

**Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия**

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

(для студентов специальности
«Обработка металлов давлением»
всех форм обучения)

Утверждено
на заседании
методического совета ДГМА
протокол № 6 от 22.03.12

Краматорск 2011

Специальные виды обработки металлов давлением: конспект лекций (для студентов специальности «Обработка металлов давлением» всех форм обучения) / сост. П. Б. Абхари, И.С. Алиев. – Краматорск: ДГМА, 2011 – 44с.

Рассмотрены вопросы интенсификации процессов обработки металлов давлением. Предназначено для студентов специальности «Обработка металлов давлением», изучающих курс «Специальные виды обработки металлов давлением». Приведены специальные способы обработки листовых и объемных деталей.

Составители:

П.Б. Абхари, к.т.н., ст. преп.

И.С. Алиев, д.т.н., проф.

Отв. за выпуск

И.С. Алиев, д.т.н., проф.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ.....	5
2 ПРОКАТКА.....	7
2.1 Продольно-периодическая прокатка (ППП).....	8
2.2 Поперечная, поперечно-клиновья, поперечно-винтовая прокатка.....	8
2.3 Продукция прокатного производства.....	11
3 ВОЛОЧЕНИЕ.....	13
4 ПРЕССОВАНИЕ.....	19
5 ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАГОТОВОК И ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	23
6 ХОЛОДНАЯ ТОРЦОВАЯ РАСКАТКА ДЕТАЛЕЙ.....	26
7 НАКАТКА ЗУБЧАТЫХ ПРОФИЛЕЙ.....	27
8 РАСКАТКА КОЛЬЦЕВЫХ ЗАГОТОВОК.....	28
9 ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ШТАМПОВКА (ЭГШ).....	32
10 ШТАМПОВКА ПОКОВОК ИЗ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА.....	34
11 ТЕХНОЛОГИЯ ЭКСТРУЗИИ.....	36
12 ВИНТОВАЯ ЭКСТРУЗИЯ – ПРОЦЕСС НАКОПЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ.....	38
13. ВЗРЫВНОЕ ПРЕССОВАНИЕ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ТУРБИННЫХ ЛОПАТОК.....	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	43

ВВЕДЕНИЕ

Наряду с совершенствованием традиционной технологии обработки металлов давлением (ОМД) на базе автоматизации производства осуществляется поиск, развитие и совершенствование новых методов обработки.

Детали машин, сооружений и другие изделия современной техники изготавливаются главным образом из металлов и их сплавов на металлургических и машиностроительных заводах.

Применение отдельных новых методов в ОМД в массовом производстве экономически нецелесообразно. Однако в условиях мелкосерийного и единичного производства, когда традиционные методы ОМД оказываются нецелесообразными, доля затрат на технологическую оснастку в структуре себестоимости и капитальных вложений имеет максимальное значение и достигает 80...95%.

Основными методами изготовления металлических деталей и их полуфабрикатов являются литье, обработка давлением и обработка резанием.

Особое место занимает обработка металлов давлением (ОМД), заключающаяся в пластическом изменении формы металла посредством его деформирования.

Дисциплина «Специальные виды обработки металлов давлением» изучает технологические процессы и устройства для производства и обработки изделий из черных и цветных металлов.

Целью дисциплины является формирование базовых знаний об основах технологических процессов ОМД, применяемых для изготовления изделий из черных и цветных металлов и сплавов на металлургических и машиностроительных предприятиях.

1 ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Обработкой давлением называется технологический процесс изготовления деталей путем пластического деформирования исходного металла приложением усилий или нагрузок [2, 3].

Под действием усилий, приложенных к деформированному металлу, атомы решетки смешаются, т.е. отклоняются от осей устойчивого равновесия. Если изменение расстояния между атомами в пределах параметров кристаллической решетки, то после снятия усилий атом металла под действием межатомных сил возвращается в исходное положение и металл восстанавливает первоначальную форму. Такая деформация называется упругой.

Если в результате действия внешних сил атомы кристаллической решетки смешаются на значительные расстояния, превышающие межатомные, то после снятия нагрузки они не возвращаются в исходное положение и форма кристалла не восстанавливается. Такая деформация называется пластической. Объем металла при пластической деформации остается постоянным.

Нагрев металла увеличивает пластичность и в горячем состоянии требуется приложение меньших усилий, чем при холодном. Сдвиговые смещения в пластически деформированной детали происходит по плоскостям скольжения, расстояние между которыми 100-200 ангстрем. Сдвиговые смещения при деформации осуществляются в тех плоскостях, где атомы металла наиболее подвижны. Такими зонами в кристалле являются зоны дислокации, в ядре дислокации смещение атомов наиболее значительное, при приложении внешних усилий дислокационные смещения вызывают новые смещения (дислокации). т.е. пластическая деформация складывается из цепи последовательных микросдвигов по разным плоскостям скольжения. Сдвиги при пластической деформации происходят и между кристаллами и зернами. Межзеренные сдвиги обычно происходят по плоскостям скольжения под углом в 45 градусов.

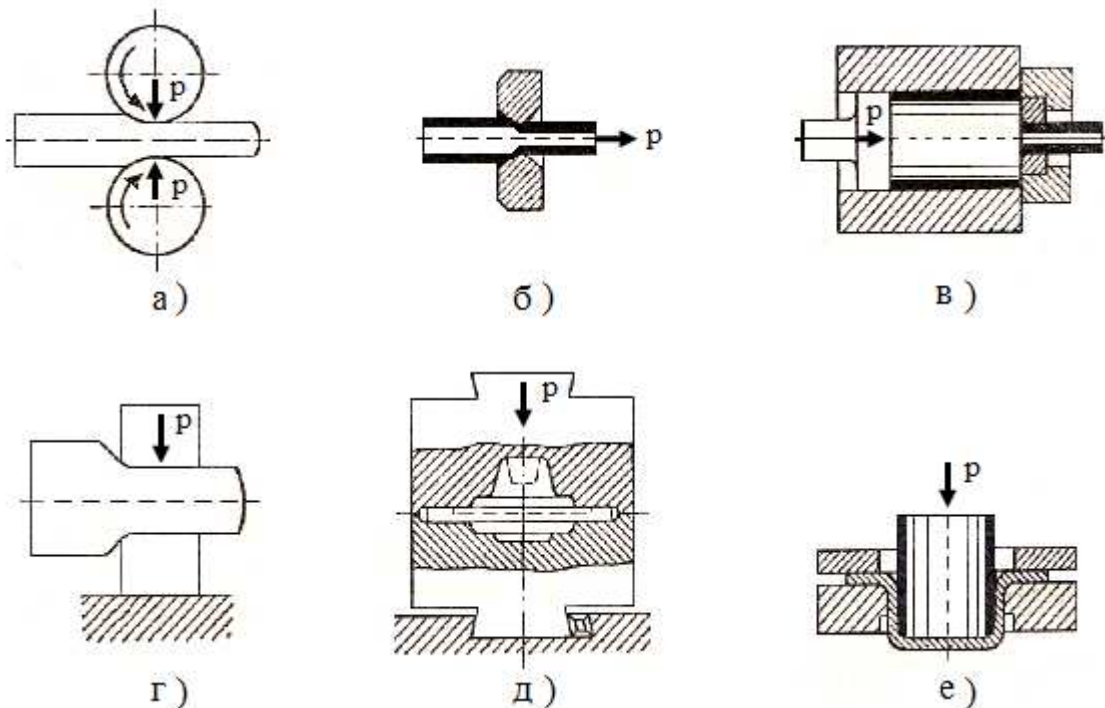
Наиболее благоприятное направление деформирующих усилий создается при сжатии. При пластической деформации происходит изменение структуры металла. Крупные кристаллы, зерна и т.д. измельчаются и удлиняются в направлении течения металла. Неметаллические включения дробятся и вытягиваются в виде цепочки. Образуется волокнистая структура, обуславливающая анизотропию свойств деформируемого металла. Искажение структуры сопровождается возникновением остаточных напряжений и изменением свойств металла. При холодном деформировании происходит повышение твердости и предела прочности, уменьшение пластичности. Упрочнение металла в

результате холодной деформации называется наклепом. При определенной степени и глубине наклепа металл настолько теряет пластичность, что приводит к его разрушению. Поэтому деформация путем холодного деформирования может осуществляться только в определенных пределах.

При нагреве наклепанного металла подвижность атомов увеличивается, что приводит к зарождению и росту новых кристаллов с неискаженной структурой. Т.е. происходит рекристаллизация. В результате чего металл упрочняется и восстанавливает свои свойства.

Межзеренные кристаллические включения не претерпевают рекристаллизации, поэтому волокнистая структура металла сохраняется. Горячую обработку проводят при температуре большей температуры рекристаллизации, т.е. выше линии аустенитного превращения. Поэтому пластическое деформирование в горячем состоянии выполняется без ограничения степени деформирования. При нагреве металла до более высоких температур осуществляется перегрев, при котором металл становится крупнозернистым и его пластичность уменьшается. Нагрев до температур приближенных к температурам плавления приводит к пережогу, что приводит к окислению металла, он теряет пластичность и разрушается.

Основными видами обработки давлением являются прокатка, волочение, прессование, ковка, объемная штамповка, холодная штамповка из листа и др. (рис 1.1)



*а - прокатка б - волочение в - прессование г - свободная ковка
д - горячая объемная штамповка е - холодная листовая штамповка*

Рисунок 1.1 – Основные способы обработки металлов давлением

2 ПРОКАТКА

Способ обработки металлов давлением, заключающийся в обжатии заготовки между вращающимися валками [1 – 5].

Прокатное производство имеет огромное значение в народном хозяйстве, так как около 90% всей выплавляемой стали и большая часть цветных металлов подвергаются прокатке.

Ввиду непрерывности процесса прокатка является самым производительным способом обработки металлов давлением (рис 2.1...2.3).

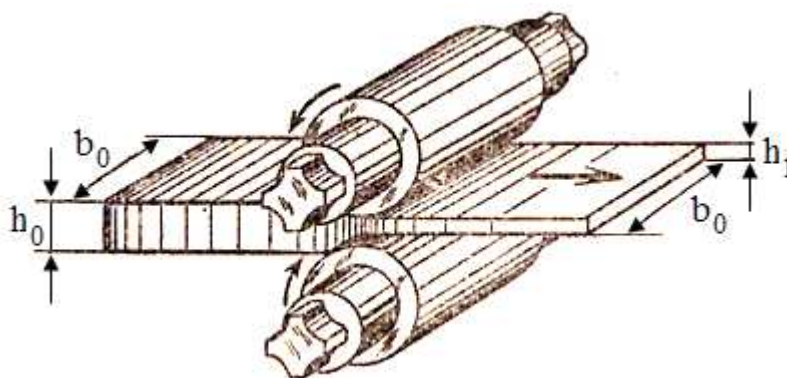


Рисунок 2.1 – Схема прокатки листа

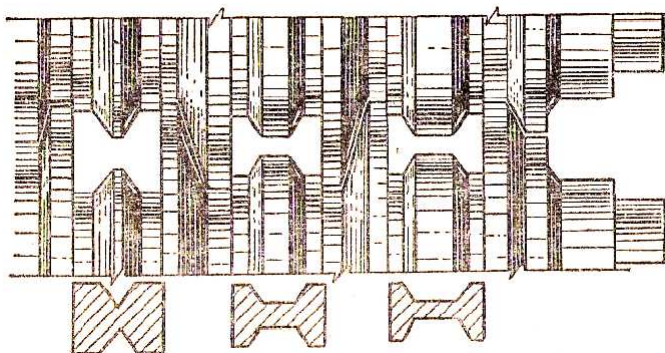


Рисунок 2.2 – Калибры валков

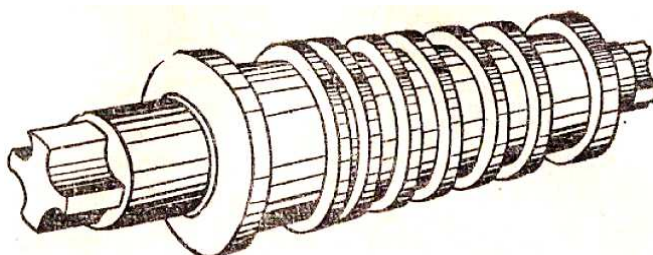


Рисунок 2.3 – Ручевой валок для сортового

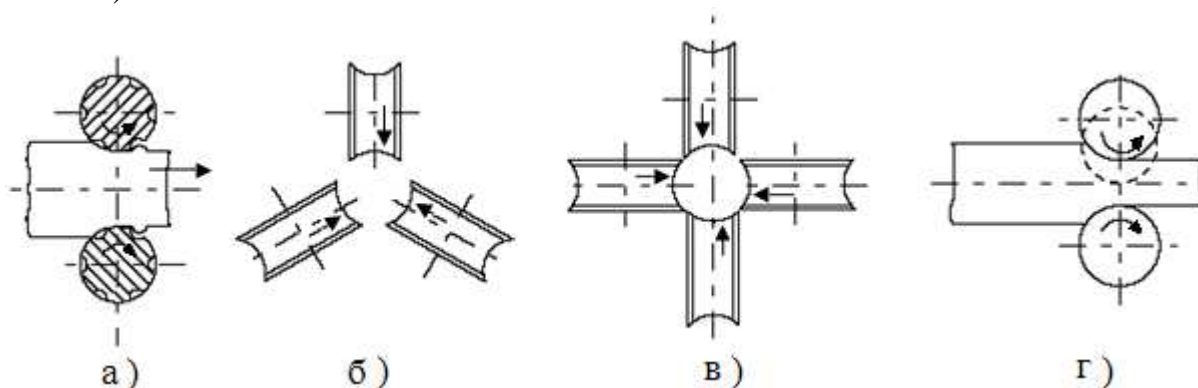
2.1 Продольно-периодическая прокатка (ППП)

ППП выполняют в двух- (а), трех- (б), четырех- (в) вальцевых станах, а также в стан-прессе (г) (рис. 2.4).

Периодические профили подразделяют на следующие типы:

1 – с периодичностью профиля лишь со стороны одного вальца;

2 – с периодичностью профиля со стороны двух (или нескольких валков).



а - двухвалковая

б - трехвалковая

в - четырехвалковая

г - стан-пресс

Рисунок 2.4 – Схемы станов ППП

Первый тип: калибр одного имеет переменный профиль, а на втором (или остальных) нарезается ручей постоянного сечения.

Второй тип: оба вальца (или все валки) имеют переменный профиль ручьев; однако по углу поворота относительно друг друга валки могут быть устанавливаться произвольно, точного совпадения фигур не требуется.

Профили первого и второго видов можно прокатывать на сортовых прокатных станах или вальцах. Периодические профили с плавными переходами можно прокатывать на стане-прессе (рис. 2.4 г), имеющем гладкие валки постоянного радиуса, перемещающиеся в процессе прокатки относительно друг друга.

