

Раздел 3. ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Тема 8. Виды обработки металлов давлением. Прокатное производство

Обработкой давлением называются процессы получения заготовок или деталей машин силовым воздействием инструмента на исходную заготовку из обрабатываемого материала.

Пластическое деформирование при обработке давлением, состоящее в преобразовании заготовки простой формы в деталь более сложной формы того же объема, относится к малоотходной технологии.

Высокая производительность обработки давлением, низкая себестоимость и высокое качество продукции привели к широкому применению этих процессов.

В процессе пластического деформирования изменяется структура металла и повышаются его механические свойства, поэтому наиболее тяжело нагруженные детали различных конструкций получают обработкой давлением. Примерно 90% всей выплавляемой стали и около половины цветных сплавов подвергают обработке давлением. Такие изделия, как железнодорожный вагон, трактор, комбайн, самолет содержат по массе от 60 до 80% катаных, штампованных и кованных деталей.

Классификация процессов обработки давлением

Пластическое деформирование в обработке металлов давлением (ОМД) осуществляется при различных схемах напряженного и деформированного состояний, при этом исходная заготовка может быть объемным телом, прутком, листом.

По назначению процессы обработки металлов давлением группируют следующим образом:

- для получения изделий постоянного поперечного сечения по длине (прутков, проволоки, лент, листов), применяемых в строительных конструкциях или в качестве заготовок для последующего изготовления деталей – *прокатка, волочение, прессование*;
- для получения деталей или заготовок, имеющих формы и размеры, приближенные к размерам и формам готовых деталей, требующих механической обработки для придания им окончательных размеров и заданного качества поверхности – *ковка, штамповка*.

Основными схемами деформирования объемной заготовки являются:

- сжатие между плоскостями инструмента – *ковка*;
- ротационное обжатие вращающимися валками – *прокатка*;
- затекание металла в полость инструмента – *штамповка*;

- выдавливание металла из полости инструмента – прессование;
- вытягивание металла из полости инструмента – волочение.

При деформировании металлов повышается плотность дефектов кристаллического строения и возрастает сопротивление их перемещению. С увеличением степени деформации пределы прочности и текучести, а также твердость увеличиваются, а пластичность и вязкость снижаются; возрастают остаточные напряжения. Упрочнение металлов при пластической деформации называется *наклепом*. В результате упрочнения пластические свойства металлов могут снизиться настолько, что дальнейшая деформация вызывает разрушение.

При нагреве наклепанного металла до температур, составляющих 0,2...0,3 от температуры плавления $T_{пл}$, частично уменьшаются искажения кристаллической решетки и релаксируются напряжения, без изменения микроструктуры и свойств деформированного металла. Это явление называется *возвратом* (рис. 3.1)

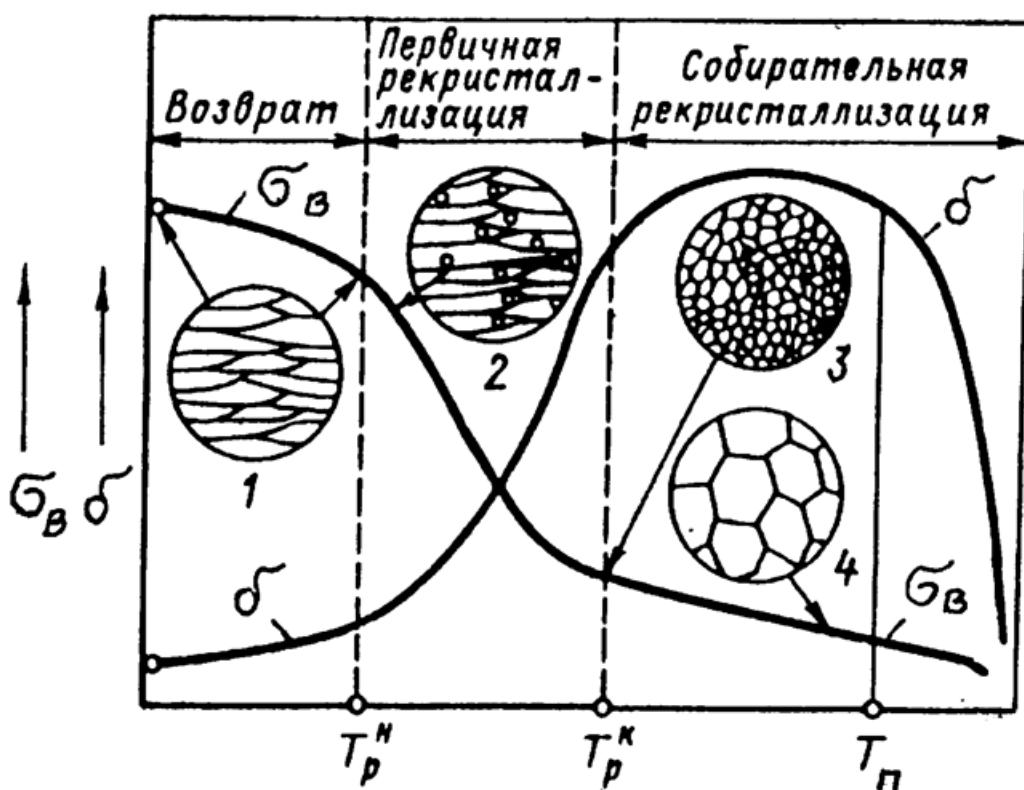


Рис. 3.1. Влияние температуры на механические свойства и микроструктуру холоднодеформированного металла: 1 – возврат; 2 – начало рекристаллизации; 3 – окончание процесса первичной рекристаллизации; 4 – собирательная рекристаллизация

При нагреве деформированных металлов выше 0,4 $T_{пл}$ образуются новые равноосные зерна и свойства металла возвращаются к их исходным

