 % от всех поковок.

Наиболее нагруженный в штампе окончательный ручей и выходит из строя он чаще, но при этом приходится восстанавливать весь молотовой штамп, поэтому на молотах чаще используют расчлененную штамповку. Этот способ повышает срок службы заготовительных и окончательного ручья штампа, а также позволяет рационально использовать КШО, так как энергия удара для предварительного формоизменения заготовки требуется меньшая.

Для уменьшения износа штампов и облегчения извлечения поковки из ручья штампа при штамповке широко применяют смазочно-охлаждающие технологические средства /22/. Наиболее широкое применение, в качестве смазочного материала, в горячей объемной штамповке находят различные графитовые композиции и, в том числе, масляно - графитовая композиция, состоящая из отработанного масла и графитовой пудры /23/.

В последнее время распространяется штамповка на высокоскоростных молотах, которая применяется для изготовления сложных поковок и поковок из труднодеформируемого материала.

Промежуточное положение между открытой и закрытой штамповкой занимает прямое выдавливание. Штамповка выдавливанием – это штамповка в закрытом штампе, но при этом в штампе, преимущественно, имеется выходное отверстие, в которое выдавливается металл. Выдавленный металл представляет собой стержень с постоянным сечением. При использовании сложного сечения

получают профили, причем, получаемые выдавливанием профили бывают различного сечения как сплошные, так и полые (рисунок 10).

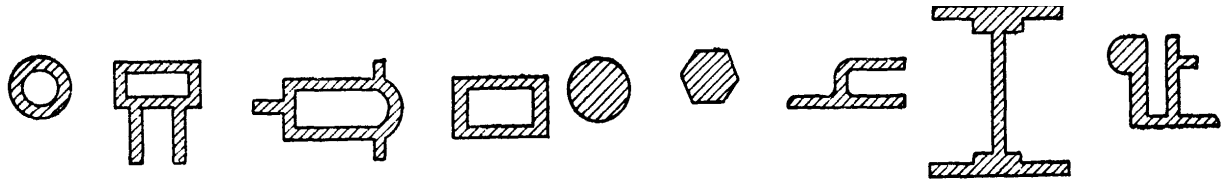


Рисунок 10- Сечения некоторых видов изделий получаемых выдавливанием (полые и сплошные сечения)

При штамповке выдавливанием, которое бывает прямое, обратное и комбинированное (рисунок 11), выходное отверстие матрицы имеет простое сечение и в него выдавливается стержень поковки и «лишняя» часть металла (прямое и комбинированное выдавливание).

Штамповка выдавливанием характеризуется следующими признаками:

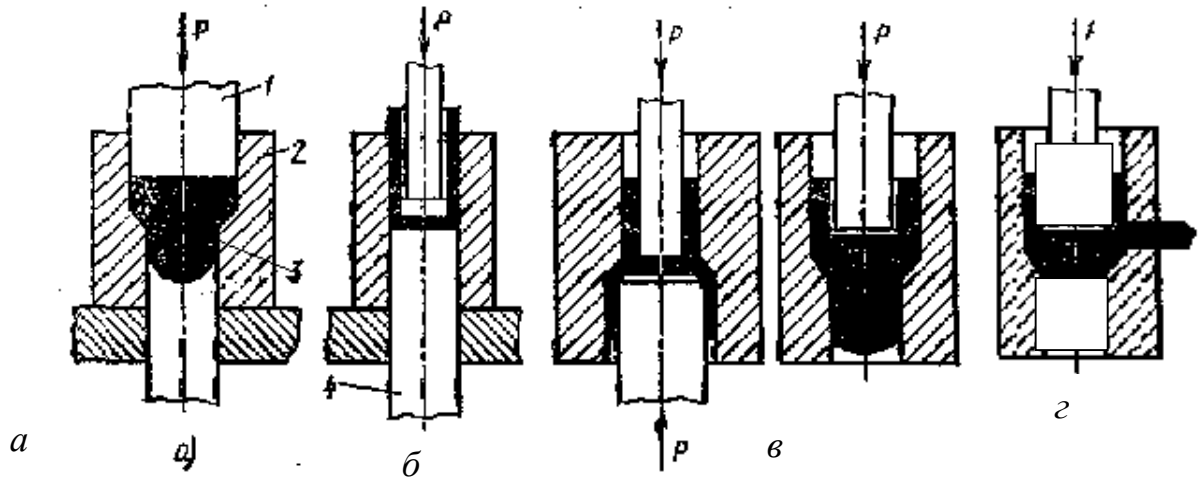
а) высоким качеством поковок;

б) объем металла в основной полости штампа уменьшается;

в) отхода металла нет, но при избыточной массе заготовки увеличивается длина стержня.

При обратном и комбинированном выдавливании «лишняя» часть металла увеличивает общую высоту получаемой поковки.

Главное преимущество процесса выдавливания – это получение поковок различного профиля с высокой точностью размеров, а недостатки – высокие удельные усилия и относительно низкая стойкость штампа.

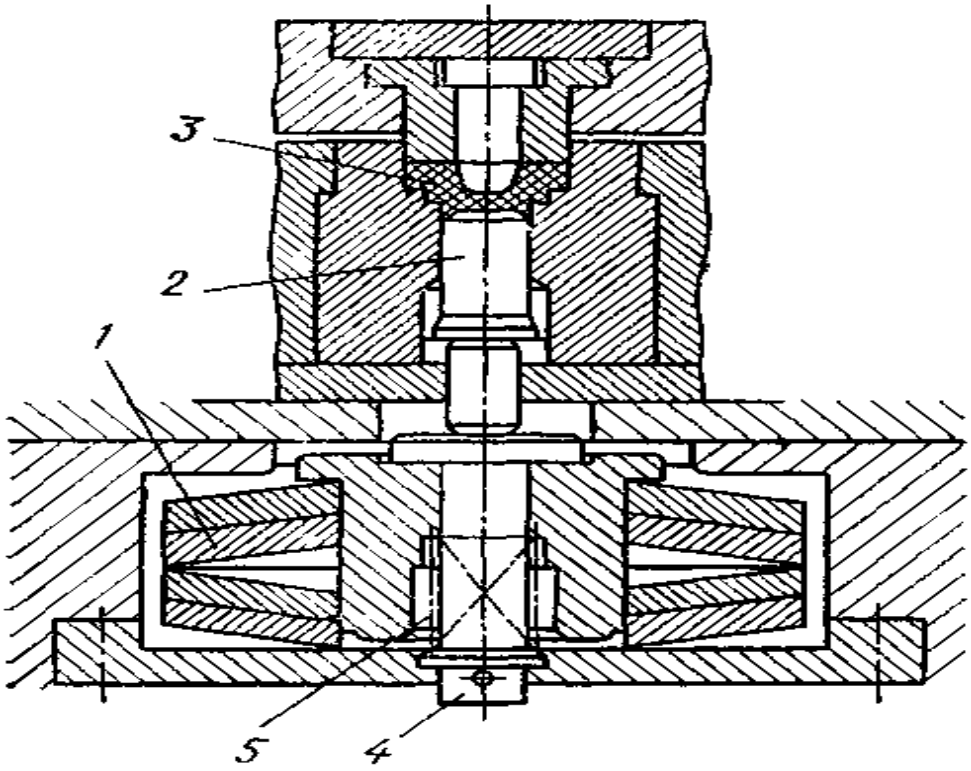


а – прямое; б – обратное; в – комбинированное; г –боковое
1, 4 – плунжер; 2- контейнер-матрица; 3-деформируемый материал

Рисунок 11 - Схемы прессования (выдавливания)

4.1.1.2 Штамповка в закрытых штампах

Сущность штамповки в закрытых штампах состоит в том, что заготовка деформируется, находясь в одной части полости ручья штампа, в которую как в направляющую входит другая часть. Схемы закрытого штампа показаны на рисунке 9 и 12.



1 - тарельчатые пружины; 2 - выталкиватель;
3 - поковка; 4 - толкатель;5 – пружина

Рисунок 12 - Схема закрытого штампа с подпружиненным выталкивателем

Штамповка в закрытых штампах характеризуется следующими признаками:

а) при штамповке заусенец не предусматривается и не образуется. Объем металла практически не изменяется и колебания объема заготовок не должно быть. Масса заготовки равна массе поковки;

б) небольшой заусенец образуется лишь при попадании металла в зазор между частями штампа. Величина заусенца доходит до 0,5 % массы заготовки, при плотном прижиме частей штампа;

в) волокна металла детали не перерезаны, и ее макроструктура соответствует очертаниям поковки;

г) требуется меньшее усилие штамповки;

д) закрытой штамповкой преимущественно получают цилиндрические поковки или поковки с небольшим уклоном.

4.1.1.3 Штамповка в открытых штампах

Наибольшее распространение в машиностроении имеет штамповка в открытых штампах на КГШП и молотах, при этом выполняют как одноручьевую, так и многоручьевую штамповку, как из штучных заготовок, так и штамповку с поворотом исходной заготовки или от прутка.

Штамповка в открытых штампах характеризуется образованием заусенца, в который переходит избыток металла заготовки, также она характеризуется следующими признаками:

а) объем металла находящегося в ручье непостоянен, часть его вытесняется в заусенец, что обеспечивает лучшее заполнение углов ручья;

б) направление вытеснения металла в зазор между частями штампа перпендикулярно направлению их движения, толщина заусенца в процессе штамповки постоянно уменьшается;

в) по месту обрезки заусенца волокна перерезаются;

г) из заготовок не постоянной массы получают примерно одинаковые по массе (объему), поковки, что является основным достоинством штамповки в открытых штампах.

Оптимальные условия штамповки должны обеспечить высокую производительность и качество поковок, а также стойкость штампов и экономию материала.

Возможные пути экономии металла на заусенце это:

- повышение точности объема и массы заготовок, однако, получение высокоточных по массе заготовок пока проблематично;
- сокращение доли металла заготовки добавляемой на износ штампа, путем изготовления заготовок разной массы. В начале эксплуатации штампа обрабатывают точные заготовки, затем используют всевозрастающие по массе заготовки.

При горячей штамповке поковку получают, деформируя заготовку в штампах, которые могут быть молотовыми (рисунок 15), для прессов (рисунок 21) или многоручьевые штампы для высадки на ГКМ (рисунок 24).

Затраты на специализированную оснастку, штампы должны окупаться экономией металла и сокращением механической обработки поковок, а также повышением производительности.

Типовая технологическая схема процесса горячей объемной штамповки в открытых штампах включает следующие этапы: 1 – разделка материала на заготовки; 2 – нагрев заготовок; 3 – горячая штамповка в черновых и чистовом ручьях; 4 – обрезка вытесненного метала; 5 – термообработка; 6 - удаление окалины; 7 – правка (чеканка). Кроме того, на отдельных этапах проводят контроль полуфабрикатов и заготовок.

Горячую объемную штамповку выполняют на паровых или воздушных молотах кривошипных ковочно-штамповочных и гидравлических прессах, а также на специальном оборудовании, например, горизонтально-ковочных машинах /28/.

4.2 Кузнечно-прессовое оборудование

Возможности имеющегося оборудования следует учитывать при изготовлении любых заготовок, в том числе и при обработке металлов давлением. В некоторых случаях возможности оборудования являются основным определяющим моментом, так как при разработке технологического процесса выбор того или иного способа получения заготовки возможен лишь при наличии определенного оборудования. Например, наличие в кузнечном цехе, ротационной ковочной машины позволяет получать ступенчатые детали практически без механической обработки. Такого же эффекта можно добиться при наличии механических прессов двойного действия или гидравлических многоступенчатых прессов, предназначенных для штамповки деталей в разъемных матрицах. При наличии чеканочных прессов после горячей объемной штамповки можно использовать чеканку (калибровку) как отделочную операцию, что позволит значительно уменьшить припуск на механическую обработку. Мощность имеющегося кузнечного или штамповочного оборудования подчас определяет и номенклатуру деталей, получение которых возможно на этом оборудовании.

Все кузнечно-штамповочные машины по характеру изменения скорости движения деформирующего инструмента в интервале рабочего хода могут быть разделены на пять групп (рисунок 13) /8/.

V_{max} - максимальная скорость движения подвижных частей;
t_p - время рабочего хода подвижных (рабочих) частей

Рисунок 13 – Классификация кузнечно-прессовых машин по кинематике рабочего хода

Современное кузнечно-штамповочное производство (КШП) оснащается новым оборудованием, представляющим собой автоматизированные и роботизированные комплексы, автоматы, уникальные кузнечно-прессовые машины, специальное оборудование, но основным оборудованием КШП остаются молоты и прессы.

К первой группе относят молоты. Они являются машинами ударного действия и имеют нежесткую характеристику изменения скорости движения деформирующего инструмента. Время рабочего хода изменяется в зависимости от сопротивления материала заготовки деформированию, а скорость инструмента изменяется от max до 0.

Ко второй группе относят гидравлические прессы и машины, также имеющие нежесткую характеристику изменения скорости движения деформирующего инструмента. Рабочий ход этих машин может начинаться со скорости, равной нулю, или со скорости близкой к максимальной скорости. Это машины статического действия.

К третьей группе относят кривошипные машины с жесткой характеристикой изменения скорости движения деформирующего инструмента (от max до 0). Характеристика изменения скорости зависит от кинематики кривошипно-шатунного механизма машины.

К четвертой группе относят машины ротационного типа (ковочные вальцы и ротационно-ковочные машины), частота вращения деформирующего инструмента у этих машин постоянна.

К пятой группе относят импульсные штамповочные машины и машины для гидравлической, пневматической и вакуумной штамповки. Они также имеют нежесткую характеристику изменения скорости движения деформирующего инструмента за очень короткое время.

В свою очередь, машины в каждой группе классифицируются по технологическому, конструктивному и другим признакам и характеризуются следующими основными параметрами и размерами.

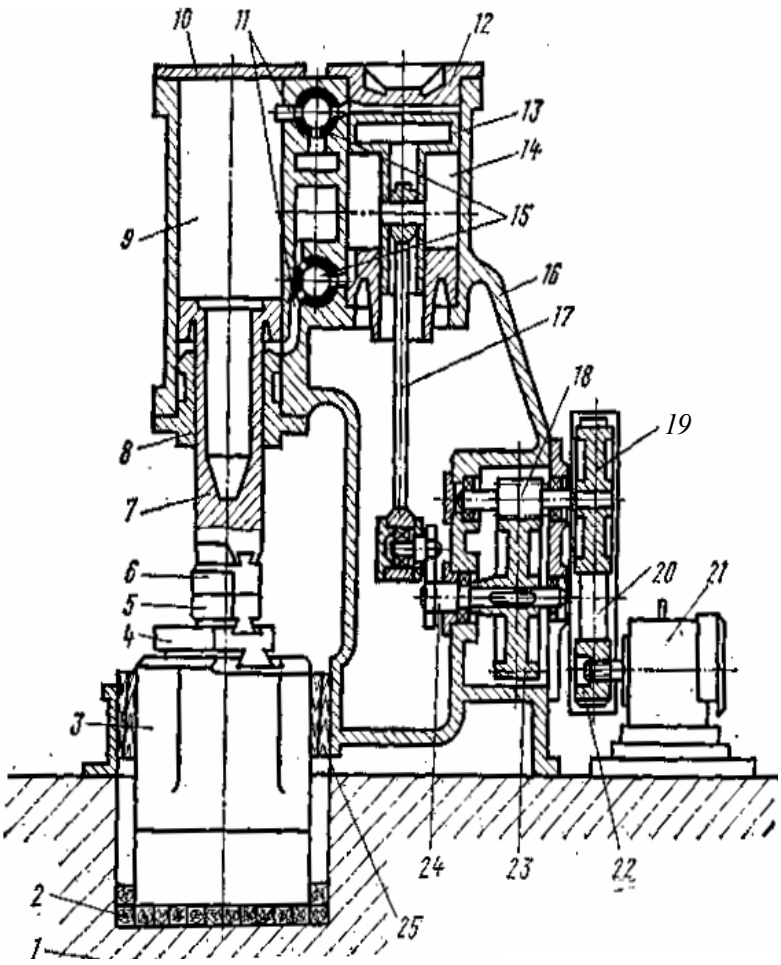
- молоты – массой падающих частей, величиной хода ударных частей, энергией удара и размерами штампового пространства;
- гидравлические прессы – номинальным усилием, давлением рабочей жидкости, наибольшим ходом ползуна пресса;
- кривошипные машины – номинальным усилием, ходом ползуна, соответствующим этому усилию, полным ходом ползуна, числом ходов ползуна в минуту, размерами штампового пространства и др;
- машины ротационного типа - частой вращения деформирующего инструмента. Ковочные вальцы характеризуются также расстоянием между валками и их диаметром. Ротационно-ковочные машины – максимальным диаметром обрабатываемой заготовки, числом ударов бойков в минуту.

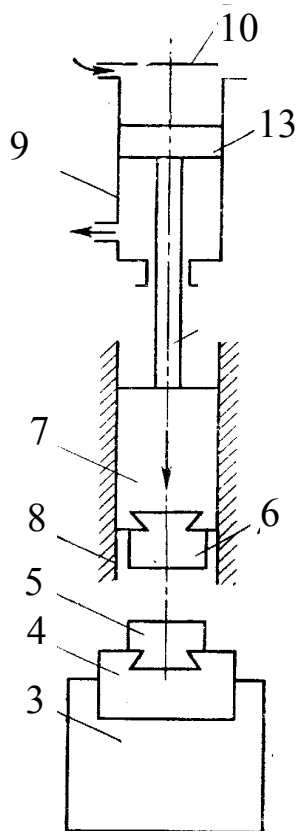
Основные параметры и характеристики универсальных кузнечно-штамповочных машин приведены в соответствующих стандартах и в /8/.

Используемое оборудование подразделяют на ковочные и штамповочные молоты, гидравлические и механические (кривошипные) прессы, а также горизонтально ковочные машины (ГКМ), кузнечно-прессовые ротационные машины и различные высадочные (горячевысадочные и холодновысадочные) автоматы /30/. Кривошипные прессы подразделяют на прессы для горячей штамповки (кривошипные горячештамповочные прессы - КГШП) и прессы для холодной штамповки.

4.2.1 Молоты

Молот это машина, с помощью которой придают обрабатываемой поковке требуемую форму ударными частями, используя свободную ковку и ковку в специальных приспособлениях - штампах. Вид пневматического молота двойного действия приведен на рисунке 14.





1 – фундамент; 2 - деревянные брусья; 3 – шабот; 4 - промежуточная подушка; 5, 6 - нижний и верхний бойки; 7 – баба; 8, 10, 12 – крышки; 9, 14 – цилиндры; 11 – каналы; 13 – поршень; 15 - распределительные краны; 16 – станина; 17 – шатун; 18, 23 - зубчатые колеса; 19 – маховик; 20 – ремень; 21 – электродвигатель; 22 – шкив; 24 – кривошип; 25 – клинья

Рисунок 14 – Вид (разрез) и схема пневматического молота двойного действия

Молот представляет собой стальную станину 16 с компрессорным 14 и рабочим 9 цилиндрами, имеющими крышки 10 и 12. Кривошип 24 связан с шатуном 17 и обеспечивает возвратно-поступательное движение и сжимает воздух попеременно в верхней и нижней полостях компрессорного цилиндра14.

В рабочем цилиндре 9 помещена баба 7, выполненная заодно с поршнем, снабженным канавками для поршневых колец. В нижней части бабы имеется паз типа «ласточкин хвост», в котором закреплен верхний боек 6. Кроме того, на бабе выполнены две проточки, а в нижней крышке 8 - пазы, в которые помещены две планки, служащие направляющими и предохраняющие бабу от вращения. Цилиндры 9 и 14 соединены каналами 11, перекрываемыми двумя распределительными кранами 15. Краны осуществляют управление молотом, образуя с обратным клапаном воздухораспределительное устройство, обеспечивающее держание бабы на весу, автоматические удары по поковке, прижим поковки, единичные удары по поковке и холостой ход.

Когда оба цилиндра сообщают с наружной атмосферой, воздух при движении компрессорного поршня вытесняется в нее и молот работает вхолостую (в этом случае верхний боек 6 свободно лежит на нижнем бойке 5, укрепленном в шаботе 3). При соединении между собой верхних полостей цилиндров 9 и 14 и соответственно между собой - нижних их полостей поступательное движение компрессорного поршня 13 вызывает нагнетание воздуха под поршень бабы 7. Поднимаясь, рабочий поршень двигает вверх связанную с ним бабу, несущую верхний, боек 6. При возвратном движении компрессорного поршня баба падает, и боек ударяет по заготовке. Чтобы удержать боек в крайнем верхнем положении, сжатый воздух подают только под поршень 13 цилиндра 14, а верхнюю полость этого цилиндра соединяют с атмосферой. Для удара бойка по поковке воздух подают в верхнюю полость цилиндра 9, а с атмосферой соединяют нижнюю его полость. Чтобы баба во время работы молота не ударила в крышку 10, в верхней полости рабочего цилиндра предусмотрено буферное пространство. Когда баба перекрывает канал, соединяющий верхние полости цилиндров, воздух в буферном пространстве сжимается. Для подачи воздуха в верхнюю полость рабочего цилиндра имеется обратный шариковый клапан, когда в верхней полости компрессорного цилиндра сжатие воздуха станет большим, чем в буферном пространстве, клапан откроется и воздух войдет в верхнюю полость цилиндра.

Пневматические молоты двойного действия, предназначенные для выполнения ковочных операций (высадки, прошивания отверстий, а также рубки) и других работ, выполняемых как свободной ковкой, так и штамповкой. Молоты изготовляют с массой ударных (падающих) частей от 75 до 1000 кг.

Время одного рабочего цикла машин складывается из трех величин: времени хода деформирующего инструмента из крайнего положения до момента соприкосновения с обрабатываемой заготовкой (t_1), времени рабочего хода (t_p) и времени возвратного хода инструмента в исходное положение (t_2):

$$t_ц = t_1 + t_р + t_2, \qquad (34)$$

где $t_ц$ - время рабочего цикла машины, мин;

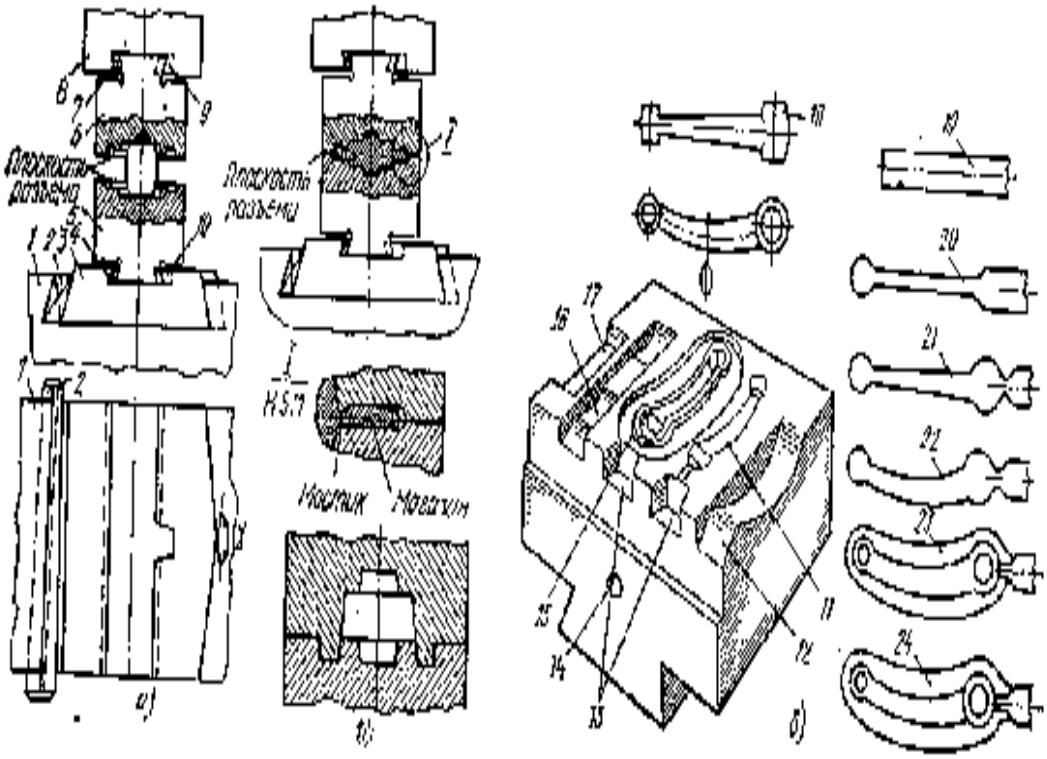
t_1 - время хода деформирующего инструмента из крайнего положения до момента соприкосновения с обрабатываемой заготовкой, мин;

$t_р$ - время рабочего хода деформирующего инструмента, мин;

t_2 - время возвратного хода инструмента в исходное положение.

Штамповка на молотах отличается достаточно высокой производительностью и хорошим заполнением ручьев штампа, но для ее осуществления требуется высокая квалификация кузнеца. При молотовой штамповке, трудно заполняемые части ручья обычно располагают в верхней части штампа.

При горячей штамповке на молотах поковку получают, деформируя заготовку в штампах, которые могут быть одноручьевыми и многоручьевыми, открытыми и закрытыми штампами рисунок 15.

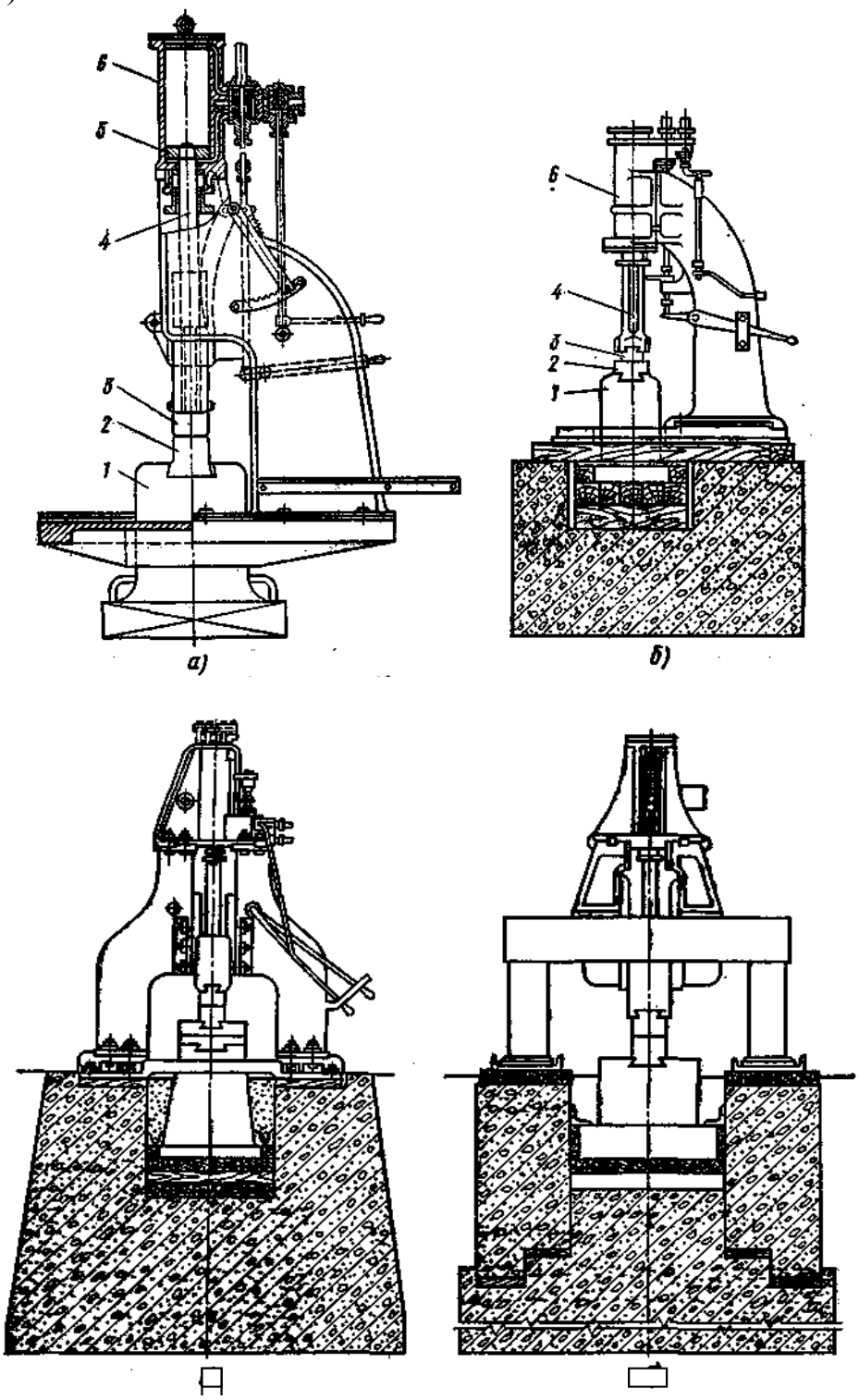


а- одноручьевой и б- многоручьевой открытые, в- закрытый

1 – шабот; 2, 4, 7 – клинья; 3 – штамподержатель; 5 – нижний штамп; 6 – верхний штамп; 8 – баба; 9, 10 – шпонки, ручьи 11 - предварительный; 12 – гибочный; 15 – окончательный; 16 – подкатной; 17 – протяжной; 13 – выемки под клещи; 14 – отверстия для транспортировки штампов; 18 – поковка; 19 – заготовка; 20 – 24 – переходы штамповки

Рисунок 15 - Виды молотовых штампов для получения поковок

Станины молотов бывают с С – образной и П – образной формой (рисунок 16).



а, б – одностоечные с С-образной станиной
в, г - двустоечные (с арочной и мостовой) станиной

1 - шабот; 2 - нижний боек; 3 - верхний боек;
4 - шток;5 - поршень; 6 – рабочий цилиндр

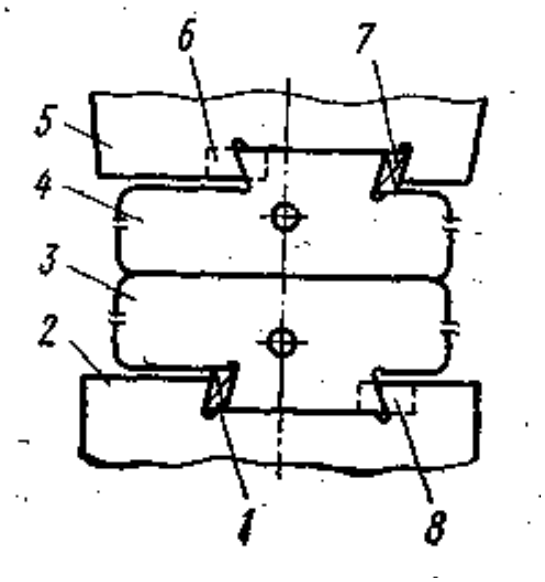
Рисунок 16 - Паровоздушные ковочные молоты и их фундаменты

Основным недостатком большинства молотов является значительная вибрация, возникающая от соударения бабы молота с шаботом, массивной частью молота, воспринимающей удар (шаботом называют стальную отливку массой от 10 до 15 раз больше массы падающих частей молота, и которую располагают ниже уровня пола цеха).