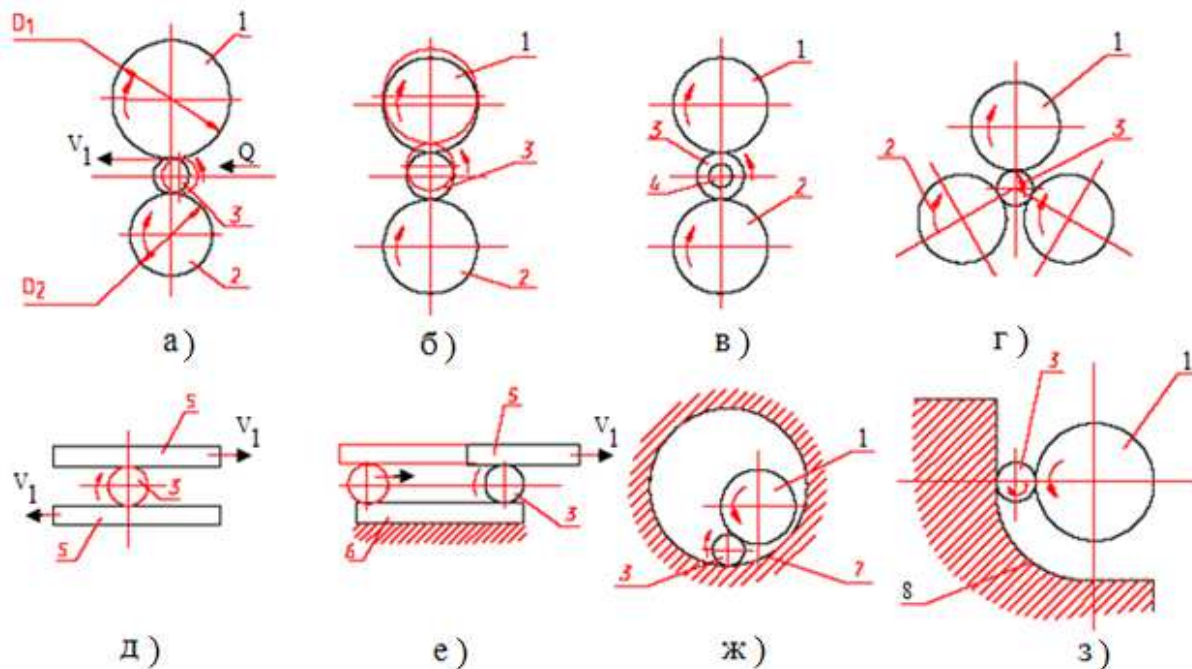
2.2. Поперечная, поперечно-клиновья, поперечно-винтовая прокатка

При поперечной прокатке инструмент придает заготовке вращательное движение, в связи с этим поперечная прокатка и ее разновидности (поперечно-винтовая и поперечно-клиновья) служат лишь для обработки тел вращения, обрабатывая металл в поперечном направлении.

Производительность процесса по сравнению с обработкой на

токарных автоматах увеличивается более чем в 10 раз, коэффициент использования металла (КИМ) больше на 30...60%. Повышается качество продукции, прочность и износостойкость.

Поперечная прокатка может осуществляться в двухвалковом или трехвалковом прокатном стане (рис. 2.5 а – г), валки которого вращаются в одну сторону, придавая находящейся между ними заготовке вращение в обратную сторону.



1,2 – валки 3 – заготовка 4 – оправка 5 - подвижная плита
 6 - неподвижная плита 7 - барабан 8 - сегмент

Рисунок 2.5 – Схемы поперечной прокатки

Для обеспечения непрерывности процесса при прохождении заготовки через зону деформации окружные скорости валков двухвалкового прокатного стана имеют неравные величины ($V_1 > V_2$) за счет разных рабочих диаметров валков ($D_1 > D_2$).

Для продвижения заготовки через очаг деформации применяются специальные проталкивающие устройства, т. е. прикладывается усилие Q.

Обжатие заготовки по мере ее вращения между валками производится сближением валков в процессе поперечной прокатки (а,б,г). Такой прием используют при прокатке шестерен. В этом случае применяется принудительное синхронное вращение заготовки с целью получения точных зубьев шестерен.

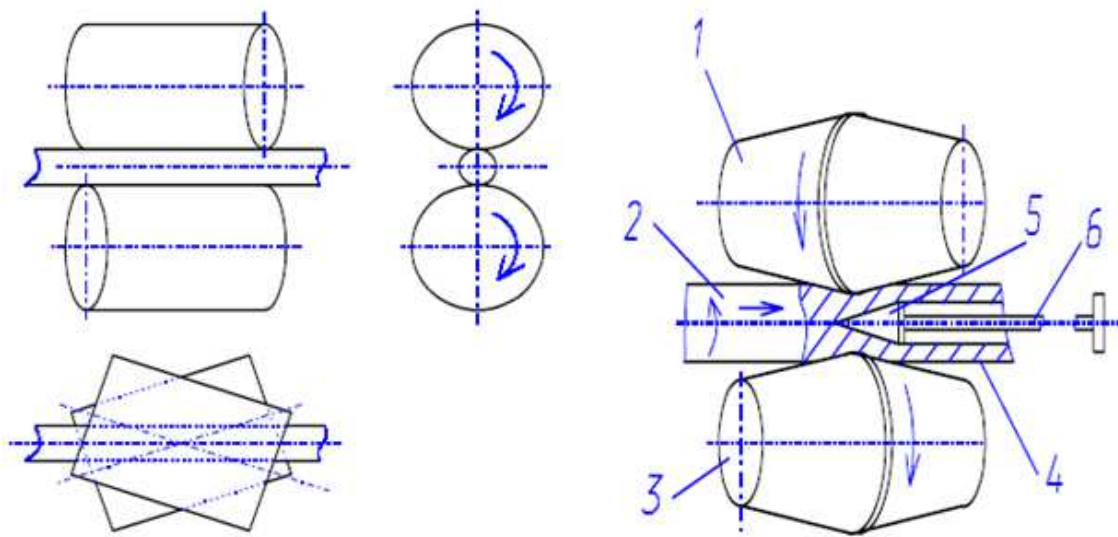
Поперечную прокатку полых изделий выполняют на оправке (в). Поперечную прокатку можно производить в поступательно движущемся

инструменте (д, е), как без перемещения оси заготовки ($V_1 = V_2$, д), так и при ее перемещении ($V_1 > V_2$, е). Таким образом, производят накатку резьбы на резьбонакатных станках.

Поперечную прокатку осуществляют также в барабанных станках (ж), в валково-сегментных станках (з).

Поперечно-винтовая прокатка (косая прокатка) — разновидность поперечной прокатки, когда валки двух- и трехвалкового стана располагаются под углом друг к другу и к оси заготовки, которая получает не только вращательное движение, но и движение вдоль оси заготовки, что способствует непрерывности процесса.

Поперечно-винтовую прокатку применяют при производстве труб и трубных заготовок на двух- и трехвалковых станах (рис. 2.6), втулок различных видов (рис. 2.7), для подготовки заготовок под штамповку.



1 – левый валок

2 – заготовка

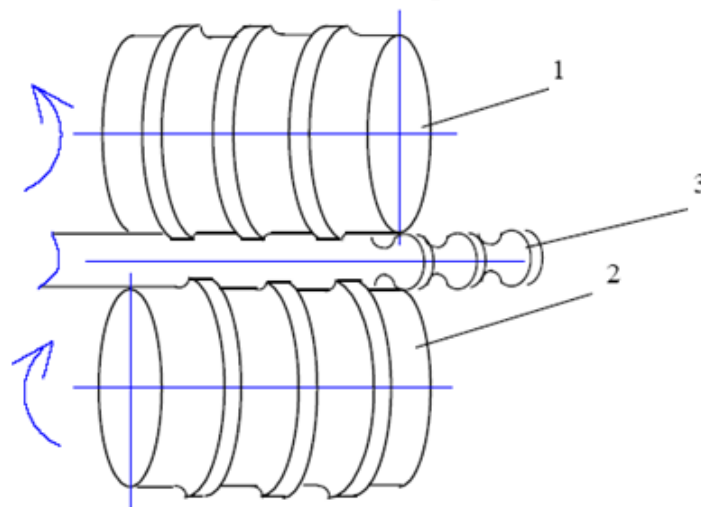
3 – правый валок

4 – гильза

5 – оправка

6 – штанга

Рисунок 2.6 – Основные схемы поперечно-винтовой прокатки



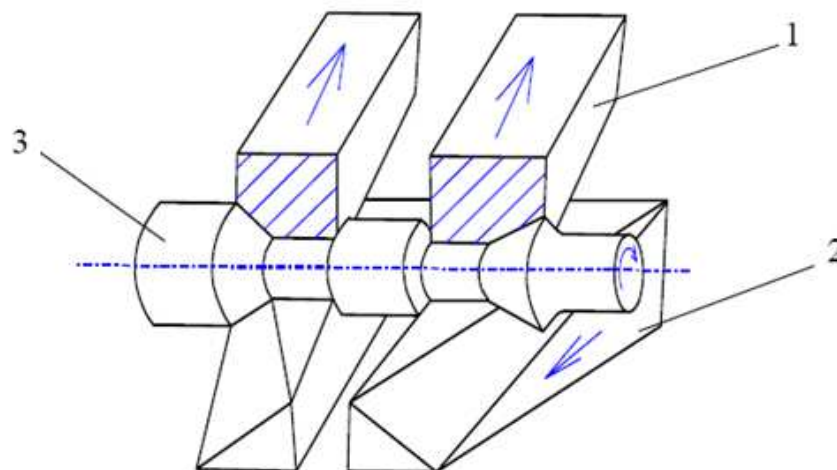
1,2 – валки

3 – заготовка

Рисунок 2.7 – Поперечно-винтовая прокатка в спиральных калибрах

Поперечно-клиновую прокатку выполняют в инструменте, имеющем боковые наклонные грани, расположенные под углом к плоскости вращения.

В процессе прокатки эти грани заставляют перемещаться избытки металла, возникающие при внедрении инструмента в заготовку, т.е. способствуют перераспределению металла вдоль оси заготовки. Оставшаяся часть металла на данном участке прокатывается между инструментами, приобретая их профиль в продольном сечении тела вращения (рис. 2.8).



1,2 – инструмент

3 – заготовка

Рисунок 2.8 – Схема поперечно-клиновой прокатки

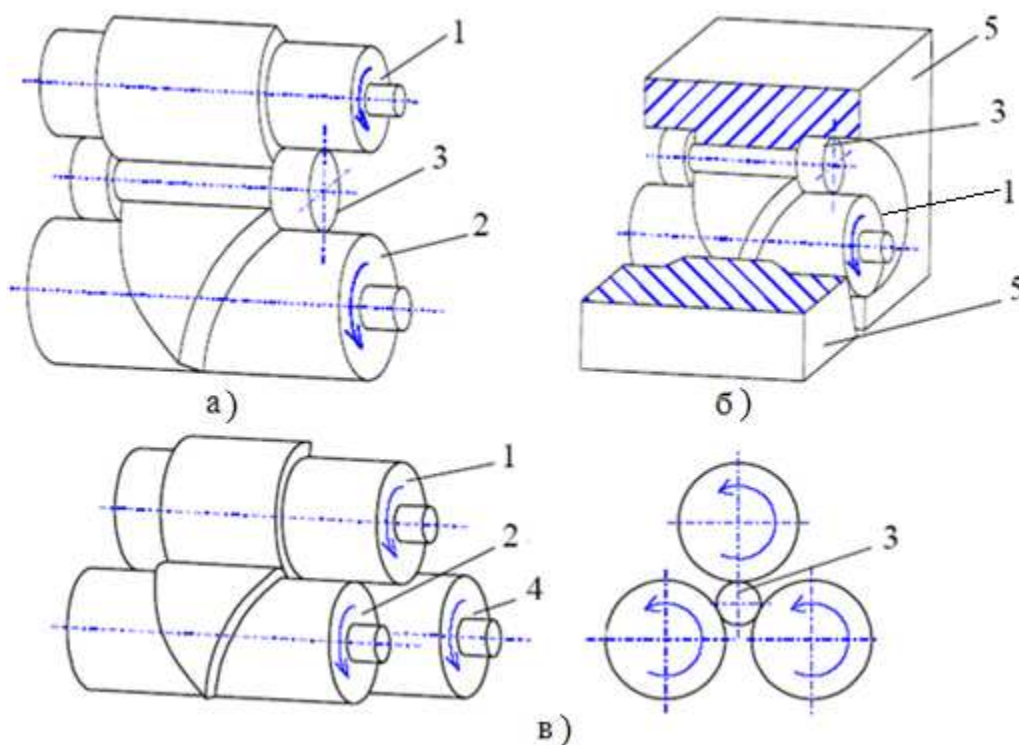
При движении инструмента обжатие заготовки по мере ее вращения происходит постепенно (в зонах прямого контакта), форма инструмента имеет вид клина.

Поперечно-клиновой прокаткой получают как готовые изделия, так и заготовки под штамповку (рис. 2.9).

В двухвалковом стане (а) заготовка удерживается в рабочей зоне направляющими. Возможна прокатка изделий из прутка, что эффективно при изготовлении коротких деталей. Валково-сегментный стан (б) работает только со штучной заготовкой при относительно невысоких требованиях по точности изделия. Трехвалковые станы (в) снижают вероятность разрушения заготовки в ее осевой зоне.

2.3 Продукция прокатного производства

Продукция прокатного производства применяется в металлических конструкциях (мостах, зданиях, железобетонных конструкциях, железнодорожных путях, станинах машин и т.п.) в качестве заготовок для изготовления деталей резанием в механических цехах и заготовок для последующихковки и штамповки.



а - двухвалковый стан

б - трехвалковый стан

в - валково-сегментный стан

1,2,4 – валки

3 – заготовка

5 – сегмент

Рисунок 2.9 – Основные схемы поперечно-клиновой прокатки

Форма поперечного сечения прокатанного изделия называется профилем. Совокупность профилей различных размеров называется сортаментом.

Сортамент прокатываемых изделий разделяют на четыре основные группы: сортовой, листовой, трубы и специальные виды проката.

Сортовой прокат, получаемый продольной прокаткой, подразделяют на прокат простой геометрической формы – квадрат, круг, шестигранник, полосу (рис. 2.10, а); фасонный прокат общего назначения – двутавр, швеллер, уголок, тавр, рельс (рис. 2.10, б) и прокат специального назначения (рис. 2.10, в).

Листовой прокат в зависимости от назначения подразделяют на электротехнический, судостроительный, котельный, автомобильный, жель для консервной промышленности. Кроме того, листовую сталь разделяют на толстолистовую (толщиной 4,0...160мм – бронеовые плиты имеют толщину до 550мм) и тонколистовую (толщиной 0,2...4,0мм). Листы с толщиной меньше 0,2мм называют фольгой.