значениям до деформации. Процесс образования новых центров кристаллизации и новых равноосных зерен в деформированном металле при нагреве, сопровождающийся уменьшением прочности, увеличением пластичности и восстановлением других свойств, называется *рекристаллизацией*. Наименьшая температура, при которой начинается процесс рекристаллизации и разупрочнения металла, называется *температурой начала рекристаллизации*. Процесс рекристаллизации происходит в интервале температур от температуры начала рекристаллизации T_p^H до температуры конца рекристаллизации T_p^K . При температуре окончания рекристаллизации структура полностью состоит из мелких недеформированных зерен. Иногда этот этап называют *первичной рекристаллизацией*, поскольку затем, по мере развития процесса, происходит рост зерна – укрупнение отдельных зерен за счет более мелких. Эта стадия называется *собирательной рекристаллизацией*.

В целом конечный размер зерна после рекристаллизации зависит от степени и скорости деформации, а также температуры и длительности нагрева.

В зависимости от температурно-скоростных условий при деформировании могут происходить два противоположных процесса: упрочнение, вызываемое деформацией, и разупрочнение, обусловленное рекристаллизацией. В соответствии с этим различают холодную и горячую обработку давлением.

Холодное деформирование производится при температурах ниже температуры рекристаллизации и сопровождается наклепом металла. Структура металла характеризуется изменением формы зерен, которые вытягиваются в направлении наиболее интенсивной его пластической деформации (рис. 3.2, а).

Несмотря на снижение пластичности, наклеп широко используют для повышения прочности деталей, изготовленных методами холодной обработки давлением. Снижение пластичности при наклепе улучшает обрабатываемость резанием вязких и пластичных материалов (латуней, сплавов алюминия и др.).

Холодная деформация без нагрева заготовки позволяет получить большую точность размеров и лучшее качество поверхности по сравнению с обработкой давлением при достаточно высоких температурах. Однако, так можно обрабатывать только весьма пластичные материалы. Холодная ОМД применяется обычно при прокатке тонкого листа, при волочении и штамповке.

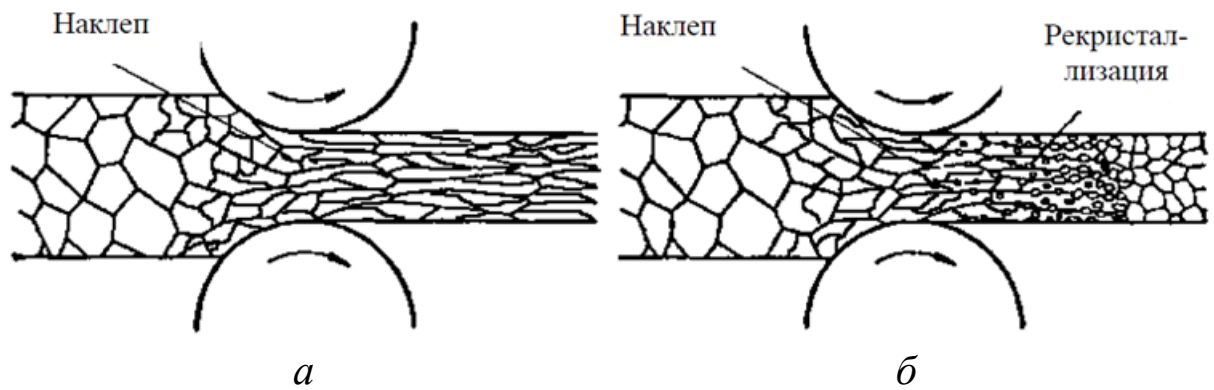


Рис. 3.2. Схемы изменения микроструктуры металла при деформации (прокатке): *а* – холодной; *б* – горячей

Горячее деформирование протекает при температурах выше температуры рекристаллизации. Для горячей ОМД подбирается такое соотношение скоростей деформирования и рекристаллизации, при котором рекристаллизация успевает произойти во всем объеме заготовки, новые равноосные зерна полностью заменяют деформированные зерна, искажения кристаллической решетки отсутствуют (рис. 3.2, *б*).

Чем сильнее нагрет металл, тем выше его пластичность и ниже сопротивление деформированию. Однако, нельзя допускать пережога (локального оплавления границ зерен), который наблюдается вблизи линии солидуса.

При горячей деформации сопротивление деформированию примерно в 10 раз меньше, чем при холодной, а отсутствие упрочнения приводит к тому, что сопротивление деформированию (предел текучести) незначительно изменяется в процессе обработки давлением. Поэтому горячую обработку применяют для изготовления крупных деталей, так как при этом требуются меньшие усилия деформирования (менее мощное оборудование).

Горячую деформацию целесообразно применять при обработке труднодеформируемых, малопластичных металлов и сплавов, а также заготовок из литого металла (слитков). В то же время при горячей деформации окисление заготовки более существенно (образуется слой окалины), что ухудшает качество поверхности и точность получаемых размеров.

Горячая деформация оказывает влияние на структуру и свойства металлов и сплавов. Если слиток загрязнен неметаллическими включениями, обычно располагающимися по границам кристаллитов, то в результате обработки металлов давлением неметаллические включения вытягиваются в виде волокон по направлению наиболее интенсивного течения металла. Эти

волокна выявляются травлением и видны невооруженным глазом в форме так называемой волокнистой макроструктуры. Полученная в результате обработки давлением литого металла волокнистая макроструктура не может быть разрушена ни термической обработкой, ни последующей обработкой давлением. Последняя, в зависимости от характера деформирования, может изменить лишь направление и форму волокон макроструктуры.

