

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

47. СУЩНОСТЬ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

Обработка давлением является одним из основных технологических процессов получения *заготовок, деталей* или готовых изделий.

Процесс *обработки давлением* заключается в придании материалу требуемой формы, размеров и физико-механических свойств под воздействием внешних сил путем *пластической деформации*, приводящей к изменению формы и размеров без нарушения сплошности материала.

Обработке давлением подвергаются материалы, обладающие хорошей пластичностью. **Пластичность** – это способность твердого тела воспринимать **остаточное (необратимое)** изменение формы и размеров тела без его разрушения. Пластичность металла зависит от его химического состава и структуры (типа кристаллической решетки и т.п.), температуры и скорости обработки, а также от *схемы напряженного состояния металла*. **Предельная деформация** – это наибольшая величина пластической деформации, которую можно достичь без разрушения. Возможно увеличение предельной деформации, если растягивающие усилия отсутствуют, а сжимающие достаточно велики. В этих условиях (схема всестороннего сжатия) даже хрупкие материалы типа мрамора могут получать пластические деформации.

Деформация тела совершается в результате относительного смещения атомов, расположенных в одной плоскости, без существенного изменения расстояний между этими плоскостями. Это не приводит к изменению межатомных расстояний и не изменяет плотности или удельного объема деформации тела. Для начала перехода атомов в новые положения равновесия необходима определенная величина действующих напряжений, зависящая от величин межатомных сил и характера взаимного расположения атомов (типа кристаллической решетки, наличия и расположения примесей, формы и размеров зерен поликристаллов и т.п.). Например, скольжение плоскостей лучше осуществляется в плоскостях и направлениях с наиболее плотной упаковкой, где сопротивление сдвигу наименьшее.

Обработка металлов давлением обеспечивает

высокую производительность (например, по сравнению с *литейными технологическими процессами*)

экономии материала (по сравнению с *технологическими процессами обработки резанием*),

улучшает свойства обрабатываемого металла (*прочность, твердость*, сопротивление износу и др.).

Влияние обработки давлением на структуру и свойства металла

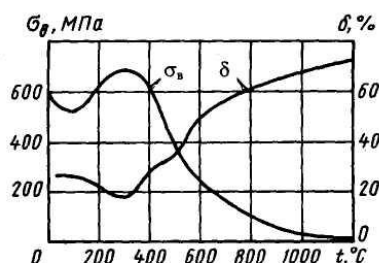


Рис.125. Изменение прочности (σ_b) и пластичности (δ) малоуглеродистой стали в зависимости от температуры

Обработку металлов давлением производят с нагревом и без нагрева, в соответствии с чем **различают горячую и холодную обработку давлением**. Нагреев

повышает пластические свойства металла и снижает необходимые для обработки деформирующие усилия (рис.125)

Обработка давлением сопровождается действием растягивающих и сжимающих усилий. При холодной обработке зерна металлов вытягиваются (рис.1.2) в направлении деформации растяжения, что приводит к уменьшению их размеров в направлении деформации сжатия.

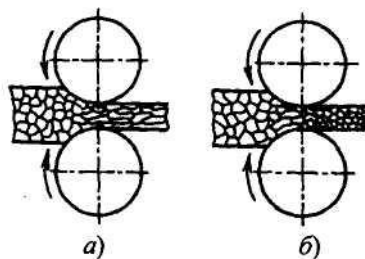


Рис. 126. Схемы изменения микроструктуры металла при деформации: а - холодной; б – горячей

Если слиток загрязнен неметаллическими включениями, обычно располагающимися по границам кристаллитов, то в результате обработки давлением неметаллические включения вытягиваются в виде волокон по направлению наиболее интенсивного течения металла (рис.126,а); металл становится **анизотропным**. При этом показатели прочности (предел текучести, временное сопротивление и др.) в разных направлениях отличаются незначительно, а показатели пластичности (относительное удлинение, ударная вязкость и др.) **вдоль волокон выше, чем поперек их**.

Такая полосчатая макроструктура не может быть разрушена ни термической обработкой, ни последующей обработкой давлением. Последней можно лишь изменить направление и форму волокон. Так, с помощью обработки давлением возможно управлять расположением волокон в изделии в соответствии с его условиями эксплуатации

Нагрев металла при обработке давлением

При холодной деформации формоизменение сопровождается увеличением прочности и снижением пластичности обрабатываемого материала. Явление это называется **наклепом** (упрочнением). Эти изменения могут быть устранены, например, с помощью термической обработки. При этом появляются зерна, поглощающие вытянутые, деформированные зерна и имеющие примерно одинаковые размеры по всем направлениям – **равноосные** зерна. Явление замены деформированных, вытянутых зерен новыми, равноосными, происходящее при определенных температурах, называется **рекристаллизацией**.

Формоизменение металла при температуре выше температуры рекристаллизации называется горячей обработкой давлением и характеризуется тем, что в процессе деформирования одновременно происходит вытягивание зерен (упрочнение) и рекристаллизация (разупрочнение). При этом происходит частичное уменьшение пористости и раковин, что может привести и к увеличению плотности металла.

К процессам **горячей** обработки металлов давлением относят процессы, протекающие при температуре выше 0,65 – 0,75 **абсолютной температуры плавления** обрабатываемого материала, (для углеродистой стали эта температура составляет 900 – 1150 °С), то есть выше **температуры рекристаллизации**, равной по А.А. Бочвару для чистых металлов 0,4 абсолютной температуры плавления. В интервале температур **горячей деформации** пластичность металлов увеличивается в несколько раз, а прочностные характеристики снижаются в 10 раз по сравнению с этими характеристиками при комнатной температуре. При этом про-

цессы горячей обработки давлением становятся менее трудоемкими, так как требуют меньших усилий для деформации. Однако изделия, полученные горячей обработкой, обладают худшим качеством поверхности из-за окалины и меньшей точностью геометрических размеров по сравнению с изделиями, полученными методом холодной деформации.

Нагревать сталь до температур, близких к температуре плавления, нельзя, так как при этом возникают **явления перегрева**, состоящего в интенсивном росте зерна нагреваемого металла, и **пережога**, сопровождающегося окислением и оплавлением границ зерен, нарушением связей между ними и, как следствие, полной потерей пластичности. **Пережог является неисправимым браком**. Брак по перегреву в большинстве случаев можно исправить термообработкой, но для некоторых сталей это связано со значительными трудностями. Таким образом, максимальную температуру нагрева, то есть *температуру начала горячей обработки давлением*, следует назначать такой, чтобы не было ни пережога, ни перегрева.