Вибрация негативно сказывается на точности работы всего оборудования близлежащих цехов и от нее не спасают даже специальные фундаменты (рисунок 14, 16).

Для устранения данного недостатка разработаны безшаботные молоты, у которых роль шабота выполняет вторая подвижная баба.

На молоте нижний боек или половину штампа, имеющие снизу форму «ласточкин хвост», (рисунок 15, 17), крепят с помощью «клина и вставного сухаря» или шпонки к подушке, закрепляемой на шаботе молота. Для установки сухаря в подушке и бойке, друг против друга, выфрезерованы, соответствующие пазы. Верхний боек крепится аналогично к бабе молота.



1,7 — клинья; *2* — подушка; *3*— нижний и *4* - верхний бойки (части молотового штампа); 5 — баба молота; *6,8* – паз «сухаря» или шпонки

Рисунок 17 - Схема крепления частей молотового штампа

Рабочие поверхности плоских и соприкасающиеся поверхности вырезных и фасонных бойков должны быть строго горизонтальными и плотно, без зазоров, прилегать друг к другу. На рабочих поверхностях бойков различные выбоины и вмятины не допускаются. Во избежание перерезания волокон в поковке кромки рабочих поверхностей бойков всех типов в местах их пересечения с боковыми поверхностями должны быть скругленными на радиус, равный примерно 0,1 размера ширины бойка.

4.2.2 Прессы

По виду привода и способу действия прессы бывают гидравлические и механические. На прессах в отличие от молотов обрабатывают заготовку безударным давлением. Прессы применяют для прессования, гибки, правки, резки, выдавливания и вытягивания листового металла, а также соединения деталей под большим давлением. Причем прессы применяют для прессования (формования) деталей из различных материалов, в частности, из металлов и сплавов /34/, пластмасс и порошков.

4.2.2.1 Гидравлические штамповочные прессы

Действие гидравлического пресса основано на ряде физических законов, в частности, на законе Паскаля, устанавливающем, что давление на поверхность жидкости, производимое внешними силами, передается жидкостью одинаково во всех направлениях.

Если поместить в каждый из сообщающихся сосудов разного диаметра по плунжеру, то на основании этого закона, а также из условий равновесия можно определить давление жидкости в системе сообщающихся сосудов, Н/м^2:

$$P_1/F_1=P_2/F_2, \text{ откуда } P_2=P_1(F_2/F_1), \qquad (35)$$

где P_1 и P_2 - усилия, приложенные соответственно к малому и большому плунжерам, Н;

F_t *и* F_2 - площади соответственно малого и большого плунжеров, м^2.

Согласно другим законам в замкнутой гидравлической системе перемещение одного плунжера вызывает такое перемещение другого плунжера, что объем жидкости в системе остается постоянным, поскольку жидкости практически несжимаемы.

На гидравлических прессах получают различные поковки, и с тонкими ребрами (рисунок 18).

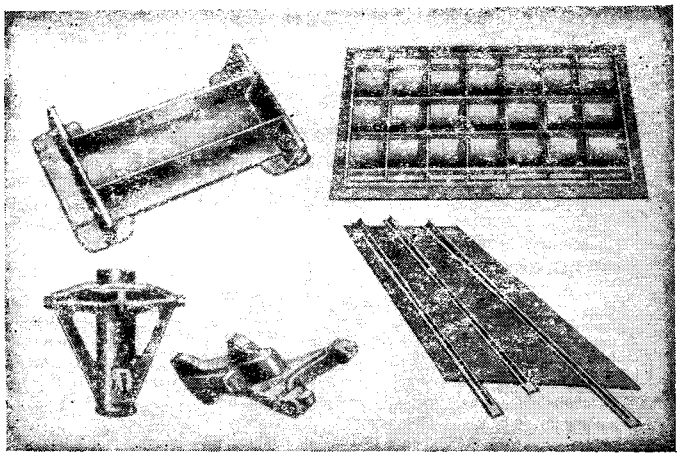
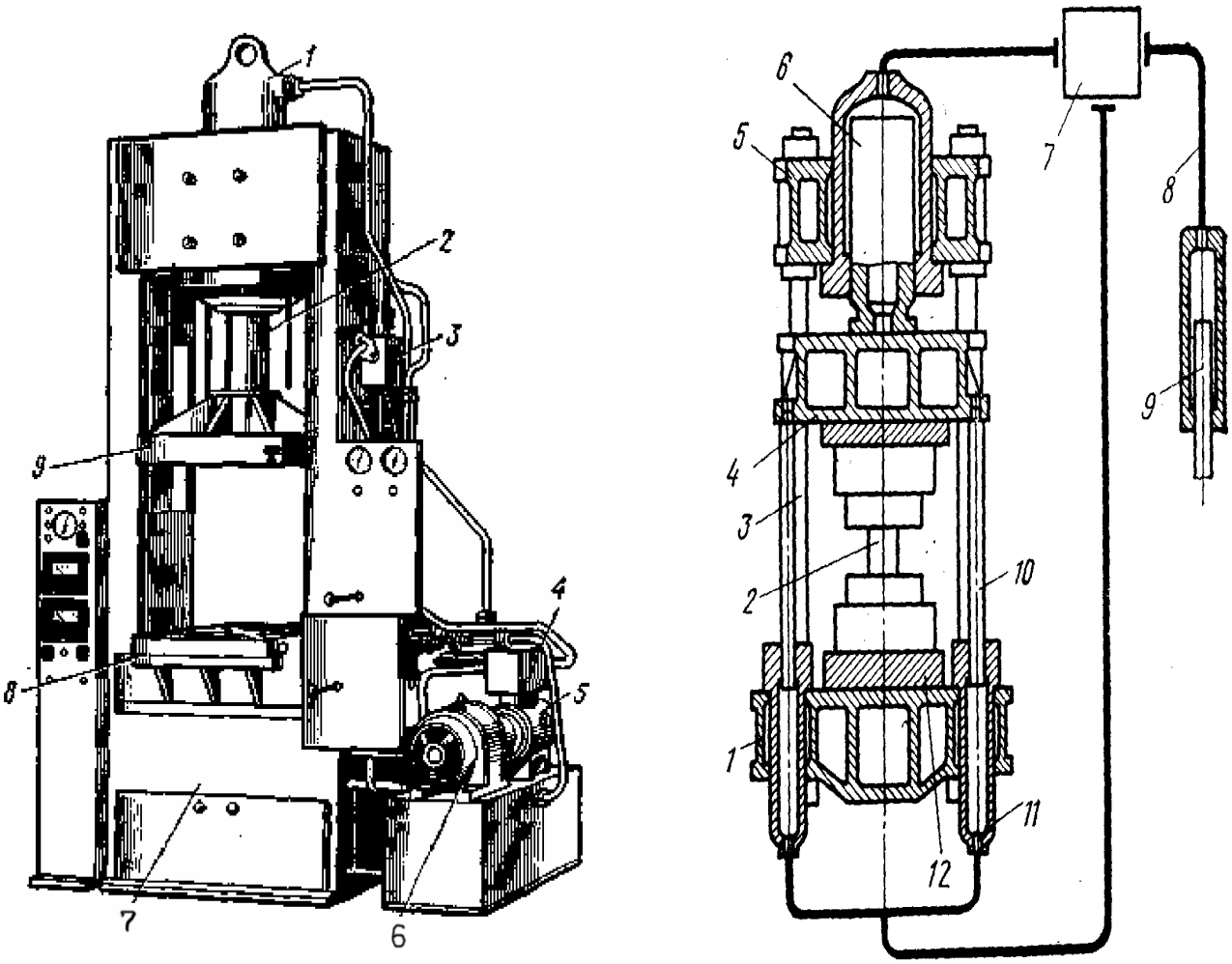


Рисунок 18 - Некоторые типы поковок, получаемых на гидравлических прессах

Крупные заготовки обрабатывают на четырех-, а более мелкие - на одноколонных прессах /32/.

Преимуществом гидравлических прессов является то, что скорость движения плунжера в них может быть различной (максимальная скорость деформирующего инструмента до 0,3 м/с); при этом можно обеспечить плавное или ступенчатое изменение усилия, как и выдержку под действием постоянной или переменной силы и другие. В связи с этим гидравлические ковочные пресса (рисунок 19), с рабочим усилием от 500 до 150 000 кН, применяют для свободной ковки различных заготовок, обжимки и осадки заготовок из слитков или из проката



1 - рабочий цилиндр; 2 – плунжер; 3 – колонны; 4, 5 – насосы;6–электродвигатель; 7 – станина; 8 – стол; 9 – траверса (для схемы *1* — нижняя неподвижная поперечина, *2* — заготовка, 3—колонна, 4—подвижная поперечина, 5—верхняя неподвижная поперечина, 6 — плунжер рабочего цилиндра, 7 — органы управления, 8 — трубопровод, *9* — плунжер насоса, *10*—возвратный плунжер, 11—возвратный цилиндр, *12* — подвижный стол)

Рисунок 19 - Вид и схема гидравлического пресса

Элементы принципиальной гидравлической схемы заложены в устройство любого гидравлического пресса: роль малого плунжера выполняет поршень насоса, подающего жидкость, а роль большого - рабочий плунжер пресса. Усилие, развиваемое прессом, определяют произведением давления жидкости на сумму площадей рабочих плунжеров. Если малый плунжер пройдет большое расстояние H_1, то большой плунжер переместится на меньшее расстояние H_2, то есть

$$H_1/H_2=F_2/F_1, \text{ откуда } H_1=H_2\ (F_2/F_1). \qquad (36)$$

Таким образом, в гидравлическом прессе получают выигрыш в силе во столько раз, во сколько раз площадь большего плунжера превышает площадь меньшего, и во сколько раз проигрывают в пути.

В гидравлическом прессе рабочая жидкость (масло) подается в рабочий цилиндр 1. Под давлением масла перемещается плунжер *2,* соединенный с подвижной траверсой *9,* которая передвигается в направляющих колонн *3,* опирающихся на станину *7.* Возвратно-поступательное движение плунжер получает от двух насосов: поршневого *4* высокого давления и шестеренного *5* низкого давления. Оба насоса работают от одного электродвигателя *6.* Во время работы пресса плунжер с траверсой нажимает на заготовку, установленную на столе *8.* В столе и в траверсе имеются пазы для крепления штампов, а в столе, кроме того, есть отверстие для выталкивания заготовок. Цилиндр устройства, выталкивающего обработанные заготовки, расположен в нижней части станины.

Гидропривод - наиболее слабое звено в гидравлических прессах.

В машиностроении также широко используют механические прессы.

4.2.2.2 Кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП)

В крупносерийном и массовом производстве все большее предпочтение отдается штамповке на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП), как наиболее прогрессивному способу получения поковок. Поэтому современные штамповочные цехи машиностроительных заводов оснащены главным образом кривошипными горячештамповочными прессами (КГШП). Применение этих прессов по сравнению с молотами дает такие важные преимущества, как отсутствие вибраций и сотрясение почвы, меньшие фундаменты. Более высокий эксплуатационный коэффициент полезного действия, большую от 30 до 50 % производительность и точность поковки (до 0,2 мм), меньшие штамповочные уклоны около 2^0. Допустима более низкая квалификация штамповщика. И самое важное, большие возможности механизации и автоматизации штамповочных работ и улучшение условий труда рабочих.

Условия деформации на прессах отличаются от условий деформации на молоте.

Во-первых, отличается большой разницей в скорости деформирующего инструмента (у КГШП она составляет до 0,5 м/с, у молота - до 20 м/с, что до 40 раз меньше скорости инструмента в момент удара на молотах) и это, по существу, указывает на неударный характер работы пресса.

Во-вторых, вследствие наличия у прессов строго фиксированной величины хода ползуна.

Малая скорость деформирования обеспечивает более глубокое проникновение пластической деформации в металл, благодаря чему его течение в горизонтальном направлении легче, чем в вертикальном.

Жесткий ход ползуна допускает лишь определенную степень деформации, в то время как при штамповке на молотах степень деформации может быть различной в зависимости от силы удара бабы.

Горячая штамповка на кривошипных прессах выполняется в открытых, с образованием в плоскости разъема штампа заусенца, и в закрытых штампах. Вместе с тем на этих прессах выполняют штамповку выдавливанием, штамповку прошивкой и различные комбинированные операции.

Указанные особенности обязательно учитывают при разработке технологического процесса штамповки и конструировании штампов, и это проявляется в следующем.

Штампы не должны смыкаться на величину, равную толщине мостика заусенца.

Заготовка для штамповки должна иметь ровные торцы и минимальное отклонение от номинальной массы.

На заготовке не должно быть окалины, так как она может быть заштампована в поковку. Это обеспечивается либо без окислительным (прямым электрическим или скоростным пламенным) нагревом, либо предварительной осадкой заготовки для удаления окалины.

При штамповке сложных поковок увеличивают количество ручьев, для обеспечения постепенного приближения формы заготовки к форме поковки, а протяжку и подкатку рекомендуется выполнять на других машинах.

Наличие в обеих частях штампа выталкивателей обеспечивает уменьшенные штамповочные уклоны до 1^0, против уклонов от 7^0 до 10^0 для молотовых штампов позволяют снижать припуски на механическую обработку.

Сам принцип расчета исходной заготовки для штамповки на прессах аналогичен принципу расчету заготовки для штамповки на молотах (приложения А, Б, В).

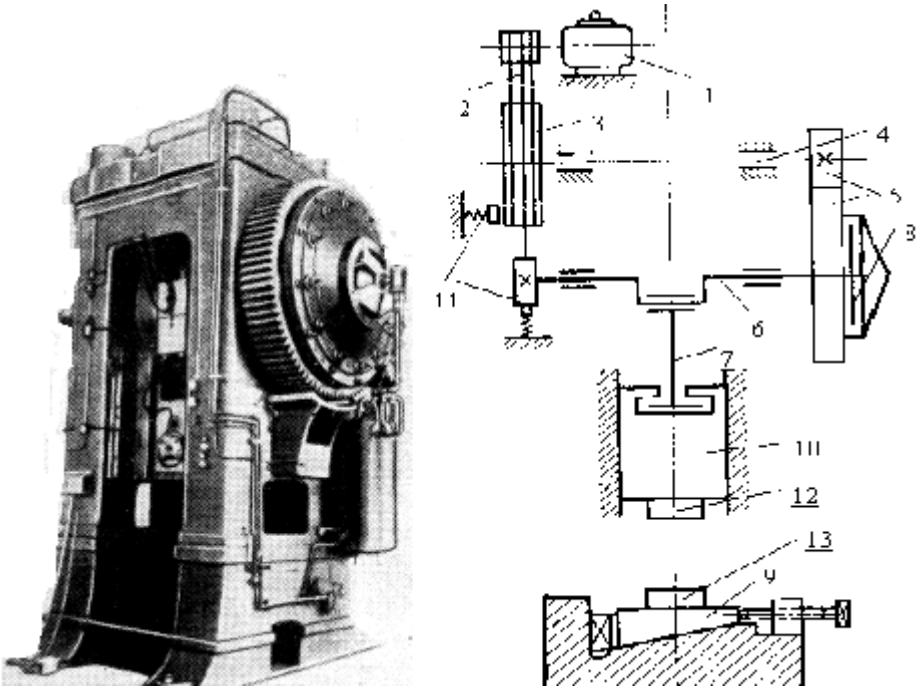
Кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП) выпускают усилием от 6,3 до 100 МН. Они успешно заменяют паро-воздушные штамповочные молоты.

КГШП имеет массивную сварную или литую станину, так как усилие штамповки передается на нее и для предотвращения деформаций станина должна быть и массивной и прочной.

Общий вид и кинематическая схема КГШП показана на рисунке 20.

Характерным для КГШП является то, что, движение ползуна подчинено определенному закону – каждому углу поворота кривошипного вала

соответствует вполне определенная скорость и положение ползуна по высоте. Следовательно, ползун пресса имеет постоянную величину хода и определенное нижнее и верхнее положение. Это обеспечивает более точные размеры изделия по высоте, чем при штамповке на молоте, но в тоже время штамповку в каждом ручье производят только за один ход ползуна пресса.



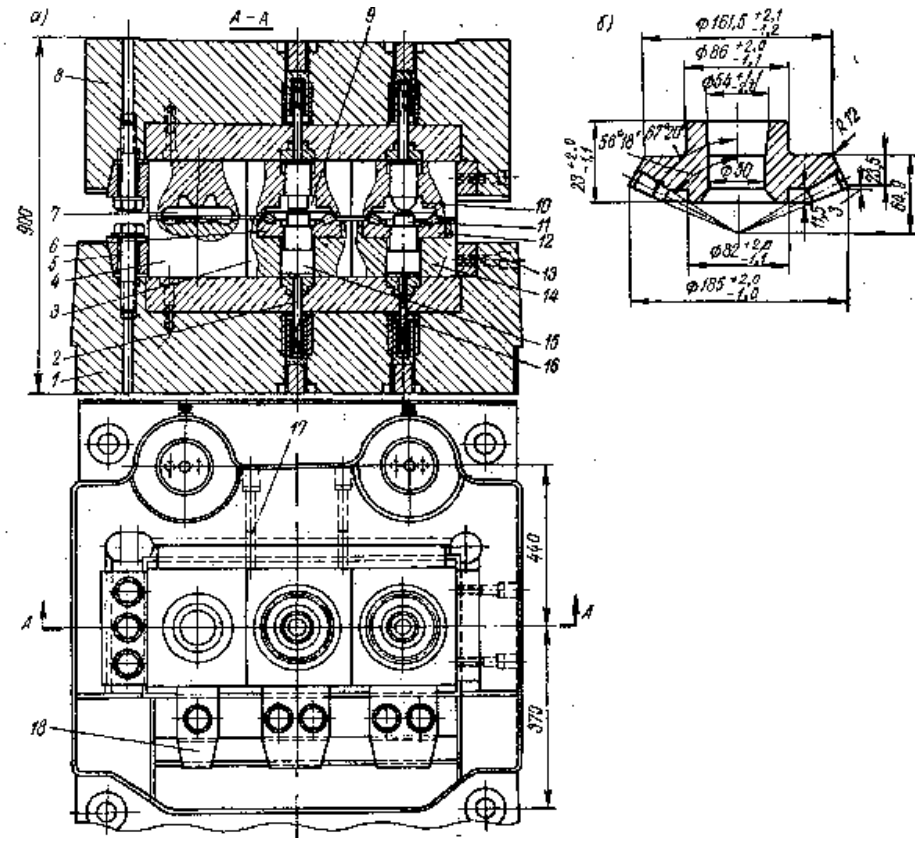
1 – электродвигатель; 2 - клиноременная передача; 3 – маховик; 4 –промежуточный вал; 5 – малая и большая шестерни; 6 – кривошипный вал; 7 – шатун; 8 –муфта; 9 – клин стола; 10 – ползун; 11 – тормоз кривошипа и маховика; 12 – верхняя часть штампа; 13 – нижняя часть штампа

Рисунок 20 - Общий вид и кинематическая схема кривошипного горячештамповочного пресса усилием 16 МН

От электродвигателя 1 посредством клиноременной передачи 2 вращается маховик 3 и промежуточный вал 4. Посредством малой и большой шестерен 5 и муфты 8 с вала 4 вращение передается на кривошипный вал 6, а посредством шатуна 7 ползун 10 совершает возвратно-поступательное движение. Верхняя (подвижная) часть штампа 12 прикреплена к ползуну 10, а нижняя (неподвижная) часть штампа 13 – к столу 9.Стол 9 пресса имеет специальное клиновое устройство для регулировки расстояния между штампами 12 и 13 в крайнем нижнем положении ползуна 10 пресса (закрытой высоты). В ползуне и в столе пресса помещаются выталкиватели, приводящиеся в действие от кривошипного вала и служащие для удаления поковки из штампа. Включение и выключение кривошипно-шатунного механизма осуществляется пневматической многодисковой фрикционной муфтой 8, а остановка – при помощи тормозов 11. Управление прессом кнопочное и педальное.

Пресс может осуществлять одиночные ходы, толчковые, применяющиеся при наладке штампов, и непрерывные, необходимые при автоматизации процесса штамповки. Число непрерывных ходов, совершаемых ползуном в минуту, зависит от усилия пресса и колеблется от 90 до 35, уменьшаясь с возрастанием усилия пресса.

Технологический процесс штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе КГШП существенно отличается от штамповки на молоте и главное отличие заключается в том, что на КГШП поковку получают за один ход ползуна пресса. Окончательно поковка формируется при прохождении кривошипно-шатунным механизмом нижней мертвой точки. Для осуществления указанной технологии штамповки используют специальные штампы, вид одного из таких штампов показан на рисунке 21.



а - разрез и вид сверху; б - чертеж поковки шестерня с зубьями
1 – нижняя и 8 – верхняя плиты штампа (башмаки); 2, 16 - толкатели;3, 4, 14 – нижние вставки; 5 – прижимная планка; 6, 12 - вкладыши;7 –заготовительный ручей; 9 – чистовой и 10 – черновой ручьи;11, 15 - выталкиватели; 13, 17 – регулировочные винты; 18 – прихваты

Рисунок 21 – Штамп, применяемый на КГШП, для получения поковки шестерня с зубьями

Технологический процесс штамповки на приведенном штампе (рисунок 21) осуществляется за три перехода – осадка в заготовительном ручье

7, и штамповка в черновом 10 и чистовом 9 ручье /16/. Нижние вставки 4, 3, 14 укрепляются в башмаке 1 с помощью прижимной планки 5 и прихватов 18. Соосность ручьев регулируется с помощью винтов 17 и 13. Аналогичное крепление и регулировку имеют и верхние вставки штампа. Нижние вставки ручьев имеют вкладыши 12 и 6, в которых располагается часть полости ручьев, формующей зубья шестерни. Так как эта часть ручья подвержена наибольшему износу, то она делается сменной. Выталкивателями 11 и 15 осуществляется наметка отверстий в поковке и выталкивание ее из ручья. Перемещение выталкивателей осуществляется толкателями 16 и 2 от главного вала и шатуна пресса. Устройство верхних выталкивателей аналогично устройству нижних. Для соблюдения общей соосности сборного штампа башмаки 1 и 8 имеют направляющие колонки и втулки.

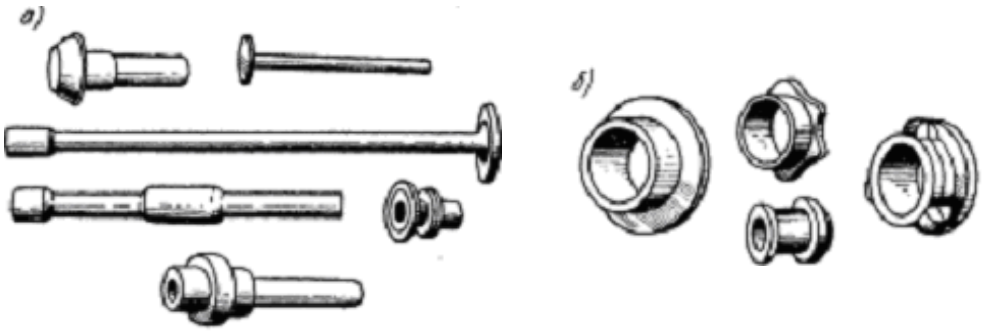
4.2.2.3 Горизонтально-ковочные машины (ГКМ)

Горизонтально-ковочные машины (ГКМ) представляют собой разновидность кривошипных прессов с перемещением главного и зажимного ползунов в горизонтальной плоскости. Они являются кривошипно-рычажно-кулачковыми механизмами.

Сущность штамповки на ГКМ заключается в зажиме заготовки в матрице и деформации ее в торец. Для осуществления возможности такого действия машина имеет два механизма зажимной и деформирующий.

Штамповка на ГКМ применяется в условиях крупносерийного и массового производства и особенно в автотракторной и авиационной промышленности. Исходной заготовкой для штамповки на ГКМ является прокат (преимущественно круглого сечения) в виде прутка или мерных заготовок.

Горячая штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) широко используется в производстве поковок различной конфигурации (рисунок 22), так как является одним из самых высокопроизводительных и экономичных способов.



а) – без сквозных отверстий, б) – со сквозными отверстиями

Рисунок 22 - Некоторые типы поковок получаемых на ГКМ

При штамповке на ГКМ могут быть выполнены такие основные операции:

- осадка в торец;
- высадка середины заготовки;
- глубокая прошивка с раздачей металла в стороны;
- сквозная прошивка отверстий;
- гибка;
- отрезка отштампованной поковки от прутковой заготовки.

На горизонтально-ковочных машинах можно штамповать поковки шестерен, клапанов, винтов, гаек, колец, втулок, гаечных ключей и тому подобные поковки. Кроме того, на ГКМ могут производиться заготовительные операции для последующей штамповки на других машинах.

Наличие разъема матрицы обеспечивает штамповке на ГКМ целый ряд преимуществ над другими видами штамповки, основными из которых являются следующие. Возможность штамповки без штамповочных уклонов и в закрытых штампах (без облоя), что позволяет существенно экономить металл, в том числе и за счет сокращения припусков и допусков на поковку; возможность обеспечить в поковке наиболее благоприятное направление волокон макроструктуры, придающего ей наибольшую прочность. Высокую производительность ГКМ и возможность полной автоматизации технологического процесса штамповки.

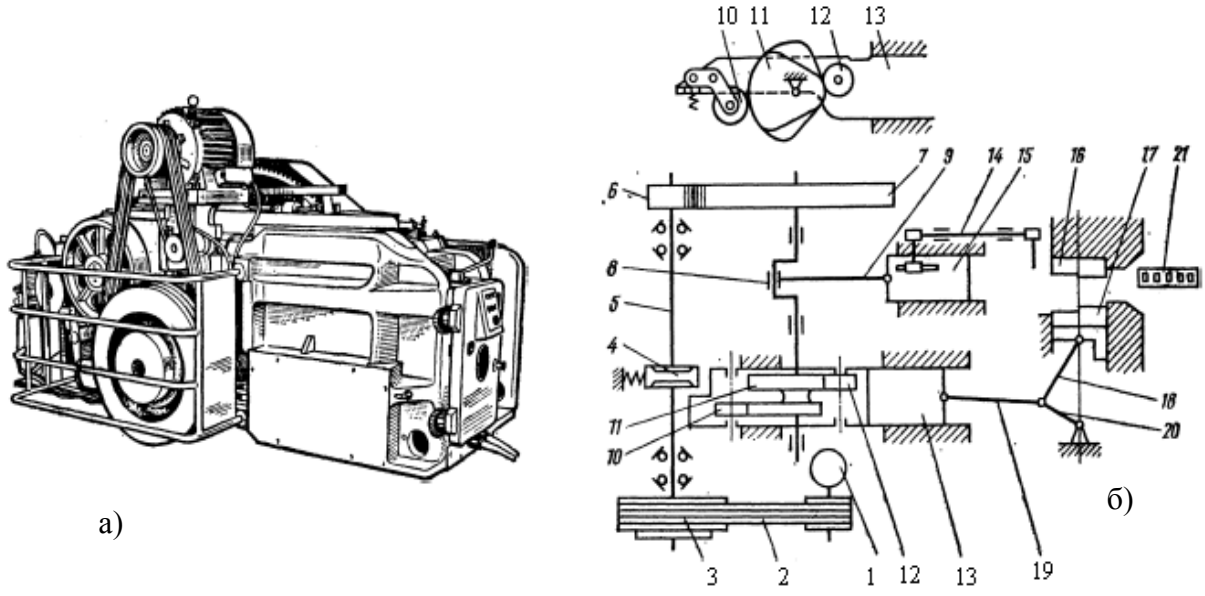
Работа на ГКМ более удобная и менее опасная, чем работа на молотах или прессах.

Обычно штамповку на горизонтально-ковочных машинах осуществляют за несколько переходов (в нескольких ручьях) с одного нагрева. Причем объем заготовки во всех ручьях остается неизменный, а полости для формообразования поковки могут быть одновременно и в матрице, и в пуансоне или только в пуансоне и реже только в матрице.

Разъем штампа бывает вертикальный и горизонтальный, причем последний более удобен для автоматизации.

Штамп ГКМ имеет существенное конструктивное отличие от других, заключающееся в том, что в штампе имеется 3 части, размыкающихся в 2 перпендикулярных плоскостях. Основной разъем проходит между пуансоном, закрепленном на главном ползуне, и составной матрицей, которая располагается в неподвижной части и зажимном ползуне. Наличие взаимно перпендикулярных разъемов создает определенные удобства для выполнения всевозможных высадочных работ, а также позволяет получать поковки без штамповочных уклонов в закрытых ручьях без заусенцев, с глубокими и сквозными отверстиями, при этом обеспечивается высокая точность размеров изделия.

Общий вид и кинематическая схема горизонтально-ковочной машины приведена на рисунке 23.



а) – общий вид; б) – кинематическая схема ГКМ
1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – маховик; 4 – ленточный пневматический тормоз; 5 – приводной вал; 6 – малое и 7 – большое колесо зубчатой передачи; 8 – коленчатый вал; 9 – шатун; 10 и 12 ролики; 11 – эксцентрик; 13 – боковой ползун; 14 – передний упор ограничитель подачи); 15 – главный высадочный ползун; 16 – неподвижная матрица; 17 – зажимной ползун; 18, 19, 20 – рычаги; 21 – гидропневматический стол

Рисунок 23 - Горизонтально-ковочная машина (ГКМ)

Принцип работы ГКМ заключается в следующем.

От электродвигателя 1 клиноременной передачей 2 движение передается маховику 3, установленному на приводном валу 5. В маховик 3 встроена фрикционная пневматическая дисковая муфта. На одном конце приводного вала установлено малое зубчатое колесо 6 зубчатой передачи. Большое зубчатое колесо 7 жестко посажено на коленчатый вал 8. От него шатуном 9 движение передается главному (высадочному) ползуну 15, совершающему возвратно-поступательное движение.

На коленчатый вал 8 жестко насажаны два эксцентрика 11. Они управляют движением роликов 10 и 12, установленных на боковом ползуне 13. При движении ползуна 13 движутся и связанные с ним рычаги 18-20, перемещающие зажимной ползун 17, несущий одну из матриц механизма зажима заготовки. На этом же ползуне установлена одна из высадочных матриц. Другая – неподвижная – матрица 16 находится на станине.

Профиль эксцентриков 11 выбирают таким, чтобы зажимные матрицы смыкались до того, как высадочный ползун коснется поковки, а разжимались бы лишь после окончания рабочего хода и начала движения высадочного ползуна назад.

На приводном валу 5 машины установлен ленточный пневматический тормоз 4, предназначенный для остановки коленчатого вала после окончания рабочего цикла.

Для подачи заготовки на нужную длину служит ограничитель подачи или передний упор 14, положение которого может меняться в зависимости от требований технологии. Во время подачи заготовки упор 14 выдвигается на линию подачи заготовки. В начале штамповки он автоматически отводится в сторону, а после ее окончания снова выдвигается в свое рабочее положение. Тяжелые горизонтально-ковочные машины оборудованы специальными гидропневматическими столами 21, облегчающими подачу заготовки в машину.