Металл с явно выраженной волокнистой макроструктурой характеризуется анизотропией механических свойств. При этом характеристики прочности (предел текучести, временное сопротивление и др.) в разных направлениях отличаются незначительно, а характеристики пластичности (относительное удлинение, ударная вязкость и др.) вдоль волокон выше, чем поперек их.

В готовой детали, полученной из деформируемой заготовки, необходимо, чтобы наибольшие растягивающие напряжения, возникающие в деталях в процессе работы, были направлены вдоль волокон. Внешние нагрузки должны изгибать, а не расщеплять волокна металла. Кроме того, волокна при изготовлении заготовки и готовой детали не должны перерезаться, они должны огибать контур детали.

Например, при ковке коленчатых валов (рис. 3.3) и крюков следует применять гибку в подкладных штампах, а не образовывать колесо или крюк вырезкой газовым резаком или обработкой на станках.

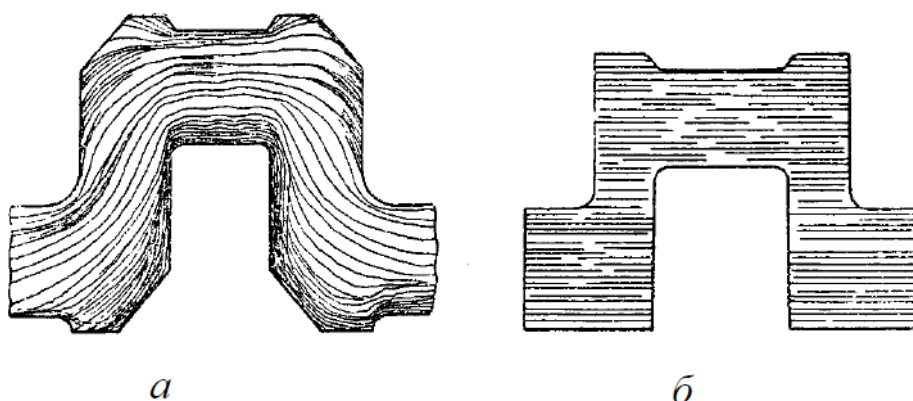


Рис. 3.3. Макроструктура продольно разрезанного коленчатого вала:
а – штампованный вал, волокна расположены по конфигурации изделия;
б – вал вырезан из проката, волокна перерезаны

Схемы напряженного и деформированного состояний

Схемы напряженного состояния графически отображают наличие и направление главных напряжений в рассматриваемой точке тела.

Напряжения в точке изображаются как напряжения на трех бесконечно малых гранях куба, соответственно перпендикулярных главным осям.

Возможны девять схем напряженного состояния (рис. 3.4, а). Напряженное состояние в точке может быть линейным, плоским или объемным.

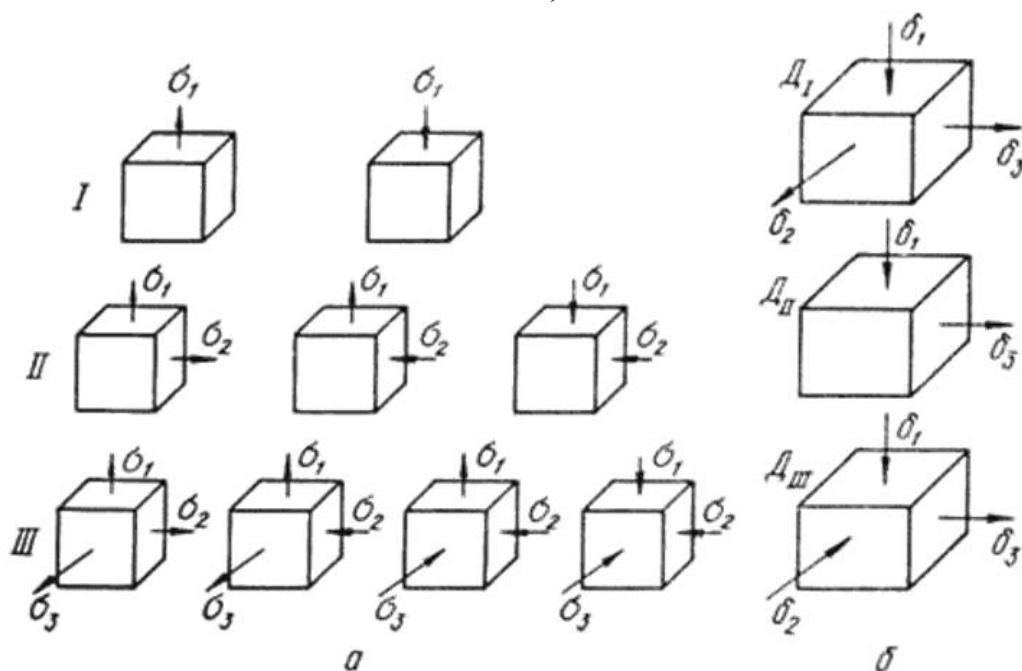


Рис. 3.4. Схемы напряженного (а) и деформированного (б) состояний:
 I – линейное напряженное состояние; II – плоское; III – объемное

Схемы с напряжениями одного знака называют одноименными, а с напряжениями разных знаков – разноименными. Условно растягивающие напряжения считают положительными, а сжимающие – отрицательными.

Схема напряженного состояния оказывает влияние на пластичность металла. На значение главных напряжений оказывают существенное влияние силы трения, возникающие в месте контакта заготовки с инструментом, и форма инструмента. В условиях всестороннего неравномерного сжатия при прессовании, ковке, штамповке сжимающие напряжения препятствуют нарушению межкристаллических связей, способствуют развитию внутрикристаллических сдвигов, что благоприятно сказывается на процессах обработки металлов давлением. В реальных процессах обработки давлением в большинстве случаев встречаются схемы всестороннего сжатия и состояния с одним растягивающим и двумя сжимающими напряжениями.