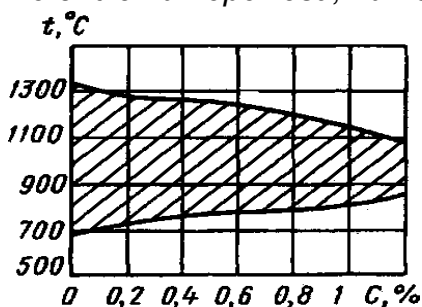


Рис. 127. Температурный интервал нагрева углеродистых сталей в зависимости от содержания углерода

Таблица 38

Сплав	Температурный интервал		Сплав	Температурный интервал	
	Начало	Конец		Начало	Конец
Углеродистые стали: 10 45	1280 1200	750 800	Магние- вые спла- вы: МА1, МА2 МА5	420 390	300 280
Легиро- ванные стали: ШХ15 12Х18Н9Т 30ХГСА	1130 1150 1140	850 900 830	Медные сплавы: Бр.АЖМц 10-3-1,5 ЛС 60-1	900 820	750 700
Алюми- ниевые спла- вы: Д1, АК8 АК4	470-440 470-420	400 350	Титановый сплав: BT8	1100	900

В процессе горячей обработки, напримерковки, металл остывает, поэтому заканчивать обработку следует при вполне определенной температуре. Если продолжать деформирование при более низких температурах, металл упрочнится, как при холодной обработке (рекристаллизация не успевает произойти), и, вследствие падения пластичности, в изделии могут образовываться трещины. Однако и закан-

чивать обработку давлением при высоких температурах нецелесообразно, так как в процессе остывания зерна успевают вырасти, структура металла получается крупнозернистой, а механические свойства - низкими. Таким образом, **каждый металл и сплав имеют свой строго определенный температурный интервал горячей обработки давлением** (рис.127, табл.38). Для уменьшения роста зерна и выгорания углерода с поверхности стальных заготовок, а также снижения отходов металла на **угар** (образование окалины за счет взаимодействия нагретого металла с кислородом атмосферы печи) необходимо осуществлять нагрев с наибольшей скоростью. Но с увеличением скорости нагрева, также увеличивается разность температур по сечению заготовки, а это может привести к появлению трещин. Вот почему также **существует максимально допустимая скорость нагрева**. *Температура посадки металла в нагревательное устройство и скорость нагрева определяются его пластичностью и теплопроводностью.*

48.КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Пластическое деформирование в обработке металлов давлением осуществляется при различных схемах напряженного и деформированного состояний, при этом исходной заготовкой могут быть слиток, пруток, лист и др. По назначению процессы обработки металлов давлением группируют следующим образом:

для получения изделий постоянного поперечного сечения по длине – профилей (прутков, проволоки, лент, листов), применяемых в строительных конструкциях или в качестве заготовок для последующего изготовления из них деталей обработкой резанием с использованием *предварительного* пластического формоизменения *или без него*; основными разновидностями таких процессов являются *прокатка, прессование и волочение*;

для получения деталей или заготовок (полуфабрикатов), имеющих приближенно формы и размеры готовых деталей и требующих обработки резанием лишь для придания им окончательных размеров и получения поверхности заданного качества; основными разновидностями таких процессов являются *ковка и штамповка*.

Основными схемами деформирования объемной заготовки можно считать сжатие между плоскостями инструмента (рис.128.а - *ковка*), ротационное обжатие вращающимися валками (рис.128,б- *прокатка*), затекание металла в полость инструмента (рис.128,в– *штамповка*), выдавливание металла (рис.128,г - *прессование*) из полости инструмента и *волочение* (рис.128,д), при котором в качестве заготовки может быть использован только пруток.

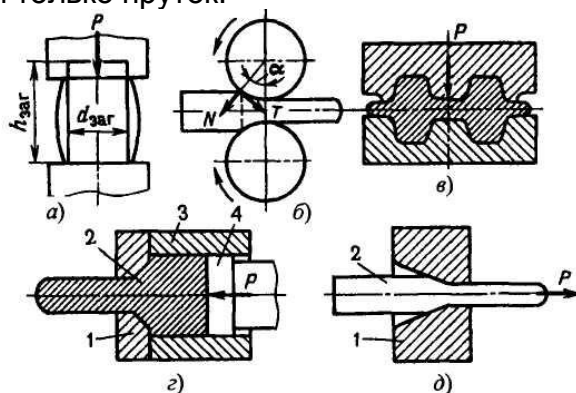


Рис. 128. Основные схемы деформирования в обработке металлов давлением:
а - ковка; б – прокатка; в – объемная штамповка; г – прессование, 1 - матрица, 2 – исходная заготовка, 3 – контейнер, 4 – пуансон; д – волочение, 1 – волока, 2 – заготовка

Процессы деформирования листовой заготовки - операции *листовой штамповки* - объединяются в две группы: разделительные операции (отрезка, вырубка, пробивка, надрезка) и формоизменяющие (гибка, вытяжка, формовка и др.).

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ

49.ВИДЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ

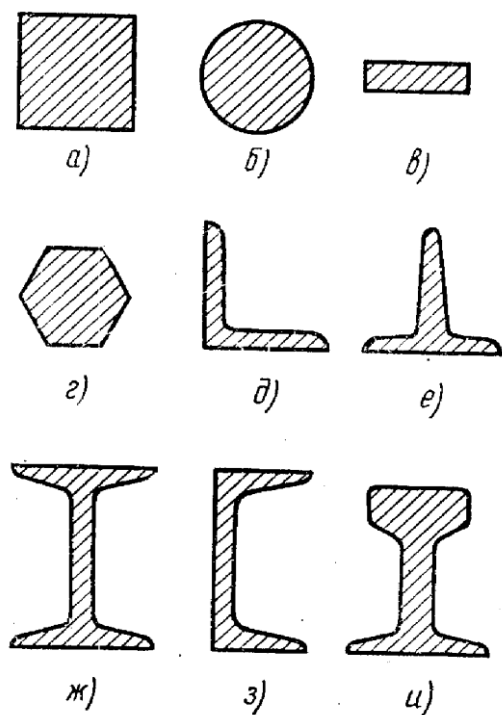


Рис.129. Профили сортовой стали:
а - квадрат; б - круг; в - полоса; г - шестигранник; д - равнополочный угольник; е - тавр; ж - двутавр; з - швеллер; и - рельс