В зависимости от технологии производства тонколистовой металл может быть горячекатаным и холоднокатаным.

Трубы стальные разделяют на бесшовные диаметром 30...650мм и сварные диаметром 10...1420мм.

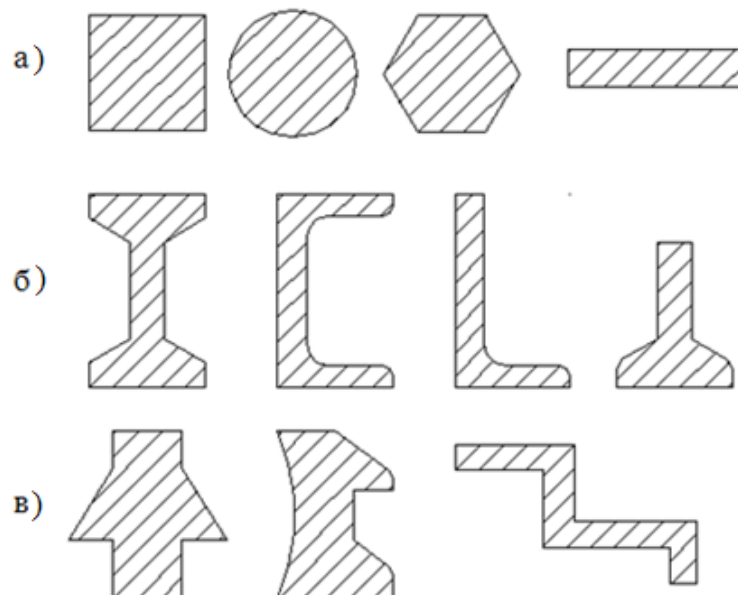


Рисунок 2.10 – Основные профили прокатки

К специальным видам проката относятся колеса железнодорожных вагонов, зубчатые колеса, шары шарикоподшипников, периодические профили, которые представляют собой заготовку, форма и поперечное сечение которой периодически изменяются вдоль оси.

Особой разновидностью специальных видов проката являются холодногнутые профили (рис. 2.11), изготавливаемые на гибочных роликовых станах из полосы. Применение таких профилей за счет повышения жесткости конструкций в строительстве и машиностроении взамен горячекатаных позволяет экономить до 40% металла.



Рисунок 2.11 – Холодногнутые профили

3 ВОЛОЧЕНИЕ

Волочением называется способ обработки металла давлением, при котором обрабатываемый металл в виде полосы с одинаковым поперечным сечением вводится в канал волочильного инструмента и протягивается (проволакивается) через него [1 – 5].

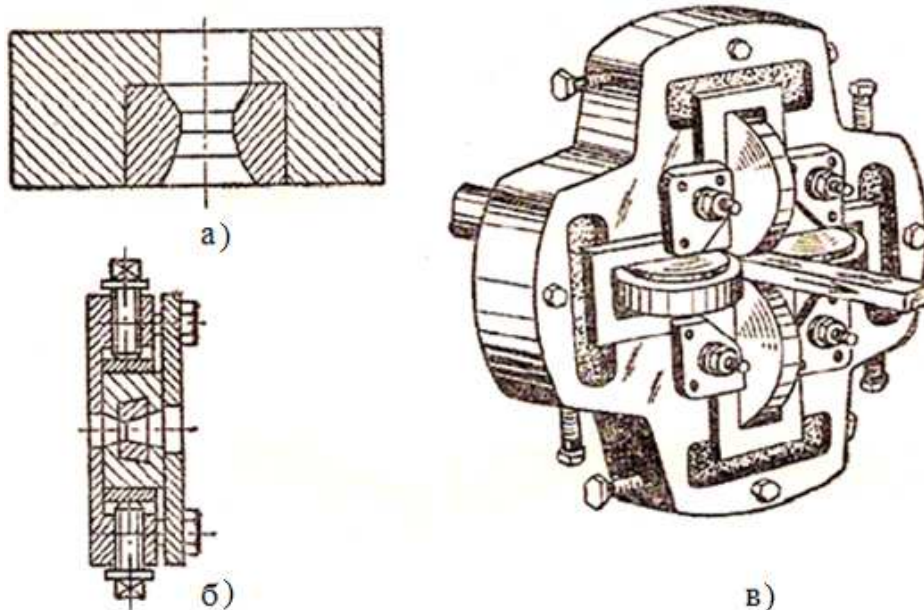
Этот канал имеет поперечные сечения, одинаковые по своей форме или близкие к форме поперечного сечения протягиваемого металла, но плавно уменьшающиеся от места входа металла в инструмент к месту его выхода.

Выходное сечение канала всегда меньше поперечного сечения протягиваемой полосы.

Поэтому последняя, проходя через волоку, деформируется и изменяет свое поперечное сечение, принимая после выхода из волоки форму и размеры наименьшего сечения канала.

Длина полосы при этом увеличивается прямо пропорционально уменьшению поперечного сечения.

Перед волочением на специальном станке заостряют передний конец полосы, предназначенной для обработки, с таким расчетом, чтобы конец легко входил в волоку и частично выходил с ее противоположной стороны. Этот конец захватывают специальным механизмом и протягивают. (рис. 3.1 – 3.5)

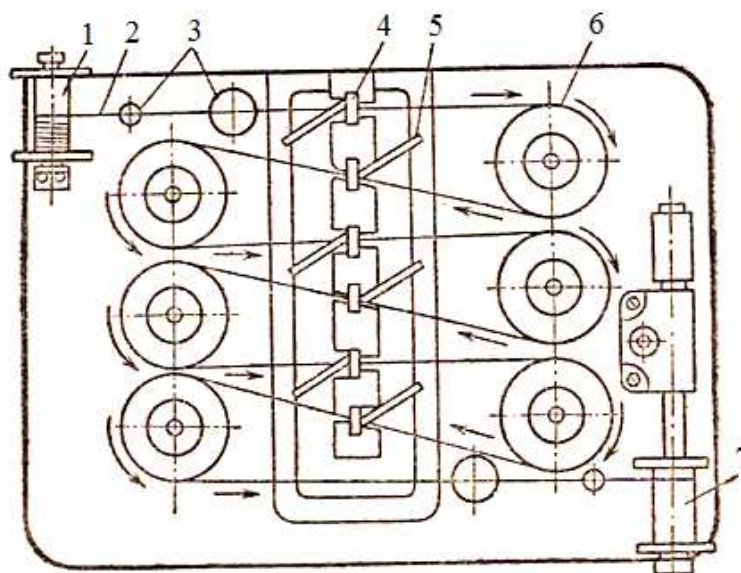


а - цельная

б - составная регулируемая

в - роликовая Рисунок

Рисунок 3.1 – Волоки

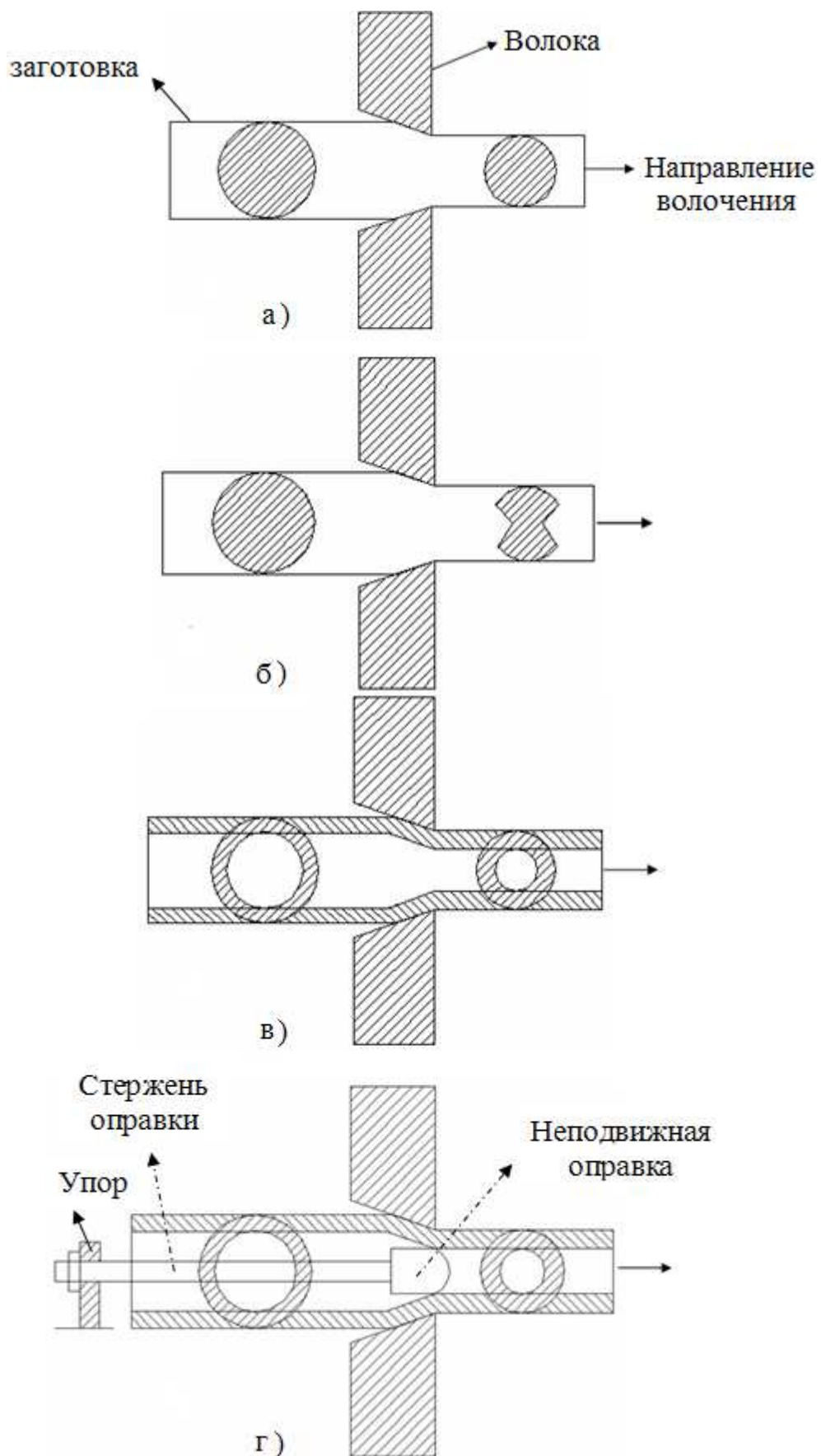


1 – подающая катушка 2 – калибруемая проволока 3 – направляющие

4 – фильеры (волоки) 5 – трубки для подачи жидкой смазки

6 – подающие ролики 7 – приемная катушка

Рисунок 3.2 – Схема волочильного стана



а - круглого сплошного профиля б - фасонного сплошного профиля
 в - круглой трубы без утонения стенки г - круглой трубы с утонения стенки
 Рисунок 3.3 – Схема методов волочения

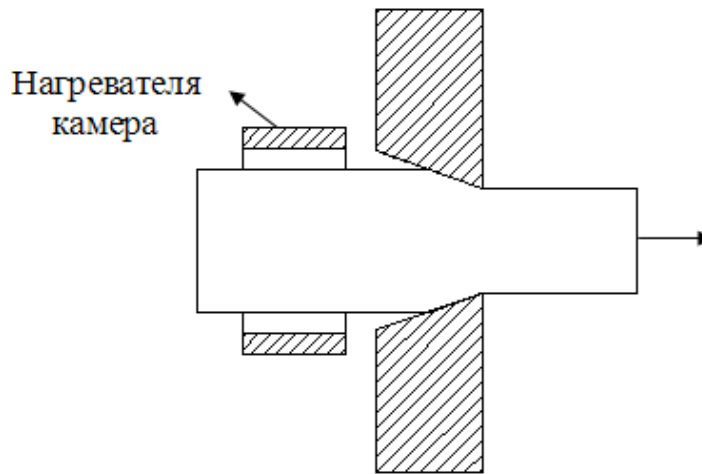


Рисунок 3.4 – Схема волочения с предварительным нагревом протягиваемого металла

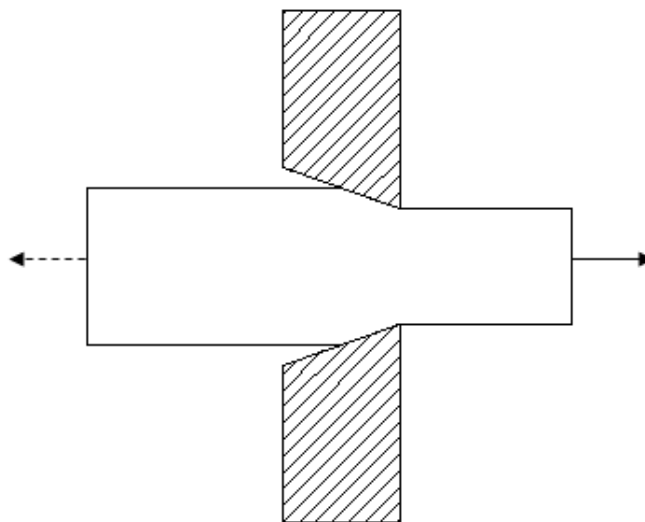


Рисунок 3.5 – Схема волочения с противонапряжением

Схемы основных методов волочения показаны на рисунке. Чтобы уменьшить внешнее трение, между поверхностями протягиваемого металла и волочительного канала вводят смазку. Это уменьшает расход энергии на волочение, способствует получению гладкой поверхности у протягиваемого металла, сильно уменьшает износ самого канала и позволяет осуществлять процесс с повышенными степенями деформации.

Для уменьшения внешнего трения и повышения стойкости канала часто применяют метод волочения с противонапряжением. Сущность его заключается в следующем. К протягиваемому металлу со стороны входа его в волоку прикладывают силу, направленную в сторону, противоположную движению металла, и потому называемую противонапряжением. От этого в полосе еще до ее входа в волочительный канал в осевом направлении создаются растягивающие напряжения. Они вызывают, как это будет доказано далее, уменьшение давления металла на стенки канала, что, естественно, увеличивает стойкость последнего. Этот

метод имеет и некоторые недостатки, отмеченные далее, и потому не всегда применяются.

В большинстве случаев металл, обрабатываемый волочением, предварительно не нагревают: он входит в волочильный канал при комнатной температуре, а образующееся в канале тепло деформации и внешнего трения отводят, непрерывно омывая волокна охлаждающей эмульсией, водой, или окружающим воздухом. При таком холодном волочении с надлежащей смазкой и инструментом протянутый металл имеет гладкую блестящую поверхность и достаточно точные размеры поперечного сечения.

В некоторых специальных случаях, когда деформируемый металл обладает недостаточной пластичностью, при комнатной температуре или высоким сопротивлением деформированию, волочение ведут в предварительно нагретом состоянии. Например, при волочении цинковой проволоки для увеличения пластичности заготовки ее предварительно подогревают до $80...90^{\circ}$, погружая моток в нагретую воду. В очаге деформации температура проволоки доходит до $120...150^{\circ}$, т.е. до температуры, при которой образуется максимальное количество систем скольжения.