Схема деформированного состояния графически отображает наличие и направление деформации по трем взаимно перпендикулярным направлениям. Возможны три схемы деформированного состояния (рис. 3.4, б).

При схеме D_I уменьшаются размеры тела по высоте, за счет этого увеличиваются два других размера (осадка, прокатка).

При схеме Д II происходит уменьшение одного размера, чаще высоты, другой размер (длина) увеличивается, а третий (ширина) не изменяется. Например, прокатка широкого листа, когда его ширина в процессе прокатки практически не изменяется. Это схема плоской деформации.

Наиболее рациональной с точки зрения производительности процесса обработки давлением является схема Д III: размеры тела уменьшаются по двум направлениям, и увеличивается третий размер (прессование, волочение).

Технологические свойства

При выборе металла или сплава для изготовления изделия различными способами обработки давлением учитывается способность материала к данному методу обработки.

Ковкость – свойство металла изменять свою форму под действием ударов или давления, не разрушаясь.

Степень ковкости зависит от многих параметров. Наиболее существенным из них является пластичность, характеризующая способность материала деформироваться без разрушения. Чем выше пластичность материала, тем большую степень суммарного обжатия он выдерживает.

В условиях обработки металлов давлением на пластичность влияют многие факторы: состав и структура деформируемого металла, характер напряженного состояния при деформации, неравномерность деформации, скорость деформации, температура деформации и др. Изменяя те или иные факторы, можно изменять пластичность.

Состав и структура металла. С повышением содержания углерода в стали пластичность падает. Большое влияние оказывают элементы, входящие в состав сплава как примеси. Олово, сурьма, свинец, сера не растворяются в металле и, располагаясь по границам зерен, ослабляют связи между ними. Температура плавления этих элементов низкая, при нагреве под горячую деформацию они плавятся, что приводит к потере пластичности.

Пластичность зависит и от структурного состояния металла, особенно при горячей деформации. Неоднородность микроструктуры снижает пластичность. Однофазные сплавы, при прочих равных условиях, всегда пластичнее, чем двухфазные. Фазы имеют неодинаковые механические свойства, и деформация получается неравномерной. Мелкозернистые металлы пластичнее крупнозернистых. Металл слитков менее пластичен, чем металл прокатанной или кованой заготовки, так как литая структура имеет резкую неоднородность зерен, включения и другие дефекты.

Характер напряженного состояния. Один и тот же материал проявляет различную пластичность при изменении схемы напряженного состояния. Схема всестороннего сжатия является наиболее благоприятной для проявления пластических свойств, так как при этом затрудняется межзеренная деформация и вся деформация протекает за счет внутризеренной. Появление в схеме растягивающих напряжений снижает пластичность. Самая низкая пластичность наблюдается при схеме всестороннего растяжения.

Неравномерность деформации. Чем больше неравномерность деформации, тем ниже пластичность. Неравномерность деформации вызывает появление дополнительных напряжений. Растягивающие напряжения всегда снижают пластичность и способствуют хрупкому разрушению. Кроме того, неравномерность напряженного состояния понижает механическую прочность материала, так как напряжения от внешней нагрузки суммируются с остаточными растягивающими напряжениями и разрушение наступает при меньшей нагрузке.

Скорость деформации. С повышением скорости деформации в условиях горячей деформации пластичность снижается. Имеющаяся неравномерность деформации вызывает дополнительные напряжения, которые снимаются только в том случае, если скорость разупрочняющих процессов не меньше скорости деформации.

Влияние температуры. Качественная зависимость пластичности от температуры представлена на рис. 3.5.

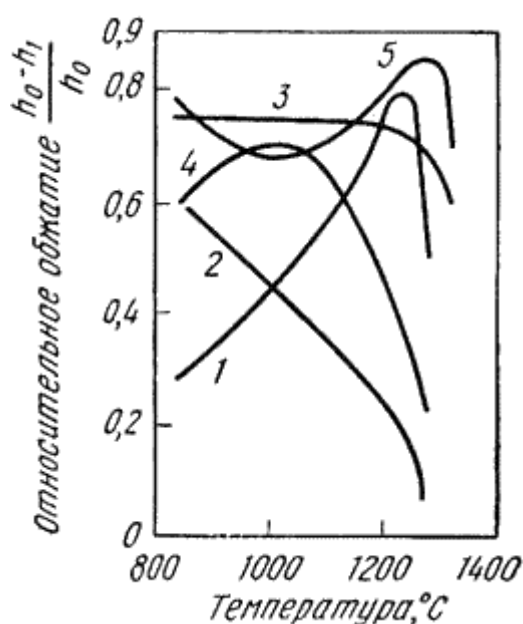


Рис. 3.5. Влияние температуры на пластичность сталей

Влияние температуры неоднозначно. Малоуглеродистые и среднеуглеродистые стали, с повышением температуры, становятся более пластичными (1). Высоколегированные стали имеют большую пластичность в холодном состоянии (2). Для шарикоподшипниковых сталей пластичность практически не зависит от температуры (3). Отдельные сплавы Ni, Cu, Al могут иметь интервал повышенной пластичности (4). Техническое железо в интервале 800...1000 °С характеризуется понижением пластических свойств (5). При температурах, близких к температуре плавления пластичность резко снижается из-за возможного перегрева и пережога.

Прокатное производство

Прокаткой называется процесс деформации металла путем обжатия его между двумя вращающимися валками. При этом происходит уменьшение толщины заготовки (обжатие), увеличение ширины (уширение) и увеличение длины (вытяжка). Форма образующегося поперечного сечения прокатанного изделия называется *профилем*.

Это наиболее распространенный способ обработки пластическим деформированием. Прокатке подвергают до 90 % всей выплавляемой стали и большую часть цветных металлов.