Машиностроительные профили - длинномерные изделия (у которых один размер - длина - значительно больше поперечных размеров) с определенной формой поперечного сечения. Данные о группе профилей, различающихся формой и размерами, называют **сортаментом**. Весь сортамент машиностроительных профилей, изготавливаемых обработкой давлением и насчитывающий миллионы типоразмеров, можно разделить на четыре основные группы: сортовые профили, листовой металл, трубы и специальные профили (колеса, шары, кольца, периодические профили и т.п.). **Сортовые профили** (рис. 129) делят на профили **простой** (рис.129, а-г) **геометрической формы** (квадрат, круг, шестигранник, прямоугольник) и **фасонные** (швеллер, рельс, угловой, тавровый профили и т.д. рис.129, д-и).

Листовой металл из стали и цветных металлов используют в различных отраслях промышленности. В связи с этим листовую сталь, например, делят на авто-тракторную, трансформаторную, кровельную жёсть и т.д. Расширяется производство листовой стали с оловянным, цинковым, алюминиевым и пластмассовым покрытиями. Кроме того, листовую сталь делят на **толстолистовую** (толщиной 4...160 мм) и **тонколистовую** (толщиной менее 4 мм). Листы толщиной менее 0,2 мм называют **фольгой**.

Трубы делят на **бесшовные** (горячекатаные и холоднодеформированные) и **сварные** (со спиральным швом и электросварные прямошовные).

Бесшовные трубы используют в наиболее ответственных случаях - в трубопроводах, работающих под внутренним давлением, в агрессивных средах.

Периодические профили имеют периодически изменяющуюся форму и площадь поперечного сечения вдоль оси заготовки (рис.141,б); их применяют как

фасонную заготовку для последующей штамповки и как заготовку под окончательную механическую обработку.

Для изготовления машиностроительных **профилей** применяют различные виды обработки металлов давлением: **прокатку, прессование, волочение, профилирование листового металла**. Поэтому кроме группирования по приведенным геометрическим признакам профили разделяют и по способу их изготовления.

50. ПРОИЗВОДСТВО ПРОКАТАННЫХ ПРОФИЛЕЙ (ПРОКАТКА)

Виды прокатки

Прокатке подвергают до 90 % всей выплавляемой стали и большую часть цветных металлов. При **прокатке металл пластически деформируется вращающимися валками** (рис.130). Взаимное расположение валков и заготовки, форма и число валков могут быть различными. Кроме наиболее распространенного вида прокатки - **продольной** (рис.130,а; 131) выделяют еще два вида - **поперечную и поперечно-винтовую**.

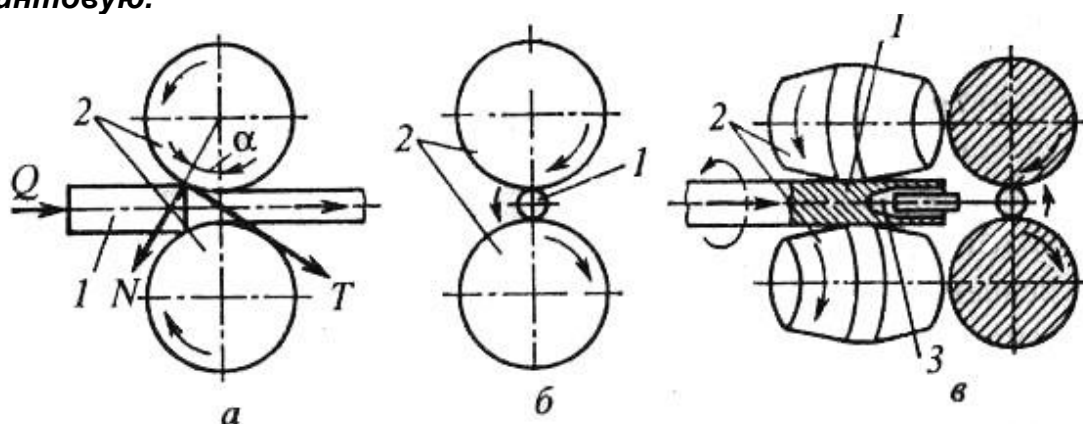


Рис. 130. Схема основных видов прокатки:
 а — продольная; б — поперечная; в — поперечно-винтовая;
 1 - валки; 2 - заготовка; 3 – оправка

При **поперечной** прокатке (рис. 130,б) валки 1, вращаясь в одном направлении, придают вращение заготовке 2 и деформируют ее. При **поперечно-винтовой прокатке** (рис. 130,в) валки 1 расположены под углом и сообщают заготовке 2 при деформировании вращательное и поступательное движения.

Площадь поперечного сечения заготовки всегда уменьшается. Поэтому для определения деформации (особенно, когда обжатие по сечению различно) используют показатель, называемый **вытяжкой** (рис.131).

$$\mu = l_1 / l_0 = F_0 / F_1,$$

где l_0 и F_0 - первоначальные длина и площадь поперечного сечения; l_1 и F_1 - те же величины после прокатки.

Вытяжка обычно составляет 1,1 ... 1,6 за проход, но может быть и больше.