Все механизмы и узлы горизонтально-ковочных машин большого усилия обычно монтируют на станине, представляющей собой открытую сверху коробку со стенками, усиленными вертикальными и горизонтальными ребрами. Станины выполняют литыми.

Для увеличения жесткости предусмотрены мощные продольные и поперечные стяжные болты.

Для смазки трущихся поверхностей используют автоматические системы густой смазки.

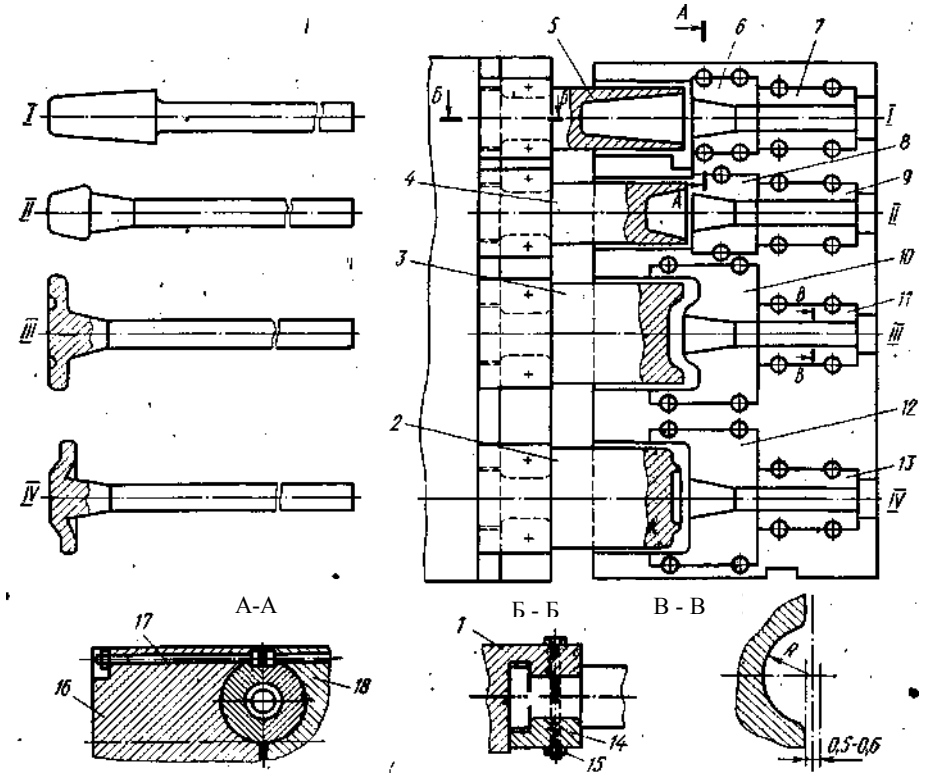
Во время работы штампы горизонтально-ковочных машин сильно разогреваются. Чтобы повысить их стойкость, часто предусматривают специальную систему охлаждения, состоящую из труб, расположенных около штампов и обеспечивающих душевое распыление воды. Система охлаждения включается оператором вручную с помощью крана.

Управление машиной осуществляется при помощи электропневматической системы. Включение машины на рабочий ход выполняют с помощью кнопок на кнопочной станции или нажатием на педаль управления. При этом электромагниты открывают клапаны пневматической системы, и сжатый воздух подается сначала в цилиндр ленточного тормоза, (машина растормаживается), а затем в цилиндр муфты, включая ее.

При работе на режиме одиночного хода коленчатый вал, заканчивая рабочий ход и приближаясь к крайнему заднему положению, нажимает на конечные выключатели, управляющие клапанами пневматической системы. Клапаны срабатывают и выпускают воздух сначала из цилиндра муфты, выключая ее, а затем из цилиндра тормоза, останавливающего машину в крайнем заднем положении. При этом машина останавливается независимо от того, нажата педаль или нет. Для пуска машины необходимо отпустить и снова нажать педаль управления.

Система управления обеспечивает также работу машины на автоматических (непрерывных) ходах до снятия ноги с педали и в режиме наладочного хода (медленное движение механизма). Для переключения режима работы необходимо перевести универсальный переключатель в соответствующее положение. При этом одиночные и непрерывные ходы осуществляются при работе главного электродвигателя. Наладочный ход производится от дополнительного электродвигателя малой мощности через свою систему привода.

Штампы для горизонтально-ковочных машин существенно отличаются по конструкции от молотовых и прессовых штампов.



I, П,Ш, IV – получаемые заготовки и ручьи высадки
А – А; Б – Б; В – В –специфические сечения штампа
1 – блок пуансонов 2-5; 6-13 полукруглые вставки блоков матриц 16 и 18,
14 – накладки; 15 и 17 – болты с гайками

Рисунок 24 – Многоручьевой (четырех ручьевой) штамп для высадки поковки полуоси автомобиля на ГКМ и виды заготовок, получаемых в каждом из ручьев

Особенностью штампов ГКМ является наличие двух плоскостей разъема. Это – плоскость разъема полуматриц и поверхность разъема пуансона и матрицы. Штампы ГКМ обычно делают многоручьевыми. Для экономии инструментальной стали штампы ГКМ делают сборными. Пуансоны и матрицы собирают в блоки.

Вставки полуматрицы удерживаются винтами и гайками, навинченными с тыльной стороны блока. Пуансоны крепятся каждый с помощью накладок и болтов с гайками. Применяют и другие виды крепления пуансонов, а именно стопорными винтами, гайкой или клином.

Поковки, штампуемые на ГКМ, обычно имеют форму тел вращения с осью, совпадающей с осью исходного прутка. Наличие в штампе двух разъемов позволяет получать различные поковки с небольшими штамповочными уклонами или без них. Регулируемые упоры позволяют контролировать деформируемый объем и получать поковку без облоя. На ГКМ как и на КГШП, штамповка в одном ручье выполняется за один ход машины.

Затраты на специализированную оснастку, штампы должны окупаться экономией металла и сокращением механической обработки поковок, а также повышением производительности.

4.2.2.4 Выбор кузнечно-штамповочного оборудования

При определении массы падающих частей штамповочного молота ориентируются на последний удар, когда полость окончательного ручья заполнена и металл вытекает в облойную канавку. Для приближенных расчетов пригодна формула Г.Гофмейстера, полученная в предположении, что работа деформации пропорциональна полной поверхности получаемой поковки. В упрощенном виде для молота формула имеет вид:

$$G_{п.г.} = К\ F_п, \qquad (37)$$

где $G_{п.г}$ – масса падающих частей молота соответственно простого и двойного действия, кг;

$F_п$ – площадь проекции поковки в плане, см^2;

К – эмпирический коэффициент (для молота двойного действия К = от 5 до 6, для молота простого действия К = 10).

Усилие, при открытой штамповке на ГШКП можно ориентировочно подсчитать по формуле:

$$P=100\ k\ F, \qquad (38)$$

где P – расчетное усилие штамповки, МН;

F- площадь проекции штамповки, включая облойный мостик, м^2;

k – коэффициент, учитывающий сложность поковок, значение k принимают от 6,4 до 7,3, причем, меньшее значение коэффициента следует принимать при расчете усилия штамповки простых по форме поковок, большее – для сложных поковок с острыми углами, тонкими и высокими ребрами.

При закрытой штамповке массу падающих частей молота и усилие ГШКП определяют так же, как и при открытой, с последующим уменьшением полученного значения на 20-25 %. Это объясняется тем, что практически вся работа деформации затрачивается на деформирование поковки, в то время как при открытой штамповке работа также тратится на деформирование облоя.

Установлено, что 1000 кг массы падающих частей молота приблизительно равноценна 10 МН усилия кривошипного горячештамповочного пресса. Это значит, что если поковку штампуют на молоте с массой подающих частей 2000 кг, то для ее штамповки на ГШКП потребуется пресс усилием 20 МН.

Усилие штамповки на гидравлическом прессе подсчитывают по формуле:

$$P = k_1\, k_2\, F_п \cdot p, \qquad (39)$$

где P – расчетное усилие штамповки, в МН;

k_1 – коэффициент, учитывающий условия штамповки;

k_2 – масштабный коэффициент, учитывающий влияние объема нагретого металла (чем больше объем поковки, тем меньше остывает металл и тем меньше усилие штамповки);

$F_п$ – площадь проекции штамповки, включая облойный мостик, $м^2$;

p – удельное усилие деформирования данного металла, МПа.

Коэффициент k_1 принимают в зависимости от сложности поковок. При ковке его значение принимают – 1,0; при штамповке поковок простой формы он равен – 1,5; при штамповке поковок сложной формы он равен – 1,8; при штамповке поковок очень сложной формы (с резкими переходами между сечениями, узкими ребрами, полостями, заполняемыми выдавливанием, и т.п.) он равен – 2,0.

Коэффициент k_2 принимают от 0,4 до 1,0 на основе практических данных из таблицы 9, предварительно определив объем поковки.

Таблица 9 – Значение масштабного коэффициента, учитывающего объема металла поковки

Объем поковки, $см^3$	k_2	Объем поковки, $см^3$	k_2
До 25	1,0	Свыше 5000 до 10000	0,6 -0,7
Свыше 25 до 100	0,9 -1,0	>> 10000 >> 15000	0,5 -0,6
>>100 >> 1000	0,8 -0,9	>> 15000 >> 25000	0,4 -0,5
>>1000 >> 5000	0,7 -0,8	>> 25000	0,4

Удельное усилие штамповки для простых поковок из медных, алюминиевых и магниевых сплавов p=300 МПа; для сложных поковок из медных и алюминиевых сплавов и простых поковок из титановых сплавов p=500 МПа; для сложных поковок из титановых сплавов p=600 МПа.

Усилие высадки на ГКМ подсчитывается по формуле:

$$P=k\sigma_в F_п, \qquad (40)$$

где P – расчетное усилие штамповки, в МН;

$F_п$ – площадь проекции штамповки, $м^2$;

$\sigma_в$ – предел прочности деформируемого материала, в МПа;

k – коэффициент, учитывающий сложность штамповки (от 2 до 8).

Процесс штамповки начинают с получения и подготовки исходной заготовки, параметры которой определяют, в соответствии с методикой, изложенной во втором разделе.

4.3 Вспомогательные операции объемной штамповки

Для получения заготовок штамповкой требуются вспомогательные операции, к которым относится разделка исходного материала на мерные заготовки и их нагрев перед обработкой давлением. Назначение первых операций – получение удобных для штамповки исходных заготовок и экономное расходование материала, а вторых – снижение сопротивления материала деформированию и потребной мощности оборудования

Называть указанные операции вспомогательными можно лишь условно, так как от качества их выполнения существенно зависит качество штампованных заготовок.

4.3.1 Разделка проката на мерные заготовки

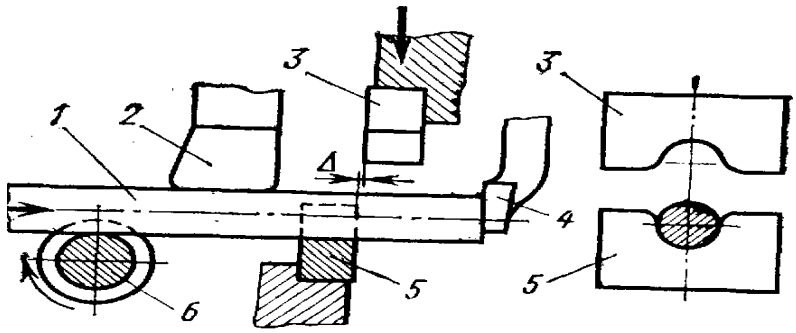
Известно много способов разделки проката на мерные заготовки, в том числе, такие как газопламенная резка, резка фрезами, резцами и пилами, как на специальном, так и на универсальном оборудовании, плазменная и лазерная резка, электроискровая и анодно-механическая резка и резка на установках взрывного типа, ломка в холодном состоянии.

В отличие от типовых операций ОД пластическим деформированием, разделительные операции основаны на потере устойчивости материала. Протекают эти процессы с нарушением прочностных свойств и представляют собой неравномерный процесс с ярко выраженной локализацией очага деформации. Все схемы резки сдвигом характеризуются искажениями торцов заготовок, разница заключается лишь в величинах искажений и в степени подверженности им различных материалов. Резку сдвигом осуществляют на ножницах, на специальных или универсальных прессах /35/. Существует несколько схем резки сдвигом: свободная резка, во втулках и в штампах. Наиболее распространенным методом получения заготовок из сортового проката является резка сдвигом на пресс ножницах (рисунок 25).

4.3.1 Резка проката на ножницах

Разделку проката на мерные заготовки преимущественно осуществляют в заготовительном отделении кузнечно-штамповочных цехов резкой на ножницах. Такая резка обеспечивает малоотходное разделение проката, высокую производительность и большую стойкость сменного инструмента. Схема свободной резки проката сдвигом на ножницах показана на рисунке 25.

Рабочими деталями ножниц являются верхний и нижний ножи, упор, прижим и рольганг. В исходном положении подвижной нож 2 находится над разрезаемым прутком, так что для подачи на отрезку очередной заготовки пруток 5 свободно перемещается между подвижным 2 и неподвижным ножом 4 до упора 3, фиксирующего заданную длину заготовки.



а б

1 – прокат; 2 - прижим; 3 - подвижный нож; 4 - упор;
5 - неподвижный нож; 6 – рольганг

Рисунок 25 – Схема свободной резки сдвигом на ножницах

Используемые ножи подразделяют на одно ручьевые и много ручьевые, цельные, составные и со сменными вставками. Виды ножей показаны на рисунке 27.

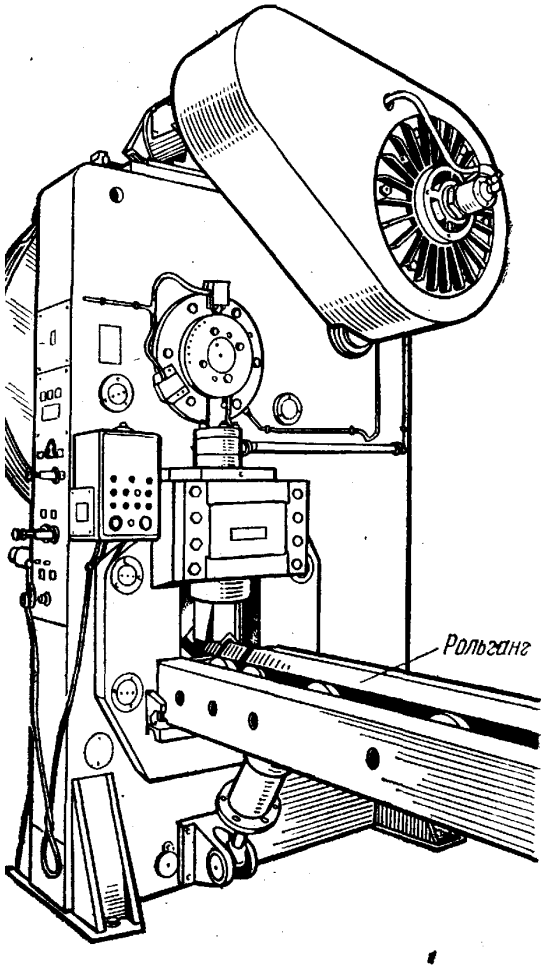
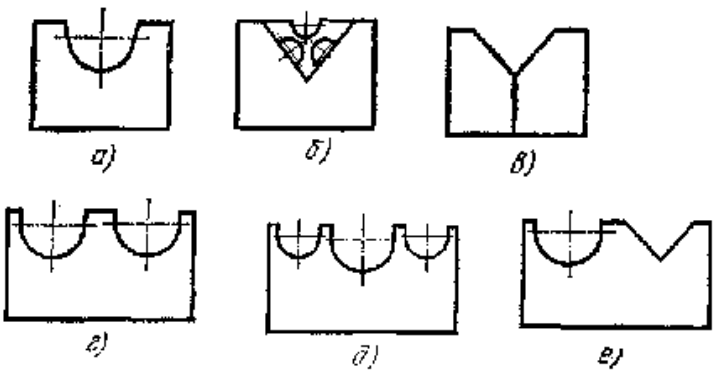


Рисунок 26 – Вид пресс ножниц с рольгангом
для разделки проката на мерные заготовки



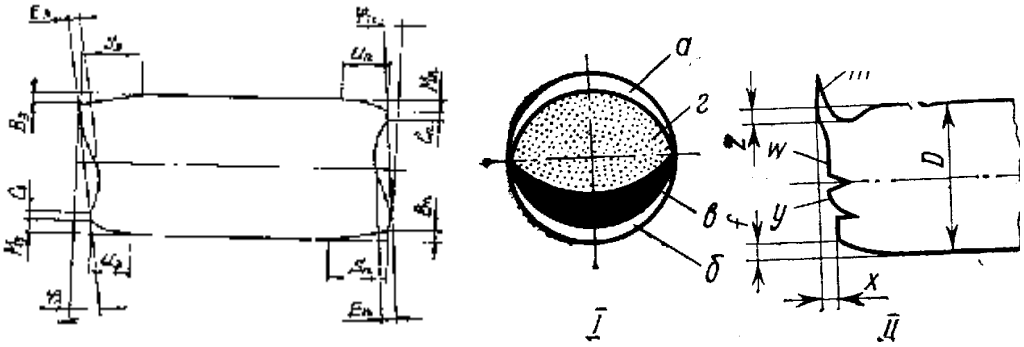
а - целые; б - со сменными вставками; в - составные; г – одинаковые по размерам и форме; д, е - разные по размерам и форме

Рисунок 27 - Виды ножей применяемых при резке на ножницах

Так как процесс резки является нестационарным, его рассматривают с учетом различных стадий. Сдвиговая резка металла происходит в три стадии: упругой деформации, пластической деформации и скола. В момент надавливания на пруток в нем возникают упругие деформации, которые стремятся повернуть и изогнуть его, в результате чего каждый из ножей касается прутка только частью своей поверхности и в этих частях происходит сжатие прутка и внедрение в него ножей. Рабочие кромки ножей соответствуют профилю и размерам сечения разрезаемого прутка. При внедрении в пруток режущих кромок образуются утяжки в зоне врезания ножей. Рабочие поверхности ножей стремятся опрокинуть пруток. Для удержания прутка от опрокидывания на ножницах, со стороны неподвижного ножа на некотором расстоянии от него, устанавливается прижим. Со стороны подвижного ножа противодействия опрокидыванию нет и поэтому, отрезаемая часть отгибается, на заготовке образуется скос торца и вмятина от ножа.

Когда усилие резания достигает максимума, в местах контакта с режущими кромками ножей возникают скалывающие трещины. При достижении максимально возможной, для данной марки стали, величины внедрения ножей, образуются встречные трещины, сначала со стороны нижнего, а затем и верхнего ножей, иногда их называют опережающими трещинами. При нормальной величине зазора нижние и верхние трещины сходятся, образуя сплошную криволинейную поверхность скола (зона в) и заготовка отделяется от прутка.. Скол характеризуется углами $\varphi_п$ и $\varphi_з$, причем $\varphi_п > \varphi_з$ из-за того, что на сжатие сверху действуют две силы сила прижима и сила реза. Нарушение величины зазора приводит к браку (рисунок 28 б). При малом зазоре, образуется козырьки на срезанной поверхности. При штамповке из таких заготовок на поковках образуются складки. Большой зазор вызывает большую утяжку и заусенец. Браком при резке также может быть большой скос, вырыв и поперечные трещины по месту скола /28/.

На рисунке 28 схематично показаны искажения торцов заготовок, отрезаемых сдвигом



1 — при нормальном зазоре, *а* — зона смятия металла, б — зона утяжки металла, *в* — зона внедрения ножей и среза металла (блестящий поясок), *г* — зона скола металла от развивающихся трещин
II — дефекты торца заготовки при увеличенном зазоре; вследствие неправильно выполненной резки; *у* — торцовые трещины, скол, вырыв со сколом материала, *т* — заусенец, f - большая утяжка x — косина среза, превышающая установленную норму, *г* — большое смятие,

Рисунок 28 - Вид отрезанной заготовки и характерные зоны на торцах отрезанной заготовки

Практикой установлена величина зазора между ножами при резке различного проката (таблица 10). Из нее следует, что нормальный зазор должен составлять от 2 до 4 % толщины разрезаемого металла.

Таблица 10 - Величина зазора между ножами при резке проката на ножницах

Диаметр круга или сторона квадрата , мм	До 50	51-80	81-100	101-120	121-150
зазор, мм	До 1,0	1-2,5	1,5-2,5	2,5-3,5	3,5-5
%	2	2	2-2,5	2,5-3	3-3,5

Фактический зазор между ножами составляет от 5 до 6 % при резке проката диаметром примерно 100 мм.

Усилие отрезки заготовок от прутка определяют по формуле:

$$P = к \cdot F_{ср} \cdot \sigma_{ср} \text{ или } P = 1{,}4\, F_{ср} \cdot \sigma_{ср}, \qquad (41)$$

где P – усилие, МН,

к - коэффициент притупления режущих кромок ножей принимается от 1,0 до 1,7;

$F_{ср}$ - площадь сечения, разрезаемого металла, м^2;

$\sigma_{ср}$ - максимальное сопротивление срезу (сопротивление сдвигу) МПа, принимается от 0,7 до 0,8 предела выносливости обрабатываемого материала.

К недостаткам процесса резки на ножницах относят низкую точность и высокую кривизну торца среза. Это снижает коэффициент использования метала (КИМ). Для уменьшения угла скола пруток располагают под углом к ножам от 84° до 87°, а угол заострения режущих кромок ножа (верхнего) уменьшают от 3° до 6°. Но эти мероприятия проще осуществить при резке проката во втулках и в штампе.

4.3.2 Резка во втулках

В отличие от свободной резки резка во втулках (рисунок 29) характеризуется симметричными относительно плоскости сдвига условиями резки. При резке во втулках пруток и отрезаемая заготовка не опрокидываются благодаря замкнутым рабочим поверхностям ножей-втулок.

Это значительно улучшает качество торцов отрезанных заготовок: уменьшается скос, практически исключаются торцевые трещины при резке в холодном состоянии. Следовательно, с точки зрения качества отрезаемой заготовки, резка во втулках имеет преимущества перед свободной резкой.

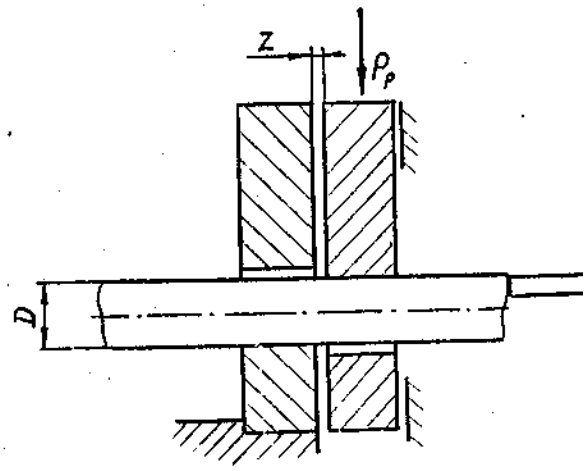


Рисунок 29- Схема резки проката во втулках

Однако область применения резки во втулках ограничена, главным образом, калиброванным прокатом. Это объясняется тем, что горячекатаный прокат имеет большие отклонения размеров сечения от номинала, поэтому рабочие отверстия во втулках должны быть значительно больше диаметра прутка. Увеличение диаметра прутка приводит к опрокидыванию отрезаемой части и при этом качество заготовок остается практически таким же, как и при свободной резке.

Технологические параметры резки во втулках как геометрические, так и силовые практически не отличаются от параметров свободной резки сдвигом.

4.3.3 Резка в штампах

Резка в штампах обеспечивает повышение точности размеров заготовки и качества реза. При резке прутков в штампах используют следующие схемы:

а) резка закрепленного прутка с образованием естественного скола в результате образования опережающих сколов.

б) резка радиально закрепленного прутка в отрезных штампах.

в) резка прутка при осевом сжатии.

Наилучшие результаты получаются при резке по последней схеме, так как обеспечивается пластический сдвиг части прутка относительно всего прутка, без образования опережающих сколов.

К недостаткам данного способа кроме сложности осуществления следует отнести повышение энергетических затрат. Перспективность применения сдвигового процесса в том, что он обеспечивает точность заготовки не только по длине, но и по поперечным размерам, то есть, обеспечивает дозирование металла по массе, кроме того, качественная резка металла в штампе происходит при относительной длине

$$\frac{L_0}{D_0} = от \quad 0.5 \quad до \quad 0.6 \tag{42}$$

и даже до 0,3, в то время как при резке на ножницах она составляет больше 0,8.

Усилие прессов при резке в штампах определяют аналогично процессу резки на ножницах, но вследствие большой скорости прессов их усилие увеличивают от 10 до 20 % и его определяют по формуле:

$$P_p = 1{,}6 F_{ср} \sigma_{ср} . \tag{43}$$

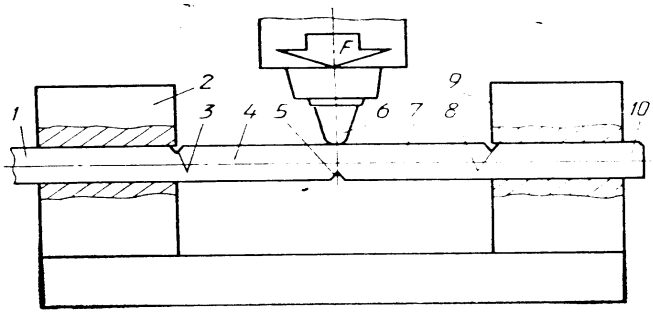
4.3.4 Ломка прутков в холодном состоянии

Перед ломкой пруток размечают и надрезают. Скорость распространения трещин при наличии концентраторов напряжения (в надрезанных образцах) достигает 1000 м/с. Это приводит к тому, что предел прочности достигается раньше. Данные свойства металла используют для разделки прутков на мерные заготовки в холодном состоянии.

Пруток 1 с выполненными в нем концентраторами напряжений 3, 5, 8 закрепляют в двух зажимных приспособлениях 2, 9 и посредством ударника 6 прикладывают нагрузку в области среднего концентратора напряжений 5. При этом в заготовке по месту всех трех надрезов образуются трещины. Растягиваясь под действием приложенной силы, пруток разрушается на заготовки 4, 7 и 10 сначала в области концентратора 5, а затем и у крайних 3, 8.

Усовершенствованная ломка проката осуществляется в штампе, обеспечивающем более раннее зарождение трещин. Это достигается благодаря

жесткой схеме нагрузки, сочетающей изгиб проката с растяжением нанесением надрезов с двух сторон, постоянно чередуя их (рисунок 30) /36/.

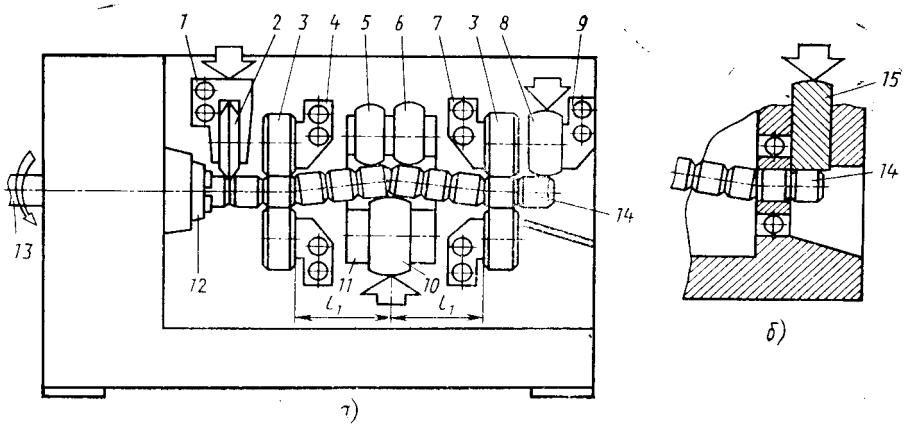


1 - пруток; 2, 9 - зажимные приспособления; 3, 5, 8 - концентраторы напряжений; 4, 7, 10 - заготовки; 6 - ударник

Рисунок 30 - Схема штампа для ломки прутка изгибом с растяжением

Надрез прутков самая трудоемкая операция. Длина надреза составляет от 15 до 40 % длины, а его глубина от 3 до 8 % толщины заготовки. Надрезанную заготовку поворачивают на 180°, устанавливают на опоры и со стороны противоположной надрезу прикладывают динамическое усилие, приводящее к разлому проката в зоне концентрации напряжения.

Для получения коротких заготовок, методом ломки в холодном состоянии, предложены варианты установки /37, 38/, которая позволяют получать заготовки, длинной до 0,3 диаметра. Процесс получения заготовок включает нанесение кольцевых концентраторов напряжения, пластический ротационный изгиб и окончательное отделение заготовки. Принцип работы вариантов устройства поясняет рисунок 31.



а - отделение заготовки роликом; б - отделение заготовки ножом
1 - механизм выполнения кольцевых концентраторов напряжений; 2 - дисковый нож; 3 - фиксирующие ролики; 4, 7 - опорные приспособления; 5, 6, 10 - правильно изгибающие ролики; 8 - ролик и 9 - механизм отделения заготовки; 11 - механизм изгиба; 12 - цанговый патрон; 13 - вращающийся пруток; 14 - полученная заготовка; 15 - нож для сдвига заготовки

Рисунок 31 - Схема установки для получения коротких заготовок ломкой

Полученные исходные заготовки нагревают для осуществления горячей штамповки

4.4 Нагрев металла

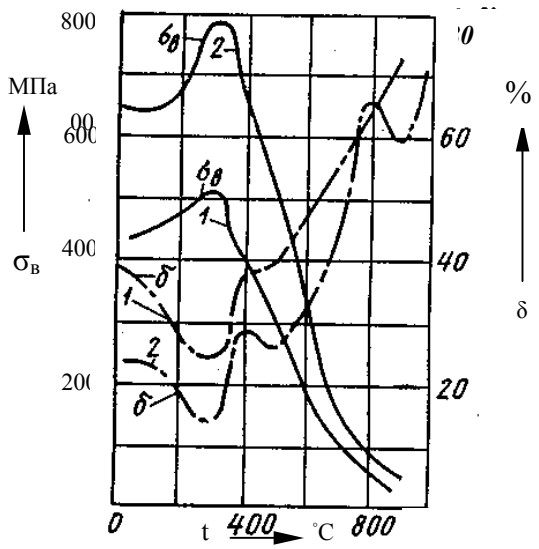
Нагрев металла – это процесс либо предшествующий ОМД, либо входящий как составная часть в процесс термической обработки.

Основное назначение нагрева метала перед ковкой и штамповкой – это уменьшение сопротивления деформации металла.

Все марки стали по отношению к нагреву разделены на четыре группы. В первой группе объедены заготовки из низкоуглеродистой и низколегированной стали. Во второй - заготовки из высокоуглеродистой инструментальной стали, в третьей - заготовки из среднелегированной стали и в четвертой группе - заготовки из высоколегированной стали. От принадлежности заготовки к той или иной группе выбирают конечную температуру и режим нагрева. Режим нагрева может быть одно-, двух- и трехступенчатым и его подбирают для каждого конкретного случая зависимости от массы и марки материала заготовки из справочной литературы, например, /39/.