Процесс прокатки обеспечивается силами трения между вращающимся инструментом и заготовкой, благодаря которым заготовка перемещается в зазоре между валками, одновременно деформируясь.

Когда требуется высокая прочность и пластичность, применяют заготовки из сортового или специального проката. В процессе прокатки литые заготовки подвергают многократному обжатию в валках прокатных станов, в результате чего повышается плотность материала за счет залечивания литейных дефектов, пористости, микротрещин. Это придает заготовкам из проката высокую прочность и герметичность при небольшой их толщине.

Для осуществления процесса прокатки необходимо выполнить определенные условия (рисунок 3.6, а). Заготовка подается в валки с некоторой силой Q , которая вызывает со стороны валков нормальные реакции P и силу трения T . Угол α называется углом захвата, а дуга АВ – дугой захвата. Спроектировав силы P и T на горизонтальную ось, получим:

- $P \cdot \sin \alpha$ – сила, стремящаяся вытолкнуть заготовку из валков;
- $T \cdot \cos \alpha$ – сила, втягивающая заготовку в валки.

Очевидно, что валки захватят заготовку, если $P \cdot \sin \alpha < T \cdot \cos \alpha$.

Сила $T = P \cdot f$, где f – коэффициент трения.

Окончательно условие захвата будет иметь вид:

$$\sin \alpha < f \cos \alpha \text{ или } f > \operatorname{tg} \alpha.$$

Таким образом для захвата заготовки валками коэффициент трения должен быть больше тангенса угла захвата. Угол захвата можно выразить через геометрические размеры валков и заготовки (рисунок 3.6, б):

$$\cos \alpha = 1 - \frac{H-h}{D}.$$

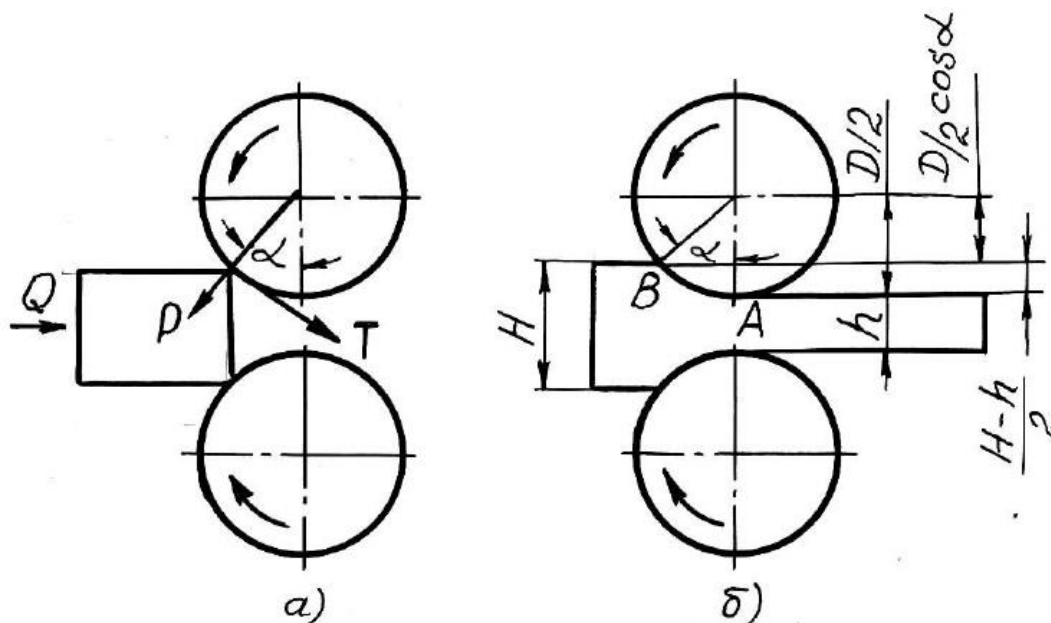


Рис. 3.6. Схема прокатки:

a – момент захвата заготовки валками; *б* – установившийся процесс

Угол захвата колеблется от $3...4^\circ$ (гладкие шлифованные валки) до $30...35^\circ$ (грубые валки с насечкой). Очевидно, что для работы с большими обжатиями (черновая обработка) нужно использовать грубые валки, а отделочную обработку вести на гладких валках с малыми обжатиями.

Существуют три основных способа прокатки, имеющих определенное отличие по характеру выполнения деформации: продольная, поперечная, поперечно-винтовая (рис. 3.7).

При *продольной* прокатке деформация осуществляется между вращающимися в разные стороны валками (рис. 3.7, *a*). Заготовка втягивается в зазор между валками за счет сил трения. Этим способом изготавливается около 90 % проката: весь листовой и профильный прокат.

Поперечная прокатка (рис. 3.7, *б*). Оси прокатных валков и обрабатываемого тела параллельны или пересекаются под небольшим углом. Оба валка вращаются в одном направлении, а заготовка круглого сечения – в противоположном.

В процессе поперечной прокатки обрабатываемое тело удерживается в валках с помощью специального приспособления. Обжатие заготовки по диаметру и придание ей требуемой формы сечения обеспечивается

профилировкой валков и изменением расстояния между ними. Данным способом производят специальные периодические профили, изделия представляющие тела вращения – шары, оси, шестерни.