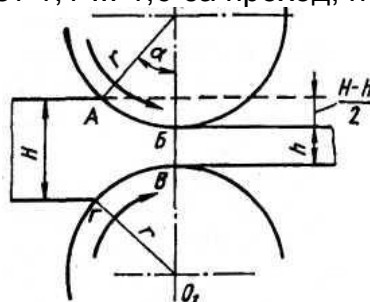


Рис.131. Схема продольной прокатки

51. ИНСТРУМЕНТ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРОКАТКИ

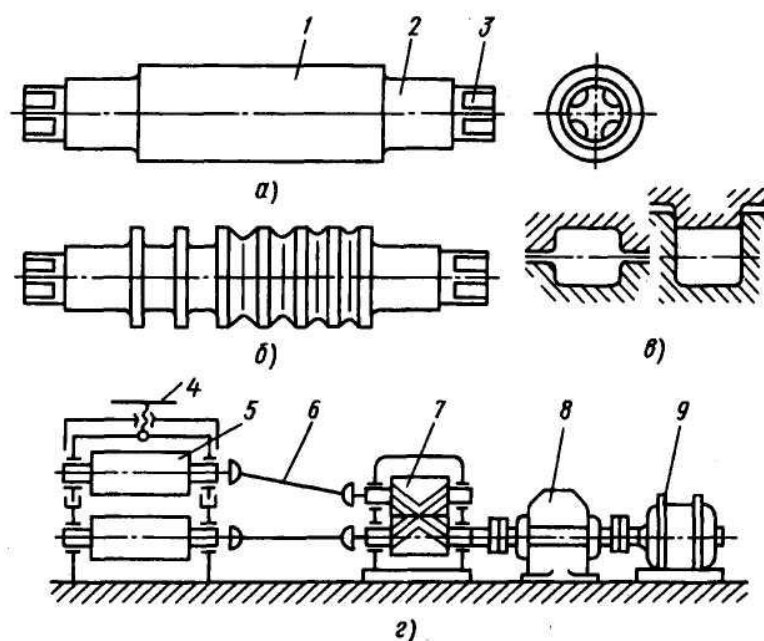


Рис.132.Валки и схема их привода в рабочей линии прокатного стана:
а – гладкий валок; б – ручьевого валок; в – открытый и закрытый калибры; г – схема рабочей линии прокатного стана

Инструментом для прокатки являются **валки**, которые в зависимости от прокатываемого профиля могут быть **гладкими** (рис.132,а), применяемыми для прокатки листов, лент и т.п.; **ступенчатыми**, например, для прокатки полосовой стали, и **ручьевыми** (рис.132,б) для получения сортового проката. **Ручьем** (рис.133) называют вырез на боковой поверхности валка, а совокупность двух ручьев образует полость, называемую **калибром** (рис.132,в). Каждая пара ручьевых валков обычно образует несколько калибров. Валки состоят из рабочей части - бочки 1, шеек 2 и трефы 3. Шейки валков вращаются в подшипниках, которые у одного из валков 5 (рис.132,г) могут перемещаться специальным нажимным механизмом 4 для изменения расстояния между валками и регулирования взаимного расположения их осей. Комплект прокатных валков со станиной называют **рабочей клетью**, которая

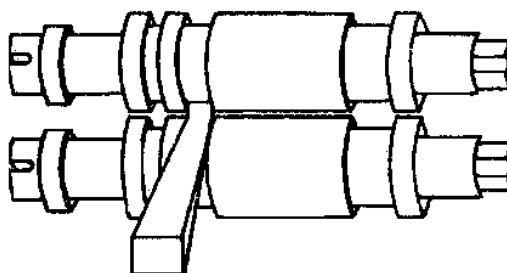


Рис. 133. Расположение ручьев на валках

вместе со шпинделем для привода валков 6, шестеренной клетью 7 для передачи вращения с одного на два вала, редуктором 8, муфтами и электродвигателем 9 образует рабочую линию стана (рис.132.г).

Рабочие клетки по числу и расположению валков могут быть **двухвалковые** (см. рис. 134,а); **четырёхвалковые** (рис.134,в), у которых два валка рабочих и два

опорных; *многовалковые* (рис.134, г), у которых также два валка рабочих, а остальные опорные.

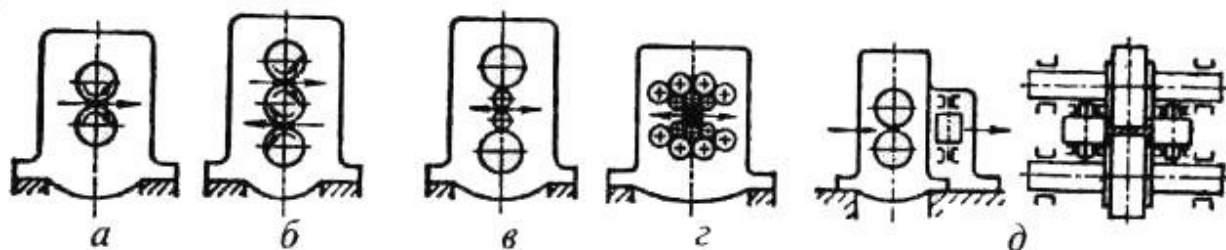


Рис. 134. Рабочие клетки прокатных станов:

а — дуо; б — трио; в — кварто; г — многовалковый; д — универсальные

Использование опорных валков позволяет применять рабочие валки малого диаметра, благодаря чему увеличивается вытяжка и снижаются деформирующие силы.

Прокатные станы могут быть *одноклетьевыми* (с одной рабочей клетью), *многоклетьевыми* (рис.135).

Наиболее совершенные многоклетьевые станы — непрерывные (рис.136), у которых рабочие клетки располагают последовательно одну за другой. Прокатываемая полоса через каждую клеть проходит только один раз, т.е. число рабочих клеток этих станов равно требуемому числу проходов полосы. Расстояние между клетями обычно меньше длины прокатываемой полосы, следовательно, она прокатывается одновременно в нескольких клетях. На непрерывных станах достигается высокая производительность при полном исключении ручного труда.