Нагрев металла сопровождается изменением структуры, физических, механических (прочности, твердости, пластичности) и химических свойств. Процесс нагрева металла сопровождается некоторыми нежелательными явлениями, из которых наиболее важными являются угар (окисление) металла, обезуглероживание, перегрев и пережог заготовок /40/.

С повышением температуры пластичность увеличивается, а сопротивление деформированию уменьшается от 10 до 15 раз. Для различных металлов эти значения различны, а характер влияния температуры на свойства металлов показан на рисунке 32.

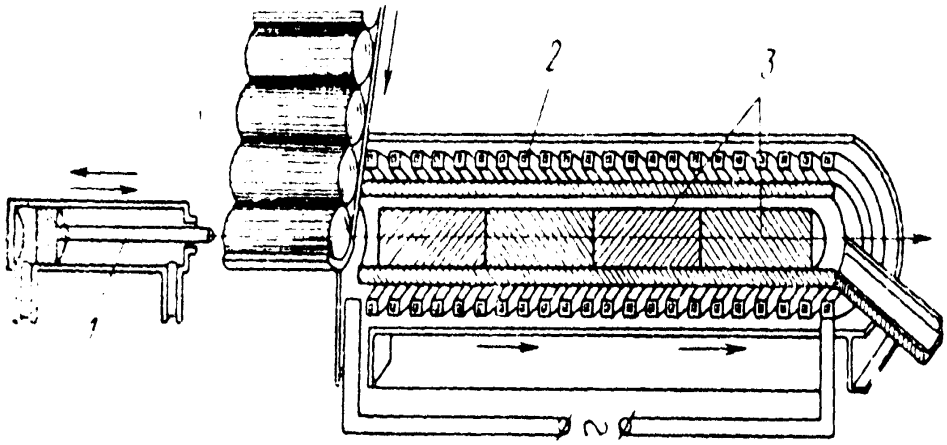


1 – доэвтектоидная сталь; 2 - заэвтектоидная сталь

Рисунок 32 - Влияние температуры на прочность и пластичность различных сталей

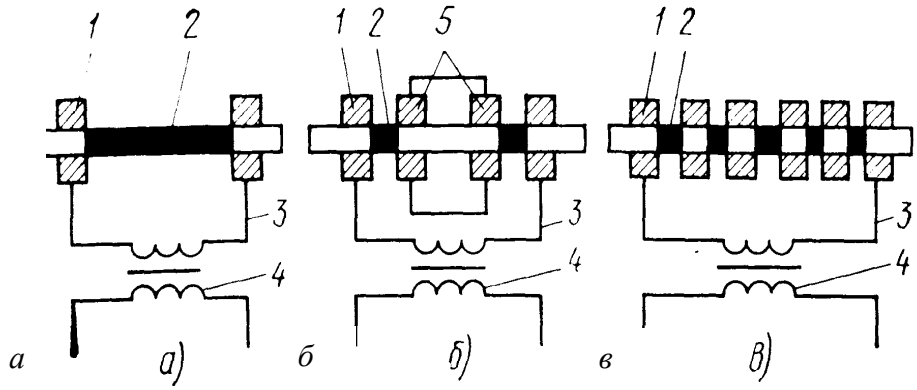
Нагрев металла осуществляют в электрических установках (схематично установки показаны на рисунках 33 и 34) /41-43/.

Нагрев в электрических индукционных или контактных установках является скоростным, такие установки обычно работают в автоматическом режиме и в них нагревают заготовку за десятки секунд. Такой нагрев протекает при незначительном угаре (от 0,5 до 1%).



1 - толкатель; 2 - индуктор; 3 – заготовки

Рисунок 33 - Схема индукционного нагрева



а - однозональный; б - двухзональный; в - многозональный нагрев
контакт; 2 – нагреваемая зона заготовки; 3 – шина; 4 – силовой трансформатор;
5 – шунтирующая перемычка между контактами

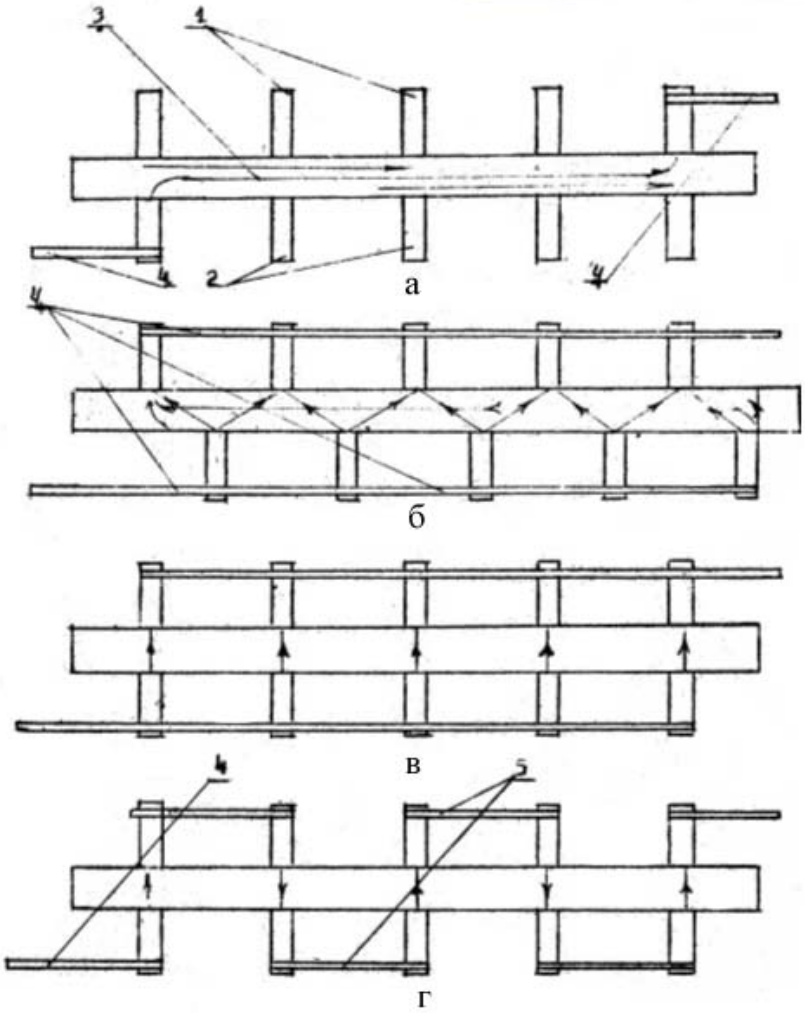
Рисунок 34 - Схемы включения заготовки для контактного нагрева

Разработанный способ электрического контактного нагрева плоского проката /54/ заключается в том, что его ведут позиционно и ступенчато. Одновременно нагревают не менее двух зон, причем температура каждой нагреваемой зоны различна. Методический нагрев проката обеспечивается путем периодического перемещения его между токопроводящими контактами. Величина шага перемещения проката зависит от числа нагреваемых зон.

Применение разработанного методического нагрева заготовки позволит сократить время выдачи нагретого участка заготовки на позицию обработки давлением, по меньшей мере, в два раза, так как каждая зона между контактами нагревается, по меньшей мере, два раза, а также позволит повысить качество нагрева. Однако данный способ позволяет нагревать либо полосовой прокат по всей ширине сечения, либо локальную полосовую зону. Для рассматриваемого процесса в прокате необходим нагрев локальных зон.

Способ электрического контактного нагрева электропроводных заготовок /55/ предусматривает расширение технологических возможностей контактного нагрева. Это достигается за счет нагрева в заготовке сплошной полосы, либо локальных зон, подлежащих обработке давлением путем различного включения прижимных контактов в электрическую цепь.

Сплошной нагрев части полосовой заготовки возможен при подводе тока к крайним диагонально противоположным контактам (рисунок 35 а).



а, б – сплошной нагрев части полосовой заготовки;
в, г – нагрев локальных зон полосовой заготовки
1 – верхняя и 2 – нижняя группы контактов; 3 – направление тока;
4 – токоподводящие контакты; 5 - шунты (перемычки)

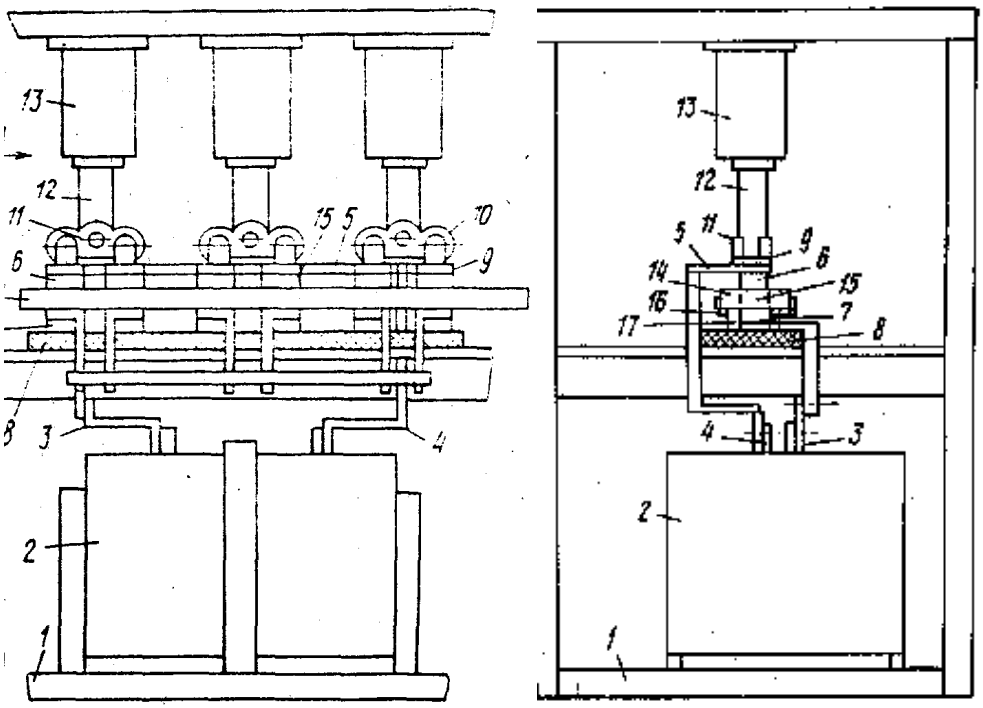
Рисунок 35 - Схемы включения заготовки в цепь для нагрева

Такой же нагрев возможен и при подводе тока к каждому контакту, но при этом расположение каждого из контактов одной группы, например, верхней, соответствует промежуткам между контактами другой группы. Нагрев локальных зон возможен при подводе тока к каждому прижимному контакту, причем верхние и нижние контакты располагают один над другим.

Такой же нагрев также возможен при подводе тока к крайним диагонально противоположным контактам. Но предварительно необходимо установить шунты (перемычки) на другие прижимные контакты по парам в верхней и нижней группе контактов (рисунок 35 г).

Использование способа и устройства для нагрева локальных зон в полосовом материале, в сочетании и увязке со штамповкой позволило получать граненые отверстия с фаской в нагретых зонах полосы в автоматическом режиме на одной позиции за один ход ползуна пресса

Рассмотренный способ электрического контактного нагрева локальных зон реализуется с помощью устройства для электрического контактного нагрева электропроводящего материала (рисунок 36) /56/.



1 – каркас, 2 – силовой трансформатор, 3, 4, 5 – токоподводящие шины, 6 – верхние и 7 нижние токоподводящие контакты, 8 – упругие электро-изоляционные (полиуретановые) прокладки, 9 – парное крепление верхних контактов к коромыслу 10, 11 – ось коромысла, 12 – шток силового цилиндра 13, 14 – заготовка, 15 – нагреваемая зона, 16 – направляющие, 17 – упор

Рисунок 36 - Схема установки для контактного нагрева

Устройство содержит две группы контактов расположенных одна над другой. Верхняя группа контактов попарно коромыслами через штоки соединена с силовыми цилиндрами, а нижняя группа контактов установлена на каркасе через электроизоляционные прокладки, причем эти прокладки выполнены из эластичного материала (полиуретана). Это обеспечивает копирование электрическими контактами существующих неровностей полосового материала и, следовательно, обеспечивает одинаковый прижим контактов и соответственно равномерный нагрев обрабатываемых зон, что, в конечном счете, выльется в повышение качества получаемых отверстий с фаской /57/.Также нагрев металла осуществляют в пламенных и электрических печах. Электрический нагрев более предпочтителен, чем нагрев в печах, так как нагрев в печах более длительный и сопровождается значительным угаром. Схема и виды печей показаны на рисунке 37.

а) – пламенная; б) – электрическая; в) - вид камерной печи
1 – горелка; 2 – загрузочное (выгрузочное) окно; 3 – нагревательная камера;
4 – теплообменник; 5 – заготовки; 6 – нагревательный элемент

Рисунок 37 - Схемы и вид камерной печи

Металл перед горячей обработкой давлением нагревают до определенной температуры. Факторами, определяющими технологию нагрева, являются температура и продолжительность нагрева. От этих параметров зависят размеры рабочего пространства нагревательных печей. При недостаточном нагреве возможно появление трещин в заготовке или разрушение штампа. При нагреве до температуры выше допустимой, возникает чрезмерный рост зерен в металле или сплаве (перегрев), а при длительном перегреве наблюдается окисление и разрушение металла по границам зерен (пережог).

Угар крайне отрицательно сказывается как на экономической стороне процесса нагрева, так и на работе штампов и оборудования. На практике всячески стремятся уменьшить угар и обезуглероживание металла при нагреве.

От качества нагрева металла зависит качество конечной продукции и работа кузнечно-прессового оборудования. Нагрев металла проводят по вполне определенной технологии, характер которой зависит от марки материала и от целей нагрева металла.

Для предупреждения угара металла также применяют нагрев в печах без окисления, с восстановительной или нейтральной атмосферой. В нагревательных устройствах создают защитную среду (атмосферу), используя для этого специальные газовые смеси.

На продолжительность нагрева кроме формы и размеров нагреваемых заготовок большое влияние также оказывает способ укладки их на поду печи.

Промежуточное положение между электрическим нагревом и нагревом в камерных печах занимает методический нагрев заготовок перед обработкой давлением. Такой нагрев осуществляется в проходных (методических, полу

методических и карусельных) печах. Эти печи относительно легко автоматизировать.

При печном нагреве угар металла более значительный и потеря металла может достигать от 1,5 до 3 %, а величину угара определяют по формуле:

$$G_{уг} = [0,02 + (m-1)0,015]G_п, \quad (44)$$

где m – общее число нагревов;

$G_п$ – масса поковки, кг.

В тоже время печи являются универсальным оборудованием, и это позволяет нагревать в них различные по форме заготовки.

В отличие от камерных печей методические имеют большую длину пода, что обеспечивает повышение производительности печи, плавный и равномерный нагрев заготовок, и меньший угар металла. В такие печи заготовки загружают через посадочные окна в торце печи. Периодически толкателем их продвигают вдоль печи и выгружают с другого торца. Все это обеспечивает методический (постепенный), равномерный нагрев заготовок, что снижает угар металла и исключает его перегрев или пережег. Полу методические печи имеют меньшую, чем методические печи длину, но большую, чем камерные (до четырех раз). Разновидностью таких печей являются печи с вращающимся подом. Они, высокопроизводительны, занимают меньшую площадь /44/.

4.4.1 Продолжительность нагрева заготовок

Продолжительность нагрева небольших заготовок (диаметром или со стороной квадрата меньше 100 мм) приводится в таблицах и составляет от 120 с для единичных круглых заготовок диаметром 10 мм и до 3600 с для квадратных заготовок со стороной 90 мм, уложенных вплотную /39/.

Для заготовок диаметром больше 100 мм продолжительность нагрева определяют по эмпирической формуле Н.Н. Доброхотова:

$$T = K\alpha d\sqrt{d}\ , \qquad (45)$$

где К – коэффициент, учитывающий свойства стали по отнесению к одной из четырех групп. Для заготовок из низкоуглеродистой и низколегированной стали он равен 12,5, для заготовок из высокоуглеродистой инструментальной стали он равен 20, для заготовок из среднелегированной стали он равен 25 и для заготовок из высоколегированной стали он равен 30.

α- коэффициент, учитывающий расположение заготовок на поду печи, он изменяется от единицы до четырех.

d – диаметр заготовки или сторона квадрата, м.

Охлаждение металла – такой же важный процесс, как и нагрев, влияющий на качество изделий. Основными способами охлаждения поковок являются: охлаждение на воздухе путем укладки на землю (пол цеха) в одиночку, навалом, штабелями, укладкой в ящики или колодцы, с возможной засыпкой песком или бес засыпки, а также охлаждение вместе с печью, предварительно нагретой до температуры 600 ^{o}С.

4.5 Штамповочные переходы

Горячей объемной штамповкой получают поковки различной конфигурации от простых до очень сложных. На практике применяют несколько разновидностей штамповки на молотах и прессах, в том числе штамповку в открытых и закрытых штампах, одноручьевую и многоручьевую штамповку, штамповку заготовок простого профиля и фасонных, поштучную штамповку из мерных заготовок и штамповку от прутка, а также одновременную штамповку по две и более поковок. По расположению заготовок в штампе возможна штамповка в торец, вдоль оси заготовки (продольная штамповка) и поперек оси заготовки (поперечная) штамповка.

По форме конфигурации поковки подразделяют на две основные группы.

К первой группе относятся поковки типа фланцев, колец, зубчатых колес то есть осе симметричные в плане поковки (таблица 2). Их получают продольной одноручьевой штамповкой на штамповочных молотах с предварительной осадкой исходной заготовки рисунок 15 а.

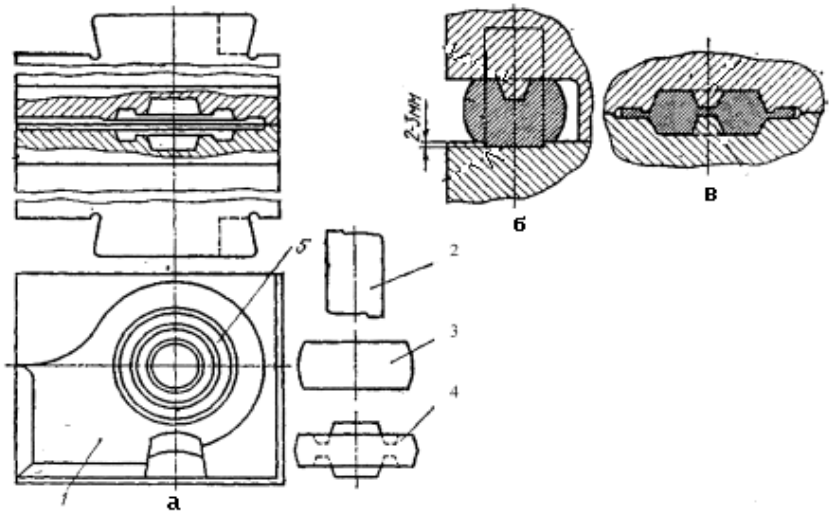
Ко второй группе относятся поковки типа шатунов, рычагов, валов, то есть заготовок с вытянутой или изогнутой осью. Эти поковки штампуют плашмя (поперечная штамповка). Такие поковки, имеющие значительную

разницу в площадях поперечных сечений, требуют предварительной подготовки заготовки, которую осуществляют в дополнительных ручьях. При этом осуществляют постепенное превращение простой исходной заготовки в фасонную (рисунок 15 б).

В зависимости от сложности поковок и организации производства, штамповку выполняют за одну или несколько операций, причем каждая операция может состоять из одного или нескольких переходов. Все переходы горячей объемной штамповки можно разделить на три основные группы: заготовительные, штамповочные и отрубные.

Обработку заготовки в одном ручье называют переходом штамповки. Количество ручьев в штампе соответствует количеству переходов.

Осесимметричные поковки, штампуемые в торец (продольная штамповка) получают в одном ручье, но заготовку предварительно осаживают на специальных площадках штампа (рисунок 38).



а - с площадкой для осадки; б - с центрирующим углублением; в – с поковкой
1 - площадка для осадки; 2- исходная и 3- осаженная заготовка;
4- поковка; 5- ручей

Рисунок 38 - Штамп для получения осесимметричной поковки

Заготовительные переходы необходимы для того, чтобы перераспределить металл исходной заготовки в соответствии с формой поковки /28/. Применение заготовительных ручьев повышает стойкость окончательного ручья, а также это способствует уменьшению потерь металла в отход. Штамповочные переходы необходимы для облегчения получения окончательно оформленной поковки и их осуществляют в соответствующих ручьях штампа.

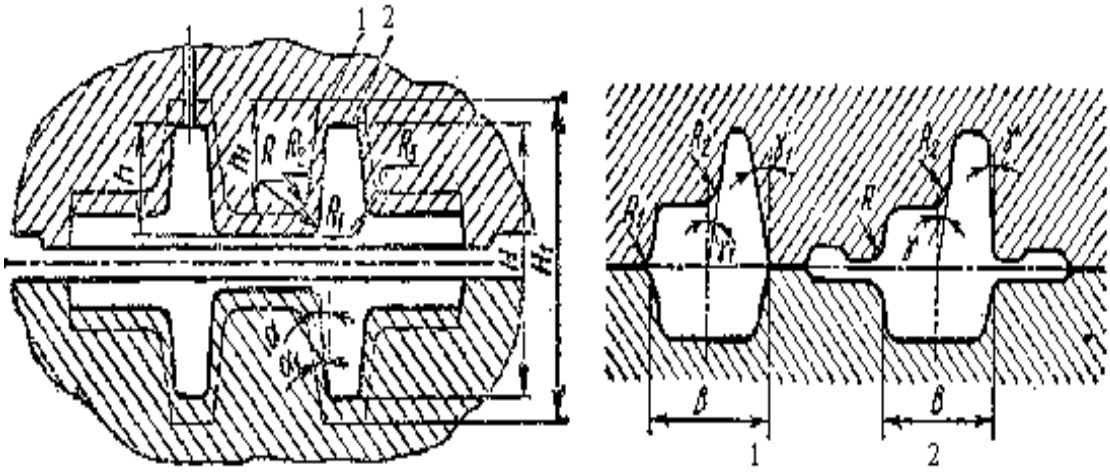
Основными штамповочными ручьями являются предварительный (черновой) и окончательный (чистовой) рисунок 39.

Предварительный ручей имеет форму, более плавную по сравнению с окончательным ручьем.

Окончательный ручей применяют для завершения оформления поковки в соответствии с чертежом.

Ширина сечения по разъему, как и штамповочные уклоны в обоих ручьях одинаковы, но в наиболее глубоких полостях в предварительном ручье назначаются большие уклоны. Радиус перехода фигуры ручья к плоскости разъема штампа в предварительном ручье также делают несколько большим.

Для формоизменения заготовок на молотах при многоручьевой штамповке применяют несколько типов подготовительных ручьев, расположенных, в одном штампе с окончательным ручьем (рисунок 15 б). Такое расположение ручьев в штампе обеспечивает непрерывность технологического процесса, но не является оптимальным вариантом штамповки. Наиболее рациональной для молотов является одно- и двух ручьевая продольная штамповка заготовок простой формы (рисунок 39) или поперечная штамповка с предварительным приданием формы заготовкам специализированными методами (вальцовкой, прокаткой и т.д.).



1 - предварительный и 2- окончательный ручей

Рисунок 39 - Виды и профиль ручьев для круглых в плане поковок

Штамповка в окончательном ручье на молоте сопровождается нанесением ряда ударов возрастающей силы, число которых зависит от многих факторов и, особенно, от формы и размера поковки и количества вытесненного метала.

Изменение формы заготовки может быть осуществлено не только в штампах, но и при совмещении штамповки и прокатки. При этом сама штамповка будет одноручьевой. Прокаткой обеспечивают предварительное формоизменение заготовки за счет перераспределения металла вдоль оси заготовки.

При получении некоторых поковок предусмотрена их калибровка, которая бывает холодной или горячей.

Отрубные, обрезные, отрезные и пробивные операции используют для отделения поковок от прутка или отхода от заготовки. Эти переходы, как и калибровку, осуществляют в ручьях соответствующих штампов.

4.6 Завершающие и отделочные операции

Поковки, полученные штамповкой перед отправкой на склад готовой продукции или в цех механической обработки, подвергают завершающим или отделочным операциям, к которым относятся охлаждение, обрезка заусенца, пробивка отверстий, термическая обработка, правка и калибровка.

Об охлаждении поковок сказано выше.

4.6.1 Обрезка заусенца

При открытой штамповке в окончательном ручье штампа, по плоскости разъема на поковке имеется заусенец, который обрезают в специальных штампах на кривошипных и, реже, гидравлических прессах.

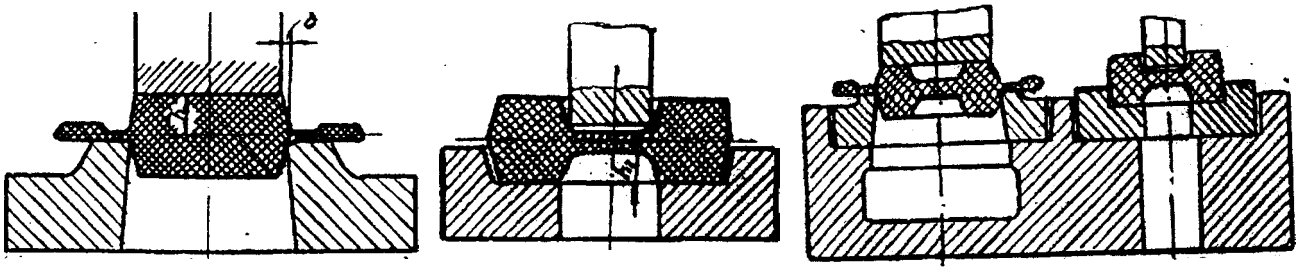
В кузнечных цехах применяют горячую и холодную обрезку заусенца. Обрезка в холодном состоянии, по сравнению с горячей, дает возможность лучше обеспечить механизацию и увеличить производительность обрезных прессов, получить более точные размеры и высококачественную поверхность, увеличить стойкость штампов. Однако, обрезку заусенца холодным способом не всегда можно осуществлять, так как при холодной обрезке сопротивление срезу от 3 до 5 раз выше, чем при горячей и в случае крупных поковок с большей площадью среза, потребуется большое усилие прессов. Поковки, изготовленные из высоколегированных сталей, при холодной обрезке дают трещины.

Горячую обрезку заусенца применяют тогда, когда нельзя применить холодную обрезку, а также в тех случаях, когда после обрезки требуется применение калибровки, правки или гибки в горячем состоянии. При горячей обрезке, обрезные прессы устанавливают рядом с молотами или штамповочными прессами, а при холодной обрезке – на отдельном участке кузнечного цеха.

Поковки из алюминиевых и медных сплавов, подвергают холодной обрезке. Крупные поковки обрезают на гидравлических прессах.

Для обрезки заусенца и перемычек применяют обрезные штампы, рабочими органами которых являются матрица и пресс-штемпель (пуансон) Процесс обрезки заусенца и перемычек заключается в том, что поковку укладывают на режущие кромки матрицы и пуансоном, укрепленным на ползуне пресса, проталкивают поковку сквозь отверстие матрицы.

Различают простые и последовательные обрезные штампы, схемы которых приведены на рисунке 40.



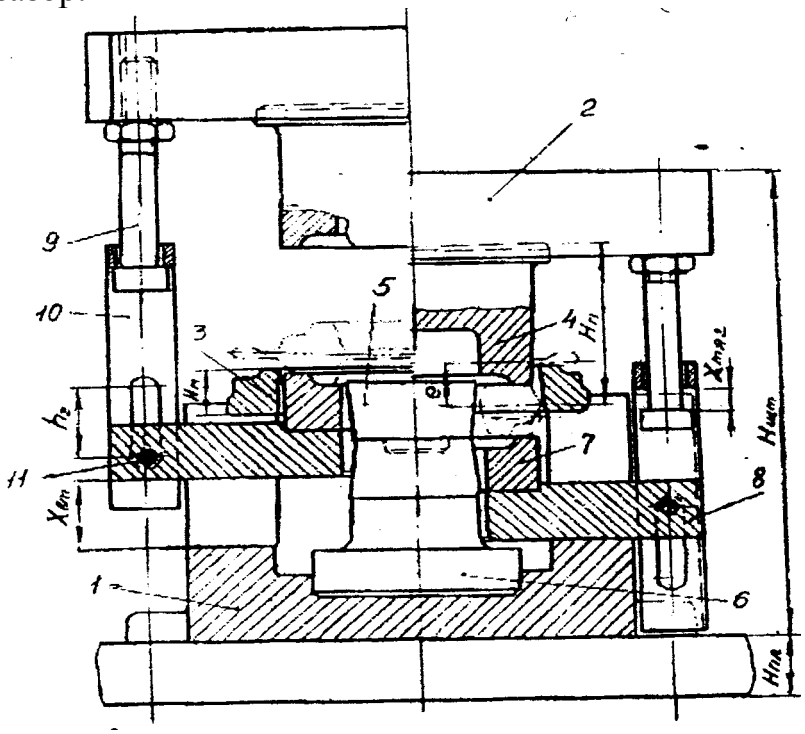
а б

а – простого; б - последовательного действия

Рисунок 40 - Схема обрезных штампов

В современных штампах обрезка заусенца и прошивка отверстия производится одновременно за один ход ползуна пресса на комбинированных обрезных штампах рисунок 41.

Для избежания изгиба или искажения выступающих частей обрезаемой поковки, необходимо чтобы опорные поверхности пуансона точно и плотно прилегали к соответствующим поверхностям поковки. Конфигурацию опорной поверхности в пуансоне выполняют по чертежу поковки, поверхности пуансона не являющиеся опорными выполняют таким образом, чтобы между ними и матрицей был зазор.



1 – нижний башмак; 2 – верхний башмак (пуансонодержатель); 3 – матрица; 4 – пуансон; 5 – прошевник; 6 – стойка прошевника; 7 – выталкиватель; 8 – коромысло; 9 – тяга (регулировочный винт); 10 – скоба; 11 – ось скобы

Рисунок 41 - Схема обрезного штампа совмещенного действия

На некотором расстоянии от нижней крайней точки пуансон приходит в соприкосновение с поковкой. При дальнейшем своем движении он сдвигает поковку на некоторую величину по отношению к неподвижной матрице и стержню для прошивки. Величина сдвига поковки и является тем рабочим ходом, на протяжении которого должны произойти обрезка заусенца и удаление перемычки. Обрезные операции в конце хода часто совмещают с правкой.

Усилие обрезки заусенца или перемычки определяют по формуле:

$$P = \kappa \cdot S \cdot t \cdot \sigma_в, \text{ или } P = (1{,}5 \div 1{,}8) S \cdot t \cdot \sigma_в, \qquad (46)$$

где к – коэффициент притупления режущих кромок принимают от 1,5 до 1,8;

S – периметр среза, мм;

$\sigma_в$ – предел прочности, МПа;

t – действительная толщина металла в месте среза, мм, которая составляет $t = z + n$,– для наружного заусенца;

$t = z' + n + u$, для внутренних перемычек (z –толщина заусенца по толщине среза);

n – возможная не полная штамповка, мм;

u – износ выступа в штампе (от 2 до 5 мм).