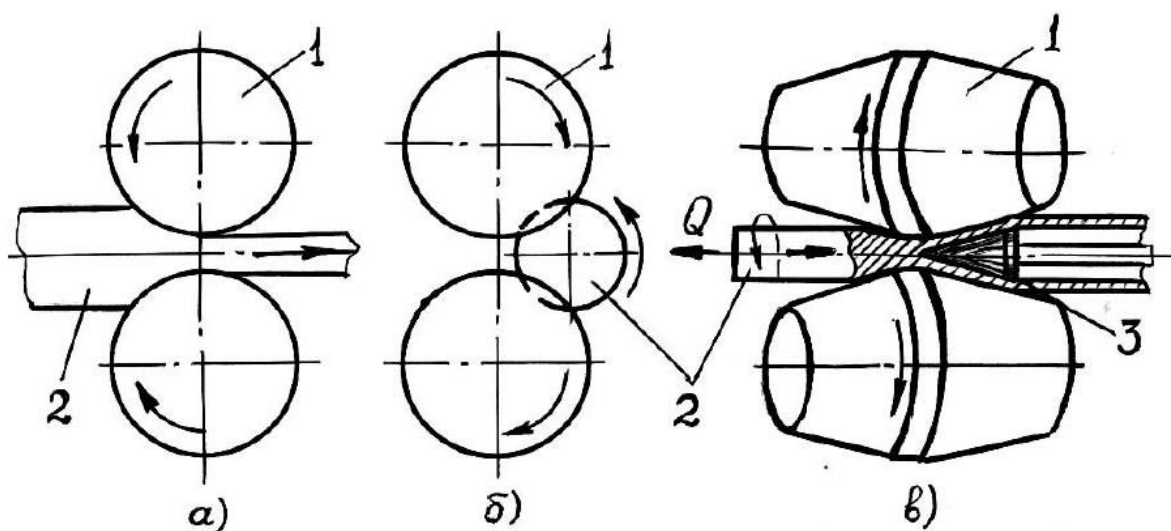


Рис. 3.7. Основные виды прокатки: а – продольная; б – поперечная; в – поперечно-винтовая; 1 – валки; 2 – заготовка; 3 – оправка (игла)

Поперечно-винтовая прокатка (рис. 3.7, в). Валки, вращающиеся в одну сторону, установлены под углом друг другу. Прокатываемый металл получает еще и поступательное движение. В результате сложения этих движений каждая точка заготовки движется по винтовой линии. Применяется для получения пустотелых трубных заготовок за счет прошивки специальным инструментом (оправкой).

Сортамент проката определяется совокупностью профилей и размеров прокатанного металла.

По сортаменту продукцию прокатного производства можно разделить на следующие группы: 1) сортовой прокат; 2) листовой прокат; 3) трубы; 4) специальный и периодический прокат.

Сортовой прокат делится на профили общего назначения – круглые, полосовые, квадратные, угловые, швеллеры, двутавровые балки и др. (рис. 3.8, а) и профили специального назначения – рельсы и профили для автотракторостроения, судостроения, транспортного машиностроения и других отраслей промышленности (рис. 3.8, б).

Листовой прокат делится на тонколистовой (толщиной менее 4 мм) и толстолистовой.

Трубы разделяют на две группы: бесшовные и сварные. Кроме того, выпускают трубы фасонные и переменного сечения.

К специальным видам проката относятся вагонные колеса (рис. 3.8, в), зубчатые колеса, шары, периодический прокат (рис. 3.8, з), а также гнутый профиль (рис. 3.8, д).

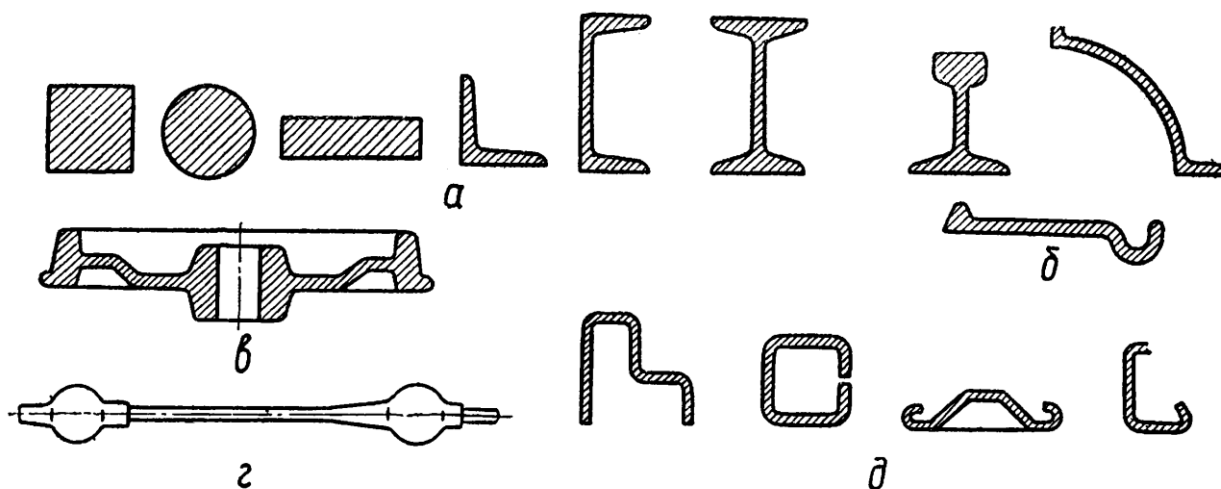


Рис. 3.8. Основные профили проката

Заготовками для сортового проката являются *блюмы* (заготовки квадратного сечения от 150 x 150 до 450 x 450 мм), а для листового проката – *слябы* (толстые плиты прямоугольного сечения толщиной до 350 мм). Их катают из слитков, размеры и форма которых зависят от марки сплава, вида полуфабриката и схемы прокатки.

Инструментом для прокатки являются *прокатные валки*, конструкция которых представлена на рис. 3.9. В зависимости от прокатываемого профиля валки могут быть гладкими (рис. 3.9, а), применяемыми для прокатки листов, лент и т. п. и калиброванными (ручьевыми) (рис. 3.9, б) для получения сортового проката.