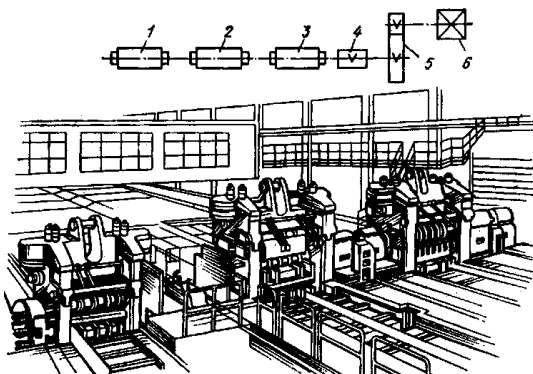


Рис. 135. Линейный многоклетьевой стан:

а - схема расположения рабочих клеток; б - общий вид стана; 1,3- рабочие валки; 4 - шестеренная клеть; 5 - редуктор; 6 - главный электродвигатель

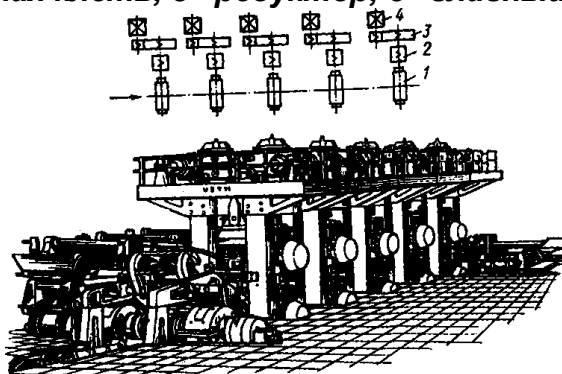


Рис. 136. Непрерывный многоклетьевой стан: а - схема расположения рабочих клеток и их приводов; б - общий вид стана; 1 - рабочие клетки; 2 - шестеренные клетки; 3 - редукторы; 4 - главные электродвигатели

По назначению прокатные станы подразделяют на станы для производства **полупродукта**, станы для выпуска **готового проката**.

К первой группе относят **обжимные станы** для прокатки слитков в полупродукт крупного сечения (**блужинги**, дающие заготовку для сортового проката, и **слябинги**, дающие заготовку для листового проката) и заготовочные - для получения полупродукта более мелкого сечения.

К станам для производства готового проката относят *сортовые, листовые, трубные и специальные*.

Исходной заготовкой при прокатке служат слитки: стальные массой до 60 т, из цветных металлов и их сплавов обычно массой до 10 т.

При прокатке бесшовных труб первой операцией является *прошивка - образование отверстия в слитке или круглой заготовке*. Эту операцию выполняют в горячем состоянии на прошивных станах. Наибольшее применение получили прошивные станы с двумя бочкообразными валками, оси которых расположены под небольшим углом (5 ... 15°) друг к другу (см. рис.130,в). Последующую прокатку прошитой заготовки в трубу требуемых диаметра и толщины стенки производят на раскатных станах. Например, при наиболее распространенном методе трубу прокатывают на короткой оправке 2 в так называемом автоматическом двухвалковом стане (рис.137) валками 1.

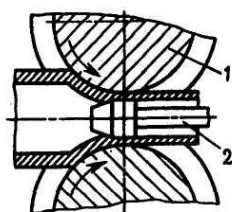


Рис.137. Схема прокатки труб на автоматическом стане

Прокаткой на пилигримовых станах получают бесшовные трубы. В гильзу вводят дорн, на котором проводят раскатку трубы между двумя валками, установленными в пилигримовой клетке, с калибром переменного профиля.

Процесс работы на пилигримовой клетке (рис. 138) заключается в периодической подаче на 20 - 30 мм гильзы с дорном в зазор между

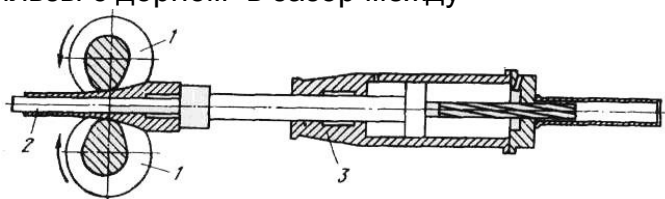


Рис. 138. Схема процесса пилигримовой прокатки:
1 - пилигримовые валки; 2 - дорн; 3 - подающий механизм

валками в момент совпадения холостой части ручья обоих валков. При вращении валков выполняется процесс прокатки и гильза перемещается в направлении, совпадающем с направлением вращения валков, т. е. обратном ходу прокатываемой трубы.

Трубы с более тонкой стенкой, высокими качеством поверхности и точностью размеров получают на станах холодной прокатки труб различных типов, а также волочением. В качестве заготовки в этом случае применяют горячекатаные трубы.

Схема технологического процесса производства электросварных труб представлена на рис. 139.

Периодические профили в основном изготавливают поперечной и поперечно-винтовой прокаткой. На станах поперечно-винтовой прокатки получают не только пе-

риодические профили (рис.141,б), но и заготовки шаров, роликов подшипников качения (рис.140). Валки 2 и 4 вращаются в одну сторону. Ручьи валков соответствующей формы сделаны по винтовой линии. Заготовка 1 при прокатке получает вращательное и поступательное движения; от вылета из валков она предохраняется центрирующими упорами 3.

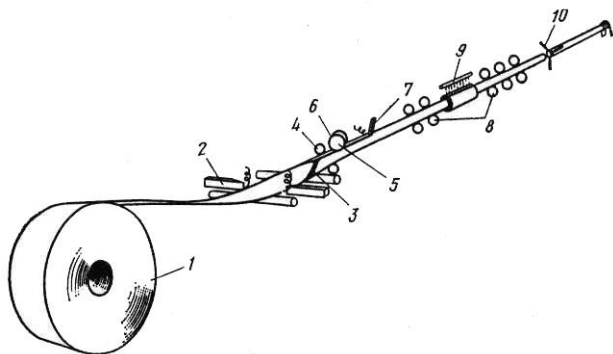


Рис.139. Схема технологического процесса производства электросварных труб:

1 — рулон полосы; 2 — зачистка кромки полосы; 3 — формовка (свертывание) ; 4 — сдавливание кромок; 5 — медные диски-электроды; 6 — сварка кромок; 7 — зачистка гребня; 8 — калибровка трубы по диаметру; 9 — охлаждение; 10 — резка на ходу

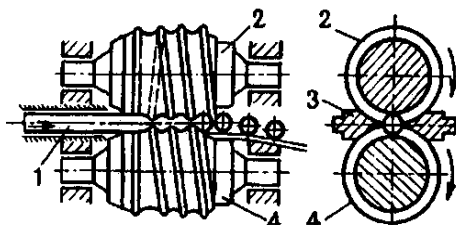
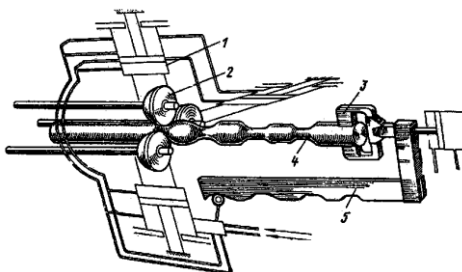
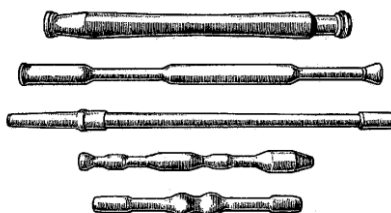