4.6.2 Термическая обработка поковок

Недостатки, которые могут появиться в материале заготовки при нагреве и ковке, это крупнозернистое строение в результате перегрева или рано законченной ковки и упрочнения, как и следствие неравномерного охлаждения - внутренние напряжения, устраняют последующей термообработкой – отжигом или нормализацией.

Виды термической обработки представлены ниже (рисунок 41).

При термообработке температуру нагрева выбирают в соответствии с видом термообработки и критическими температурами, характерными для металла данной марки.

В результате термической обработки улучшаются не только механические свойства поковки, но и ее обрабатываемость резанием /27, 32/.

Нагрев поковок для термической обработки осуществляют в пламенных печах (преимущественно) при этом необходимо сжигание топлива в печах для термообработки осуществлять с минимальным избытком воздуха. При высокой температуре стремятся поддерживать в рабочем пространстве печи слабо восстановительную атмосферу. Подсос воздуха в рабочее пространство печи снаружи не допускается. Лучший результат термической обработки поковок достигается в печах с защитной атмосферой.

Отпуск и отжиг поковок из сталей различных марок, производят с фазовой перекристаллизацией и без нее. Отпуск проводят для снятия

внутренних напряжений и его осуществляют путем нагрева поковок до требуемой температуры (низкотемпературный до 250 °С, среднетемпературный до 450 и высокотемпературный до 650 ^{0}С) с последующим охлаждением на воздухе.

Изотермический отжиг проводят с целью придания поковке кристаллического состояния – пластинчатый перлит. Осуществляется изотермический отжиг путем нагрева поковки до аустенитного состояния с последующим охлаждением ниже температуры перлитного превращения (линия 723 ^{0}С), изотермической выдержкой при данной температуре и охлаждением на воздухе. Применение изотермического отжига позволяет сократить время на отжиг от 3 до 4 раз. Особенно целесообразно применять такой отжиг для поковок из легированной стали. Виды термической обработки представлены ниже (рисунок 42).

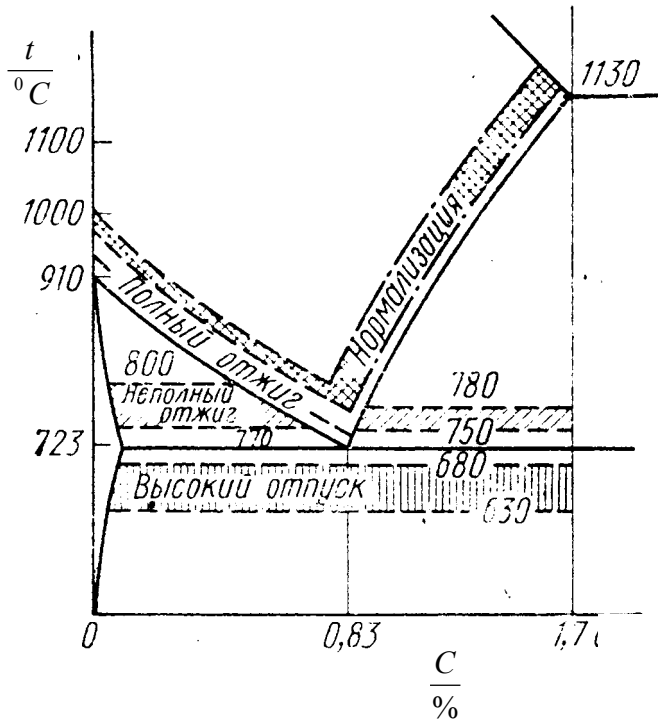


Рисунок 42 - Области температур термической обработки поковок с различным содержанием углерода

Рекристаллизационный отжиг проводят без фазовой перекристаллизации. Его осуществляют путем нагрева поковок до температуры ниже температуры фазовой кристаллизации, выдержки при этой температуре и последующего охлаждения. Этот вид отжига применяется для холодно- катаной стали и холодно штампованных изделий.

Отжиг на зернистый перлит осуществляют путем нагрева поковки до температуры несколько выше температуры перлитного превращения (линии 723 ^{0}С), выдержке при этой температуре и последующем медленном охлаждении. Как следует из названия, этот вид отжига применяется для придания поковкам мелкозернистой структуры. Его используют для термообработки поковок из высоколегированных сталей.

Полный отжиг – вид термообработки поковок характеризующийся наибольшей продолжительностью процесса. Осуществляют полный отжиг путем нагрева стальных поковок до температуры от 30 до 50° выше линии 723 ^{0}С с выдержкой и последующим медленным охлаждением вместе с печью.

Нормализация – нагрев заэвтектоидной стали до температуры на 50° выше линии превращения с выдержкой при этой температуре и последующим охлаждением на воздухе.

Высокую нормализацию выполняют для поковок, из низкоуглеродистой стали путем нагрева их до температуры, несколько выше температуры полного отжига (примерно до 1000 °С) с выдержкой при данной температуре и последующим охлаждением на воздухе.

4.6.3 Очистка поковок от окалины

Для придания поковкам лучшего вида и для повышения стойкости режущего инструмента, поковки подвергают очистке от окалины, которая образуется в результате нагрева перед ковкой и в результате термообработки. Существует несколько видов удаления окалины, из которых наиболее распространенными являются очистка дробью, в барабанах и травление. Очистка дробью осуществляется чугунными дробинками диаметром до 2 мм, летящими со скоростью до 60 м/с в специальных метательных барабанах. При этом поковки находятся на движущейся бесконечной ленте. Бывает и дробеструйная очистка, когда дробинки подают воздушной струей. Недостатки очистки дробью – ее значительный расход (от 2,5 до 3,5 кг/т поковок, дробинки крошатся и их безвозвратно теряют).

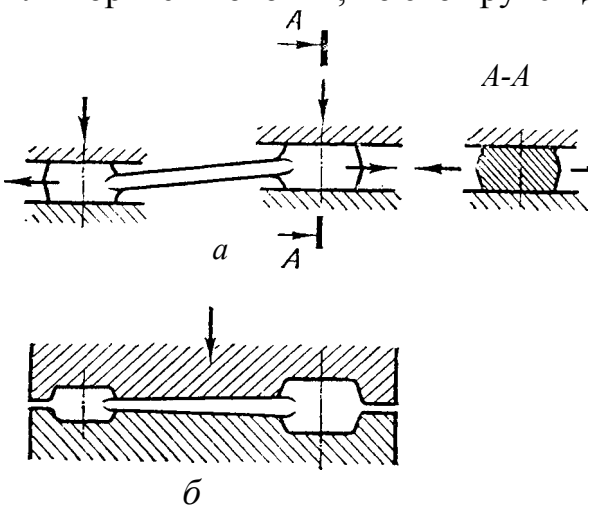
Обработку поковок во вращающемся барабане с металлическими звездочками, абразивным боем и т.д. применяют для сравнительно мелких поковок простой конфигурации, чтобы избежать забоин поверхности изделий. Недостатки – шум установки, невозможность очистки внутренних полостей, периодичность процесса.

Травление – воздействие раствора кислоты на металл. Для стальных поковок применяют 20 %-ный раствор серной кислоты при температуре от 60 до 90 °С, реже 15 %-ный раствор соляной кислоты или смесь указанных кислот. Травление стальных поковок применяют редко, так как этот процесс дорогой и при нем плохие санитарно-гигиенические условия труда. Травление широко используется для очистки от окалины поковок из цветных сплавов.

4.6.4 Правка и калибровка поковок

Для устранения искривлений, возникших в результате штамповки и термообработки, применяют правку поковок, она бывает горячей и холодной. Наиболее целесообразно проводить правку на обрезном прессе после или вместе с обрезкой заусенца, но иногда правку проводят в чистовом ручье штампа. Она бывает плоскостной и объемной (рисунок 40) /18/.

Холодную правку применяют после очистки от окалины. Ее осуществляют на фрикционных молотах или винтовых прессах в термическом отделении цеха. Правку на правильных прессах проводят с помощью подкладок или призм. Штампы для правки имеют, как правило, один ручей, выполненный по чертежу холодной или горячей поковки, но этот ручей делают упрощенным.



а – плоскостная; б – объемная

Рисунок 43 - Схема калибровки

Для повышения точности формы и размеров поковки и снижения шероховатости поверхности, применяют калибровку. Отличие калибровки от правки в том, что при калибровке контролируют и меняют размеры поковок, а при правке устраняются искажения в расположении одной части поковки относительно другой. При плоскостной калибровке металл свободно перемещается в горизонтальной плоскости и калибруется вертикальный размер.

Объемную калибровку проводят для ужесточения формы и размеров поковки. При ней контролируют размеры не только по вертикальной, но и в горизонтальной плоскости. Объемную калибровку проводят в чистовом ручье штампа. При горячей калибровке возможно незначительное вытекание металла в заусенец. Температура горячей калибровки, ниже температуры штамповки.

4.6.5 Холодная объемная штамповка

К основным операциям холодной объемной штамповки относятся выдавливание и высадка.

Операция холодного выдавливания полностью аналогична операции горячего выдавливания и их разница отражена в названии операций. Выдавливание обеспечивает высокую производительность и точность изготовления разнообразных деталей. Холодная высадка – образование местных утолщений на заготовках, ее выполняют на холодновысадочных автоматах, которые осуществляют высадку за один - два удара. Производительность автоматов достигает 400 изделий в минуту. Этот вид получения изделий обеспечивает большую экономию металла (от 30 до 40 %).

5 Качество поковок

5.1 Факторы, определяющие точность и качество поковок

Все поковки по качеству делятся на три группы: годные, дефектные и окончательный брак. Поковки первой группы соответствуют всем предъявляемым требованиям и не имеют дефектов.

Поковки, имеющие те или иные, исправимые дополнительной обработкой дефекты, называются дефектными.

Поковки с неисправимыми дефектами – это окончательный брак, который, в основном, направляют на переплавку.

Дефект поковок может быть обусловлен многими причинами, в том числе дефектом исходной заготовки или исходного металла, либо нарушением режима штамповки, а именно:

- несоответствие длины заготовки заданной, появляется при неправильной установке упора, недостаточной его жесткости крепления или неполной подаче прутка до упора;
- косой и грубый срез или скол металла исходной заготовки, искривление и чрезмерное смятие конца заготовки. Появляются такие разновидности дефектов при резке из-за неправильно выбранной величины зазора между ножами;
- торцевые трещины образующиеся, главным образом, при резке крупных профилей из высокоуглеродистых сталей и являются результатом больших внутренних напряжений, вызванных неравномерностью деформации при резке;
- неглубокими рисками или волосовиной, что являются результатом некачественной прокатки;
- крупнозернистая структура поковки, получается при перегреве металла исходной заготовки или окончании штамповки при слишком высокой температуре;

вмятины, заштампованная окалина на поверхности поковки, или отпечаток от нее, образуются при плохом удалении окалины из ручьев штампа;

- не полная штамповка - увеличение сверх допуска всех размеров поковки в направлении движения инструмента. Возникает при недостаточном числе ударов молота, недостаточном усилии штамповочного оборудования, малой температуре нагрева заготовки, а также при повышенном объеме исходной заготовки;
- перекос или смещение одной половины поковки относительно другой в плоскости разъема штампа, возникает из-за неправильной установки штампа;
- ослабление размеров - уменьшение размеров поковки относительно заданных чертежом возникает при большом износе чистового ручья или при однобоком срезе заусенца из-за неправильной установки обрезного штампа;
- кривизна - отклонение осей и плоскостей поковки от заданных, может возникать при обрезке заусенца, из-за коробления при термообработке и остывании поковок;

- отклонение твердости от требуемой или ее пестрота по поверхности, возникает в результате неправильного режима термообработки;

- наличие окалины – при нарушении режима очистки от нее;

- забоины - местные механические повреждения, преимущественно на гранях, возникают вследствие удара поковок при падении.

Окончательный контроль штампованных поковок предусматривает проверку качества поверхности (контроль осуществляют ее визуальным осмотром), проверку геометрических размеров шаблоном и механических свойств (существующими методами). Скрытые дефекты выявляют люминесцентным или магнитным методом контроля.

5.2 Коэффициент использования металла

Как отмечалось ранее, коэффициент использования металла в кузнечно-штамповочном производстве составляет от 0,5 до 0,6, иногда до 0,9.

Потеря (отход) металла наблюдается на разных переделах: при разделке металла, при штамповке в открытых штампах, при механической обработке. Для выявления потерь металла при выполнении операций введен ряд коэффициентов, которые позволяют учесть эти потери на разных переделах.

Общий коэффициент использования металла КИМ определяют соотношением:

$$\text{КИМ} = \eta_{ИМ} = G_{дет} / G_{мет}\ , \qquad (47)$$

где $G_{дет}$ – масса детали, кг;

$G_{мет}$ – масса металла израсходованного на получение детали (норма расхода), кг.

Однако, КИМ в таком виде не дает полного правильного представления о полезном расходе металла по переделам. Эффективность работы кузнечного цеха оценивают по степени приближения размеров поковки к размерам детали коэффициентом выхода годного

$$K_{вг} = G_{дет} / G_{пок}\ , \qquad (48)$$

а степень непроизводственного расхода металла на облой оценивают коэффициентом весовой точности, который определяется соотношением:

$$K_{вт} = G_{пок} / G_{мет}\ , \qquad (49)$$

где $G_{пок}$ – масса поковки, кг.

КИМ ($\eta_{ИМ}$) часто записывают в виде:

$$\text{КИМ} = K_{вг} \cdot K_{вт} \qquad (50)$$

Такая запись коэффициента использования металла позволяет судить о расходе металла на каждом из переходов - штамповке и механической обработки. То есть по всему производственному циклу, и отражает уровень технологии производства на предприятии. А запись КИМ=$\eta_{ИМ} = G_{дет}/G_{мет}$ показывает лишь затраты металла на изготовление детали. Чем выше численное значение КИМ, тем более рационально расходуется металл, то есть технология изготовления деталей более рациональна.

5.2.1 Пути повышения коэффициент использования металла

Так как затраты на металл составляют существенную часть стоимости поковок, то совершенствование технологии штамповки нацелено на экономию металла и направлениями такого совершенствования являются:

- применение профильного проката;
- применение периодического проката.

Использование периодического проката под штамповку обеспечивает значительный эффект в крупносерийном и массовом производствах. Наиболее перспективным является применение периодических профилей, изготовленных поперечной прокаткой.

Основными способами повышения КИМ являются:

- выбор рациональной формы заказа металлопроката;
- максимальное использование отходов;
- снижение потерь от торцевых обрезков;
- выбор оптимальных допусков на длину заготовки;
- корректирование длины заготовки по заданной массе.

Наиболее высокий КИМ можно получить при заказе и использовании металлопроката мерной или кратной длины, но при этом увеличиваются стоимость металла.

С целью снижения технологических отходов, то есть повышения КИМ за счет повышения коэффициентов выхода годного и весовой точности, в кузнечных цехах применяют целый ряд конструкторских и технологических разработок, в том числе используют ковочно-сварные конструкции заготовок, специализированную оснастку, рациональные конструкции слитков и заготовок.

При изготовлении относительно небольших поковок, рекомендуется многоштучная штамповка. При этом необходимо выбирать такое расположение фигур, при котором требуется наименьшее число заготовительных ручьев и будет обеспечена наибольшая экономия металла при рациональном использовании зеркала штампов.

Также применяют использование особенной оснастки, ограничивающей свободное течение металла (подкладные штампы, профильные бойки, вкладыши). Использование несложной оснастки позволяет снизить массу поковок на 25 %. Автоматизация управления и проектирования ковочно-штамповочными процессами также способствует повышению КИМ.

Наиболее эффективным способом повышения КИМ при ковке является применение специализированных исходных заготовок, удлиненных, малоприбыльных, бесприбыльных и пустотелых слитков, заготовок, полученных непрерывной разливкой, имеющих высокий коэффициент выхода годного металла.

При штамповке резервами экономии металла являются получение поковок с повышенным коэффициентом весовой точности за счет снижения напусков, применение специальных методов получения поковок, в сочетании штамповки со сваркой и литьем, позволяет изготовлять крупногабаритные детали ответственного назначения с высоким КИМ. Так изготавливают цилиндры с глухим дном, различные диски, поковки типа валов, колец и обечаек.

Основными направлениями совершенствования технологии штамповки для улучшения технико-экономических показателей (ТЭП) являются изменение конструкции детали и поковки на наиболее рациональную и ужесточение припусков и напусков, изменение размеров заготовки и предварительная подготовка их формы на специальном оборудовании. Модификация конструкции ручьев штампа и применение новых конструкций канавок, как и применение сдвоенной штамповки, и совмещение выполнения разделительных и формоизменяющих операций - все это способствует повышению ТЭП. Рациональное использование отходов, применение мало- и безокислительного нагрева повышает КИМ. Значительную экономию металла и повышение производительности и точности поковок можно достичь при комбинированной и сдвоенной штамповке.

Потери металла на заусенец составляют от 10 до 30 % от массы поковки, и они тем больше, чем меньше поковка. Применение штамповки с малым заусенцем и без него - один из резервов повышения КИМ. Применение такой штамповки уменьшает расход металла от 5 до 10 %.

Изготовление поковок в закрытых штампах, комбинированная и групповая штамповка обеспечивают экономию металла от 10 до 30 %, снижение трудоемкости и себестоимости.

Комбинированная штамповка такая, при которой работу основного кузнечно-штамповочного оборудования совмещают с машинами, предназначенными для выполнения предварительного формоизменения поковок (например, сочетание вальцы – пресс).

Групповая штамповка – одновременное получение нескольких поковок.

Многоштучная штамповка небольших поковок позволяет повысить производительность и более полно использовать металл и зеркало штампа.

Спаренная штамповка позволяет избежать применение сложных заготовительных ручьев.

Использование отходов для изготовления других деталей также позволяет повысить КИМ.

5.3 Варианты совершенствования технологических процессов штамповки

Обработка металла давлением - это экономичные процессы с высокой производительностью, широко применяемые практически во всех отраслях промышленности. Характерным для современных операций ОМД, является качественное изменение технологических процессов, происходящих по следующим направлениям:

- комплексная механизация и автоматизация процесса;
- интенсификация процессов штамповки за счет повышения быстроходности оборудования и создания непрерывных технологических процессов;
- разработка способов штамповки без припусков или с минимальным припуском (изотермическая штамповка, штамповка в разъемных матрицах, штамповка без заусенца и др.);
- обработка давлением в состоянии сверхпластичности;
- разработка способов и режимов обработки малопластичных и трудно деформируемых материалов;
- совершенствование нагревательных устройств для обеспечения мало окислительного и безокислительного нагрева заготовок;
- широкое использование новых и специальных видов объемной штамповки.

5.3.1 Комплексные технологические процессы штамповки

Технологические процессы изготовления поковок совершенствуются за счет специализации оборудования, рабочего инструмента и технологических переходов, а также механизации и автоматизации операций. Суммарный эффект специализации, механизации и автоматизации обеспечивает высокий уровень производства поковок, но он зависит от масштаба производства. Эффективность крупносерийного производства определяется уровнем специализации производства. Серийное и особенно мелкосерийное производство менее совершенны и экономическая эффективность их автоматизации относительно низка. Широкое внедрение ЭВМ принципиально меняет условия несовершенного производства.

Комплексная механизация всего производства и специализация массового производства, обеспечивают улучшение технико-экономических показателей (ТЭП).

При больших сериях производства поковок целесообразно их предварительное формоизменение или даже изготовление по специализированным методам. С этой целью вместо универсальных машин используют машины специального назначения: прокатные станы, ковочные вальцы, ковочные обжимные, гибочные, раскатные, электровысадочные и другие машины.

Специализация производства фасонных заготовок или поковок на базе упрощенной технологии создают условия для высокой степени механизации и автоматизации производства.

Анализ работы кузнечных агрегатов свидетельствует о наличии больших резервов для увеличения производительности действующего оборудования за счет повышения коэффициента его загрузки. Для этого необходимо обеспечить непрерывность технологического процесса, которая в сочетании с высокой технологичностью и тщательно подобранными переходами составляют условия для построения оптимального варианта кузнечной технологии. При этом обеспечивается высокий уровень трех основных показателей любого производства: производительности, экономичности и качества продукции. Кроме того, должны быть обеспечены требуемые санитарно-гигиенические условия труда и техники безопасности.

Возможность осуществления непрерывного технологического процесса при производстве поковок не встречает затруднений, так как процесс штамповки отличается малым числом операций, которые легко сочетаются между собой и, обычно, согласуются во времени (совмещение операций).

Наиболее типичными приемами, позволяющими упростить технологический процесс изготовления поковок - это штамповка от прутка, использование проката периодического профиля, применение профильного проката. Успешное применение подобной штамповки зависит от того, насколько производителен способ резки профильного проката или отрезки предварительно подготовленных заготовок из мерного проката.

Также используют способ получения сложенной поковки с дальнейшим отгибанием отростков или, наоборот, разложенной заготовки с последующей гибкой, сращивание частей поковки и секционная штамповка (штамповка по частям), совмещенную штамповку и штампосварные изделия.

Наибольшее распространение получили технологические процессы, выполняемые на специальном оборудовании, - гибка на гибочных машинах; вальцовка и штамповка в вальцах; раскатка, ротационная и радиальная ковка.

5.3.2 Механизация и автоматизация процессов штамповки

Необходимость и целесообразность автоматизации чрезвычайно актуальна в КШП, где наблюдаются тяжелые условия труда.

Задачей механизации и автоматизации процессов штамповки является повышение качества и точности поковок, производительности и исключение тяжелого физического труда, а также снижение себестоимости и экономия металла. Для успешного решения этих задач механизация и автоматизация должна охватывать как основные производственные процессы, так и вспомогательные /45/.

Механизация - замена ручного труда машинами и механизмами с применением для их действия различных видов энергии.

Автоматизация - освобождение человека от ручного труда и непосредственного выполнения функций управления производственными

процессами и машинами и передача этих функций приборам и автоматическим устройствам.

В последние годы, наряду с автоматизацией непосредственно технологических процессов все большее распространение получает автоматизация вспомогательных и подготовительных процессов. В частности, перспективные разработки – системы автоматического проектирования технологических процессов (САПР). Такие работы выполняются на ЭВМ, и они моделируют деятельность инженера-технолога.

На первой стадии проектирования, основываясь на чертеже детали, вычислительная машина разрабатывает такие технические условия, которые обеспечивают выполнение всех правил и требований, предъявляемых к составлению графического материала, и приближает форму поковки к форме готовой детали /46/. Для этого вычислительная машина перебирает множество вариантов параметров и находит оптимальный вариант для данной детали. Работа проходит в соответствии с заданным алгоритмом и программой. По введенным признакам ЭВМ определяет класс поковки, назначает припуски, допуски, напуски, проверяет возможность изготовления поковки на имеющемся оборудовании, подсчитывает ТЭП. Она выдает информацию об оптимальном варианте процесса.

На второй стадии проектирования ЭВМ разрабатывает технологический процесс ковки или штамповки. Он включает определение класса поковки по форме, марке стали и типу ковочной машины, необходимой для ее изготовления. После чего выбирает схему технологического процесса и определяет параметры исходной заготовки, рассчитывает технологические переходы, определяет отходы металла и выбирает заготовку. Рассчитывает по переходам режима обработки. Полученные расчеты оформляются машиной в виде технологической карты.

Различный характер штамповочного производства предопределяет основные направления выпускаемого оборудования. Для массового и крупносерийного производства выпускаются автоматические линии. Однако, значительный объем продукции машиностроения производится на предприятиях с серийным, мелкосерийным и единичным характером производства, где применение автоматов и автоматизированных линий экономически нецелесообразно. Для такого производства целесообразно применять универсальное оборудование, оснащенное современными средствами автоматизации и механизации или промышленными роботами. При ручном обслуживании коэффициент использования ходов КПМ низок и составляет от 0,1 до 0,15 для машин малых усилий и до 0,3 для остальных машин. С возможностью использования в автоматизированном режиме исполнения выпускаются практически все КПМ.

В состав автоматизированных КШ комплексов обычно входят пресс, транспортные манипуляторы, инструментальный манипулятор или магазин с набором инструментов, нагревательное устройство. Все машины и механизмы, входящие в комплекс, объединены в единый агрегат системой автоматического управления, действующей по заданной программе.

Роботизированные комплексы на базе КГШП предназначены для штамповки однообразных деталей. Штамповка осуществляется следующим образом. Заготовки из бункера поступают в индукционную нагревательную установку и после нагрева по транспортеру их подают к прессу. Подача заготовок в штамп и перекладка из ручья в ручей в процессе штамповки осуществляется манипулятором. Удаление заусенца проводят на обрезном прессе. Поковки подают к нему транспортером в ориентированном положении. Установка заготовки в обрезном штампе и удаление обрезанной поковки из штампа выполняется манипулятором, отходы удаляются транспортером. Для быстрой переналадки штампов применяют механизированные устройства. Контроль за работой оборудования осуществляют роботы. Для смазки штампов и охлаждения оснастки применяют специальные автоматические устройства. Производительность таких комплексов в зависимости от размеров и конфигурации поковок составляет от 250 до 450 изделий в час.

При проектировании технологии и штампов для работы в автоматическом режиме учитывают как общие требования для разработки техпроцесса, так и специфические, присущие автоматической штамповке /47-49/, из которых основными являются:

- ручьи должны располагаться в строгой последовательности по переходам штамповки;
- расстояние между ручьями должно быть кратным ходу перекладчика (грейферного, клещевого и т.д.) поковок и одинаковым;
- конструкция штампа должна обеспечивать возможность размещения устройства для подачи и ориентирования заготовок на позицию штамповки;
- в штампе должны предусматриваться устройства для контроля температуры нагретой заготовки и удаление ее в случае неправильного нагрева;
- конструкция инструмента должна гарантировать оставление полуфабриката в заданной половине штампа;
- выталкиватели в штампах должны быть отрегулированы так, чтобы выдавать поковку строго на позиции действия перекладчика;
- в штампах для автоматической штамповки применяют принудительное водяное охлаждение рабочих деталей и смазку инструмента;
- для снижения нагрузок на инструмент увеличивают число переходов, но производительность при этом не снижается, так как поковка выдается после совершения каждого рабочего хода.

В условиях массового и крупносерийного производства, в последнее время для штамповки все шире применяют роторные комплексные линии, обеспечивающие наивысшую производительность. Широкое применение в машиностроении получат гибкие (переналаживаемые) автоматизированные комплексы, позволяющие на одном оборудовании производить многономенклатурную продукцию, что особенно важно для серийного производства.

6 Общие сведения об охране труда

Задача охраны труда – это создание условий труда, при которых полностью устраняется производственный травматизм и профессиональные заболевания. Травмы и профессиональные заболевания, которые случаются на производстве, возникают в результате организационно-технических недочетов, нарушения установленной технологии, а также незнания или несоблюдения работающими правил и положений техники безопасности /50/.

6.1 Техника безопасности в кузнечно-штамповочных цехах

Основными неблагоприятными факторам в кузнечно-штамповочных цехах являются высокая температура, шум, вибрация. Наличие в зоне штампа масляной аэрозоли и оксида углерода ухудшают условия труда. Вредное действие последних факторов устраняется местной вентиляцией. Для предохранения от перегрева штамповщиков используют механизацию процесса штамповки. Для борьбы с общей вибрацией под оборудование устанавливают фундаменты, изолирующие от нее. Для уменьшения шума от работы оборудования на нем используют глушители, а рабочие должны пользоваться средствами индивидуальной защиты – наушниками против шума. Для предотвращения травматизма при работе на прессах используют следующие устройства. Для защиты рук от попадания их в зону движения ползуна пресса и в зону штампа используют устройства, исключающие попадание рук (подвижные или неподвижные ограждения) /51/.

Устройства, оставляющие пространство между штампами закрытым в течение всего рабочего цикла ползуна (неподвижные ограждения) и устройства, оставляющие пространство между штампами открытым в течение всего рабочего цикла (рукоотстранители, двуручное управление прессом, фото защита). А также устройства, оставляющие пространство между штампами открытым в течение безопасной части рабочего цикла и при нахождении ползуна в крайнем верхнем положении, когда пресс выключен (подвижные автоматические ограждения блокирующего действия). В качестве защитных устройств на кривошипных и фрикционных прессах широко применяют неподвижные и подвижные ограждения, двуручное управление и фотозащиту.

Для обеспечения надежной защиты устройства должны отвечать следующим общим требованиям /52/:

- исключать попадание рук под опускающийся ползун пресса или удалять руки из-под опускающегося ползуна, до наступления опасности их травмирования;
- предохранять руки работающего от травмирования при пуске пресса (если рука рабочего находится в это время в опасной зоне), во время хода ползуна (если рабочий ввел руку в опасную зону) и в случае внезапного хода ползуна (в том числе при повторном ходе, вызванном неисправностью пресса);

- обеспечивать защиту рук при каждом ходе ползуна путем связи защитного устройства с механизмом включения пресса;

- не допускать включения пресса при снятии ограждающего устройства, выходе его из строя или неправильной эксплуатации;

- исключить возможность травмирования штамповщика самим защитным устройством;

- предусматривать возможность регулирования решетки при изменении величины хода ползуна и закрытой высоты пресса (при смене штампа на кривошипных прессах), решетки должны быть простыми в изготовлении и доступными для ремонта и осмотра;

- допускать возможность штамповки заготовок из полосы или ленты, а также больших заготовок, которые требуется удерживать руками вне опасной зоны (отключение устройства или его фиксация в положении, при котором возможна штамповка из полосы или ленты);

- легко приводиться в действие и не являться источником повышенного шума и других факторов, вредно влияющих на рабочего;

- не мешать работе и обозреваемости рабочего пространства пресса;

- не затруднять наладку и ремонт пресса, и установку штампов;

- надежно крепиться к прессу, не иметь механизмов и деталей, быстро выходящих из строя или требующих специального наблюдения и ухода.

При оборудовании пресса защитным устройством учитывают его конструкцию и характеристику, условия работы на нем, а также особенности защитного устройства.

Предупреждение и устранение травматизма и профессиональных заболеваний обычно сводится к оснащению машин и помещений специальными средствами и устройствами, обеспечивающих безвредность работы, и к строгому соблюдению трудящимися правил безопасности и безвредного выполнения работ. Вот почему все работающие обязаны хорошо знать и неуклонно выполнять правила и требования техники безопасности и промышленной гигиены.

Для предупреждения электрических травм штамповщику запрещается регулировать электрические системы или устранять в них неполадки. Все электрические системы и пресс в целом должны быть заземлены.

Для предупреждения травматизма рабочих и служащих широко применяется звуковая и световая сигнализация, предупредительные надписи (например, «Проход закрыт»), освещение территории в ночные часы.

Нередко несчастные случаи являются следствием нарушения рабочим трудовой дисциплины, правил безопасности работы и технологии. Поэтому мастеру и наладчику следует наблюдать, чтобы штамповщик при работе вручную пользовался пинцетом. Не работал на неисправном прессе или с неисправным штампом, не разговаривал во время работы и т.д.