Ручей – профиль на боковой поверхности валка. Промежутки между ручьями называются *буртами*. Совокупность двух ручьев образует полость, называемую *калибром*, каждая пара валков образует несколько калибров. Система последовательно расположенных калибров, обеспечивающая получение требуемого профиля заданных размеров называется *калибровкой*.

Валки состоят из рабочей части – бочки 1, шеек 2 и тrefы 3 (рис. 3.9, а)

Шейки валков вращаются в подшипниках, которые, у одного из валков, могут перемещаться специальным нажимным механизмом для изменения расстояния между валками и регулирования взаимного расположения осей. Используются роликовые подшипники с низким коэффициентом трения, что обеспечивает большой срок службы.

Тrefа предназначена для соединения валка с муфтой или шпинделем.

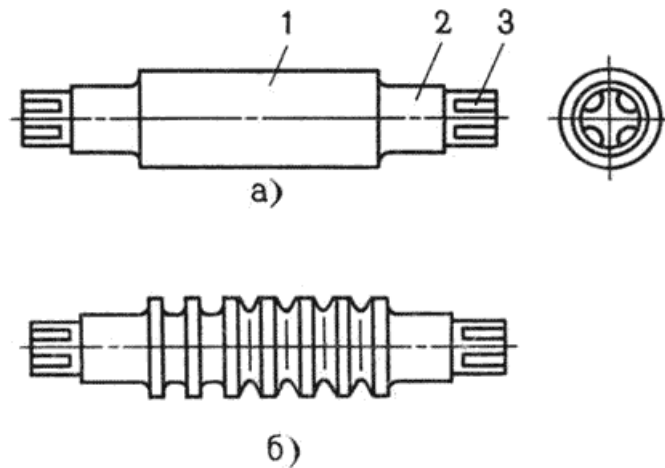


Рис. 3.9. Прокатные валки: а – гладкий; б – калиброванный

Комплект валков вместе со станиной называется *рабочей клетью*.

Оборудование, на котором прокатывается металл, называется *прокатным станом*. Это комплекс машин для деформирования металла во вращающихся валках и выполнения вспомогательных операций (транспортирование, нагрев, термическая обработка, контроль и т. п.).

Прокатный стан состоит из одной или нескольких рабочих клеток, передаточного механизма и двигателя. Кроме того, современные прокатные станы оснащены вспомогательными механизмами для механизации процесса прокатки.

По числу и расположению валков в рабочей клетке различают следующие группы станов:

- *дуо-станы* с двумя валками в каждой клетке: *нереверсивные*, имеющие постоянное направление вращения, и *реверсивные*, в которых металл можно пропускать в обе стороны;
- *трио-станы* с тремя валками в каждой клетке. В одну сторону заготовку пропускают между нижним и средним, а другую – между средним и верхним валками;
- *многовалковые*, с четырьмя (*кварто-станы*), шестью (*сексто-станы*) и большим (до 20) количеством валков. Рабочими являются только два валка, остальные – *опорные*;
- *универсальные*, имеющие не только горизонтальные, но и вертикальные валки.

По назначению прокатные станы делятся на следующие виды:

- *обжимные*, служащие для предварительного обжатия слитков в крупные заготовки. К ним относятся *блюминги* и *слябинги*. Блюминг представляет собой мощный реверсивный дуо-стан; на нем производят квадратную заготовку (блюм). Слябинг – мощный универсальный двухклетевой стан

- (первая клетка имеет вертикальные валки, вторая – горизонтальные), предназначен для получения заготовки для листа (сляба);
- *заготовочные* станы предназначены для проката блюмов и слябов в сортовую квадратную заготовку и плоскую заготовку (сутунку) сечением меньше, чем слябы. Эти заготовки используют для последующей прокатки в мелкие листы и ленту;
 - *рельсобалочные* станы для прокатки рельсов, крупных балок, швеллеров и других профилей;
 - *сортовые* станы для получения сортового проката. Делятся на крупно-, средне- и мелкосортные;
 - *листопрокатные* станы;
 - *трубопрокатные* станы служат для производства бесшовных и сварных труб.

Схема производства сортового и листового проката приведена на рис. 3.10.