При волочении вольфрама и молибдена, имеющих при комнатной температуре особо высокую сопротивляемость пластическому деформированию, их предварительно нагревают до $700...800^{\circ}$, пропуская протягиваемый металл через нагревательную камеру, установленную перед волокой.

В настоящее время намечается применение процесса горячего волочения при протяжке профилей сложных форм и для уменьшения сопротивления деформированию в тех случаях, когда это допускается требованиями к поверхности, механическим свойствам и точности размеров поперечного сечения.

Из приведенных схем волочения следует, что все они обладают тремя следующими, отличающими их от прочих видов обработки металлов давлением признаками:

а) линейные размеры поперечных сечений протягиваемого металла могут уменьшаться до заданных величин во всех направлениях одновременно;

б) возможность получения не изменяющейся по длине полосы как сплошного, так и полного профиля заданной формы и размеров поперечного сечения,

в) величина деформации за один пропуск ограничивается максимально допустимым напряжением растяжения, возникающим в поперечном сечении протягиваемого металла у выхода из очага деформации.

Естественно, что это не ограничивает величины суммарной деформации между отжигами, которой может быть подвергнут металл, обрабатываемый волочением. Путем ряда последовательных протяжек

можно получить суммарную деформацию любой величины, в зависимости от пластических свойств протягиваемого металла.

Волочение применяется:

1. Для производства профилей большой длины, но сравнительно малых и очень малых сечений различных форм с отношением ширины к толщине поперечного сечения, не превышающим примерно 12. Такое изделие называется проволокой. Вследствие большой длины проволоку либо свертывают в мотки, либо наматывают на катушки. Волочением можно получить проволоку диаметром до 6...8 мм. Для дальнейшего утонения приходится применять процессы, не требующие волок, например процесс равномерного растяжения, рассмотренный в конце настоящей главы, процесс электролитического растворения периферийных слоев.

2. Для производства профилей средних и больших сечений разных форм с отношением ширины к толщине поперечного сечения, не превышающим примерно 20, а также и в том случае, когда требуется получить сечение с минимально возможными отклонениями от заданных размеров или чистую и гладкую поверхность. Такие профили обычно протягивают до небольшой длины (5...6 м) и не смешивают.

3. Для производства полых профилей (труб) разных форм и сечений и, особенно, тонкостенных. Волочением получают трубки диаметром до 0,5 мм, а иногда и тоньше. Процесс волочения принято характеризовать следующими основными показателями:

а) вытяжка; б) коэффициент уменьшения сечения; в) относительное обжатие, г) относительное удлинение; д) съем и коэффициент съема.

На рис 3.7 показаны профили волочения.

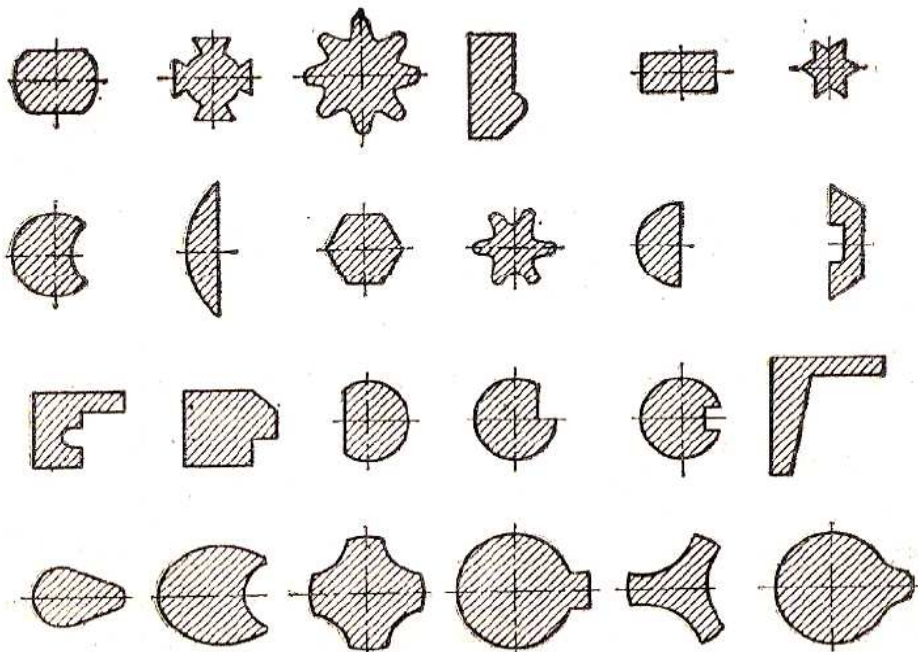
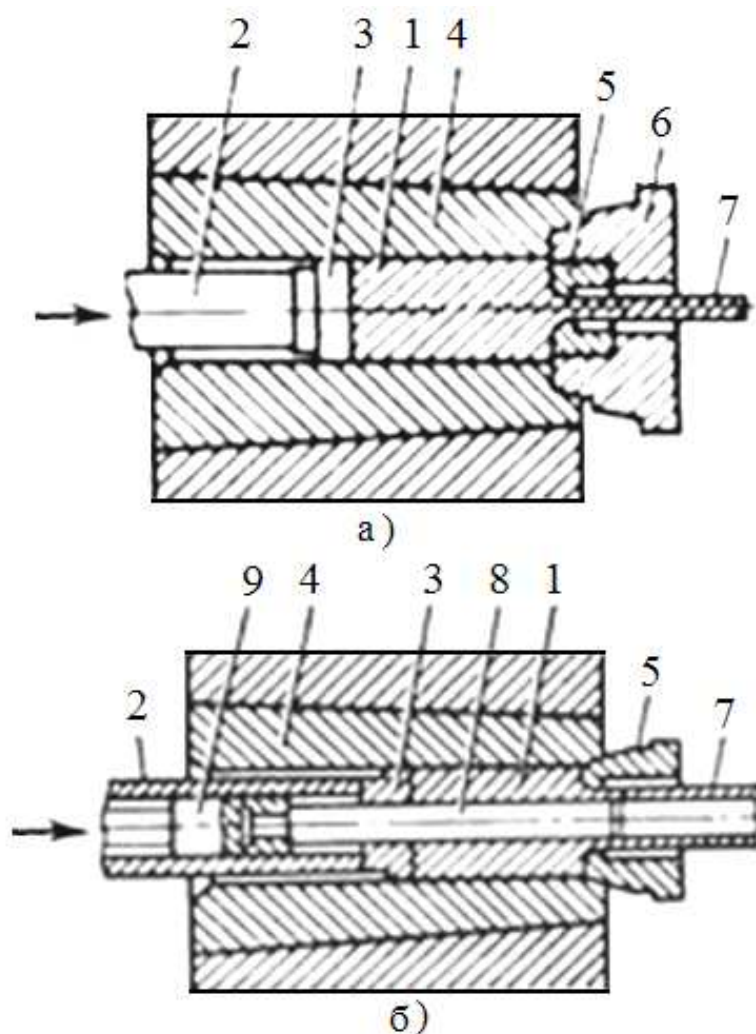


Рисунок 3.7 – Фасонные профили, получаемые волочением

4 ПРЕССОВАНИЕ

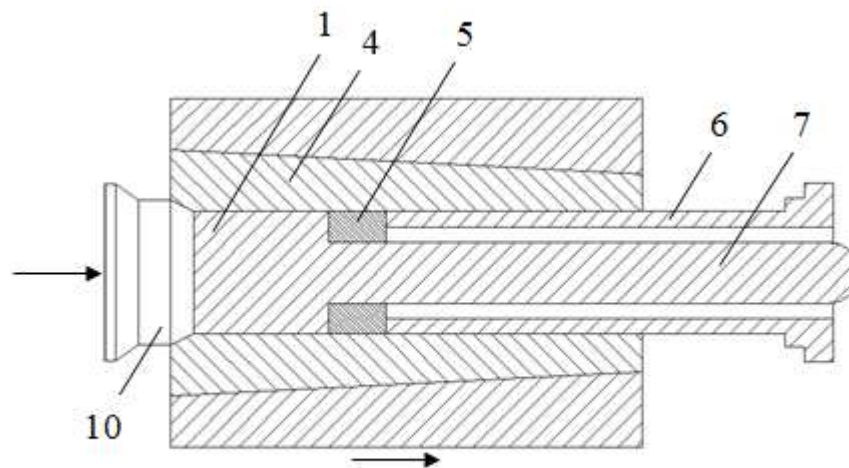
Способ обработки давлением, заключающийся в выдавливании (экструдировании) металла из замкнутой полости (контейнера) через отверстие матрицы, форма и размеры которого определяют сечение прессуемого профиля [1 – 6].

Этот способ пластической обработки находит широкое применение при деформировании как в горячем, так и в холодном состоянии металлов, имеющих не только высокую податливость, но и обладающих значительной природной жесткостью, а также в одинаковой мере применим для обработки металлических порошков и неметаллических материалов (пластмасс и др.).

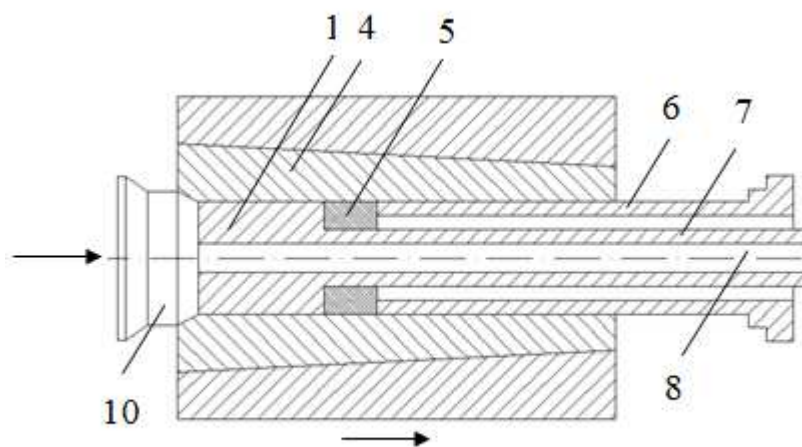


- | | | |
|-------------------|--------------------|----------------------|
| 1 – заготовка | 2 – пресс-штемпель | 3 – пресс-шайба |
| 4 – контейнер | 5 – матрица | 6 – матрицедержатель |
| 7 – пресс-изделие | 8 – игла | 9 – иглодержатель |
- а – профиля сплошного сечения с прямым истечением
б – трубы с прямым истечением

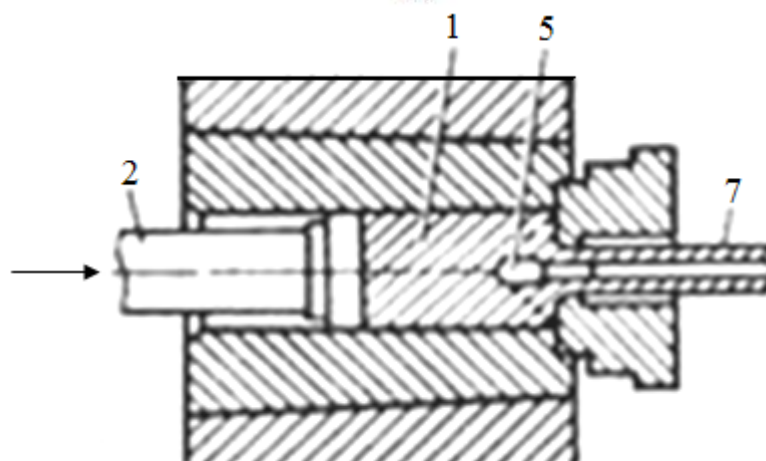
Рисунок 4.1 – Схемы прессования



a)



б)



в)

1 – заготовка 2 – пресс-штемпель 4 – контейнер 5 – матрица
 б – матрицедержатель 7 – пресс-изделие 8 – игла 10 – пробка
 а – профиля сплошного сечения с обратным истечением
 б – трубы с обратным истечением
 в – трубы или полого профиля из заготовки сплошного сечения
 (прессование со сваркой)

Рисунок 4.2 – Схемы прессования

При прессовании создаётся высокое гидростатическое давление, вследствие чего значительно повышается пластичность металла. Прессованием можно обрабатывать многие хрупкие материалы, неподдающиеся обработке другими способами (прокаткой, ковкой, волочением). Различают следующие виды прессования (рис.4.1,4.2): с прямым истечением металла (направление движения металла совпадает с направлением движения пресс-шайбы — схемы а и б, рис.4.1) и с обратным (металл течёт навстречу движению матрицы, которая выполняет также функции пресс-шайбы, — схемы а, б и г, рис.4.2).

Для получения труб и полых профилей из алюминиевых и магниевых, а в некоторых случаях медных и титановых сплавов используется также прессование со сваркой (схема в). Заготовка под давлением, передаваемым пресс-штемпелем, рассекается гребнем матрицы в зависимости от его конструкции на 2 или несколько потоков металла.

Эти потоки затем под действием высокого давления свариваются, охватывая сплошной массой иглу матрицы, выполненную за одно целое с гребнем. Окончательно труба формируется в кольцевом зазоре между матрицей и иглой.

Прессованием изготавливают прутки диаметром 3...250мм, трубы диаметром 20...400мм при толщине стенки 1,5...12мм, полые профили с несколькими каналами сложного сечения, с наружными и внутренними ребрами, разнообразные профили с постоянным и изменяющимся (плавно или ступенчато) сечением по длине. Профили для изготовления деталей машин, несущих конструкций и других изделий, получаемые прессованием, часто оказываются более экономичными, чем изготавливаемые прокаткой, штамповкой или отливкой с последующей механической обработкой. Кроме того, прессованием получают изделия весьма сложной конфигурации, что исключается при других способах пластической обработки.

К основным преимуществам прессования металла относятся: возможность успешной пластической обработки с высокими вытяжками, в том числе малопластичных металлов и сплавов; возможность получения практически любого поперечного сечения изделия, что при обработке металла другими способами не всегда удается; получение широкого сортамента изделий на одном и том же прессовом оборудовании с заменой только матрицы; производство изделий с высокими качеством поверхности и точностью размеров поперечного сечения, что во многих случаях превышает принятую точность при пластической обработке металла другими способами (например, при прокатке).

К недостаткам получения изделий прессованием следует отнести: повышенный расход металла на единицу, изделия из-за существенных потерь в виде пресс-остатка; появление в некоторых случаях заметной неравномерности механических и других свойств по длине и поперечному сечению изделия; сравнительно высокую стоимость прессового инструмента.

Основным признаком разновидностей процесса прессования является наличие или отсутствие поступательного перемещения металла относительно стенок приемника (контейнера), за исключением небольших участков вблизи матрицы, называемых мертвыми зонами, где перемещение металла отсутствует.