Рис. 140. Схема прокатки шаров в стане поперечно-винтовой прокатки



а



б

Рис. 141. Схема поперечно-винтовой прокатки на трехвалковом стане для производства периодического проката (а) и образцы профилей (б)

Все более широкое распространение находит **бесслитковая прокатка** - получение проката непосредственно после непрерывного литья, минуя операции отливки слитков в изложницы, их предварительной обработки в обжимных

прокатных станах или ковкой, а также ряд вспомогательных операций. В этом случае из плавильной печи жидкий металл заливают в ковш, а из него на агрегате непрерывного литья и прокатки металл поступает в кристаллизатор. Кристаллизатор и следующие за ним поддерживающие и подающие ролики обеспечивают непрерывное, равномерное поступление металла в рабочие клетки прокатного стана. Таким способом получают стальную проволоку диаметром 8 мм, алюминиевую ленту толщиной 8 ... 12 мм.

Другие перспективные направления развития прокатки:

- управление с помощью ЭВМ (метод контролируемой прокатки),
- создание непрерывной прокатки (5-6клетьевых четырехвалковых станов для производства листов и жести):
- реконструкция непрерывных станов в станы бесконечной прокатки путем совмещения прокатки с операциями подготовки полосы, а дрессировки (небольшого обжатия 0,5-6% в холодном состоянии для повышения штампуемости и механических свойств стали) – с термообработкой и отделкой.

52.ПРОИЗВОДСТВО ПРЕССОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ. ПРЕССОВАНИЕ

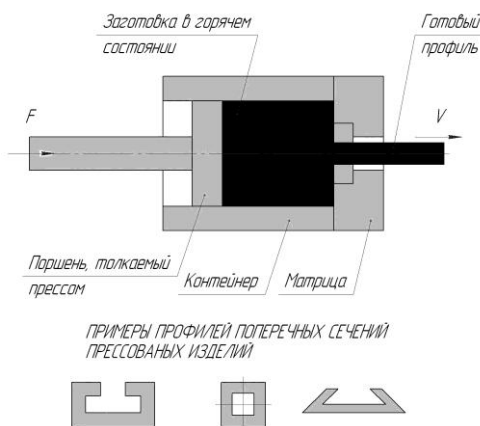


Рис.142. Схема прессования

Прессование (рис.142) заключается в продавливании инструментом заготовки, находящейся в замкнутой форме, через отверстие в **матрице**, форма которого соответствует требуемому поперечному сечению изделия.

Это единственный процесс для обработки сталей, цветных металлов и др. материалов с низкой пластичностью, так как обеспечивает самую благоприятную



Рис. 143. Примеры профилей, полученных прессованием

ятную схему напряженного состояния обрабатываемого металла по сравнению с другими процессами обработки металлов давлением, поэтому применяется для таких сплавов, которые другими методами обработки металлов давлением невозможно обработать или затруднительно. Прессование иногда бывает дешевле, чем прокатка. **Исходной заготовкой служит слиток или прокат.** При прессовании используют смазочные материалы.

С помощью прессования получают прутки диаметром 3-250мм, трубы диаметром 20-560мм (толщина стенки 1.5 -15мм), а также разнообразные сложные профили (рис.143). Оборудование – горизонтальные или вертикальные прессы.

Применяют следующие **методы прессования**: **прямой** (рис.144,а), когда металл выходит из матрицы в направлении движения пуансона; **обратный** (рис.144,б), когда металл вытекает в направлении, обратном движению подвижной части прессы. Иногда используют **прессование профилей переменного сечения, с подогревом инструмента, вакуумное, с противодавлением** и др.. Точность прессованных профилей выше, чем прокатанных.

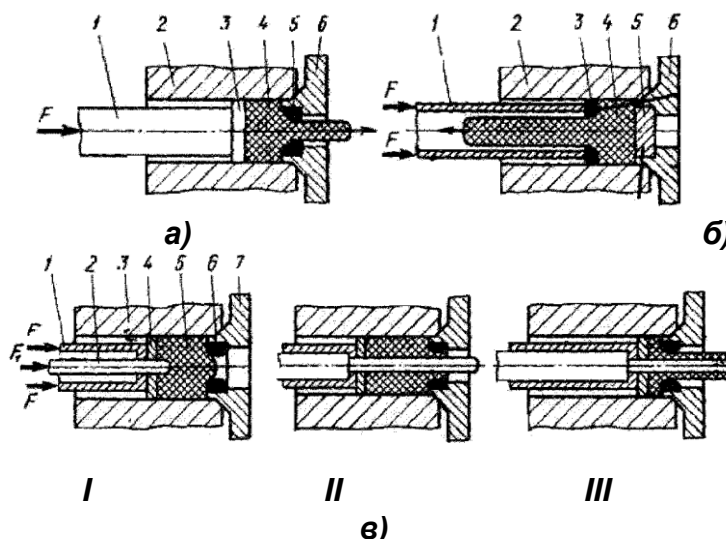


Рис. 144. Схемы прессования:

а —прямого (1-пуансон, 2 – контейнер прессы, 3 – пресс-шайба, 4 – нагретая заготовка, 5 – матрица, 6 – матрицедержатель); б — обратного; в — совмещенного с прошивкой (1-пуансон, 2 – игла, 3 - контейнер прессы, 4 – пресс-шайба, 5 – нагретая заготовка, 6 – матрица, 7 – матрицедержатель; / — начало прошивки; // — конец прошивки; /// — прессование)

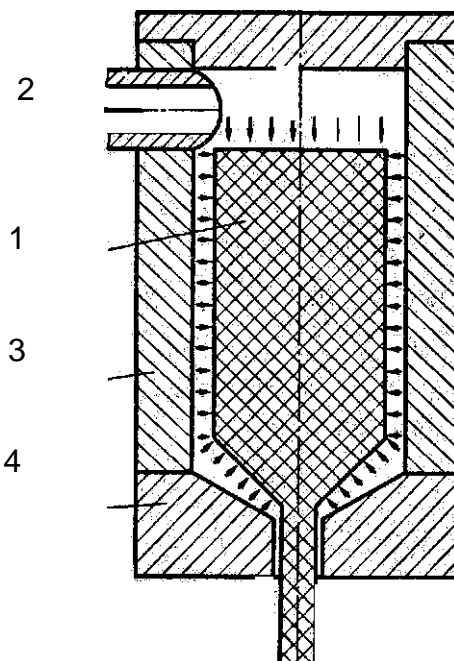


Рис.145. Схема прессования жидкостью высокого давления:

1 — заготовка; 2 — жидкость высокого давления; 3 — контейнер; 4 — матрица

В последнее время широко применяется способ **холодного прессования точных профилей, без последующей механообработки**; при этом используются высокопластичные материалы и требуются большие усилия.