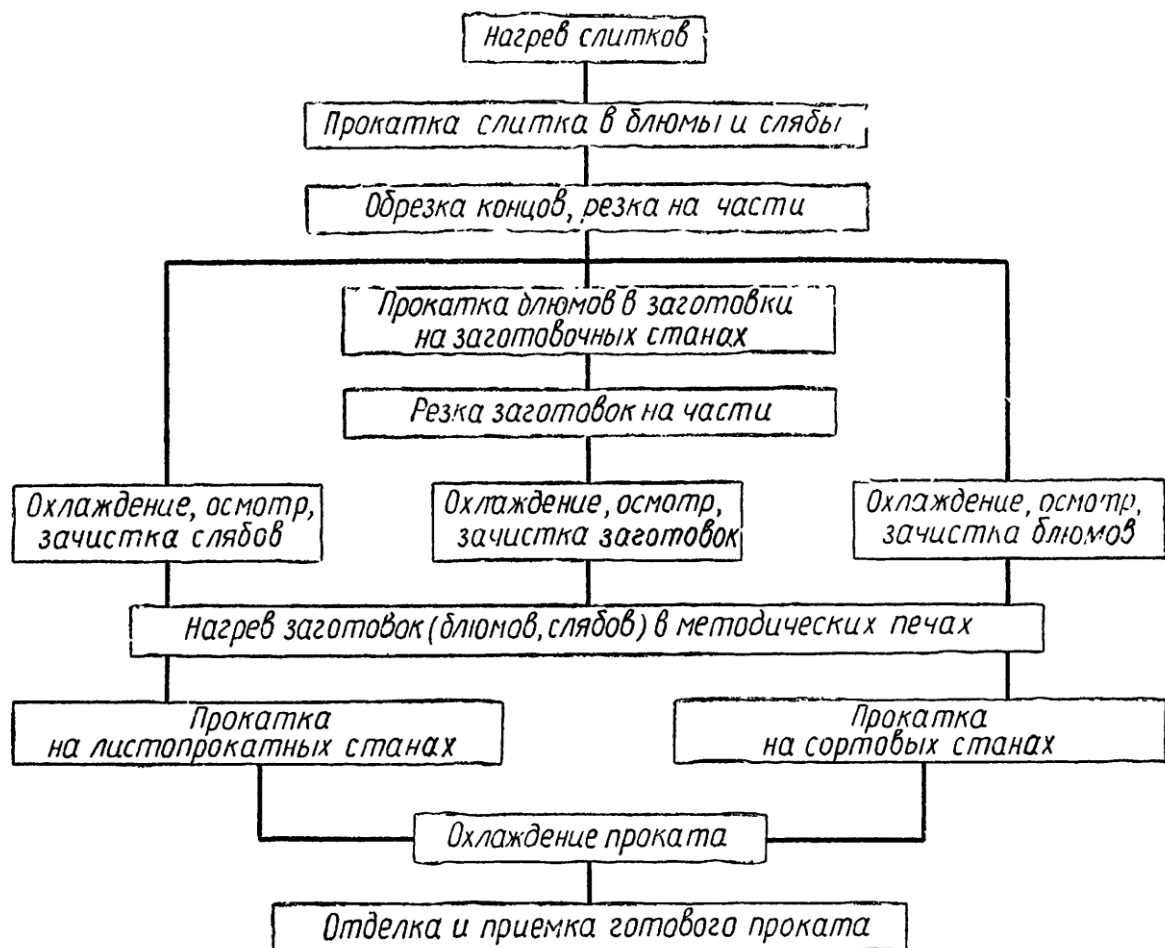


Рис. 3.10. Схема технологического процесса производства сортового и листового проката

Обжимные и заготовочные станы используются для предварительной прокатки слитков, разливаемых в изложницы. Современное прокатное производство, как правило, предусматривает работу с непрерывнолитой (на МНЛЗ) заготовкой, без задействования этих видов прокатных станов.

Основным параметром обжимных, заготовочных и сортовых станов является диаметр валков или шестерен шестеренной клетки (в мм). При наличии в стане нескольких рабочих клеток параметром стана является диаметр валков чистовой (последней) клетки. Так, название «мелкосортный стан 250» означает, что диаметр рабочих валков или шестерен чистовой клетки равен 250 мм, а назначение его – производство мелкосортного проката.

Основным параметром листопрокатных станов является длина бочки (рабочей поверхности) валка в мм, которая определяет наибольшую ширину прокатываемых на стане листов или полос. В этом случае название «толстолистовой стан 3000» означает, что длина бочки валков равна 3000 мм, при этом на стане прокатывают толстый лист шириной до 2700-2800 мм.

В общем случае, основными технологическими операциями прокатного производства являются подготовка исходного металла, нагрев, прокатка и отделка проката.

Подготовка исходных металлов включает удаление различных поверхностных дефектов (трещин, царапин, закатов), что увеличивает выход готового проката.

Нагрев слитков и заготовок обеспечивает высокую пластичность, высокое качество готового проката и получение требуемой структуры. Необходимо строгое соблюдение режимов нагрева. Основное требование при нагреве: равномерный прогрев слитка или заготовки по сечению и длине до соответствующей температуры за минимальное время с наименьшей потерей металла в окалину и экономным расходом топлива.

Температуры начала и конца горячей деформации определяются в зависимости от температур плавления и рекристаллизации. Прокатка большинства марок углеродистой стали начинается при температуре 1200...1150 °С, а заканчивается при температуре 950...900 °С.

Существенное значение имеет режим охлаждения. Быстрое и неравномерное охлаждение приводит к образованию трещин и короблению.

При прокатке контролируется температура начала и конца процесса, режим обжатия, настройка валков в результате наблюдения за размерами и формой проката. Для контроля состояния поверхности проката регулярно отбирают пробы.

Отделка проката включает резку на мерные длины, правку, удаление поверхностных дефектов и т.п. Готовый прокат подвергают конечному контролю.

При холодной прокатке тонколистовой стали для снятия наклепа применяют промежуточный отжиг. Листы, предназначенные для холодной листовой штамповки, после отжига дополнительно прокатывают с обжатием 0,5...3 %. Наклепанные при этом и травленные для снятия окалины листы называют декапированными.

Контрольные вопросы

1. Какие виды обработки металлов давлением вы знаете, как они группируются по назначению ?
2. Что такое наклеп металла ?
3. Чем возврат отличается от рекристаллизации ? Назовите температурные условия протекания этих процессов.
4. Охарактеризуйте стадии рекристаллизации и температурные условия протекания этих процессов.
5. Назовите температурные условия горячего и холодного деформирования металлов. В чем различие структуры и свойств деформированного этими способами металла ?
6. Какие свойства характеризуют способность материала к обработке давлением ?
7. Что называется прокаткой ?
8. Каково условие захвата заготовки валками, необходимое для осуществления прокатки ?
9. Охарактеризуйте три основных способа прокатки.
10. Перечислите прокатный сортамент и основные виды профиля.
11. Что такое блюмы и слябы ?
12. Опишите конструкцию гладких и калиброванных валков.
13. Что такое рабочая клеть и прокатный стан ?
14. Как виды прокатных станов вам известны ?
15. Опишите основные технологические операции прокатного производства.