Наряду с наиболее распространенным методом прессования с прямым истечением, которое используется для получения сплошных и полых изделий, широкое применение получил обратный (обращенный) метод, а также другие схемы истечения металла. Каждый из этих методов имеет определенные преимущества. Так, например, при боковом истечении металла помимо удобств приема пресс-изделия обеспечивается минимальная разница механических свойств изделия в поперечном и продольном направлениях.

Процесс прессования выполняется в условиях неравномерного всестороннего сжатия металла, что положительно сказывается на увеличении его пластичности.

Поэтому прессованием можно обрабатывать металлы и сплавы с низкой природной пластичностью. Однако трехосное сжатие вызывает необходимость значительных усилий при обработке. Поэтому прессование требует повышенного расхода энергии на единицу объема деформируемого тела.

Как отмечалось, при прессовании в местах перехода контейнера в матрицу появляются так называемые мертвые углы, т. е. такие зоны, которые испытывают лишь упругую деформацию.

Течение металла в мертвых зонах отсутствует, пока размер пресс-остатка не будет достаточно мал. Эти мертвые зоны при прессовании прутков большой длины в известной мере играют положительную роль, так как оказывают фильтрующее воздействие: в мертвых углах задерживаются различные загрязнения, что предохраняет от вдавливания посторонних включений в поверхностные слои изделия.

При неправильно выбранном размере пресс-остатка загрязнения мертвых углов могут попасть в изделие и вызвать заметное понижение его качеств. Все это необходимо учитывать при разработке технологического процесса прессования. Практикой установлено, что при нормальных условиях прессования минимальная высота пресс-остатка составляет 0,10...0,30 диаметра исходной заготовки.

Силовые условия прессования определяются свойствами деформируемого металла, температурным режимом, размерами заготовки, скоростью и степенью деформации, значением контактного трения, геометрией инструмента и др.

К сожалению, еще не разработана методика, позволяющая связать все эти факторы в математическую зависимость для определения усилий прессования. Поэтому приходится пользоваться методами расчета, лишь приближенно отражающими условия деформации.

5 ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАГОТОВОК И ДЕТАЛЕЙ ИЗ

ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Прессование порошков подвижными средами

Порошковая металлургия является одним из самых эффективных технологических процессов, обеспечивающих получение изделий с заданными свойствами и формой, минимальными отходами и низкой трудоемкостью [1 – 5, 7].

Использование порошковой металлургии в массовом производстве повышает производительность труда в 1,5 – 2 раза, сокращается количество операций до трех раз, потери материалов составляют 5 – 10 %. Эти и другие преимущества порошковой металлургии обусловили ее широкое применение в промышленности всех развитых стран мира.

Прогресс в порошковой металлургии в значительной степени определяется совершенствованием важнейшей технологической операции — прессования, которое определяет не только форму и размеры деталей, но и их эксплуатационные свойства. В настоящее время прессование деталей и порошков осуществляется разнообразными способами, использующими статические и ударные нагрузки, различные передающие среды. Многообразие существующих и непрерывно появляющихся новых способов вызвало необходимость их классификации на основе объективных критериев общности:

1. Вид формующей (энергопередающей) среды; 2. Характер приложения нагрузки (скорость, периодичность, вид движения формующего инструмента или среды); 3. Температура формования; 4. Условия трения; 5. Состояние исходной заготовки.

В настоящее время наибольшее промышленное применение получил способ холодного статического прессования в жестких закрытых пресс-формах, отличающийся высокими технико-экономическими показателями. Однако таким способом получают преимущественно простые по форме и небольшие по габаритным размерам детали.

Силы трения по контактным с инструментом поверхностям приводят к значительной неравноплотности деталей.

Применение различных способов прессования подвижными средами, называемых также часто изостатическим прессованием, позволяет свести к минимуму недостатки, присущие прессованию в жестких пресс-формах. Давление при этом для достижения одинаковой плотности в 1,5 – 2 раза меньше, чем при двухстороннем, и почти втрое меньше, чем при одностороннем прессовании в жестких пресс-формах.

Особенности: высокий уровень прикладываемой энергии на неограниченной площади, что позволяет получать высокоплотные детали больших размеров.

Преимущества:

1. Возможность создания в порошке оптимальных схем напряженно-деформированного состояния, что позволяет получать детали весьма сложной формы.

2. Практическое отсутствие сил трения по контактными поверхностям инструмента, что позволяет повысить плотность и равномерность ее распределения; уменьшить энергоемкость процесса.

3. Снижение стоимости оснастки и повышения ее универсальности.

4. Увеличение плотности и уменьшение неравноплотности.

К **недостаткам** можно отнести: низкую производительность и меньшую точность размеров деталей.

При прессовании подвижными средами, к которым относится жидкости, газы и эластомеры, используют как статическое, так импульсное приложение нагрузки. К ним относят: гидростатическое, газостатическое, эластостатическое (самое простое и универсальное), взрывное, гидродинамическое, электрогидро-импульсное прессование и другие способы.

Технологический процесс получения изделий из тугоплавких металлов начинается с переработки исходного сырья в порошок.

Развитие порошковой металлургии началось с развития продукции из тугоплавких металлов (вольфрама, молибдена).

Основные направления:

1. Производство порошков как товарной продукции для непосредственного применения в различных отраслях техники, например для покрытий, в качестве легирующих добавок для сварочной техники, катализаторов и т. д.

2. Создание материалов и изделий с особыми свойствами и структурой

для работ при повышенных температурах и нагрузках, например, псевдосплавы W-Cu, Fe-C, твердые сплавы, фрикционные и антифрикционные изделия сложного состава и др.

3. Создание пористых материалов для работы при повышенных температурах, например, пористые фильтры и др.

4. Изготовление деталей с окончательными размерами без дополнительной механической обработки; создание различных инструментальных материалов (для сверл, фрез и др), обладающих высокой стойкостью при обработке резанием или давлением.

Производство порошковой металлургии особенно широко применяют в автомобильной и электротехнической, химической, металлургической, нефтяной, тракторной, авиационной промышленности, судостроении, сельхозмашиностроении и др.

Общая схема технологического процесса: а) получение порошков с требуемыми свойствами; б) формование порошков; в) спекание сформованных заготовок при определенной температуре в средах регулируемого состава (возможна термическая и химико-термическая обработка после этого), обработка

давлением с приложением сдвиговых деформаций.

Прессование представляет собой формование тел путем приложения давления к порошку в закрытой форме или оболочке.

Разработаны следующие процессы прессования порошков:

1. В закрытой пресс-форме.
2. С применением вибрации.
3. Ударное.
4. Изостатическое.
- 5 Взрывом.

Схемы прессования порошков (рис 5.1 и рис 5.2).

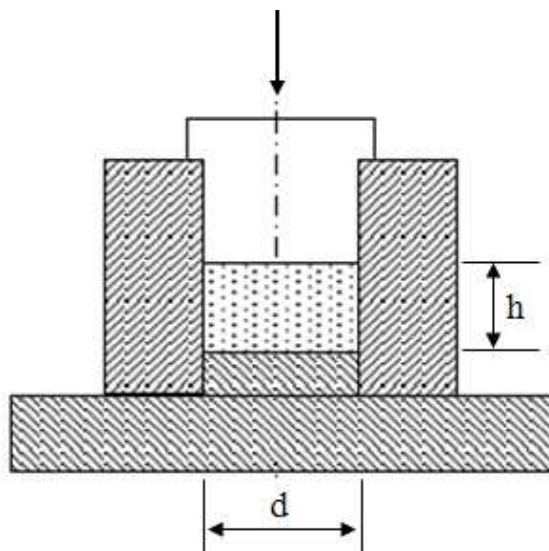


Рисунок 5.1 – Односторонняя схема для формования изделий простой наиболее распространенной формы: втулок, колец с $h/d \leq 1$

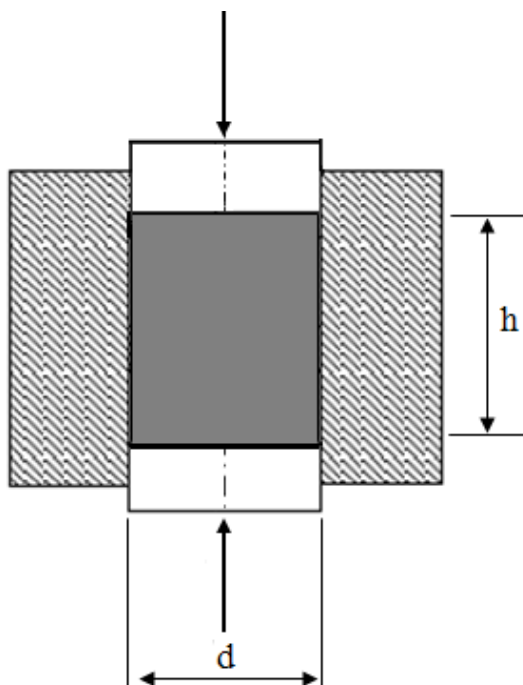


Рисунок 5.2 – Двухсторонняя схема наиболее распространенный способ при $h/d > 1$

6 ХОЛОДНАЯ ТОРЦОВАЯ РАСКАТКА ДЕТАЛЕЙ

Применение методов ротационной обработки значительно расширяет области использования процессов холодного объемного деформирования [1 – 5].

Локальный характер приложения нагрузок:

- уменьшает общую силу деформирования; контактные напряжения, действующие на инструмент; расходы металла на 30 %; трудоемкость изготовления детали приблизительно на 20 % по сравнению с обработкой резанием;

- увеличивает физико-механические свойства обрабатываемого металла, обеспечивает оптимальное расположение его волокон;

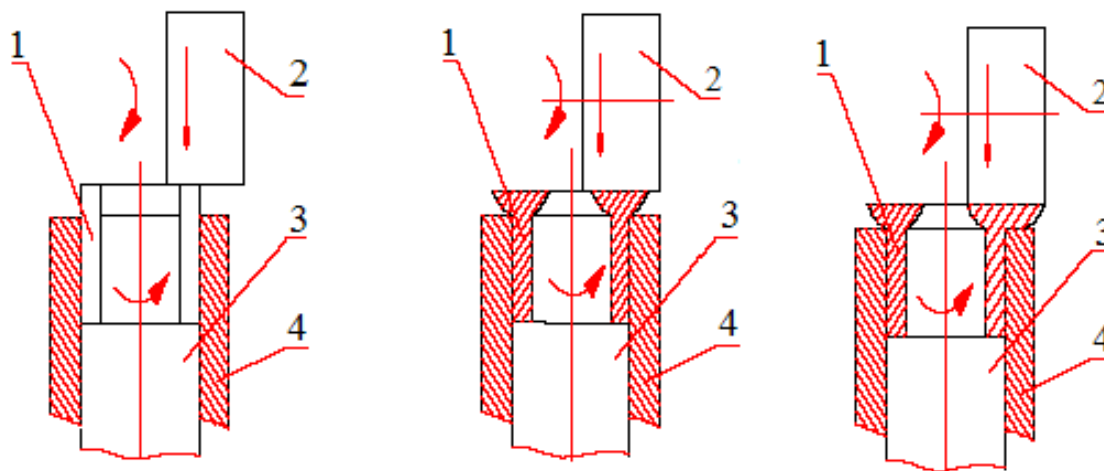
- увеличивает эксплуатационные свойства получаемых деталей.

Преимущества: низкая стоимость оснастки, незначительное время подготовки производства, использование оборудования относительно небольшой

мощности при изготовлении крупногабаритных деталей, легкая автоматизация, можно применять в мелкосерийном производстве.

Освоены техпроцессы торцевой раскатки заготовок из сталей ШХ15, ШХ15СТ, 40Х, 20, 45 и Д16 и т. д.

В качестве заготовок используют отрезанные заготовки труб или прутков, устанавливаемые в матрицу свободно с зазором до 0,3 мм на сторону. Валки могут быть цилиндрической или конической формы (рис. 6.1). Формируют внутренние и наружные бурты по схеме высадки. Диаметр не зависит от размеров детали обычно 250 – 400 мм. Большие технологические возможности (угол 5 – 15° к оси вращения детали).



1 – заготовка 2 – деформирующий валок 3 – оправка 4 – матрица

Рисунок 6.1 – Технологические схемы торцевой раскатки

Получаемые детали – осесимметричные типа тел вращения, гладкие, с глухой полостью, имеющие развитый фланец (рис. 6.2).

Недостаток — сложность формы зависит от размеров и формы детали.

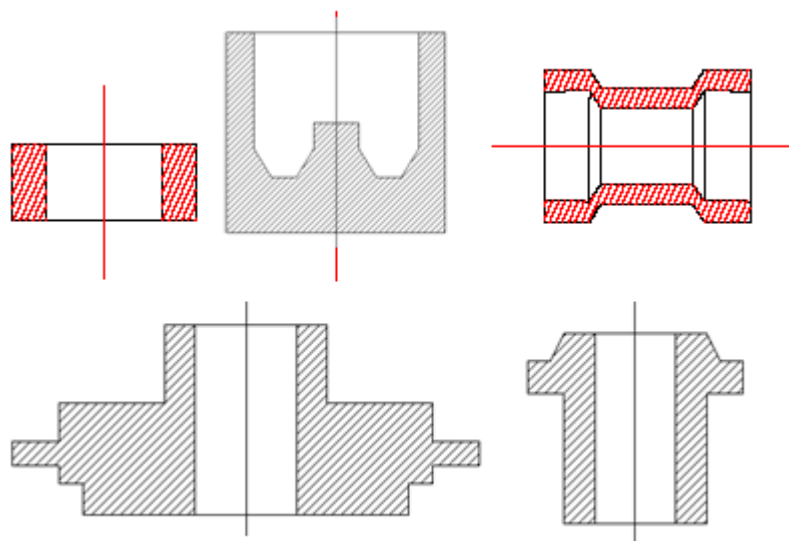


Рисунок 6.2 – Детали, изготовленные торцовой раскаткой

7 НАКАТКА ЗУБЧАТЫХ ПРОФИЛЕЙ

Накатку применяют как окончательную операцию обработки зубчатого венца при производстве зубчатых колес 15...16 квалитетов точности с модулем не более 4 мм. При накатке экономится 15...30 % металла, трудоемкость процесса меньше в 2...5 раз, усталостная прочность повышается на 15...20 %, прочность при изгибе увеличивается на 20...40 %. Температура накатки – 1000...1100⁰С.