Отступать от технологии и нарушать правила техники безопасности при работе на прессах категорически воспрещается.

6.2 Общесанитарные меры защиты

Воздух кузнечо-прессовых цехов на постоянных рабочих местах, в изолированных помещениях и в рабочей зоне должен соответствовать нормальным метеорологическим условиям (температуре, относительной влажности и скорости его движения), а также соответствовать номам ПДК в нем вредных веществ. Общесанитарные меры защиты также предусматривают цветовую отделку помещений, окраску оборудования и соответствующее освещение.

Кузнечо-прессовые цехи характеризуются повышенным тепловым излучением на рабочих местах, загрязнением масляным аэрозолем, образующимся при смазывании штампа маслами и под воздействием высокой температуры в зоне штамповки. Также характеризуются повышенной концентрацией пыли, окалины, сдуваемой сжатым воздухом с поверхности штампов или поковок и наличием вредных продуктов, выделяемых при сгорании графито-масляного смазочного материала /22/.

Для уменьшения тепловых излучений в кузнечо-прессовых цехах предусматривают естественную вентиляцию (аэрацию) и приточно-вытяжную вентиляцию.

Подачу приточного воздуха в вентилируемые помещения при естественной вентиляции предусматривают в теплый период года на высоте не ниже 4 м от пола. Подача не подогретого воздуха в холодный период года допускается при условии осуществления мероприятий, предотвращающих непосредственное воздействие холодного воздуха на работающих.

Воздушные или воздушно-тепловые завесы располагают у ворот. Воздушное отопление совмещают с приточной вентиляцией. Установки отопления и вентиляции не должны создавать на постоянных рабочих местах в производственных зданиях и в обслуживаемой зоне вспомогательных зданий шума, превышающего допустимые уровни звукового давления, и вибрацию, превышающую установленную нормами.

В современных цехах в закрытые кабины операторов мостовых кранов, пультов управления, в комнаты отдыха подают свежий воздух, а также их оборудуют кондиционерами. Перед подачей свежего воздуха предусматривают его очистку от пыли, охлаждение в теплый период года и подогрев в холодный период.

Повышение культуры производства, улучшение психофизиологических условий работающих, а также развитие эстетического отношения к процессу труда связано с цветовой отделкой помещений и окраской оборудования и соответствующее естественное освещение, которое обеспечивается через световые проемы в стенах и в аэрационных фонарях. Совмещенное освещение предусматривается в случаях, когда по условиям технологического процесса невозможно обеспечить заданные значения освещенности.

6.3 Организация рабочего места и безопасность труда

Организация рабочего места при штамповке должна обеспечивать максимальные удобства для работающих, беспрепятственную и легкую передачу заготовок к прессу, удовлетворять требованиям безопасности.

Безопасная работа на горячештамповочных прессах, автоматах и специализированном оборудовании, как и на любом кузнечно-штамповочном оборудовании, возможна только тогда, когда оно полностью исправно. Поэтому, прежде чем пустить ту или иную машину в работу, необходимо тщательно проверить ее состояние, наличие смазки, правильность и надежность установки штампов, работоспособность установленных на машине блокировок, а так же исправное состояние ограждений и других защитных средств. Важным условием безопасности при работе на кузнечно-штамповочном оборудовании является четкая организация работы в бригаде. При этом необходима полная согласованность действий всех членов бригады и исключение опасных приемов работы. Строгое выполнение всех требований инструкции по эксплуатации и соблюдение правил техники безопасности гарантирует отсутствие травм и несчастных случаев.

Наиболее высокие требования по технике безопасности предъявляются при работе на молотах. Кроме наблюдения за техническим состоянием молотов и выполнения мероприятий по правильной эксплуатации оборудования необходимо:

- выставлять металлические щиты, защищающие находящихся на участке штамповки или проходящих рядом людей от отлетающей окалины;
- при штамповке работать в шлеме и очках, чтобы предупредить повреждение глаз от отскакивающей или сдуваемой окалины;
- работать в рукавицах во избежание ожога рук;
- внимательно следить за состоянием штампов, чтобы предупредить случаи поломок инструмента в процессе работы. Запрещается вводить руки в штамповую зону без предварительной установки бабы на подпорку и выключения привода молота.

Мастера систематически инструктируют рабочих по вопросам безопасности выполняемых работ и контролируют, соблюдают ли рабочие правила безопасности труда.

Общие правила безопасности обязывают каждого работающего убедиться в исправности прессового оборудования и штампов и проверить их работу в режиме холостой ход.

Во время работы рабочий должен быть внимателен и не должен отвлекаться разговорами и посторонними делами. При ремонте, уборке, чистке смазывании пресса у пусковых устройств вывешивают надпись «Не включать - ремонт». Каждый работающий должен остерегаться движущихся транспортных и грузоподъемных устройств; не находиться под поднятым грузом; не заходить за ограждения и не работать без ограждений; не трогать машины и электрические устройства, которые он не обслуживает.

Список использованных источников

1 Суворов И.К. Обработка металлов давлением. - М.: Высшая школа, 1973. - 384 с.
2 Зорчев С.Н., Кузминцев В.Н. Общая технология кузнечно-штамповочного производства. - М.: Высшая школа, 1986. - 87 с.
3 Экономическое обоснование технических решений на машиностроительных предприятиях. /Под редакцией С.Г. Пуртова, С.В. Смирнова. – М.: Высшая школа, 1989. – 240 с.
4 Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки давлением. - М.: Машиностроение, 1977. - 423 с.
5 Дальский А.М. Технология конструкционных материалов. - М.: Машиностроение, 1990. – 352 с
6 Материаловедение. /Под общ. редакцией Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 648 с.
7 ГОСТ 3.11099-85. Технологический процесс, определение состояния предмета труда. - Введ. 01.01.86 – М.: издательство стандартов, 1985. - 5 с.
8 Щеголев В.Ф., Максимов Л.Ю., Линц В.П. Кузнечно-прессовые машины. - М.: Машиностроение, 1979. - 304 с.
9 Смирнов В.С. Теория обработки металлов давлением. - М.: Металлургия 1973. - 496 с.
10 Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. - М.: Металлургия, 1980. - 456 с.
11 Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением. - М.: Металлургия, 1986. - 688 с.
12 Домогацкий В.И. Прогрессивные заготовки в машиностроении. – Куйбышев: Куйбышенвский авиационный институт, 1983. - 100 с.
13 Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. - М.: Машиностроение, 1996. – 156с.
14 Афонькин М.Г., Магницкая М.В. Производство заготовок в машиностроении. – Ленинград: Машиностроение, 1987. - 256 с.
15 ГОСТ 7505- 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. Введ. 01.01.90 – М.: Издательство стандартов, 1990. – 53 с.
16 Смирнов В.К., Литвинов К.И., Харитонов С.В. Горячая вальцовка заготовок. - М.: Машиностроение, 1980. - 152 с.
17 Полухин П.И., Тюрин В.А., Давидков П.И., Витанов Д.Н. Обработка металлов давлением в машиностроении. - М.: Машиностроение, София «Техника», 1983. - 279 с.
18 Бойцов В.В., Трофимов И.Д. Горячая объемная штамповка. - М.: Высшая школа, 1982. - 270 с.
19 Раскинд В.Л. Справочник молодого кузнеца-штамповщика. - М.: Высшая школа, 1985. - 256 с.
20 ГОСТ 8479-70. Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия. - Введ. 01.01.90 – М.: Издательство стандартов, 1989. - 16 с.

21 ГОСТ 2789 - 73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. - Введ. 01.01.75 - М.: Издательство стандартов, 1990. – 10 с.
22 Охрименко Я.М., Смирнова Ю.В., Юхтанов Д.В. Защитно-смазочные покрытия и смазочно-охлождающие жидкости. – М.: Машиностроение, 1983. - 64с.
23 Смазочно-охлаждающие технологические средства: Справочник. /Под общей редакцией проф. С.Г. Энтелиса, канд. техн. наук Э.М. Берлинера. - М.: Машиностроение, 1975. – 496 с.
24 Килов А.С., Базарнов Д.А. Компьютерный расчет технологических параметров процессов штамповки // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы подготовки кадров для развития экономики Оренбуржья».- Оренбург, 2002. - 301 с.
25 ГОСТ 3.1201-85. ЕСТД. Оформление, обозначение технической документации.Технологическая документация на поковки. - Введ. 01.07.86 – М.: издательство стандартов, 1985. - 10 с.
26 ГОСТ 2.308-79. ЕСТД. Указание на чертежах допусков. Допустимые отклонения размеров. - Введ. 01.01.80 – М.: Издательство стандартов, 1988. - 19 с.
27 ГОСТ 3.1126- 88. ЕСТД. Правила выполнения графических документов на поковки. - Введ 01.01.89 – М.: Издательство стандартов, 1988. - 4 с.
28 Мендельсон В.С., Рудман Л.И. Технология изготовления штампов и пресс-форм. – М.: Машиностроение, 1982. - 207с.
29 Малевский Н.П., Мещеряков Р.К., Полтавец О.Ф. Слесарь-инструментальщик. -М.: Высшая школа, 1987. - 304с.
30 Бельский Е.И., Ситкевич М.В. Эксплуатация, ремонт и пути повышения стойкости штампов. – М.: Машиностроение, 1981. - 51с.
31 Юсипов З.И., Каплин Ю.И. Обработка металлов давлением и конструкции штампов. - М.: Машиностроение, 1981. - 272 с.
32 Номенклатурный каталог. Кузнечно-прессовое оборудование, выпускаемое предприятиями министерства станкостроительной и инструментальной промышленности в 1985-1986 г. - М.: ВНИИ-ТЭМП., 1985. - 138 с.
33 Гусев А.Н., Линц В.П. Устройство и наладка холодноштамповочного оборудования. - М.: Высшая школа, 1983.- 263 с.
34 Стерин И.С., Машиностроительные материалы. – Л: Лениздат, 1984. – 272 с.
35 Мансуров И.З., Подрабинник И.М. Прогрессивное кузнечно-прессовое оборудование. - М.: ВНИИТЭМР, Кузнечно-прессовое машиностроение. Технология и оборудование. Вып. 4. 1987. – 52 с.
36 А.с. 1180186, МПК В 23 D 31/00.. Способ ломки проката. / В.А. Тимошенко, В.В. Кириловский. (СССР) - № 3683038 / 25-27. Заяв. 30.12.83. Опубл.23.09.1985, БИ №35.
37 А.с. 1299246, МПК В 23 D 31/00. Устройство для разделения проката ломкой. / В.А. Тимошенко, В.В. Кириловский. (СССР). - № 3765430 / 25-27. Заяв. 25.06.84. Опубл.23.03.1987, БИ №11.

38 А.с. 1303294, МПК В 23 D 31/00. Способ ломки проката. / В.А. Тимошенко, В.В. Кириловский. (СССР). -.№ 3945720 / 25-27. Заяв.21.08.85. Опубл.15.04..1987, БИ №14.
39 Немзер Г.Г., Шамов А.Н. Нагрев металла под ковку и штамповку. – Л.: Машиностроение, 1981. - 104с.
40 Установки индукционного нагрева. /Под редакцией А.Е. Слухоцкого. – Ленинград: Энергоиздат, 1981. - 328 с.
41 Романов Д.И. Электроконтактный нагрев металла. - М.: Машиностроение.: 1981. - 168 с.
Кабанов Н.С. Сварка на контактных машинах. - М.: Высшая школа, 1985. - 271с
42 А.с. № 1578212, МПК С 21 D 1/40. Способ электроконтактного нагрева проката. / А.С. Килов, Т.П. Осипова (СССР). - №4328200 / 31-02. Заяв. 17.11.87. Опубл.15.07.1990, БИ №26.
43 А.с. № 1786123 , МПК С 21 D 1/40. Способ электроконтактного нагрева электропроводных заготовок. / А.С. Килов, В.И. Ващенко (СССР). - .№ 4889299 /02. Заяв.10.12.90. Опубл.07.01.1993, БИ №1.
44 А.с. № 1715863 , МПК С 21 D 1/40. Устройство для электроконтактного нагрева электропроводящего материала. / А.С. Килов, Б.А. Каримов, К.М. Тулендинов (СССР). - № 4714129 / 02. Заяв.04.07.89. Опубл.29.02.1992, БИ №8.
45 Килов А.С. Нагрев локальных зон в плоских заготовках. // Материалы международной научно-практической конференции «Учебная, научно-производственная и инновационная деятельность высшей школы в современных условиях», направление 2 - Оренбург, 2001. - С.209-210
46 Захаров Б.В., Берсенева В.Н. Прогрессивные технологические процессы и оборудование при термической обработке металлов. – Москва: Высшая школа, 1988г. – 71 с.
47 Власов В.И., Власов А.В. Автоматизация в кузнечно-штамповочном производстве. - М.: Машиностроение, 1982. - 40 с.
48 Шурков В.Н. Основы автоматизации производства и промышленные роботы. - М.: Машиностроение, 1989. - 240 с.
49 Ланской Е.Н., Евстифеев В.В., Грязнов В.В. Автоматизация проектирования процессов холодной объемной штамповки и создание систем автоматизированного производства. - М.: Машиностроение, 1979. - 284 с.
50 Тетерин Г.П., Полухин П.И. Основы оптимизации и автоматизации проектирования технологических процессов горячей объемной штамповки. - М.: Машиностроение, 1979. - 284 с.
51 Алиев З.А., Тетерин Г.П. Системы автоматизации проектирования горячей объемной штамповки. - М.: Машиностроение, 1987. - 224 с.
52 Михайлова В.Л., Буренин В.В. Безопасность труда в кузнечно-штамповых цехах. - М.: Высшая школа, 1988. - 120 с.
53 Михайлова В.Л., Буренин В.В. Безопасность труда кузнеца на молотах и прессах. - М.: Машиностроение, 1986. - 64 с.
54 Бринза В.Н., Векшин Б.С. Охрана труда в кузнечно-штамповочных цехах. – М.: Машиностроение, 1983. - 48 с.

Приложение А
(справочное)

Структура себестоимости поковок

Технико-экономические показатели включают стоимостные и натуральные величины.

Стоимостные показатели являются главными при оценке экономической эффективности (себестоимость, годовой экономический эффект и срок окупаемости).

Показателем сравнительной экономической эффективности является минимум приведенных затрат при сопоставлении нескольких технически рациональных вариантов или затрат на мероприятия по новой технике. В качестве показателя общей эффективности служит фондоотдача, отношение прибыли к капитальным вложениям /91/

$$Ф_{от} = П/К\,, \qquad (А.1)$$

или срок окупаемости

$$С_о = К/П\,, \qquad (А.2)$$

где $Ф_{от}$ – фондоотдача, р.;

$П$ – прибыль, р.;

$К$ – капитальные затраты, р.;

$Со$ – срок окупаемости, лет.

В состав натуральных показателей кузнечно-штамповочного производства (КШП) входят коэффициент использования металла (КИМ) и трудоемкость изготовления поковок и деталей. Расчет и анализ натуральных показателей позволяет оценить отдельные преимущества и выявить недостатки вариантов новой технологии. Величинами, используемыми для сопоставимости отдельных показателей, являются одинаковые объемы производства для сравниваемых вариантов, одинаковые цены, тарифы и т.д.

Серийность и масштаб производства поковок являются главными факторами, определяющими эффективность специализации производства. В индивидуальном производстве при большой номенклатуре выпускаемых поковок меньшие возможности для специализации, т.к. при этом используют универсальное оборудование и инструменты.

В серийном производстве поковок специализации подвергается преимущественно инструмент, а оборудование может быть универсальным.

При массовом производстве поковок цех подразделяют на узкоспециализированные участки, оснащенные специальным оборудованием. Наиболее технологичным является массовое производство изделий одного вида и типоразмера на каждом агрегате. При этом организуется поточная линия.

Подразделение КШП на единичное (индивидуально), серийное и массовое является условным. Четкие границы по тоннажу или штуками не установлены и носят качественный характер в зависимости от размера поковок. Так, крупная серия поковок для тепловоза (по штукам) соответствует мелкой серии поковок для трактора.

Наиболее правильно оценить преимущества и недостатки каждого варианта в области экономии эксплуатационных расходов позволяет критерий приведенных затрат, который определяют по формулам:

$$З = К + О_К + С \text{ или } З = (с + Е_Н к)N, \qquad (А.3)$$

где $З$ – приведенные затраты на годовой выпуск или единицу продукции, р.;

$С$ – себестоимость годовой продукции, р.;

$с$ – то же, на единицу продукции, р.;

$К$ – капитальные вложения, р.;

$к$ – то же, на единицу продукции, р.;

$О_к$ – отраслевой нормативный срок окупаемости, лет;

$Е_н$ – коэффициент сравнительной экономической эффективности от 0,3 до 0,2 (с механизацией, автоматизацией);

N – годовой объем производства, т.

Наиболее экономичный вариант имеет минимальную сумму приведенных затрат.

Экономическая эффективность – разность сумм приведенных затрат между существующим и внедряемым производством, или сравниваемыми вариантами:

$$Э = \left[\left(C_1 + E_н \cdot K_1\right) - \left(C_2 + E_н \cdot K_2\right)\right] \cdot N, \qquad (А.4)$$

где $Э$ – экономическая эффективность;

K_1 и K_2 – капитальные удельные вложения, руб;

В расчетах экономической эффективности наибольшие трудности связаны с определением себестоимости.

Себестоимость поковки включает затраты на металл $С_м$, основную и дополнительную заработную плату $З_п$, амортизацию оборудования $З_а$, на текущий ремонт $З_р$, на технологическое топливо $З_т$, затраты на энергоноситель $З_э$ и электроэнергию $З_{эл}$, на обдувку штампов $З_{об}$, наладку штампов $З_н$ и затраты на штампы $З_ш$:

$$С_п = С_м + З_п + З_а + З_р + З_т + З_э + З_{эл} + З_{об} + З_п + З_м. \qquad (А.5)$$

При расчете себестоимости детали добавляется зарплата рабочих механического цеха, затраты на инструмент и эксплуатацию станочного

оборудования на 1 кг детали и эти затраты в механическом цехе значительно большие, чем затраты в кузнечном цехе на 1 кг поковки.

При укрупненных расчетах себестоимости поковок (деталей) используют нормальную величину затрат связанных с эксплуатацией оборудования или обработкой 1 массы металла

$$C_п = C_м + З_м + З_{п_1} + З_{эк_1} \cdot t_{шт}$$

или

$$C_о = C_м + З_{п_1} + З_м + З_{эк_1} \cdot t_{шт_1} + З_{п_2} + З_{эк} \cdot t_{шт_2}, \qquad (А.6)$$

где $З_п$, $З_{п1}$ – заработная плата в кузнечном цехе и механических цехах, р.;

$З_{эк1}$, $З_{эк2}$ – нормативные затраты на эксплуатацию оборудования за 1 минуту, р.;

$t_{шт}$ – штучное время, с;

$З_п$, $З_м$ – затраты на оснастку и инструмент, р.

Стоимость металла составляет наибольшую часть от себестоимости и определяется:

$$C_м = C_р - C_о = C_о \cdot Ц_м = G \cdot Ц_о, \qquad (А.7)$$

где C и $Ц$ – стоимость и цена расчетного количества металла и отходов, р.;

G – масса металла, кг.

Или с учетом КИМ $\left(K_{исп} = \dfrac{G}{G_р} \right)$

$$C_м = G_р \cdot Ц_м - (1 - K_{шп}) G_р Ц_о. \qquad (А.8)$$

Если принять стоимость металла 100 %, то стоимость поковки составит 190 %, а стоимость передела 90 %. Стоимость детали составит 250 %.

Себестоимость продукции зависит от величины программы производства (особенно для штампованных поковок). Сопоставление расчетов стоимости и приведенных затрат в зависимости от величины серийности для разных способов штамповки позволяет определить оптимальную программу производства.

Штамповка становится экономичной при изготовлении минимального числа деталей:

$$N_{\min} = \frac{Q_ш + З_п}{(C_к + C_{шк}) - (C_м + C_{мш})}, \qquad (А.9)$$

где $Q_ш$ – стоимость штампов, р.;

$З_п$ – затраты на наладку, р.;

$C_к$, $C_{шк}$, $C_м$, $C_{шм}$ – себестоимость поковки и механической обработки, р.

Для установления зависимости себестоимости от величины программы выпуска, статьи ее затрат подразделяют на 2 группы А и Б.

Группа А – переменные расходы, изменяющиеся пропорционально программе, группа Б – условно постоянные затраты, не зависящие от программы. Себестоимость детали составит:

$$C_v = A + \frac{Б}{N}, \qquad (A.10)$$

где N – программа выпуска, шт.

или

$$C = AN + Б, \qquad (A.11)$$

где $C = C_v \cdot N$ – себестоимость программы, р.

Изменение себестоимости детали в зависимости от метода обработки наглядно видно на примере изготовления вала, себестоимость одного килограмма изделия при обработке резанием (точение) составляет 500 рублей. При ковке – 300 рублей, из них 200 – на резание. При горячей штамповке – 250 рублей, из них 200 – на горячую штамповку (с учетом стоимости материала и штампа). При поперечной прокатке – 240 рублей, из них на поперечную прокатку – 220 рублей (с учетом стоимости материала, оснастки и амортизации оборудования) при этом получают практически точную заготовку и на долю механической обработки остается лишь незначительная часть, чем и объясняются низкие затраты на этот передел.

Приложение Б
(справочное)

Технологическая документация процесса объемной штамповки

Технологический процесс изготовления горячештампованных поковок, оформленный на специальном бланке, называется технологической картой. Технологическая карта и чертеж поковки являются основными технологическими документами в кузнечном производстве.

В первой общей части технологической карты указывается марка металла и стандарт на металл, профиль и размеры заготовки с допусками, масса поковки и исходной заготовки, вид отходов (угар, облой, перемычка) и процент их массы в общем количестве расходуемого металла. В этой части карты, как правило, указывается норма расхода металла, возможность использования отходов и другие характеристики материала.

Во второй части карты перечисляются все операции и переходы штамповки в порядке их выполнения с эскизами основных переходов. Напротив названия и краткого содержания выполняемых операций записываются, в колонках справа, режимы выполнения работы и технические условия на операцию. К ним относится температура нагрева исходной заготовки и температура штамповки, характеристика оборудования, основной и вспомогательный инструмент, способ проверки размеров и качества, контрольно-измерительный инструмент и т.п.

В остальных колонках приводятся сведения о профессии рабочих, их количестве, разрядах, времени на выполнение операции и норме выработки.

Чертеж поковки (см. ниже) и технологическая карта согласовываются с заказчиком поковки (механическим цехом или заводом).

Технологическая карта утверждается главным металлургом завода.

В единичном и мелкосерийном производстве технологическую карту, в приведенном выше виде, не разрабатывают, а ограничиваются составлением операционной карты, т.е. только второй части технологической карты.

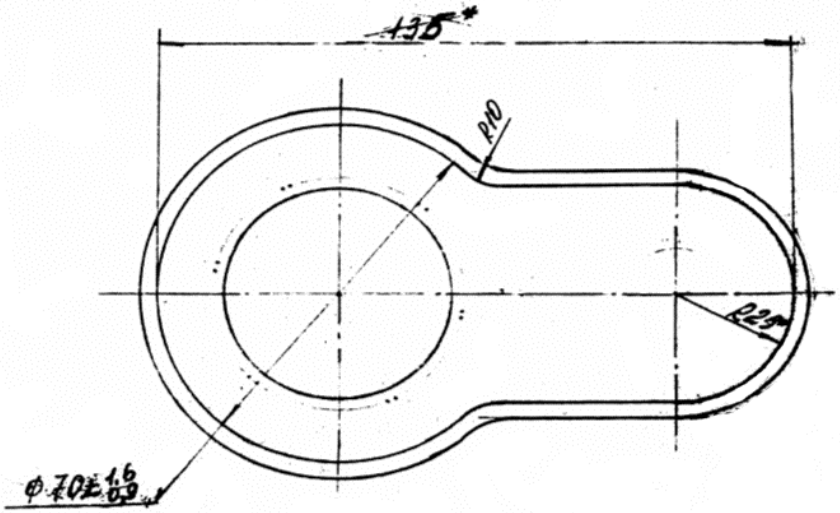
В операционной карте в большинстве случаев не приводят данные о квалификации рабочих и норме времени на выполнение операций.

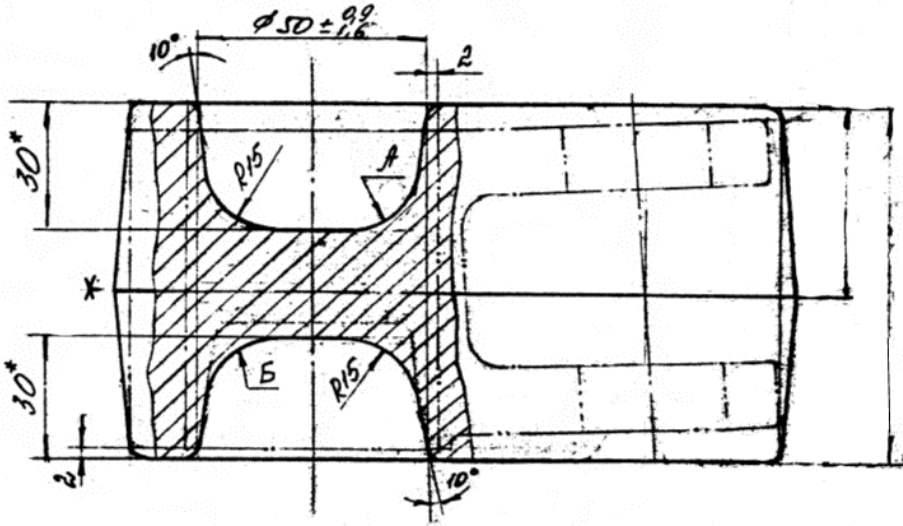
Также пользуются маршрутно-технологическими картами – ведомостями.

После согласования и утверждения технологической карты указанный в ней технологический процесс становится законом производства. Это означает, что все записанное в технологической карте должно неукоснительно выполняться.

Изменения, с целью улучшения технологии, вносят по установленному на заводе порядку переоформления технологической карты. Для изменения технологического процесса пользуются специальными листками изменений.

536.32.621.02
Поковка





1. Гр. II 170-285 НВ ГОСТ 8479-70.
2. Класс точности Т4, группа стали М2, степень сложности С2, исходный индекс - 13 по ГОСТ 7505-89.
3. * Размеры обеспечиваются штампом.
4. Неуказанные радиусы скруглений R 3мм; неуказанные штамповочные уклоны 7°.
5. Допускаемая величина остаточного облоя 0,9мм, утянутый заусенец от обрезки до 5мм.
6. Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа 0,7мм.
7. Допускаемое отклонение от плоскостности 0,8мм.
8. Поверхностные дефекты на обрабатываемых поверхностях до 1/2 фактического припуска на механобработку, на необрабатываемых - в пределах допуска на размер.
9. Очистить от окалины, на поверхностях А и Б, труднодоступных для очистки, допускается остаток окалины.

536.32.621.02 Поковка			
Серьга	Лит.	Масса	Масштаб 1:1
	Лист	Листов 1	
Круг 40-В ГОСТ 2590-88 / 38ХС-Т ГОСТ 4543-71	ПО ПТЗ ОГМет		

Порядок разработки, оформления, внесения изменений и утверждения технологического процесса, как и строгое его выполнение, определяют технологическую дисциплину в кузнечном цехе завода.

Нарушение технологической дисциплины приводит к осложнениям и браку в производстве поковок, поломкам деталей в процессе эксплуатации, производственному травматизму. Ответственными за соблюдение технологической дисциплины являются начальник кузнечного цеха, мастер производственного участка и бригадир кузнецов - штамповщиков.

Бригадир обязан иметь на рабочем месте чертеж поковки (аналогичный, приведенному чертежу) и технологическую карту, а каждый член бригады должен изучить технологическую документацию и выполнять то, что в ней записано.

Приложение В
(справочное)

Составление графического документа (чертежа) разрабатываемой поковки

Составление графического документа (чертежа) поковки является одним из наиболее ответственных этапов при проектировании поковки и разработке процесса. Технолог, при разработке технологического процесса обработки металла давлением, разрабатывает два графического документа (чертежа).

Графический материал холодной поковки является инспекционным документом, по которому принимается готовая поковка. Графический материал горячей поковки, учитывающий расширение металла при нагреве, является основным документом для изготовления окончательного ручья штампа.

При составлении графического материала поковки необходимо владеть терминами ГОСТ 7505-89 /15/ и выполнить следующее:

1) Выбрать поверхность разъема штампа и построить линию разъема, при этом решают вопросы, связанные с расположением волокон в поковке, обеспечивая их требуемую направленность; назначить припуски, допуски, напуски, для чего необходимо определить исходный индекс поковки; штамповочные уклоны и радиусы закругления. В поковках с отверстиями конструируют прошиваемые отверстия и определяют размеры перемычек под пробивку. Указывают места клеймения, испытания на твердость и т.д.

Поверхность разъема штампа назначается с учетом следующих обстоятельств, необходимо обеспечение упрощения конструкции штампа и возможности свободного извлечения поковки из него. Также учитывают удобство обрезки облоя и снижение отходов металла в заусенец за счет уменьшения периметра заусенца, как и возможность обнаружения сдвига верхней части штампа относительно нижней.

Поверхность разъема может быть плоской и изогнутой, причем изогнутость может быть симметричной и несимметричной.

Не всегда возможно, одновременно удовлетворить всем перечисленным требованиям при выборе поверхности разъема штампа, в таких случаях некоторыми из требований, имеющими меньшие значения, приходится пренебрегать.

2) Припуски, допуски и кузнечные напуски устанавливают в соответствии с исходным индексом, который определяют по номограмме в зависимости от конструктивных характеристик поковки, включающих, группу стали, степень сложности, поверхность разъема и класс точности (таблица В.1). Параметры припусков также зависят от размеров и массы поковки, а характеристика и вид поковок, получаемых штамповкой на молотах или кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП), показаны в таблице 2.

Таблица В.1 - Конструктивные характеристики поковки

Конструктивные характеристики поковки	Обозначения и критерии выбора	Примечание
1. Класс точности	Т1 – 1-й класс Т2 – 2-й класс Т3 – 3-й класс Т4 – 4-й класс Т5 – 5-й класс	Определяется по таблице В.2.
2. Группа стали	М1 – сталь с массовой долей углерода до 0,35 % включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов до 2,0 % включительно М2 – сталь с массовой долей углерода свыше 0,35 % и до 0,65 % включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 и до 5,0 % включительно М3 – сталь с массовой долей углерода свыше 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 %	При назначении группы стали определяющим является среднее массовое содержание углерода и легирующих элементов (Si, W, Mn, Cr, Ni, Mo,V,)
3.Степень сложности	С1 – 1-я степень С2 – 2- я степень С3 – 3- я степень С4 – 4- я степень	Устанавливается по рекомендациям приведенным ниже
4. Конфигурация поверхности разъема штампа	П – плоская Ис – симметрично изогнутая Ин – несимметрично изогнутая	

3) Группа стали изменяется от М1 до М3, причем, группе стали М2, соответствует сталь с массовой долей углерода от 0,35 до 0,65 % включительно, или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 и до 5,0 %, включительно. Меньшие проценты углерода или легирующих элементов соответствуют, группе стали М1, а большие – М3.