Технология горячего прессования:

- очистка заготовок от дефектов и отрезка,
- нагрев,
- прессование,
- удаление пресс-остатка,
- термообработка.

Недостатки прессования:

- потери на пресс-остаток,
- неоднородность механических свойств и по длине и по сечению.

Гидроэкструзия – прессование жидкостью высокого давления (рис.145); повышает пластичность металла и уменьшает трение, что позволяет получать коэффициент вытяжки более 200, но метод дорогой, из-за большой скорости требует большего пресс-остатка и специальной подготовки металла

53. ВОЛОЧЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Волочение заключается в протягивании, как правило, в **холодном состоянии** заготовки через сужающееся отверстие в инструменте, называемом **волокой (матрицей, фильерой)** с использованием смазки (рис.146). Смазки бывают жидкие (касторовое масло, олифа, минеральные масла), жидкие с добавками (талька, порошка графита и др.) сухие (порошки, мыла), покрытия (фосфатные, металлические).

Исходными заготовками для волочения служат прокатанные или прессованные прутки и трубы из стали, цветных металлов и их сплавов.

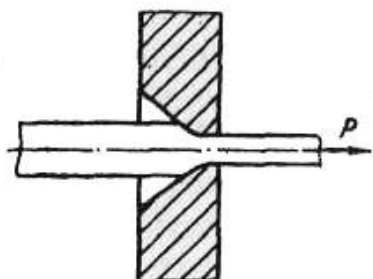


Рис. 146. Схема волочения сплошного профиля

Обычно для получения необходимых профилей требуется деформация, превышающая допустимую за один проход, поэтому применяют волочение через ряд постепенно уменьшающихся по диаметру отверстий. Но, поскольку волочение осуществляют в условиях холодной деформации, металл упрочняется. **Для восстановления пластичности упрочненный волочением металл подвергают промежуточному отжигу.**

Волочением обрабатывают различные марки стали, цветные металлы и их сплавы. Сортамент изделий, изготавливаемых волочением, очень разнообразен: **проволока диаметром 0,002 ... 5 мм и фасонные профили**, примеры которых показаны на рис. 148, б (призматические и фасонные направляющие; сегментные, призматические и фасонные шпонки; шлицевые валики; опорные призмы, ножи и т.д.).

Волочением калибруют стальные трубы (рис.148,а) диаметрами от капиллярных до 200 мм, стальные прутки диаметрами 3 ... 150 мм.

Поскольку волочение производят в условиях холодной деформации, оно обеспечивает **точность размеров** (стальная проволока диаметром 1 ... 1,6 мм имеет до-

пуск 0,02 мм), низкую шероховатость поверхности, получение очень тонкостенных профилей.

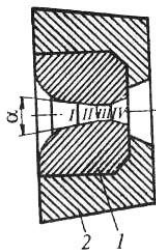


Рис. 147. Сферическая входная часть волоки: I — смазывающий конус; II — деформирующий конус; III — калибрующий пояс; IV — выходной конус

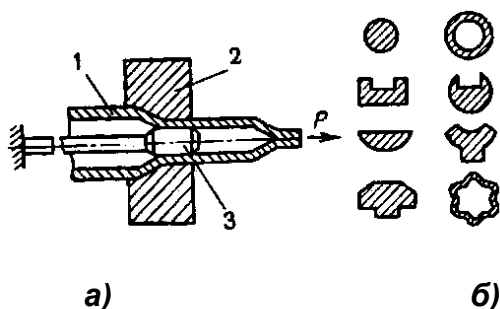


Рис. 148. Схема волочения трубы (а) и примеры профилей, полученных волочением (б)

Волоку (рис. 147) изготавливают из инструментальных сталей, металлокерамических сплавов и технических алмазов (для волочения проволоки диаметром менее 0,2 мм). **Волочение производят на барабанных и цепных (рис. 150) волочильных станах.** Барабанные станы (рис. 149) служат для волочения проволоки, труб небольшого диаметра, наматываемых в бунты. Исходную заготовку в виде бунта укладывают на барабан 1. Предварительно заостренный конец проволоки пропускают через отверстие волоки 2 и закрепляют на барабане 3, который приводится во вращение от электродвигателя через редуктор и зубчатую передачу 4.

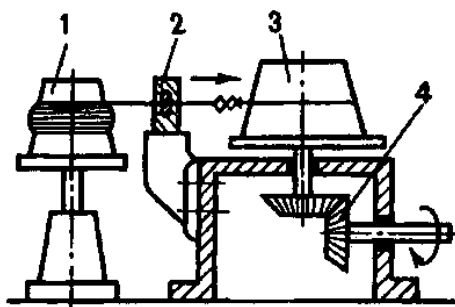


Рис. 149. Схема барабанного волочильного стана

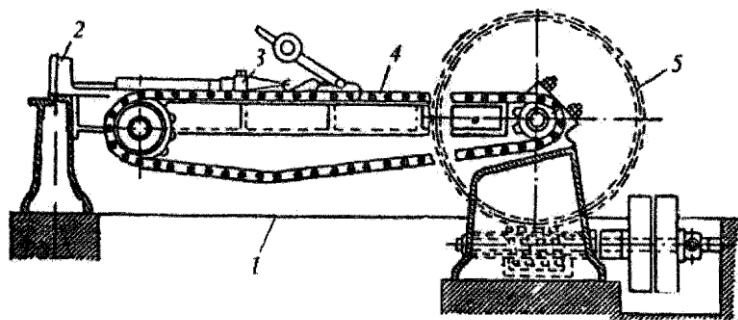


Рис. 150. Схема волочильного стана цепного типа:

1 — станина; 2 — волока; 3 — волочильная тележка; 4 — цепь; 5 — привод волочильной тележки

Технология волочения:

- термическая обработка для получения мелкого зерна,
- травление,
- промывка,
- заправка конца,
- волочение,
- термообработка для снятия наклепа и напряжения.