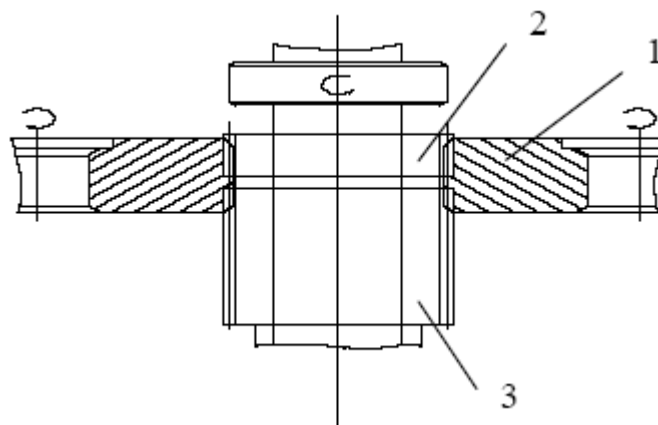
Сущность метода: заготовка нагрета в индукторе, накатывается профиль между двумя зубчатыми колесами-инструментами, установленными на определенное межцентровое расстояние [1 – 5].

Технологический процесс осуществляется двумя парами валков: одна пара — гладкая, другая — зубчатая. Зубчатый и гладкий валок насажены на общий вал, так что зубчатый валок находится выше гладкого.

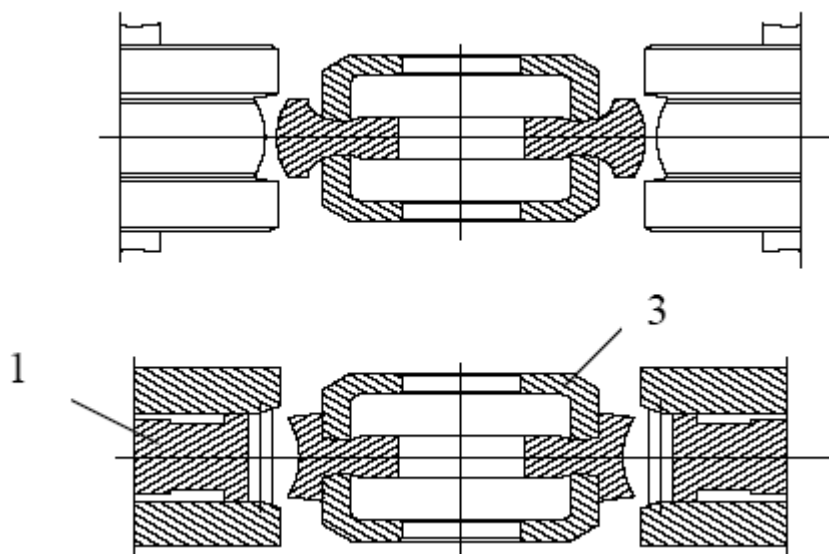
Заготовку зажимают гидравлическим устройством и располагают против гладких валков.

После нагрева заготовки валки сближают и производят обкатку обода, придавая ему точные размеры по диаметру и ширине. Далее валки разводят заготовку, устанавливая против зубчатых валков, после чего на нее производят накатку зубьев. При прокатке и накатке на валки подается смазочный материал.

Изготовление цилиндрических прямозубых и косозубых колес с модулем 1,5...3мм и диаметром ≤ 250 мм осуществляется при накатывании с осевой подачей заготовки (рис. 7.1). Для изготовления крупногабаритных колес со значительным модулем используется накатка с радиальной подачей валков (рис.7.2). Заготовками служат штамповки или отрезанные от прутка дисковые заготовки.



1 – зубчатое колесо (инструмент) 2 – эталонная шестерня 3 – заготовка
Рисунок 7.1 - Схема накатывания шестерен с осевой подачей заготовки



1 – зубчатое колесо (инструмент) 3 – заготовка
Рисунок 7.2 - Схема накатывания зубчатых колес
с радиальной подачей валков

8 РАСКАТКА КОЛЬЦЕВЫХ ЗАГОТОВОК

Раскатка кольцевых деталей (заготовок) — технологическая операция формоизменения, посредством которой производится одновременное увеличение наружного диаметра и диаметра отверстия кольцевого полуфабриката (поковки) за счет уменьшения толщины его стенки, при этом может быть также изменена форма поперечного сечения кольца [1 – 5].

Раскатка осуществляется в процессе деформирования валками на специализированных кольце раскатных машинах и применяется при изготовлении кольцевых деталей диаметром от 50...70мм до 7000мм, шириной соответственно от 5...7мм до 1200мм и массой от нескольких десятков грамм до 12,5т.

В зависимости от поставленных задач, габаритов изготавливаемых деталей, марки материала и других условий раскатку выполняют в горячем, полугорячем или холодном состояниях.

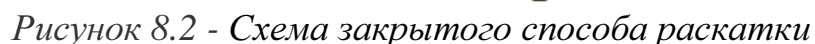
Способы раскатки. По схемам формоизменения раскатку кольцевых заготовок условно разделяют на открытую, полуоткрытую, закрытую и полузакрытую. Наиболее распространенной является открытая раскатка (рис. 8.1, а). Исходная заготовка (полуфабрикат) 1 помещается между двумя валками 2 и 3, один из которых (обычно наружный) является приводным, а второй вращается за счет сил трения от контакта с заготовкой. Один из валков (нажимной) имеет возвратно-поступательное перемещение, при своем рабочем ходе воздействуя на заготовку с усилием, необходимым для ее деформирования. Увеличиваясь в диаметре, заготовка в течение всего процесса деформирования соприкасается с двумя свободно вращающимися направляющими валками 4 и 5, которые прижимаются к ней с определенным усилием, предотвращая смещение центра заготовки от оси центров раскатных валков 2 и 3, устраняя вибрации и обеспечивая правильную геометрическую форму кольца. При раскатке с небольшими суммарной деформации два подвижных опорных валка 4 и 5 могут быть заменены одним неподвижным (правым), выполняющим те же функции. В процессе раскатки с заготовкой контактирует контрольный ролик 6, который при достижении заданного наружного диаметра подает сигнал на отвод нажимного валка 3 в исходное положение, после чего заготовка может быть удалена с валка 2.

Полуоткрытая раскатка (рис. 8.1, б) отличается от открытой тем, что с помощью пары приводных или холостых торцовых конических валков 7 и 8 производится обжатие заготовки в осевом направлении и проработка ее торцов. В процессе раскатки при постепенном сближении торцовых валков достигается заданная деформация по ширине заготовки. В некоторых случаях расстояние между осями пары конических валков в процессе раскатки не изменяется, и они лишь препятствуют естественному уширению, обеспечивая проработку торцов заготовки и устраняя утяжины, обусловленные неравномерностью уширения в продольном сечении заготовки. Применение принудительно сближающихся в процессе раскатки торцовых валков позволяет более интенсивно перераспределить металл и получать более сложные формы поперечных сечений у кольцевых заготовок.

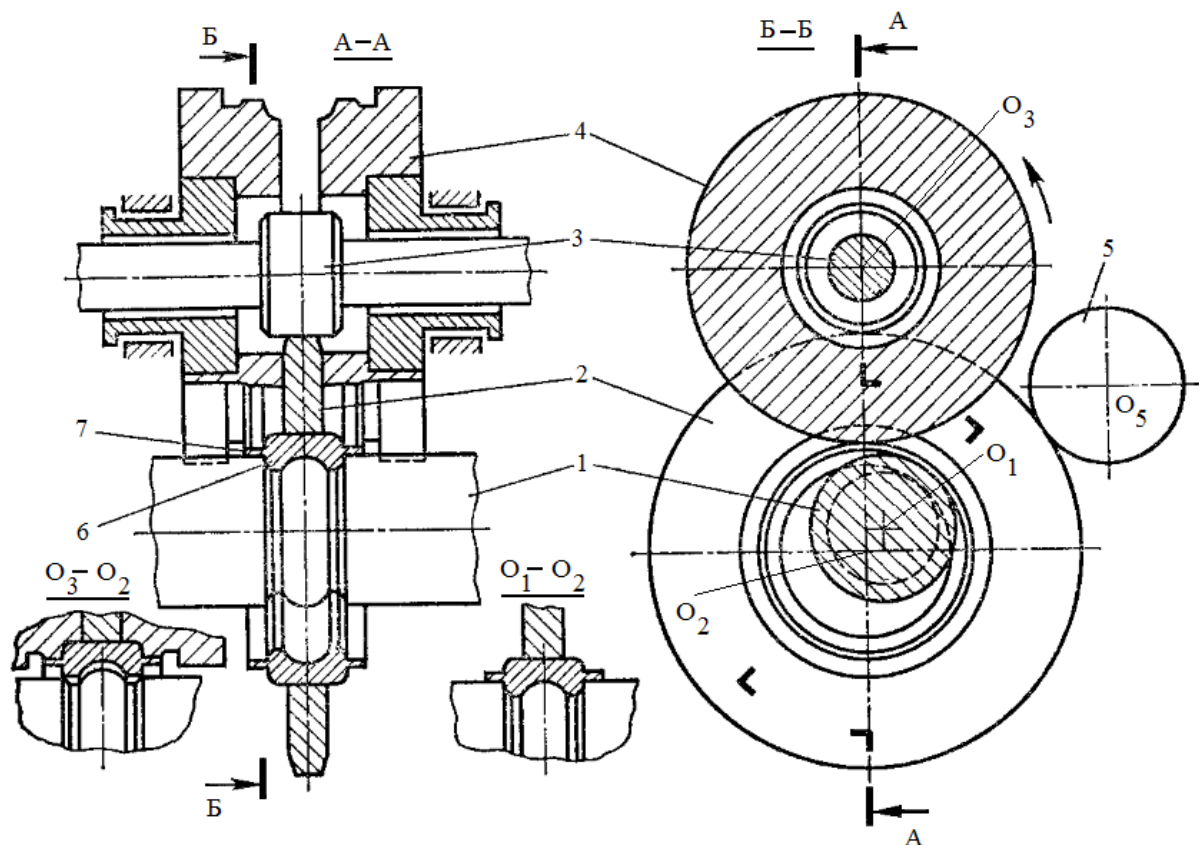
Закрытая раскатка (рис. 8.2) в отличие от предыдущих способов осуществляет формоизменение заготовки прокаткой между внутренним валком 2 и наружным полым валком 3. Радиальное обжатие заготовки достигается принудительным сближением осей внутреннего и полого валков. Процесс формоизменения продолжается до тех пор, пока наружный диаметр заготовки 1 не примет размера диаметра отверстия полого валка, а толщина ее стенки не достигнет заданной. После этого исходное положение осей валков восстанавливается, а заготовка удаляется из полого валка выталкивателем 4.



Рисунок 8.1 - Схемы раскатки

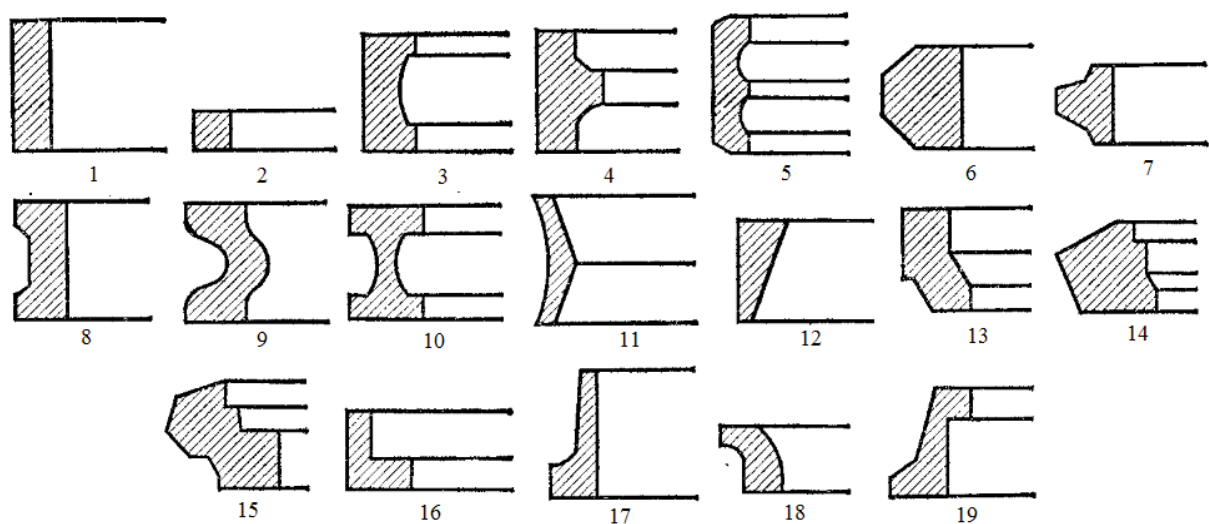


32



1 - внутренний валок 2 - наружный полый валок 3 - нажимной валок
4 - боковые валки 5 - опорный валок 6 - раскатываемый полуфабрикат
7 - торцовые заусенцы у раскатанной заготовки

Рисунок 8.3 - Схема полузакрытого способа раскатки



1...11 - формы сечений с горизонтальной осью симметрии

12...19 - сечения, не имеющие горизонтальной симметрии

Рисунок 8.4 - Формы сечений кольцевых заготовок, полученных на кольцераскатных машинах полуоткрытой раскатки

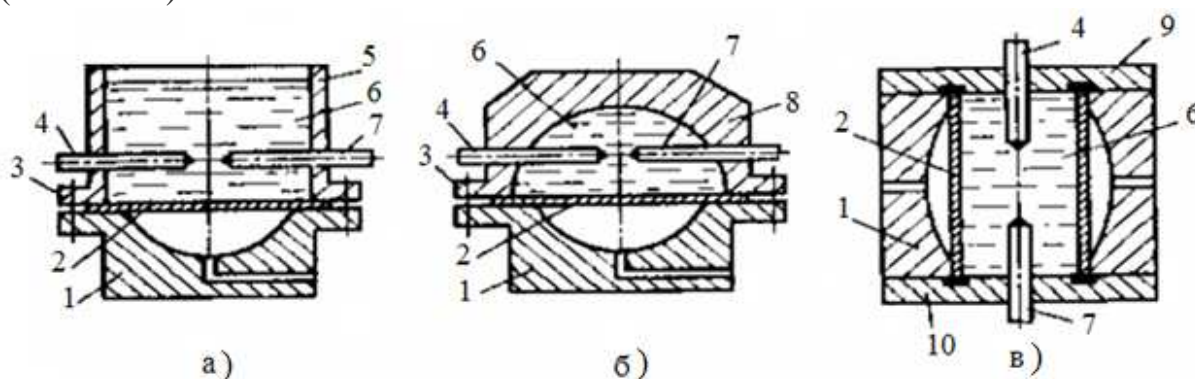
9 ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ШТАМПОВКА (ЭГШ)

Электрогидравлической штамповкой обычно изготавливают детали из

листовых заготовок толщиной 0,8...2мм. При этом минимальные радиусы кривизны поверхности детали, как правило, составляют не менее 2...4мм. Габаритные размеры плоских заготовок деталей сложной формы, изготавливаемых ЭГШ, достигают 1500 × 2000 мм. Глубина штампуемых деталей — до 500 ...600 мм. На специальных электрогидравлических установках с перемещаемой одной или несколькими разрядными камерами штампуют плоские крупногабаритные (до 3...3,5м) детали с различными рифтами либо местными рельефами. Детали сложной формы штампуют за несколько переходов через эластичную диафрагму и с использованием многоэлектродных разрядных камер. Максимальные диаметр и длина оболочек, штампуемых на специализированных установках, обычно не достигают 1000мм.