4) Класс точности определяется, в зависимости от вида технологического процесса штамповки и оборудования на котором осуществляется, изготовление поковки он изменяется от Т1 до Т5 (таблица В2(19), в скобках указан номер таблицы или ее фрагмент по ГОСТ 7505-89) /15/.

Таблица В.2 (19) - Выбор класса точности поковок

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
Кривошипные горячештамповочные прессы		+	+	+	+
штамповка открытая (облойная)				+	+
штамповка закрытая		+	+		
штамповка выдавливанием			+	+	
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка объемная (горячая и холодная)	+	+			
Прецизионная штамповка	+				

Примечания

1 Прецизионная штамповка - способ штамповки, обеспечивающий устанавливаемую точность и шероховатость одной или нескольких функциональных поверхностей поковки, которые не подвергаются окончательной обработке.

2 При пламенном нагреве исходных заготовок допускается снижение точности для классов Т2 - Т4 на один класс.

3 При холодной или горячей плоскостной калибровке точность принимается на один класс выше.

4 С повышением индекса, класс точности снижается.

Расчетную массу поковки определяют исходя из ее номинальных размеров, однако, из-за отсутствия последних, ориентировочную величину расчетной массы поковки ($M_{пр}$) допускается определять как произведение массы детали на расчетный коэффициент (от 1,1 до 2,2), в зависимости от характеристики детали и способа штамповки заготовки (таблица В.3).

Таблица В.3 (20) - Коэффициент для определения ориентировочной расчетной массы поковки (Кр)

Группа	Характеристика детали	Типовые представители	**К р**
1	2	3	**4**
1	Удлиненной формы		
1.1	С прямой осью	Валы, оси, шатуны	1,3 - 1,5
1.2	С изогнутой осью	**Рычаги управления**	1,1 - 1,4
2	Круглые и многогранные в плане		
2.1	Круглые	Шестерни, ступицы, флацы	1,5 - 1,8
2.2	Квадратные, многоугольные, многогранные	Фланцы, ступицы, гайки	1,3 - 1,7

Продолжение таблицы В.3 (20)

1	2	3	4
2.3	С отростками	Крестовины, вилки	1,4-1,6
3	Комбинированной конфигурации (сочетающей элементы групп 1 и 2)	Кулачки поворотные, коленчатые валы	1,3 - 1,8
4	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения передач, буксирные крюки	1,1-1,3
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, которые в поковке при штамповке не оформляются	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8-2,2

Степень сложности поковки определяют вычислением отношения объема поковки к объему описываемой фигуры. Изменяется степень сложности поковки от С1 до С4 (таблица В1).

К определению степени сложности поковок.

1) Степень сложности является одной из конструктивных характеристик формы поковки, качественно оценивающей ее, используется при назначении припусков и допусков.

2) Степень сложности определяют путем вычисления отношения объема (массы) поковки $V_п$ к объему (массе) геометрической фигуры $V_ф$, в которую вписывается форма детали. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром, с перпендикулярными, к его оси, торцами, или прямой правильной призмой (рисунок В.1).

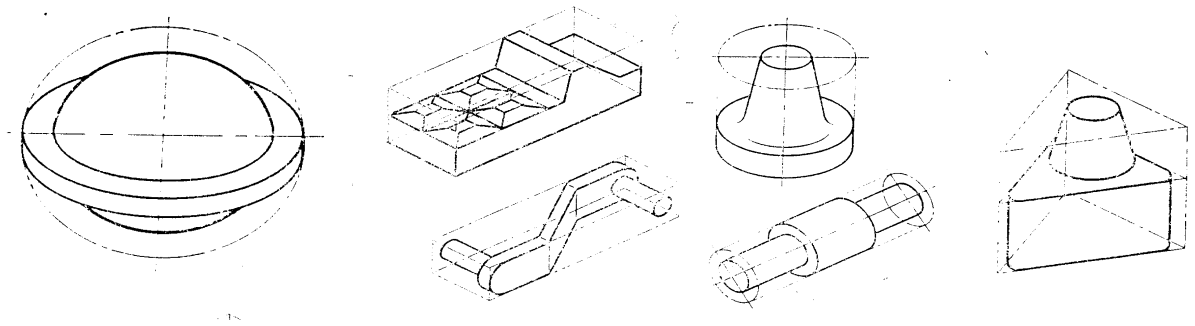


Рисунок В.1 – Виды описанной геометрической фигуры

При вычислении отношения $V_п/V_ф$ принимают ту из геометрических фигур, масса (объем) которой наименьший.

3) При определении размеров геометрической фигуры, описывающей поковку, рекомендуется исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение ее обрабатываемых поверхностей.

4) Степени сложности поковок соответствуют следующие числовые значения отношения Gп/Gф или Vп/Vф, а для поковок, полученных на горизонтально-ковочных машинах, допускается определять степень сложности формы в зависимости от числа переходов.

С1 – св. 0,63 -или не более чем при двух переходах;

С2 – св. 0,32 до 0,63 включ. или при трех переходах;

С3 – св. 0,16 до 0,32 или при четырех переходах;

С4 - св. 0,16 или более чем при четырех переходах или при изготовлении на двух ковочных машинах,

5) Степень сложности С4 устанавливается для поковок с тонкими элементами, например, в виде диска, фланца, кольца, в том числе с пробиваемыми перемычками, а также для поковок с тонким стержневым элементом (рисунок В.2).

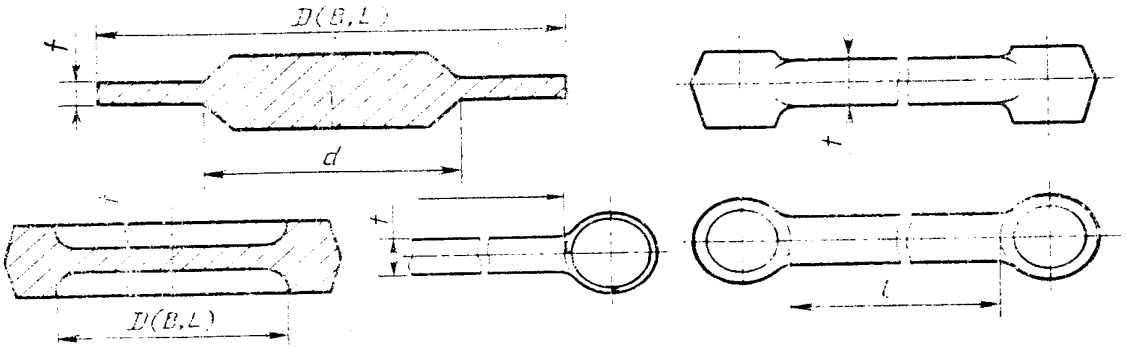


Рисунок В.2 – Виды поковок для установления четвертой степени сложности

При этом отношения элементов t/D и t/L должно быть меньше 0,2, а значение t/(D-d) и t меньше 25 мм

где *D* - наибольший размер тонкого элемента, мм;

t - толщина тонкого элемента, мм;

L - длина тонкого элемента, мм;

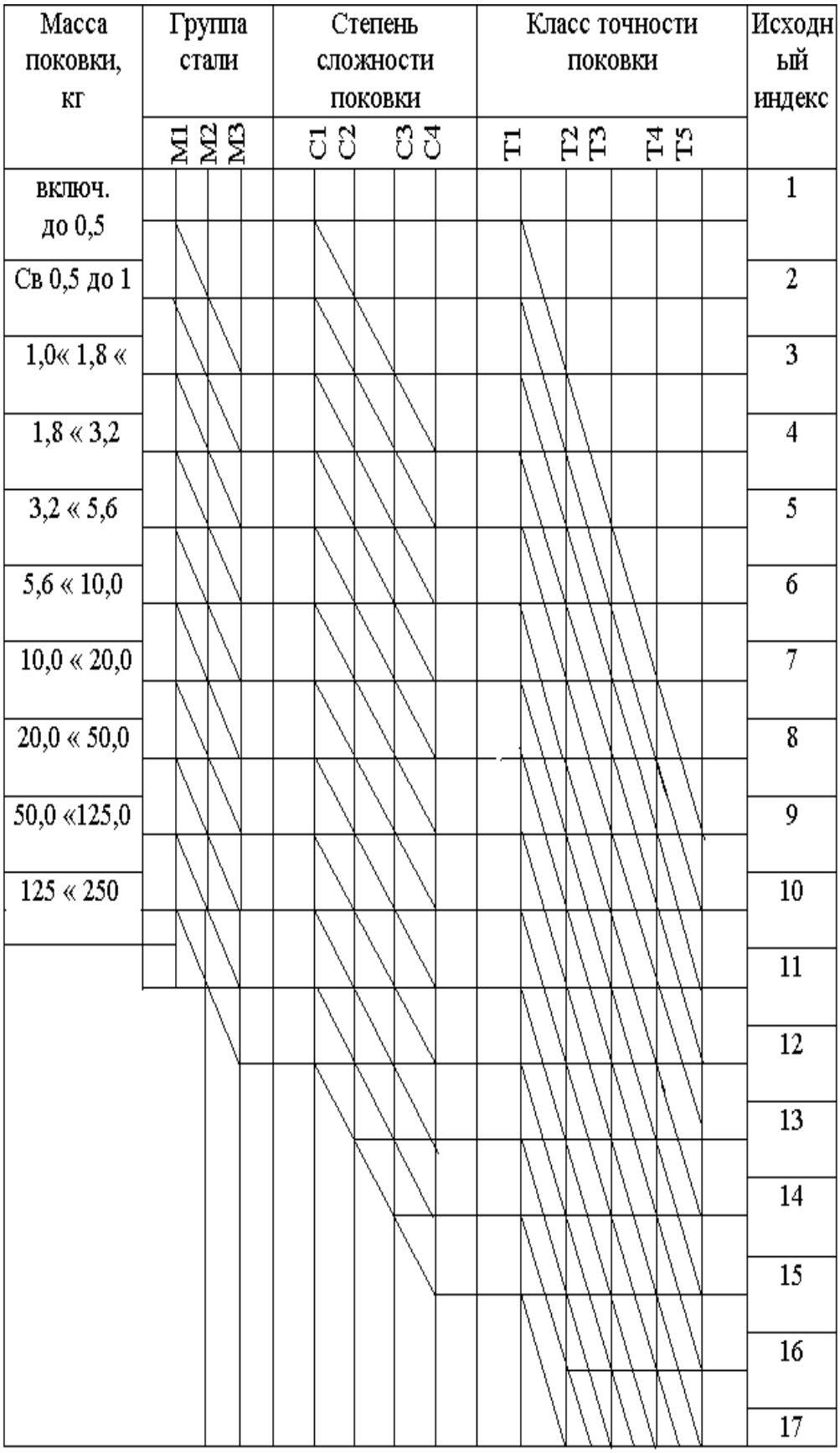
d - диаметр элемента поковки, мм, толщина которого превышает величину t).

Для стальных штампованных поковок общего назначения припуски на механическую обработку устанавливают по /15/ с учетом следующих факторов: массы поковки (до 250 кг); требуемой точности ее изготовления; группы стали; степени сложности поковки, ее размеров и качества поверхности.

Для назначения припуска на механическую обработку предварительно определяют исходный индекс – являющимся обобщенным параметром, объединяющим вышеперечисленные факторы.

Исходный индекс изменяется от 1 до 23 и его значение можно определить по номограмме (таблица В.4).

Таблица В.4 - Определение исходного индекса (фрагмент номограммы)



Также исходный индекс определяют по формуле:

$$И=N+M+C+2(T-1)-2, \qquad (В.1)$$

где N – масса поковки (1,2…10, номер строки из таблицы В.4);
M – группа стали (1, 2, 3);
C – степень сложности (1, 2, 3, 4);
T – класс точности (1, 2, 3, 4, 5).

После нахождения исходного индекса назначают припуски, и они бывают основные и дополнительные. Припуски - слой металла в поковке, подлежащий удалению при механической обработке для получения требуемых размеров готовой детали с заданным качеством поверхности. Припуски (основные и дополнительные) на каждую обрабатываемую резанием сторону установлены в пределах от 0,5 до 12,8 мм, в зависимости от выше перечисленных факторов.

Таблица В.5 (3) - Основные припуски на механическую обработку (на сторону), мм

Исходный индекс	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали, мм														
	До 40			40 - 100			100 - 160			160 - 250			250 – 400		
	Шероховатость Ra														
	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9
2.	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0
3.	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1
4.	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2
5.	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
6.	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
7.	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
8.	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
9.	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,0
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7

Продолжение таблицы В.5 (3)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,97	6,2	6,8

Дополнительные припуски определяют исходя из формы поковки и технологии ее изготовления.

Главными из дополнительных припусков являются те, что учитывают смещение частей поковки в штампах и отклонения от параллельности и прямолинейности поковки.

Таблица В.6 (4) - Дополнительные припуски на смещение

<table>
<tr><td rowspan="9">Масса пококи, кг</td><td colspan="9">Припуски для классов точности, мм</td></tr>
<tr><td colspan="9">Поверхность разъема штампа</td></tr>
<tr><td colspan="5">Плоская (П)</td><td colspan="4" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Т1</td><td>Т2</td><td>Т3</td><td>Т4</td><td>Т5</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="3"></td><td colspan="5">Симметрично изогнутая (И с)</td><td colspan="2" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Т1</td><td>Т2</td><td>Т3</td><td>Т4</td><td>Т5</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="5">Несимметрично изогнутая (И н)</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>Т1</td><td>Т2</td><td>Т3</td><td>Т4</td><td>Т5</td></tr>
<tr><td>до 0,5 включительно</td><td rowspan="4">0,1</td><td rowspan="3">0,1</td><td rowspan="2">0,1</td><td>0,1</td><td rowspan="2">0,2</td><td>0,2</td><td rowspan="3">0,3</td><td rowspan="2">0,3</td></tr>
<tr><td>Св. 0,5 « 1,0 «</td><td rowspan="2">0,2</td><td rowspan="3">0,3</td></tr>
<tr><td>« 1,0 « 1,8 «</td><td rowspan="2">0,2</td><td rowspan="3">0,3</td><td>0,4</td></tr>
<tr><td>« 1,8 « 3,2 «</td><td rowspan="2">0,2</td><td rowspan="3">0,3</td><td>0,4</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>« 3,2 « 5,6 «</td><td rowspan="2">0,2</td><td rowspan="3">0,3</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td></tr>
<tr><td>« 5,6 « 10,0 «</td><td rowspan="3">0,3</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,7</td></tr>
<tr><td>« 10,0 « 20,0 «</td><td rowspan="3">0,3</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,9</td></tr>
<tr><td>« 20,0 « 50,0 «</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,9</td><td>1,2</td></tr>
<tr><td>« 50,0 « 125,0 «</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,9</td><td>1,2</td><td>1,6</td></tr>
<tr><td>« 125,0 « 250,0</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,9</td><td>1,2</td><td>1,6</td><td>2,0</td></tr>
</table>

Таблица В.7 (5) - Дополнительные припуски на плоскостность

Наибольший размер поковки, мм	Припуски для классов точности, мм				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
До 100 вкл	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Св 100 « 160 «	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
« 160 « 250 «	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
« 250 « 400 «	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
« 400 « 630 «	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
« 630 « 1000 «	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
« 1000 « 1600 «	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
« 1600 « 2500 «	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

Также в качестве дополнительных припусков назначают припуски на смещение межосевого и межцентрового расстояний, изогнутость и угловые размеры.

Таблица В.8 (6) - Дополнительные припуски на смешение осей, мм

Расстояние между центрами, осями, мм	Припуски для классов точности, мм				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
до 60 вкл	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
св 60 « 100 «	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
« 100 « 160 «	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8
« 160 « 250 «	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2
« 250 « 400 «	0,3	0,5	0,8	1,2	1,6
« 400 « 630 «	0,5	0,8	1,2	1,6	2,0
« 630 « 1000 «	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5
« 1000 « 1600 «	1,2	1,6	2,0	2,5	4,0
« 1600 « 2500 «	1,6	2,0	2,5	4,0	6,0

Кузнечные напуски – представляют собой объем металла, добавляемый к поковке для упрощения ее формы или облегчения удаления поковки из штампа. К ним относят перемычки под пробивку отверстия, штамповочные уклоны, внутренние радиусы закруглений в углублениях и полостях.

Штамповочные уклоны назначают на поверхности поковок расположенных параллельно движению деформирующего инструмента.

Величины уклонов характеризуются внешними α и внутренними β углами, причем $\alpha<\beta$. Величина штамповочных уклонов зависит от оборудования и конструкции штампа (наличия выталкивателя). С точки зрения экономии металла углы α и β должны иметь минимальную величину и их назначают с учетом данных таблицы В.9 в которой приведены значения максимальной величины штамповочных уклонов.

Таблица В.9 (18) - Величина штамповочных уклонов

Оборудование	Штамповочные уклоны, град	
	Поверхность	
	наружная	внутренняя
Штамповочные молоты, прессы без выталкивателей	7	10
Прессы с выталкивателями, ГКМ	5	7
Горячештамповочные автоматы	1	2

Радиусы закруглений назначают между поверхностями поковок при переходах с одной поверхности на другую. Так же, как и штамповочные уклоны, радиусы закруглений подразделяют на наружные и внутренние.

Минимальная величина радиусов закруглений на пересечении плоскостей наружных углов поковки устанавливается в зависимости от глубины полости ручья штампа, и их величину определяют по таблице В10.

Таблица В.10 (7) - Минимальная величина радиусов закруглений

Масса поковки, кг	Минимальная величина радиусов закруглений, мм при глубине полости ручья штампа, мм			
	до 10 включ	от10 до 25	от 25 до 50	св 50
до 1,0 вкл	1,0	1,6	2,0	3,0
св 1,0 « 6,3 «	1,6	2,0	2,5	3,6
« 6,3 « 16 «	2,0	2,5	3,0	4,0
« 16 « 40 «	2,5	3,0	4,0	5,0
« 40 « 100 «	3,0	4,0	5,0	7,0
« 100 « 250,0 «	4,0	5,0	6,0	8,0

Допуски и допустимые отклонения (максимальные плюсовые или минусовые отклонения размеров) установлены стандартом и их определяют аналогично припускам, в зависимости от исходного индекса и размеров поковки (таблица В.11).

Таблица В.11 (фрагмент таблицы 8) - Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок, мм

Исходный индекс	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки									
	До 40		40 - 100		100 - 160		160 - 250		250 - 400	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,3	+0,2	0,4	+0,3	0,5	+0,3	0,6	+0,4	0,7	+0,5
		-0,1		-0,1		-0,2		-0,2		-0,2
2	0,4	+0,3	0,5	+0,3	0,6	+0,4	0,7	+0,5	0,8	+0,5
		-0,1		-0,2		-0,2		-0,2		-0, 3
3	0,5	+0,3	0,6	+0,4	0,7	+0,5	0,8	+0,5	0,9	+0,6
		-0,2		-0,2		-0,2		-0, 3		-0,3

Продолжение таблицы В.11 (фрагмент таблицы 8)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	0,6	+0,4	0,7	+0,5	0,8	+0,5	0,9	+0,6	1,0	+0,7
		-0,2		-0,2		-03		-0,3		-0,3
5	0,7	+0,5	0,8	+0,5	0,9	+0,6	1,0	+0,7	1,2	+0,8
		-0,2		-0,3		-0,3		-0,3		-0,4
6	0,8	+0,5	0,9	+0,6	1,0	+0,7	1,2	+0,8	1,4	+0,9
		-0,2		-0,3		-0,3		-0,4		-0,5
7	0,9	+0,6	1,0	+0,7	1,2	+0,8	1,4	+0,9	1,6	+1,1
		-0,3		-0,3		-0,4		-0, 5		-0,5
8	1,0	+0,7	1,2	+0,8	1,4	+0,9	1,6	+1,1	2,0	+1,3
		-0,3		-0,4		-0,5		-0,5		-0, 7
9	1,2	+0,8	1,4	+0,9	1,6	+1,1	2,0	+1,3	2,2	+1,4
		-0,4		-0,5		-0,5		-0, 7		-0,8
10	1,4	+0,9	1,6	+1,1	2,0	+1,3	2,2	+1,4	2,5	+1,6
		-0,5		-0,5		-0, 7		-0,8		-0,9
11	1,6	+1,1	2,0	+1,3	2,2	+1,4	2,5	+1,6	2,8	+1,8
		-0,5		-0, 7		-0,8		-0,9		-1,0
12	2,0	+1,3	2,2	+1,4	2,5	+1,6	2,8	+1,8	3,2	+2,1
		-0, 7		-0,8		-0,9		-1,0		-1,1
13	2,2	+1,4	2,5	+1,6	2,8	+1,8	3,2	+2,1	3,6	+2,4
		-0,8		-0,9		-1,0		-1,1		-1,2
14	2,5	+1,6	2,8	+1,8	3,2	+2,1	3,6	+2,4	4,0	+2,7
		-0,9		-1,0		-1,1		-1,2		-1,3
15	2,8	+1,8	3,2	+2,1	3,6	+2,4	4,0	+2,7	4,5	+3,0
		-1,0		-1,1		-1,2		-1,3		-1,5
16	3,2	+2,1	3,6	+2,4	4,0	+2,7	4,5	+3,0	5,0	+3,3
		-1,1		-1,2		-1,3		-1,5		-1, 7
17	3,6	+2,4	4,0	+2,7	4,5	+3,0	5,0	+3,3	5,6	+3,7
		-1,2		-1,3		-1,5		-1, 7		-1,9
18	4,0	+2,7	4,5	+3,0	5,0	+3,3	5,6	+3,7	6,3	+4,2
		-1,3		-1,5		-1, 7		-1,9		-2,1
19	4,5	+3,0	5,0	+3,3	5,6	+3,7	6,3	+4,2	7,1	+4,7
		-1,5		-1, 7		-1,9		-2,1		-2,4

Допустимые отклонения внутренних размеров поковки, как и припуски должны устанавливаться с обратным знаком.

Допускаемая величина смещения по поверхности штампа определяется в зависимости от массы, конфигурации и класса точности поковки, причем, отклонения межосевого расстояния, как и угловых элементов поковки не должны превышать величин, указанных в таблицах таблица В.12, В.16.

Допускаемая величина высоты заусенца на поковке, по контуру обрезки облоя, не должна превышать 2 мм, для поковок массой до 1 кг включительно,. 3 мм для поковок массой свыше 1 и до 5,6 кг, 5 мм для поковок массой до 50 кг и 6 мм для более массивных поковок. При пробивке отверстий указанные значения могут быть увеличены в 1,3 раза.

Допускаемое наибольшее смещения и отклонение от концентричности пробитого в поковке отверстия, как и отклонения по изогнутости или по плоскостности определяется классом точности и подбирается по таблицам В.12, В.13 и В.15.

Допускаемое наибольшее отклонение величины остаточного облоя на поковке, как и отклонения межосевого расстояния, зависят от класса точности поковки и определяются по таблицам В.14, В.16. Причем, отклонения межосевого расстояния, как и угловых элементов поковки не должны превышать величин, указанных в таблицах В.12 – В.17.

Таблица В.12 (9) - Допускаемая величина смещений

Масса поковки, кг	Допускаемая величина смещений по поверхности разъема штампа, мм						
	Плоская поверхность разъема штампа (П)						
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5		
		Симметрично изогнутая поверхность (И с)					
		Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	
			Несимметрично изогнутая (Ин)				
			Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
До 0,5 включительно	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Св.0,5 « 1,0 «	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
« 1,0 « 1,8 «	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
« 1,8 « 3,2 «	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
« 3,2 « 5,6 «	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
« 5,6 « 10,0 «	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4
« 10 « 20,0 «	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8
« 20 « 50,0 «	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5
« 50 « 125,0 «	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2
« 125 « 250,0	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	4,0

Таблица В.13 (12) - Допускаемые отклонения от концентричности пробитого в поковке отверстия

Наибольший размер поковки, мм	Допустимое отклонение от концентричности, мм				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
До 100 вкл	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Св 100 « 160 «	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
« 160 « 250 «	0,6	0,8	1,0	1,5	2,2
« 250 « 400 «	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
« 400 « 630 «	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
« 630 « 1000 «	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0

Таблица В.14 (10) - Допускаемая величина остаточного облоя

Масса поковки, кг	Допускаемая величина остаточного облоя, мм							
	Плоская поверхность разъема штампа (П)							
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5			
		Симметрично изогнутая поверхность разъема штампа (И с)						
			Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	
				Несимметрично изогнутая поверхность разъема штампа (И н)				
				Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
до 0,5 включ.	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Св.0,5 « 1,0 «	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
« 1,0 « 1,8 «	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
« 1,8 « 3,2 «	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
« 3,2 « 5,6 «	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
« 5,6 « 10,0 «	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
« 10,0 « 20,0 «	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2
« 20,0 « 50,0 «	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8

Таблица В.15 (13) - Допускаемые отклонения по изогнутости

Наибольший размер поковки, мм	Допустимое отклонение по изогнутости, мм				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
До 100 вкл	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
Св 100 « 160 «	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
« 160 « 250 «	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
« 250 « 400 «	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
« 400 « 630 «	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
« 630 « 1000 «	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
« 1000 « 1600 «	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2

Таблица В.16 (14) - Допустимые отклонения межосевого расстояния

Расстояние между центрами, мм	Допустимые отклонения межосевого расстояния, мм				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
до 60 вкл	± 0,1	±0,15	±0,2	±0,25	±0,3
св 60 « 100 «	±0,15	±0,2	±0,25	±0,3	±0,5
« 100 « 160 «	±0,2	±0,25	±0,3	±0,5	±0,8
« 160 « 250 «	±0,25	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2
« 250 « 400 «	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±1,6
« 400 « 630 «	±0,5	±0,8	±1,2	±1,6	±2,0

Таблица В.17 (16) - Допускаемые отклонения угловых элементов поковки, град. и мин

Длина элементов, мм	Допускаемые отклонения угловых элементов поковки, град. и мин				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
До 25 вкл	$\pm 0^0 45'$	$\pm 1^0 00'$	$\pm 1^0 30'$	$\pm 2^0 00'$	$\pm 2^0 30'$
Св 26 « 60 «	$\pm 0^0 30'$	$\pm 0^0 45'$	$\pm 1^0 00'$	$\pm 1^0 30'$	$\pm 2^0 00'$
« 60 « 100 «	$\pm 0^0 15'$	$\pm 0^0 30'$	$\pm 0^0 45'$	$\pm 1^0 00'$	$\pm 1^0 30'$
« 100 « 160 «	$\pm 0^0 10'$	$\pm 0^0 15'$	$\pm 0^0 30'$	$\pm 0^0 45'$	$\pm 1^0 00'$
« 160	$\pm 0^0 05'$	$\pm 0^0 10'$	$\pm 0^0 15'$	$\pm 0^0 30'$	$\pm 0^0 45'$

Допуски и припуски на толщину поковок, подвергаемых холодной и горячей калибровке определяют исходя из следующего.

1. При холодной калибровке припуски на механическую обработку поковок и допуски на толщину между калиброванными плоскостями определяют по таблице В.18, а допуск радиуса закругления - по таблице В.19.

Допускаемые отклонения принимаются равными половине поля допуска.

Таблица В.18 (21) - Значения полей допуска

Площадь поверхности, подвергаемой калибровке, см^2	Припуск, мм	Поле допуска при К*, мм	
		до 0,5 включ.	св. 0,5
До 2,5 вкл.	0,25	0,32	0,26
Св. 2,5 до 6,3 «	0,30	0,36	0,32
« 6,3 « 10,0 «	0,36	0,40	0,36
« 10,0 « 16,0 «	0,40	0,44	0,40
« 16,0 « 25,0 «	0,50	0,50	0,44
« 25,0 « 40,0 «	0,60	0,60	0,50
« 40,0 « 80,0 «	0,70	0,80	0,60
* К - отношение толщины (расстояния между калиброванными плоскостями) к ширине поковки, подвергаемой калибровке, или ее элемента.			

Таблица В.19 (17) - Допуск радиуса закругления

Радиус закругления, мм	Допуск радиуса закругления, мм				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
До 4 вкл.	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
Св. 4 « 6 «	0,5	0,5	1,0	2,0	3,0
« 6 « 10 «	1,0	1,0	2,0	3,0	5,0
« 10 « 16 «	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0
« 16 « 25 «	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0
« 25 « 40 «	3,0	5,0	8,0	12,0	20,0
« 40 « 60 «	5,0	8,0	12,0	20,0	30,0
« 60 « 100 «	8,0	12,0	20,0	30,0	50,0

а) При одновременной калибровке нескольких плоскостей поковки, площадь поверхности подвергаемой калибровке, определяется как их сумма. Допуски и допускаемые отклонения устанавливаются на все калиброванные элементы по наименьшей величине *К*.

б) При горячей калибровке припуски и допуски на толщину поковок могут быть увеличены до 1,5 раз.

в) Ширину, длину и диаметр поковки или ее элементов, изменяющихся при калибровке, устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем, при этом величина одностороннего увеличения размеров не должна превышать удвоенного положительного отклонения, а уменьшение - удвоенного отрицательного отклонения размера до калибровки.

г) Отклонения от параллельности, плоскостности и прямолинейности калиброванных плоскостей допускаются в пределах допуска размера после калибровки

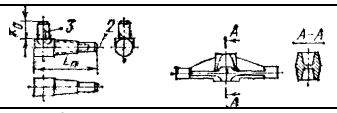
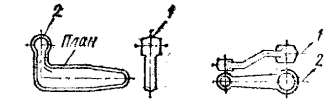
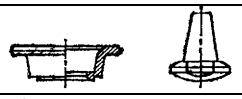
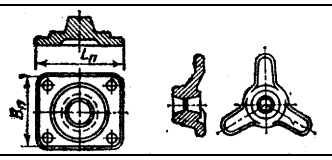
Допускаемые отклонения штамповочных уклонов на поковках устанавливаются в пределах ±0,25 их номинальной величины.

Линейные размеры поковки разрешается округлять с точностью до 0,5 мм.

Допустимые отклонения внутренних размеров поковки должны устанавливаться с обратным знаком.

Класс точности, группа стали, степень сложности должны быть указаны на графическом материале поковки. Допустимые отклонения указывают по ГОСТ 2.308 – 85 /26/, а правила выполнения графического материала поковки и технические требования оформляют – по ГОСТ 3.1126 –85 /27/.

Таблица В.20 Характеристика и вид поковок, получаемых штамповкой на молотах или кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП)

Гру -па	Характеристика детали	Типовые представители	**Вид поковки**
1	2	3	**4**
1	Удлиненной формы		
1.1	С прямой осью	Валы, оси, шатуны, балки	
1.2	С изогнутой осью	**Рычаги рулевого управления**	
2	**Осе симметричные круглые и многогранные в плане**		
2.1	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	
2.2	Квадратные, многоугольные, многогранные	Фланцы, ступицы, гайки	

Продолжение таблицы В.20

1	2	3	4
2.3	**С отростками**	Крестовины, вилки	
	Другие детали		
3	Комбинированной конфигурации сочетающей элементы 1и 2 групп	Коленчатые валы, кулачки поворотные	
4	Большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения передач, буксирные крюки	
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	

Пример расчета (назначения) допусков, допускаемых отклонений и припусков на поковку втулка.