54.ПРОИЗВОДСТВО ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

Фасонные тонкостенные профили (рис.151), легкие, но жесткие, весьма сложной конфигурации и большой длины можно получать **методом профилирования листового материала в холодном состоянии**.

Существует много способов и специализированных гибочных машин для получения профильных заготовок из листового металла. Наиболее распространенными **способами профилирования листового металла** являются:

гибка на гибочных прессах с поступательным движением ползуна (рис.152),

гибка на роликовых профилировочных станках (рис.153).

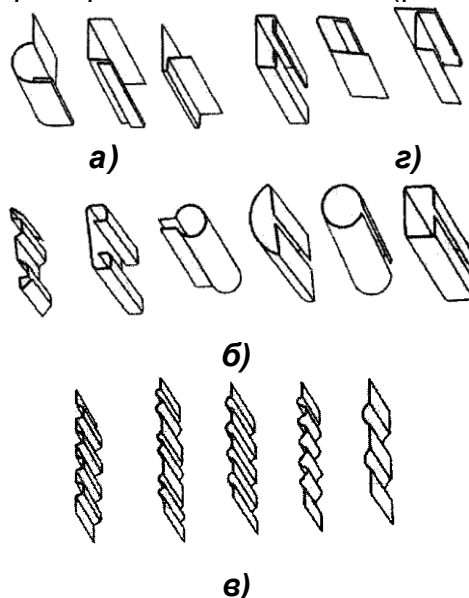


Рис. 151. Основные виды гнутых профилей:

а, г — профили с элементом двойной толщины; б — профили замкнутого типа; в — гофрированные профили

Схема изготовления профилей на гибочных прессах с поступательным движением ползуна приведена на рис. 152. Как видно из рисунка, на гибочных прессах, используя одни и те же пуансон и матрицу, можно получать различные профили, последовательно применяя одноугловую гибку (рис. 152,а) на различных участках исходной листовой заготовки. Таким способом проще получают профили с открытым поперечным сечением. Заменой пуансонов и матриц на гибочных прессах можно получать и более сложные профили, в том числе и закрытые профили, например трубчатые (рис. 152,б), имеющие круглое сечение. Длина профиля, который можно получать на гибочных прессах, несколько меньше длины пуансонов и матриц. Для получения достаточно длинных профилей гибочные прессы обычно делают двухстоечными с длинным, но узким столом и ползуном.

Процесс профилирования прокаткой на профилегибочных станах (рис.153) заключается в постепенном изменении формы сечения пло-

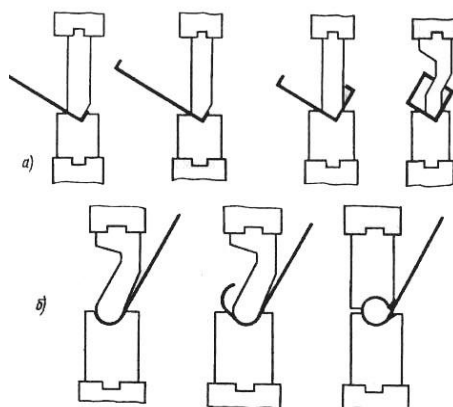


Рис. 152. Схема гибки профилей на прессах с поступательным движением ползуна

ской заготовки до требуемого профиля при последовательном прохождении полосы или ленты через несколько пар (6 -20 и более) вращающихся фигурных роликов. При данном методе площадь поперечного сечения и толщина исходной полосы или ленты практически не изменяются, т.е. происходит только последовательная гибка полосы или ленты в поперечном сечении.

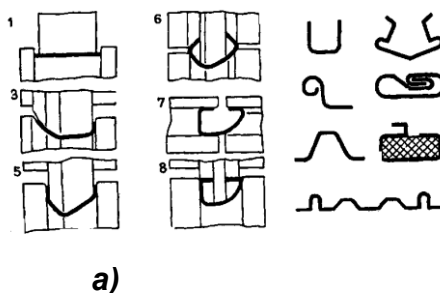


Рис. 153. Последовательность профилирования на профилегибочном стане (a) и примеры гнутых профилей (б). 1,3,5-8- номера пар роликов (пары роликов 2 к 4 на рисунке не показаны)

На рис.153,а показано последовательное изменение плоской заготовки до требуемого профиля на профилегибочном стане. Число пар роликов, необходимое для изготовления того или иного профиля, зависит от сложности его конфигурации.

Заготовкой при изготовлении гнутых профилей может быть лента или полоса из стали или цветных металлов толщиной 0,3 ... 10 мм. Форма гнутых профилей (рис. 153, б) может быть и относительно простой (профиль открытого типа) и весьма сложной (профили полузакрытого и закрытого типов, профили с наполнителем).

Указанным способом получают большое количество изделий для машиностроения, автомобильной и авиационной промышленности, строительных конструкций. Применение гнутых профилей в строительстве и машиностроении взамен катаных позволяет экономить до 40 % металла. Производство гнутых профилей характеризуется следующими **преимуществами** перед другими способами получения профилей сложной формы.

1. Обеспечивается возможность получения из полосовой стали профилей практически любой конфигурации с различными размерами.
2. Создается возможность осуществления поточного производства с

совмещением операций перфорации, окраски, нанесения покрытий и т.д.

3. Обеспечивается высокое качество поверхности и точность размеров всех элементов.

4. Сравнительно низкий расход энергии, высокая стойкость валков.

5. Минимальный расход металла (коэффициент использования металла 99,5—99,8 %). Максимальные размеры по ширине исходной заготовки 600—1500 мм при толщинах соответственно 2—8 и 1—4 мм. Предельные размеры исходной полосы в настоящее время составляют по ширине 2500 мм, по толщине 20 мм.

Процесс профилирования весьма перспективен и будет широко развиваться в последующие годы.