Существуют два метода преобразования электрической энергии в механическую: разряд конденсатора через зазор в жидкости и разряд конденсатора через проволочку. При ЭГШ металл деформируют периодически повторяющимися импульсами высокого давления, генерируемыми высоковольтными разрядами в жидкости или электрическим взрывом проводников [1 – 5].

На рис. 9.1 показаны схемы ЭГШ. Технологические установки выполняют с открытой (рис. 9.1, а) или закрытой (рис. 9.1, б, в) камерой (емкостью).



- | | | |
|--|-----------------------------------|-------------|
| 1 – матрицы | 2 – заготовки | 3 – прижимы |
| 4, 7 – электроды | 5, 8 – открытая и закрытая камеры | |
| 6 – вода | 9, 10 – верхняя и нижняя крышки | |
| а – в открытой | б – закрытой камерах | |
| в – из трубчатой заготовки в закрытой камере | | |

Рисунок 9.1 - Схемы электрогидравлической штамповки деталей из плоской заготовки

Листовую заготовку 2 (рис. 9.1, а) укладывают на матрицу 1 и с помощью устройства 3 прижимают к ней. Емкость 5 заполняют передающей средой (водопроводной водой) 6. В воде на определенном расстоянии от заготовки 2 размещают рабочие электроды 4 и 7 (положительный и отрицательный), соединенные с генератором импульсов

тока электрогидравлической установки.

При высоковольтном электрическом разряде между электродами 4 и 7 возникает токопроводящий искровой канал. Расширение канала разряда приводит к возникновению в жидкости ударной волны.

Под действием ударной волны, давления, образующегося при расширении парогазовой полости, и сопутствующего гидропотока, сопровождаемого кавитацией, происходит деформирование заготовки 2 по матрице 1.

Коэффициент полезного действия (КПД) электрогидравлической штамповки составляет 5...20%. Наибольший КПД достигается в установках с замкнутым объемом жидкости. На рис. 9.1 показано размещение рабочих электродов 4 и 7 в закрытой камере 8. Электроды 4 и 7 могут быть установлены также внутри трубчатой заготовки 2, помещенной в закрытую камеру, образуемую матрицей 1 и крышками 9 и 10 (рис. 9.1, в).

При высоковольтном разряде в жидкости генерируются импульсы с амплитудой давления, достигающей 10^9 Па, и частотой 0,1...10 Гц, следствием чего являются высокая скорость деформирования листовых и трубчатых заготовок (десятки и сотни м/с) и незначительное (10^{-4} ... 10^{-5} с) время деформации.

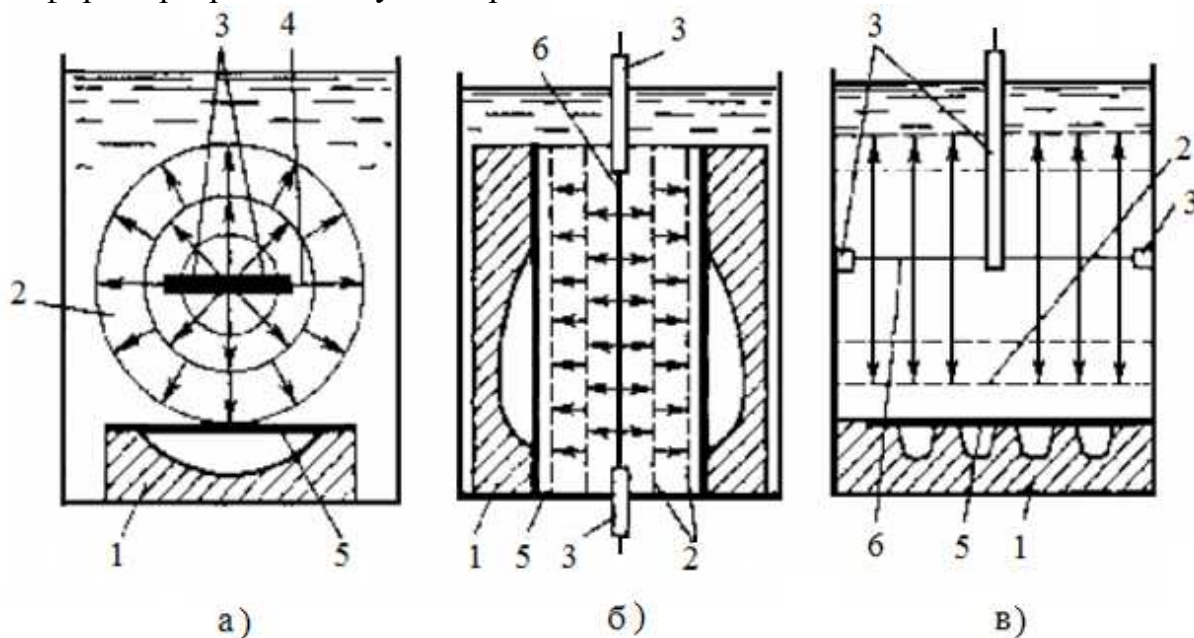
Несмотря на столь короткие промежутки времени деформации в материале успевают произойти такие внутренние изменения, которые влияют не только на структуру и свойства заготовки после обработки, но и на результаты технологического процесса.

Возбуждаемые при электрическом разряде ударные волны передаются от источника через жидкость к заготовке. Со звуковой скоростью они достигают поверхности заготовки, вначале воздействуя на нее перпендикулярно, а затем по периферии. Источник ударных волн действует периодически с частотой 0,1...10 Гц и может при этом перемещаться на заданный шаг по предварительно установленной программе. В результате воздействия ударной волны начинается деформирование заготовки, а в материале ее возбуждаются волны напряжений. Скорость деформирования может достигать 20...400 м/с, а волны напряжений в материале, перемещаясь со скоростью звука, быстро проходят сквозь всю толщину заготовки и до очередного импульса успевают отразиться несколько раз.

Главным фактором, определяющим фронт ударной волны при разряде через зазор в жидкости, является форма электродов и рефлекторов (отражателей). Форма фронта ударной волны зависит от расстояния между электродами (рис. 9.2). При незначительном расстоянии между ними в результате разряда образуется волна со сферическим фронтом (рис. 9.2, а), при достаточно большом (несколько сантиметров) – волна с цилиндрическим фронтом (рис. 9.2, б).

Разряд через зазор в жидкости характеризуется неустойчивостью, а выходную мощность трудно регулировать. Не всегда удается повлиять на форму ударной волны путем изменения формы электродов и отражателей.

Чтобы облегчить управление формой и амплитудой генерируемых волн давления и повысить КПД искрового промежутка, электроды закорачивают между собой проводниками в виде перемычки (мостика). Перемычку выполняют из тонкой проволоочки б, свернув ее спиралью, или из фольги (рис. 9.2, б, в). Благодаря этому путь электрического разряда может быть predetermined по направлению и форме. Соединяя электроды проволоочкой, удастся поставить параметры ударной волны в зависимость от формы разряда между электродами.



1 – матрицы 2 – фронты ударной волны 3 – электроды
4 – разрядные промежутки 5 – заготовки б – взрывающиеся проволоочки
а – сферического б – цилиндрического в – плоского

Рисунок 9.2 - Схемы формирования фронтов ударной волны

10 ШТАМПОВКА ПОКОВОК ИЗ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА

Это одна из наиболее прогрессивных технологий, позволяющих получать поковки с уменьшенными припусками под механическую обработку, КИМ до 95...98 %, с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Это синтез литейного и кузнечно-штамповочного производства. По этой технологии можно получать сложные фасонные поковки типа фланцев, шестерен, крышек с низкой шероховатостью поверхности и точными геометрическими размерами, близкими к форме и размерам готовых деталей [1 – 5].

Технология штамповки поковок из жидкого металла позволяет использовать отходы от литья, штамповки (облой и перемычки), механической обработки (стружка, шлам) черных и цветных металлов.

При штамповке крупных партий поковок для каждого типа поковки

изготавливается свой штамп, при штамповке в условиях мелко- и среднесерийного производства экономически целесообразно применять групповой метод, при котором используется универсальный групповой блок и изготавливается только сложный формообразующий инструмент (вставки, вкладыши).

Большое количество деталей сложной конфигурации приборостроительной и электротехнической отраслей изготавливается отливкой в песчаной или металлической форме. Используется литниковая система и прибыли, на что расходуется до 40...50% металла.

При изготовлении данных деталей ковкой наблюдаются значительные припуски и напуски на механическую обработку.

По сравнению с литьем под давлением штамповка жидкого металла позволяет получить поковки сложного профиля почти без пор и раковин.

Сущность штамповки из жидкого металла — жидкий металл подается не в специальную камеру сжатия (как при литье под давлением), а непосредственно в полость штампа, а затем под действием пуансона деформируется так же, как и при горячей объемной штамповке в закрытых штампах, и выдерживается под давлением до полной кристаллизации.

Применение давления при формообразовании позволяет устранить основной недостаток литья под давлением: пустоты, газовые и усадочные камеры.

Поковки простой формы без боковых выступов и впадин изготавливают в штампах с неразъемными матрицами, а заготовки сложной конфигурации с отростками и поднутрениями — в штампах с разъемной матрицей.

Штампуют как цветные, так и черные металлы. При этом металл находится в состоянии трехосного неравномерного сжатия, растягивающие напряжения отсутствуют, что дает возможность штамповать малопластичные сплавы.

Преимущества штамповки из жидкого металла перед ковкой и горячей штамповкой:

- уменьшение расхода металла из-за отсутствия потерь на резку;
- отпадает необходимость иметь на заводе большую номенклатуру проката;
- стоимость металла заготовок меньше на 30 – 60 %,
- мощность прессового оборудования меньше в 10...20 раз.

Недостатки штамповки из жидкого металла:

- производительность ниже, чем при ГОШ, ввиду необходимости выдержки жидкого металла в штампе под давлением;
- длительное воздействие жидкого металла со стенками инструмента ведет к появлению на них разгарных трещин — уменьшается стойкость штампов.

11 ТЕХНОЛОГИЯ ЭКСТРУЗИИ

Экструзия- метод формования в экструдере изделий или

полуфабрикатов неограниченной длины продавливанием расплава полимера через формующую головку с каналами необходимого профиля. Для этого используют шнековые, или червячные, экструдеры [1 – 5].

Производство различных видов изделий методом экструзии осуществляется путем подготовки расплава в экструдере и придания экструдату той или иной формы посредством продавливания его через формующие головки соответствующей конструкции с последующими охлаждением, калиброванием и т. д.

Устройство экструдера:

По устройству и принципу работы основного узла, продавливающего расплав в головку, экструдеры подразделяются на шнековые, бесшнековые и комбинированные.

Основным оборудованием для переработки пластмасс методом экструзии служат шнековые машины, называемые также червячными прессами.

В отдельных случаях переработки пластмасс применяются бесшнековые, или дисковые, экструдеры, в которых рабочим органом, продавливающим расплав в головку, является диск особой формы. Движущая сила, продавливающая расплав, создается в них за счет развития в расплаве нормальных напряжений, направленных перпендикулярно касательным (совпадающим с направлением вращения диска). Дисковые экструдеры применяются, когда необходимо получить улучшенное смешение компонентов смеси. Из-за невозможности развивать высокое давление формования такие экструдеры применяются для получения изделий с относительно невысокими механическими характеристиками и небольшой точностью геометрических размеров.

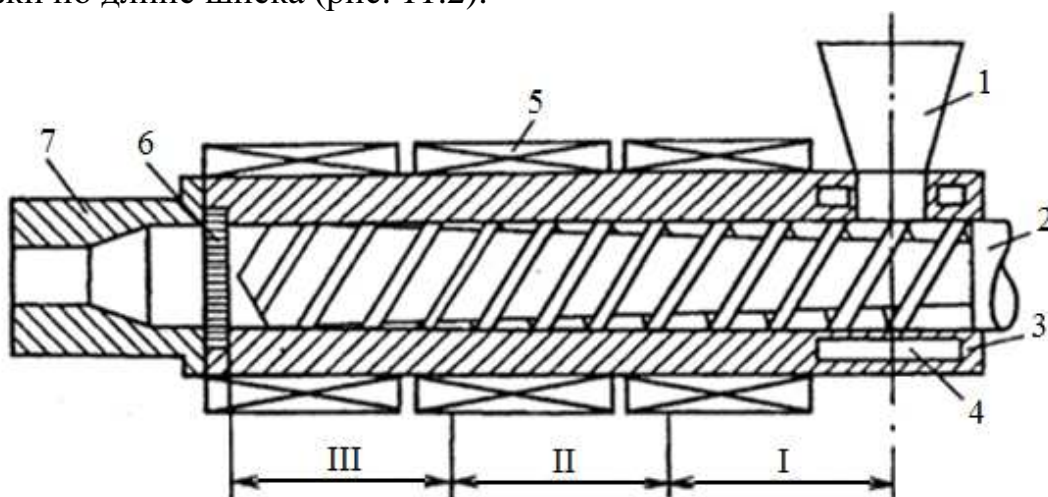
Комбинированные экструдеры имеют в качестве рабочего органа устройство, сочетающее шнековую и дисковую части, и называются червячно-дисковыми. Применяются для обеспечения хорошего смесительного эффекта, особенно при переработке композитов. На них перерабатываются расплавы пластмасс, имеющие низкую вязкость и достаточно высокую эластичность.

Шнековые экструдеры могут быть различных типов: одно- и двухшнековые; одно- и двухступенчатые; универсальные и специализированные; с осциллирующим (вдоль оси) и одновременно вращающимся шнеком; с зоной дегазации и без нее; с вращением шнеков в одну и в противоположные стороны, и т. п.

Наиболее простым является одношнековый экструдер без зоны дегазации (рис. 11.1).