Вид детали (втулки) приведен на рисунке В.3.

Штамповочное оборудование – КГШП.

Нагрев заготовок – индукционный.

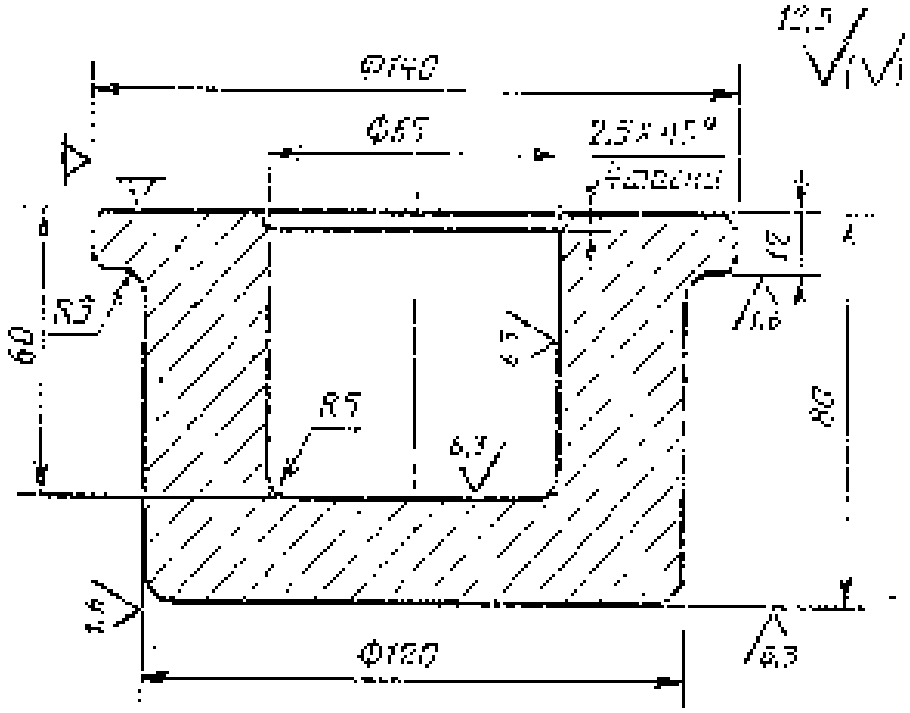


Рисунок В.3 – Чертеж детали втулки

1) Исходные данные по детали.

Материал – сталь 65Г (по ГОСТ 14959-79) с содержанием от 0,62 до 0,7 % C, от 0,5 до 0,8 % Mn, от 0,17 до 0,37 % Si и до 0,25 % Cr.

Размеры детали – из чертежа. Масса детали – 5,4 кг.

2) Исходные данные для расчета.

Масса поковки (расчетная) 8,6 кг, при расчетном коэффициенте *Кр*=1,6, (5,4х1,6=8,6).

Класс точности – Т3.

Группа стали – М3, так как средняя массовая доля углерода в стали 65Г составляет 0,68 % C, а суммарная массовая доля легирующих элементов – 1,04 % (0,27 % Si, 0.65 % Mn, 0,12 % Cr).

Степень сложности—С1.

Размеры описывающей поковку фигуры (цилиндра), мм:
147 (140х1,05) - диаметр; 84 (80х1,05) - длина (где 1,05 - коэффициент).

Масса описывающей фигуры (расчетная) - 11,2 кг;

$$Gn/Gф=8,6/11,2=0,78.$$

Конфигурация поверхности разъема штампа П (плоская).

Исходный индекс— 12.

3). Припуски и кузнечные напуски.

Основные припуски на размеры, мм:
на диаметр 140 мм и шероховатости поверхности 12,5 мкм - 1,5;
на диаметр 120 мм и шероховатости поверхности 1,6 мкм - 2.0;
на толщину 80 мм и шероховатости поверхности 6,3 мкм - 1.7;
на толщину 12 мм и шероховатости поверхности 12,5 мкм - 1,6;
на толщину 12 мм и шероховатости поверхности 1,6 мкм - 1,6;
на диаметр впадины 65 мм и шероховатости поверхности 6,3 мкм - 1,7;
на глубину впадины 60 мм и шероховатости поверхности 12,5 мкм - 1,7.

Дополнительные припуски, учитывающие:
отклонение от плоскостности – 0,3 мм;
смещение по поверхности разъема штампа—0,3 мм.

Штамповочные углы:
на наружной поверхности не более 5°, принимается 3°;
на внутренней поверхности не более 7°, принимается 7°.

4). Размеры поковки и их допускаемые отклонения.

Размеры поковки, мм:
диаметр 140+(1,5+0,3)х2=143,6 принимается 144;
диаметр 120+(1,8+0,3)х2=124,2 принимается 124;
диаметр 65 - (1,7+0.3)х2=61 принимается 61;
толщина 80+1,7+2+0,3х2=84 принимается 84;
толщина 12+1,7+1,6+0,3х2=15,9 принимается 16;
глубина 60х0,8=48, принимается 50.

Радиус закругления наружных углов на глубину полости ручья штампа, мм:
до 50 - не менее 3 принимается 5; св. 50 - не менее 3 принимается 4.

Допускаемые отклонения размеров, мм:

диаметр $144^{+1,3}_{-0,7}$, диаметр $124^{+1,3}_{-0,7}$, диаметр $61^{+0,6}_{-1,2}$,
глубина $50^{+0,7}_{-1,3}$; толщина $84^{+1,6}_{-0,9}$; толщина $16^{+1,6}_{-0,9}$.

Неуказанные допуски радиусов закругления 0,5 мм.

Допускаемое отклонение от плоскостности 0,6 мм.

Допускаемая величина остаточного облоя 0,8 мм.

Допускаемое отклонение от соосности 50х0,01=0,5 мм принимается 0,5.

йДопускаемая величина на смещение по поверхности разъема штампа 0,7 мм.

На основании полученных расчетных значений строим техническую документацию (чертеж) поковки (рисунок В.4).

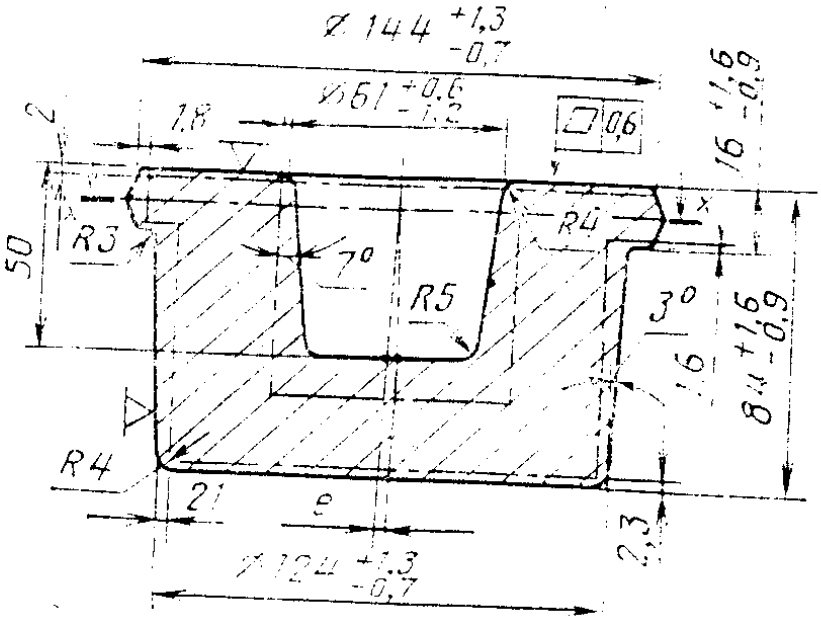


Рисунок В.4 – Чертеж поковки

Приложение Г
(справочное)

Пример выполнения семестрового задания

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Аэрокосмический институт

Индустриально - педагогический колледж

Семестровая работа

По дисциплине:
«Проектирование заготовок»

Проектирование поковки и
расчет исходной заготовки

ГОУ ОГУ 1201. 01. 05(3/5). 04 ПЗ

.

Выполнил студент

гр. _____

Руководитель

канд. техн. наук, доцент _____

Оренбург 2004

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования -
«Оренбургский государственный университет»

Индустриально- педагогический колледж

Утверждаю
Зам. директора
Терентьев А.А
«__»_____200_ г.

Задание на семестровую работу
по дисциплине «Проектирование заготовок»

Студенту_____группа _____

Тема проекта: *разработать заготовку (поковку) для изготовления детали «шестерня»*_____

Исходные данные:

	D_1	D_2	d_3	H_1	h_2
мм	160	80	40	80	60
Ra	1,6	6,3	0,8	6,3	3,2

Задание на специальную разработку:____*нет*_____
_____

Содержание расчетно-пояснительной записки: _____
_____в соответствии с алгоритмом
_____

Перечень графического материала:
*чертеж детали – А4*_____
*чертеж поковки – А3*_____
_____

Срок сдачи законченного проекта «__»_____200_ г.
Руководитель проекта_____
Задание принял к исполнению «__»_____200_ г.
Студент_____

Лист.
2

Содержание

Введение	*4*
Чертеж детали	*5*
1.Конструирование поковки	*6*
2. Исходные данные по детали	*6*
3. Исходные данные для расчета	*7*
4. Определение размеров поковки	*8*
5. Определение размеров исходной заготовки	*9*
Чертеж поковки	*10*
6. Определение коэффициента использования металла	*12*
Список использованных источников	*13*

Введение

Способы обработки металлов давлением делят на три группы: ковка, объемная штамповка и специализированные процессы.

Для массового производства поковок следует применять объемную штамповку, производительность которой в десятки раз больше, чем свободной ковки, а требуемая необходимая квалификация рабочих значительно ниже. Кроме того, при штамповке достигается значительно большая, чем при свободной ковке, точность размеров и ниже шероховатость поверхности поковки.

Основными методами штамповки являются объемная и листовая штамповка, штамповка также бывает горячей и холодной.

При горячей объемной штамповке формообразование поковок осуществляется в специальной оснастке – штампах. Рабочие полости штампов (ручьи), допускают течение деформируемого металла только в определенном направлении и до определенных пределов, в результате чего обеспечивается принудительное получение заданной формы и размеров поковки по трем взаимно перпендикулярным осям.

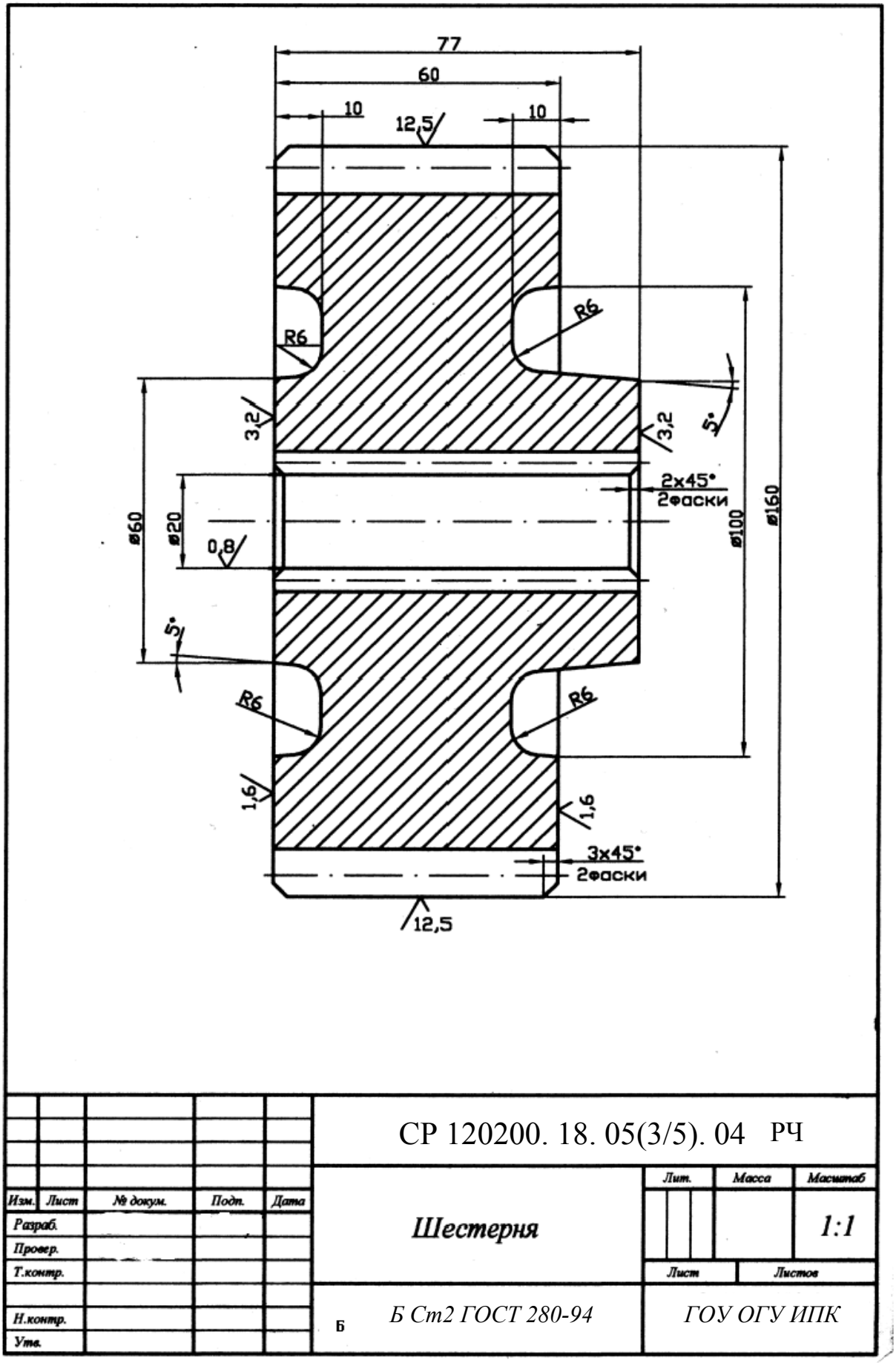
Горячей объемной штамповкой изготовляют поковки различной формы и размеров из различных марок сталей, цветных металлов и сплавов.

Общий технологический процесс горячей объемной штамповки складывается из разделки проката на мерные исходные заготовки, их нагрева, собственно штамповки, обрезки и зачистки заусенцев, термической обработки, правки и калибровки.

Штамповка может быть осуществлена в открытых и закрытых штампах. При штамповке в открытых штампах поковка получается с заусенцем – некоторым избытком металла в исходной заготовке, вытесненным на заключительной стадии процесса штамповки в канавку для заусенца.

Штамповка в закрытых штампах является штамповкой без облоя (заусенца), но она требует высокой точности исходных заготовок по массе, поэтому ее использование составляет менее десяти процентов от общего количества объемной штамповки.

1.2 Чертеж детали



1 Конструирование поковки

По чертежу детали рассчитать и сконструировать поковку, получаемую методом открытой штамповки. Нагрев заготовок – пламенный.

1.2 Выбор штамповочного оборудования

В качестве штамповочного оборудования выбираем кривошипный горячештамповочный пресс (КГШП), т.к. штамповка в открытых штампах на КГШП обеспечивает изготовление относительно точных поковок без сдвига в плоскости разъема, с малыми припусками и с повышенной по сравнению с молотами производительностью.

2 Исходные данные по детали

2.1Наименование детали и ее материал: Деталь – шестерня; материал детали – Б Ст 2 пс (по ГОСТ 380 – 94) состав: 0,09 – 0,15 % C , 0,25–0,5 % Mn, Si ≤0,15 %, P≈0,07 % , S≈0,06 %.

2.2 Определение массы детали

Массу определим исходя из плотности и объема детали, предварительно разбив ее на элементарные фигуры (кольца)

$$m_д = \rho \cdot V_д = \rho(V_1 + V_2 + V_3),$$

$$V_{конца} = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)H$$

где ρ –плотность материала поковки, кг/м^3 для стали она равна 7850;

Vд – объем детали,м^3;

V_1 – объем фигуры, соответствующей ободу шестерни, м^3;

V_2 – объем кольца между ободом и ступицей, м^3;

V_3 – объем фигуры соответствующей ступице шестерни, м^3.

D, d – наружный и внутренний диаметр кольца, м;

H – высота кольца, м.

$$V_1 = \frac{p}{4} \cdot \left(0{,}16^2 - 0{,}1^2\right) \cdot 0{,}06 \approx 735 \cdot 10^{-6}\ м^3$$

$$V_2 = \frac{p}{4} \cdot \left(0{,}1^2 - 0{,}06^2\right) \cdot 0{,}04 \approx 201 \cdot 10^{-6}\ м^3$$

$$V_3 = \frac{p}{4} \cdot \left(0{,}06^2 - 0{,}02^2\right) \cdot 0{,}08 \approx 201 \cdot 10^{-6}\ м^3$$

$$V_д = (735 + 201 + 201) \cdot 10\ 6 = 1137 \cdot 10^{-6}\ м^3$$

$$m_д = 1137 \cdot 10^{-6} \cdot 7850 \approx 8{,}925 кг$$

3 Исходные данные для расчета

3.1 Определение массы поковки

$$m_п = m_д \cdot K_р$$

где $K_р$ – расчетный коэффициент для определения ориентировочной расчетной массы поковки (для круглых деталей $K_р$= от 1,5 до 1,8) /1, 4/.

Принимаем $K_р$ = 1,5, так как поковка простой формы и небольших размеров

$$m_п = 8{,}925 \cdot 1{,}5 = 13{,}387 \approx 13{,}4\ кг$$

3.2 Выбор класса точности поковки

По /1/ для КГШП при открытой штамповке рекомендуются из пяти классов точности Т4 или Т5; принимаем класс точности – Т4, с целью получения более точной поковки.

3.3 Определение группы стали

Средняя массовая доля углерода в стали Б Ст 2 пс 0,12 % С; суммарная массовая доля легирующих элементов – 0,525 % (0,375 % Mn, 0,15 % Si).

По /1, 4/ сталь с массовой долей углерода до 0,35 % и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2 % включительно относится к группе М1.

3.4 Определение степени сложности проводим по отношению объемов (масс) поковки к описанной фигуре.

Описывающая поковку фигура цилиндр и его размеры:

$$диаметр\ 160 \cdot 1{,}05 = 168\ мм$$

$$высота\ 80 \cdot 1{,}05 = 84\ мм$$

где 1,05 – коэффициент, учитывающий увеличение размеров поковки, по сравнению с размерами детали.

$$объем\ фигуры:\ \frac{p \cdot 0{,}168^2}{4} \cdot 0{,}084 \approx 1862 \cdot 10^{-6}\ м^3$$

Масса описывающей фигуры: $m_ф = 1862 \cdot 10^{-6} \cdot 7850 \approx 14{,}617\,кг$

тогда соотношение составит

$$\frac{m_п}{m_ф} = \frac{13{,}387}{14{,}617} = 0{,}92$$

По /1, 4/ при $\frac{m_п}{m_ф}$ *свыше 0,63 принимается степень сложности – С 1*

3.5 Конфигурацию поверхности разъема штампа принимаем плоскую – П.

3.6 Исходный индекс по номограмме в соответствии с ранее определенными параметрами (Н=7, М=1, С=1 и Т=4) составил – 13, проверяем расчетом по формуле

И=Н+М+С+2(Т-1) -2

И=7+1+1-2+2(4-1)=13,

так как значения исходного индекса совпали, следовательно он определен верно.

4 Определение размеров поковки

4.1 Основные размеры поковки и их допускаемые отклонения сведены в таблицу 1

Таблица 1

Размеры		R_a, мкм	Припуски, мм				Суммар-ный припуск, мм	Раз-меры, мм	Допус-каемые откло-нения, мм
				Дополнительные					
Обозна-чение	мм		Осно в-ные	Смещен ие по пов-ти разъема	Откл. от плост и	Выго-рание повер-ностей			
D1	160	1,6	1,5	0,4	–	0,3	4,4	164	$^{+1,0}_{-0,4}$
D2	80	6,3	1,6	0,4	-	0,3	4,6	85	$^{+1,0}_{-0,4}$
d3	20	0,8	–	–	-	-	–	20	$^{+0,9}_{-0,4}$
H1	77	6,3	1,6	0,4	0,3-	0,3	4,6	82	$^{+1,0}_{-0,4}$
h2	60	3,2	1,7	–	0,3	0,3	4,6	65	$^{+1,0}_{-0,4}$

4.2 Другие размеры поковки

4.2.1 Штамповочные уклоны:

на наружной поверхности – не более 5°, принимается 5°;

на внутренней поверхности – не более 7°, принимается 5°

4.2.2 Радиус закругления

Радиус закругления наружных углов – 3 мм (минимальный) принимаем 4 мм.

4.2.3 Допускаемая величина остаточного облоя – 1,2 мм.

4.2.4 Допускаемое отклонение от плоскостности – 0,8 мм.

4.2.5 Допускаемое смещение по поверхности разъема штампа – 0,8 мм.

4.2.6 Допустимая величина высоты заусенца – 5 мм.

По определенным параметрам строим чертеж холодной поковки (А3) с учетом правил /2/.

5Определение размеров исходной заготовки

Размеры исходной заготовки определяют исходя из ее объема равному объему поковки с заусенцем и др. отходами.

$$V_{из} = V_п + V_{об} + V_{пер} + V_{уг} = к(V_{из} = V_п + V_{об} + V_{пер}) = \frac{\pi D^2}{4} H,$$

где $V_{из}$, $V_п$, $V_{об}$, $V_{пер}$, $V_{уг}$- объемы исходной заготовки, поковки, облоя, перемычки и угара, соответственно, $м^3$;

к – коэффициент, учитывающий величину угара, при электрическом нагреве принимаем равным 1,01, а при пламенном – 1,03, т.е. 3 или 1 %, так как нагрев пламенный то принимаем 1,03;

D и H – диаметр и высота исходной заготовки, м;

5.1 Определение объема поковки осуществляем также как и детали, но с учетом полученных размеров.

$$V_п = V_1' + V_2 + V_3'$$

$$V_1' = \frac{\pi}{4} \cdot \left(0{,}164^2 - 0{,}1^2\right) \cdot 0{,}064 \approx 849 \cdot 10^{-6}\, м^3$$

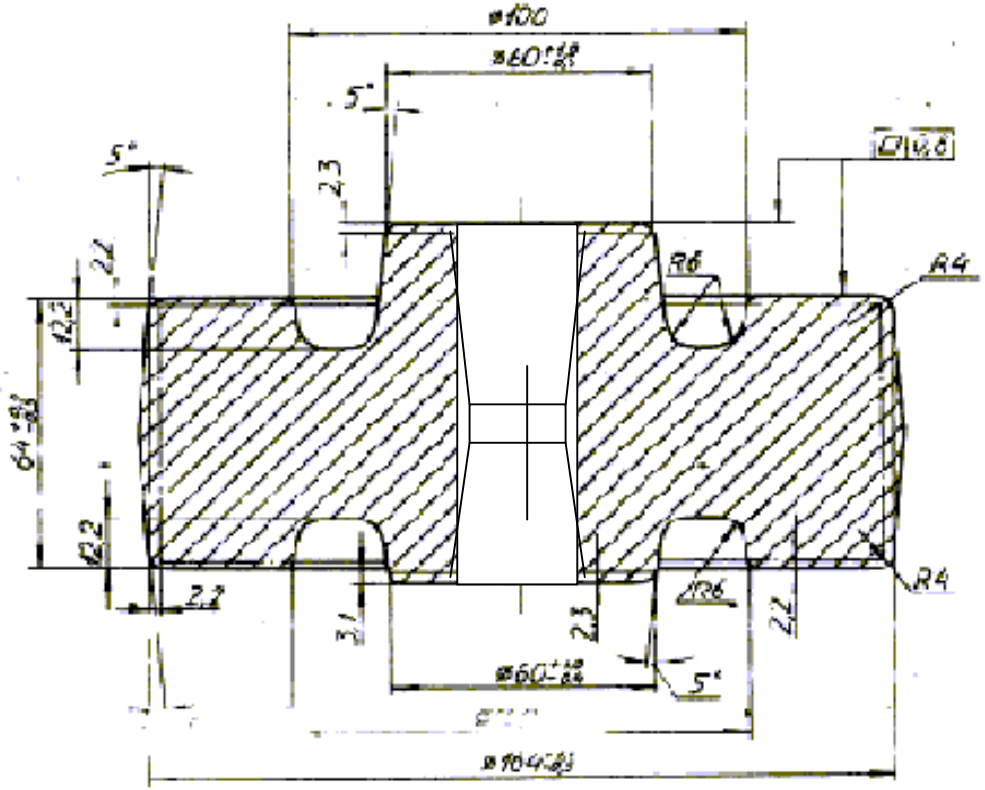
$$V_2 = \frac{\pi}{4}(0{,}1^2 - 0{,}063^2) \cdot 0{,}04 = 201 \cdot 10 - 6\, м^3$$

$$V_3' = \frac{\pi}{4} \cdot (0{,}063^2 - 0{,}034^2) \cdot 0{,}085 \approx 120 \cdot 10^{-6}\, м^3$$

$$V_п = (849 + 201 + 120) \cdot 106 = 1170 \cdot 10^{-6}\, м^3$$

5.2 Объем заусенца определяется по формуле:

$$V_{об} = S_к \cdot \xi \cdot P_{пок}$$



1. Твердость поковки 123-167 НВ по ГОСТ 8479-70
2. Класс точности Т4, группа стали М1, степень сложности С1, исходный индекс 9 по ГОСТ 7505-89
3. Неуказанные допуски радиусов закруглений 1 мм, неуказанные отклонения штампованных уклонов ±1°
4. Смещение по линии разъема штампа не более 1 мм
5. Заусенец по периметру среза 5 мм, утянутый заусенец от отрубки высотой до 1 мм
6. Допускаемое отклонение от плоскостности 0,8 мм

				СР 120200. 18. 05 (3/5). 03РЧ (поковка)			
				Шестерня	Лит.	Масса	Масштаб 1:1
				Круг 9А В ГОСТ 2590-88 / Б ОтЕ ГОСТ 000 04	АКИ ГР01ТМ		

где $S_к$ – площадь сечения канавки, мм$_2$, принимаем по таблице исходя из подобранного номера и варианта канавки.

ξ=0,5 – коэффициент заполнения канавки для заусенца;

$P_{пок}$ – периметр поковки, определяется по формуле:

$$P_{пок} = \pi \cdot \left(d_1 + l_2 \cdot tg5° + 2 \cdot 0{,}25b_1 + 2b_0\right)$$

где b_0.b_1 – параметры канавки, мм;

d –диаметр поковки с учетом припуска на механическую обработку, мм

l – глубина полости ручья штампа, мм

$tg5^0$ – тангенс штамповочного уклона.

5.2Определение размеров облойной канавки для заусенца

5.2.1 Толщина мостика канавки определяется по формуле из /3, 4/:

$$h_o = C_o \cdot \sqrt{F_n}\ ,мм,$$

где C_o=0,013÷0,016 – коэффициент, характеризующий габариты поковки, причем для крупных поковок принимают меньшие значения, так как поковка небольшая примем коэффициент 0,015;

F_n – площадь проекции поковки, мм^2, так как поковка круглая, то величину определим по формуле:

$$F_n = \pi R^2 .$$

Подставив значения в вышеприведенную формулу, получили h_0=2,13, принимаем ближайшее значение по таблице 2 мм.

Так как h_o=2 мм по таблице /3, 4/ выбираем канавку №5, а так как ручей штампа перекрывается поковкой - форму канавки выбираем по третьему варианту. Вид канавки и ее параметры приведены ниже.

h_0 = 2 мм
h_1 = 4 мм
b_0 = 12 мм
b_1 = 32 мм
S = 177 мм^2

Подставив найденные значения получим:

$$P_{пок} = \pi \cdot \left(164 + 64 \cdot tg5° + 2 \cdot 0{,}25 \cdot 25 + 2 \cdot 9\right) \approx 629мм$$

$$V_{об} = 177 \cdot 0{,}5 \cdot 629 = 42772\ мм^3$$

5.3 Объем перемычки определим по формуле:

$$V_{пер} = \frac{\pi d^2}{4} S,$$

где S –толщина перемычки, мм.

Толщина обычной плоской перемычки S зависит, прежде всего, от диаметра отверстия d (выбираемого конструктивно) и глубины h наметки отверстия (преимущественно равна половине высоты поковки) и определяется по формуле:

$$S=0.45\sqrt{D-0.25h-5}+0.6\sqrt{h}.$$

Зная параметры перемычки (диаметр и толщину) определяют ее объем и он составил 1250мм^3.

5.4 Определение объема исходной заготовки

$$V_з = V_п + V_{об} + V_{пер},$$

а так как при пламенном нагреве объем заготовки увеличивается на 3 % то получим:

$$V_з = 1{,}03(1290000 + 42772 + 1250) = 1332772\,мм^3$$

5.5 Размеры исходной заготовки определили исходя из условия $1{,}25 < \frac{H}{d} \le 2{,}5$ *и приняв H = 2,5d получим*

$$d = \sqrt[3]{\frac{4\cdot 1372755}{2{,}5\cdot p}} \approx 89\,мм,$$

принимаем стандартный диаметр d=90 мм.

Высота заготовки: $H = \frac{4\cdot V_з}{\pi\cdot d^2} = \frac{4\cdot 1372755}{\pi\cdot 90^2} \approx 216\,мм.$

Проверяем отношение H/d: $\frac{216}{90} \approx 2{,}4$

1,25<2,4<2,5 - условие соблюдается.

6 Определение коэффициента использования металла

Коэффициент использования металла представили в виде

$$ким = \frac{m_д}{m} = k_{в.т.}\cdot k_{в.г.}$$

где $m_з = 1373\cdot 10^{-6}\cdot 7850 \approx 10{,}8\,кг$ *– масса заготовки;*

$k_{в.г.}$, $k_{в.т.}$ – коэффициенты выхода годного и весовой точности определяются по формулам: $k_{в.г}\ \frac{m_д}{m_п} = \frac{8{,}925}{1290\cdot 10^{-6}\cdot 7850} = \frac{8{,}925}{10{,}13} \approx 0{,}88$

$$k_{вт} = \frac{m_п}{m_з} = \frac{10{,}13}{10{,}8} \approx 0{,}94,$$

следовательно $ким = 0{,}88\cdot 0{,}94 \approx 0{,}83$, *что является хорошим показателем.*

Список использованных источников

1 ГОСТ 7505- 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. Введ. 01.01.90 – М.: Издательство стандартов, 1990. – 53 с.

2 ГОСТ 3.1126 - 88. ЕСТД. Правила выполнения графических документов на поковки. - Введ 01.01.89 – М.: Издательство стандартов, 1988. - 4 с.

3 Раскинд В.А. Справочник молодого кузнеца-штамповщика - М.: Высшая школа, 1985 – 256 с.

4 Килов А.С. Обработка материалов давлением в промышленности – Оренбург.: ГОУ ОГУ, 2003 – 267 с.