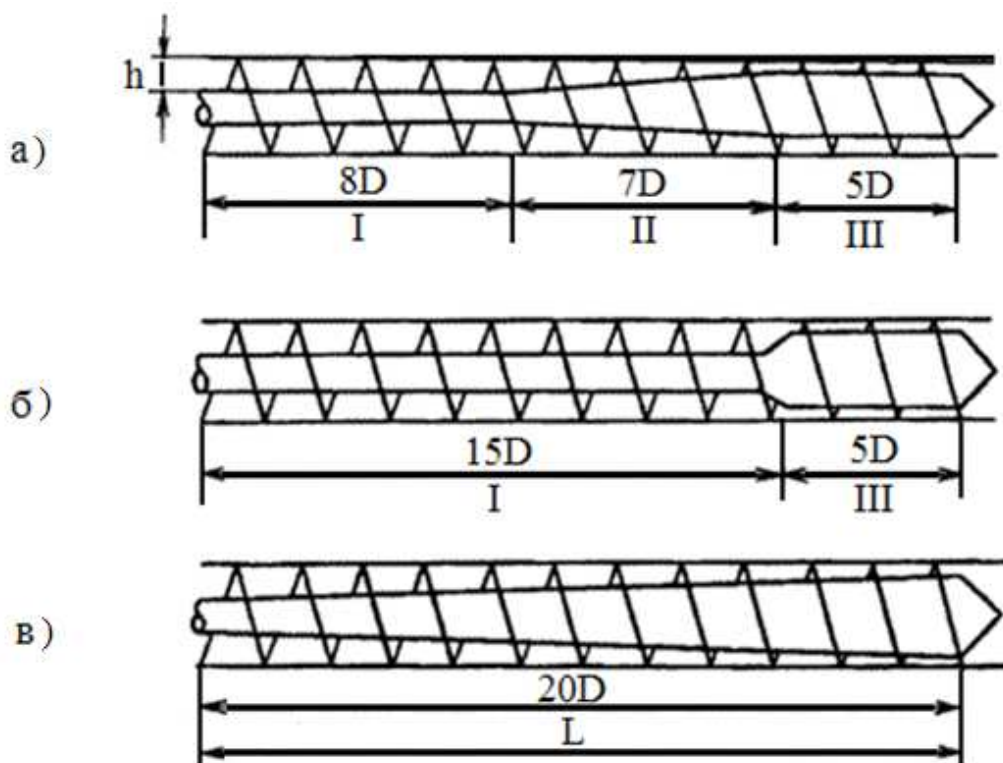
Основными элементами экструдера являются обогреваемый цилиндр, шнек (с охлаждением или без него), сетки, размещаемые на решетке, и формующая головка. В зависимости от природы полимера, технологических режимов переработки применяются шнеки различного профиля, в частности с различным характером изменения глубины h

нарезки по длине шнека (рис. 11.2).



1 – бункер 2 – шнек 3 – цилиндр 4 – полость для циркуляции воды
5 – нагреватель 6 – решетка с сетками 7 – формующая головка
I, II, III- технологические зоны (пояснения в тексте)

Рисунок 11.1 - Схема одношнекового экструдера



а – шнек общего назначения с тремя (I, II, III) геометрическими зонами
б – шнек для переработки высоко кристаллических полимеров
в – шнек для экструзии ПВХ
 D – наружный диаметр
 L – длина (технологическая) шнека h – глубина нарезки шнека

Рисунок 11.2 - Основные типы шнеков

В зависимости от вида выпускаемого изделия применяют либо коротко, либо длинношнековые машины, т. е. с малым или большим отношением длины L к диаметру D шнека (L/D) (рис. 11.2). Значения D и L/D являются основными характеристиками одношнекового экструдера.

Параметрический ряд отечественных экструдеров построен по диаметрам шнека: $D = 20; 32; 45; 63; 90; 125; 160; 200; 250; 320$ мм. В наименовании типоразмера пресса указываются D и L/D .

12 ВИНТОВАЯ ЭКСТРУЗИЯ – ПРОЦЕСС НАКОПЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ

Большие пластические деформации давно интересуют исследователей. В настоящее время эти исследования приобрели дополнительное значение в связи с быстро возрастающим интересом к так называемым нано- и субмикроматериалам, структурные элементы которых имеют размеры 10-100 нм (нано-) и 100-1000 нм (субмикро-).

В результате больших пластических деформаций металлов размеры их структурных элементов (кристаллитов, фрагментов, границ раздела и т.д.) уменьшаются и достигают значений, характерных для нано - и субмикроматериалов. Вследствие этого сильнодеформированные металлы приобретают качественно новые свойства, многие из которых представляют практический интерес. В частности, они обладают аномально высокой пластичностью в сочетании с большой прочностью. Есть результаты, указывающие на возможность получения сверхпластичности некоторых металлов при комнатных температурах [8].

Для осуществления больших пластических деформаций можно использовать различные процессы обработки давлением: прокатку, волочение, прессование и др. Однако монотонное формоизменение заготовки (постоянное увеличение длины при прокатке и волочении, уменьшение высоты при осадке), очевидно, приводит к тому, что при больших деформациях ее размер, хотя бы в одном из направлений, становится чрезвычайно малым. Это резко сокращает область последующего использования таких заготовок.

Исследования показывают, что эффект больших деформаций при определенных условиях можно получить путем немонотонного формоизменения заготовок. Это используется в процессах обработки давлением, основной целью которых является накопление деформации в заготовках, а не изменение их формы. К таким процессам относятся: равноканальная угловая экструзия, всесторонняя ковка, винтовая экструзия и др., которые в последующем мы называем процессами накопления деформации (ПНД). Поскольку форма заготовки после ПНД практически совпадает с исходной, то имеется возможность многократной обработки заготовок для накопления в них достаточной деформации.

С одной стороны, ПНД являются процессами обработки давлением. Поэтому их реализация невозможна без решения характерных для таких процессов задач: определения напряженно-деформированного состояния заготовки, расчета силовых параметров процесса, проектирования и изготовления деформирующего инструмента и оснастки, подбора смазок и

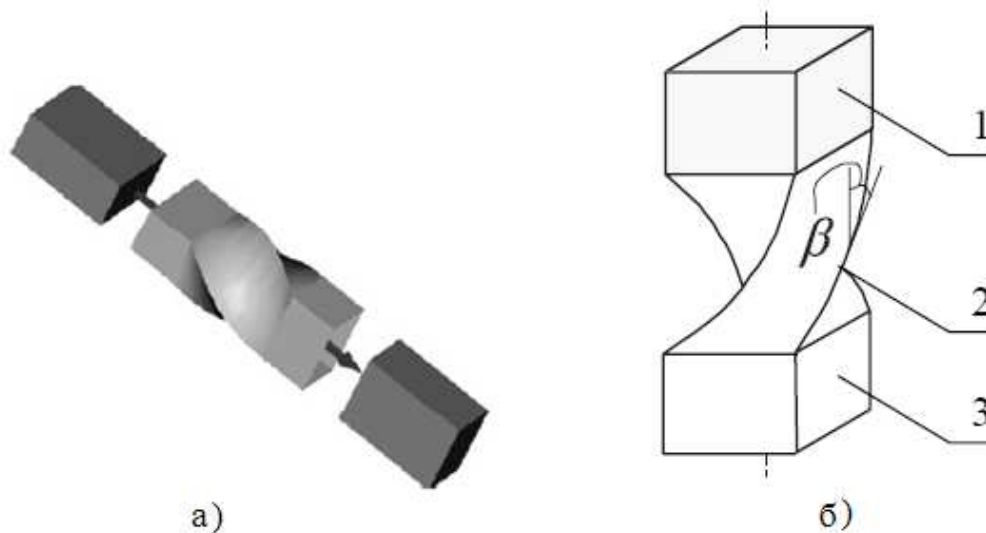
т.д. С другой стороны, ПНД – это не обычные операции обработки давлением, целью которых является, прежде всего, формоизменение заготовок, а процессы, призванные формировать структуру материалов, обеспечивающую заданные физико-механические свойства.

Схема винтовой экструзии

Винтовая экструзия является одним из эффективных методов уплотнения порошковых и пористых материалов, так как сочетает в себе высокое давление и интенсивную пластическую деформацию. Суть ВЭ состоит в том, что призматическую заготовку продавливают через матрицу с винтовым каналом (рис. 12.1).

Канал матрицы состоит из трех участков: заходного 1, винтового 2 и калибрующего 3. Поперечные сечения всех участков одинаковы, поэтому форма заготовки после экструзии практически такая же, как и до нее. При прохождении через матрицу заготовка испытывает интенсивную пластическую деформацию. Подвергая заготовку многократной экструзии (а это возможно именно потому, что форма экструдированной заготовки такая же, как исходной) можно накапливать в металле большие деформации, существенно изменяя его структуру.

Выполненные нами исследования показали, что деформация металла при ВЭ осуществляется в основном на входе и выходе из винтового участка канала матрицы. Величина эквивалентной деформации за один проход зависит, в основном, от угла β и для характерных значений этого угла ($50^\circ - 60^\circ$), в среднем по сечению заготовки, составляет 1,0-1,2.



а – схема прохождения заготовки через винтовую участка матрицы

б – схема канала винтовой матрицы

Рисунок 12.1 - Схема, поясняющая суть винтовой экструзии

Отмечено, что воздействие ПНД на структуру обрабатываемого металла определяется его деформированным состоянием (величиной и видом деформации, степенью ее монотонности) градиентами тензоров скоростей деформаций и поворотов, уровнем гидростатического давления и т.д. Поэтому для проектирования ВЭ необходимо знать, каким образом его параметры (геометрия канала матрицы, величина противодействия, контактное трение и т.д.) влияют на указанные факторы. При разработке технологической оснастки и оборудования необходимы данные по величине давления ВЭ.

13. ВЗРЫВНОЕ ПРЕССОВАНИЕ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ТУРБИННЫХ ЛОПАТОК

Большие скорости деформации не только способствуют росту производительности труда, но и обуславливают новые технологические и энергетические свойства. В частности, обеспечивается лучшая обрабатываемость металлов и увеличиваются возможности для создания рабочих машин с большой абсолютной и относительной мощностью. При этом энергоносители, как правило, не являются дефицитными и дорогими.

Все это подтверждается как отечественными, так и зарубежными работами. В этой связи представляют самостоятельный интерес работы по скоростной (взрывной) объемной штамповке изделий сложной конфигурации из прочных мало пластичных материалов, например заготовок для турбинных лопаток [6].

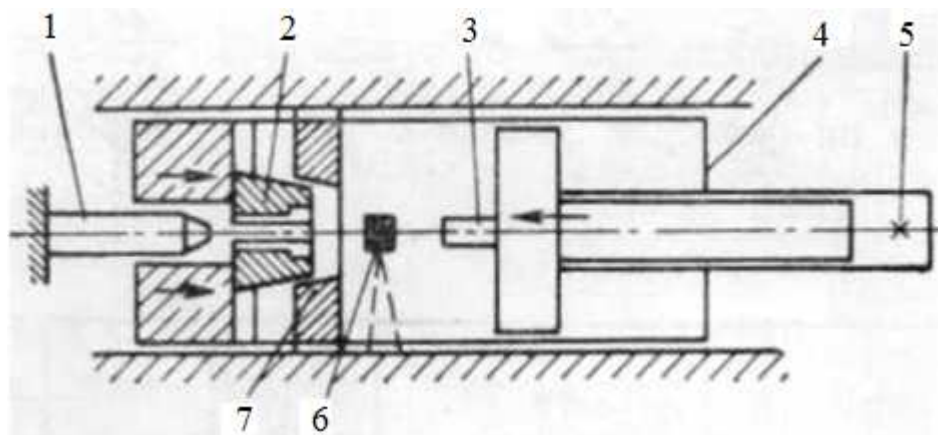
Как известно, растущее применение установок с газовыми турбинами вызывает необходимость непрерывного совершенствования производства лопаток. Это касается всех технологических процессов: кузнечной, термической и станочной обработки.

Отмечая достигнутые в этой области существенные результаты, рассмотрим особенности и возможности взрывного прессования заготовок для турбинных лопаток. Предлагается осуществлять прессование заготовок (изделий) ударом твердого тела (инструмента). Считается, что это вполне возможно и рационально, так как даже при скоростях соударения инструмента и заготовки до 150 м/сек показатели пластичности обрабатываемого металла не снижаются.

Для проверки этого предположения была разработана и осуществлена в металле конструкция взрывного копра для высадки схема которого дана на рис. 13.1.

Основными узлами копра являются: камера взрыва, заряжаемая порохом или взрывной смесью природного газа и воздуха, направляющий цилиндр, в котором перемещается шток с закрепленным на нем пуансоном, и рама, на которой собраны и соединены жесткими тягами «шабот» с матрицей и направляющий цилиндр со взрывной камерой. Благодаря такой конструкции копер работает как бесшаботный молот: в результате взрыва шток с пуансоном движется с большой скоростью в

сторону заготовки. Одновременно направляющий цилиндр и соединенный с ним «шабот» с матрицей движутся к заготовке (пуансону). Происходит синхронный удар по заготовке с двух сторон.



1 – выталкиватель 2 - матрица (контейнер) 3 – пуансон
4 – рама 5 – камера взрыва 6 – заготовка 7 – кольцевая плита
Рисунок 13.1 – Схема копра для прессования

Это приводит к увеличению скорости деформации металла, а также позволяет отказаться от фундаментов, поскольку силовая схема замыкается внутри системы. Последнее является очень важным фактором, так как сложность и дороговизна фундаментов, а также сейсмичность работы молотов общеизвестны.

Описываемый копер имеет несложную конструкцию, небольшие габаритные размеры и весит всего 500 кг. Копер развивает энергию, примерно равную 2000 кгм, и, следовательно, он эффективнее современных молотов с весом падающих частей 1,0 т. К тому же при его замкнутой силовой схеме исключается необходимость в фундаменте.

Процесс деформирования металла (прессование, высадка и пр.) осуществляется следующим образом. Заготовка закрепляется на линии удара в специальном держателе. При взрыве заряда шток с закрепленным на нем инструментом (пуансоном) движется в сторону заготовки. При этом рама копра и закрепленная на ней раздвижная матрица движутся под действием сил отката навстречу штоку. Благодаря неподвижной кольцевой плите происходят смыкание половинок матрицы и захват его заготовки. Почти вся энергия, накопленная при разгоне штока до скорости 30...60 м/сек, затрачивается на деформирование заготовки. По окончании процесса деформирования часть энергии передается на матрицу и раму машины, что приводит к откату последней в начальное положение. При этом ударом выталкивателя матрица раскрывается и изделие выталкивается. Весь цикл прессования равен 0,05...0,1 сек.

Таким способом были получены различные изделия, в том числе изделия типа турбинных лопаток (рис. 13.2) из различных материалов с

пером шириной до 35 мм и длиной до 100 мм при хорошем качестве пера.



Рисунок 13.2 - Изделия, полученные методом взрывного прессования

При этом величина припуска не превышала $\sim 0,1$ мм, хотя последняя и должна определяться из общих условий производства лопаток, т. е. должны быть учтены особенности термической обработки, возможного коробления и пр.

СПЕЦІАЛЬНІ ВИДИ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

**(для студентів спеціальності
«Обробка металів тиском»
всіх форм навчання)**

(Російською мовою)

Укладачі: Абхарі Пейман Бахменович
Іграмотдін Серажутдінович Алієв

Редактор О. М. Болкова

Комп'ютерна верстка О. П. Ордіна

. Підп. до друку . Формат 60 x 84/16.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 2,09. Обл.-вид. арк. 1,41.
Тираж прим. Зам. №

Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру
серія ДК №1633 від 24.12.03.