

## **Тема 2.2 Обработка металлов давлением**

### **План**

#### **1.Физико-механические основы обработки металлов давлением. Сущность обработки металлов давлением.**

2.Прокатка. Сущность процесса прокатки. Прокатные станы. Продукция прокатного производства.

3.Волочение. Сущность процесса. Оборудование и инструмент для волочения.

4. Прессование. Сущность и виды прессования. Сущность процесса.

5 Ковка. Основные операции свободной ковки.

6.Объемная штамповка. Сущность процесса. Основные операции холодной объемной штамповки. Листовая штамповка. Разновидности листовой штамповки

### **Основная литература**

1. Фетисов Г.П.,Гарифуллин Ф.А. Материаловедение и технология металлов. Учебник (3 издание), - М.: Издательство Оникс, 2017. -624с:ил.
2. Лахтин Ю.М. Материаловедение. М.:Машиностроение,1993

### **Дополнительная литература**

1. Никифоров В.Н. Технология металлов и конструкционные материалы. Л.: Машиностроение,1987.
- 2.Кузьмин Б.А., Самохоцкий А.И, металлургия, материаловедение и конструкционные материалы. М.: Высшая школа,1984.

### **Интернет – ресурсы:**

- 1.Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. Режим доступа:<http://fcior.edu.ru>
- 2.Электронная библиотека. Электронные учебники.-Режим доступа:<http://subscribe.ru/group/mehanika-studentam/>

## **1 Физико-механические основы обработки металлов давлением.**

Сущность обработки металлов давлением. Влияние обработки давлением на структуру и свойства металлов.

***Сущность обработки металлов давлением.*** Обработка металлов давлением основана на их способности в определенных условиях пластически деформироваться без разрушения в результате воздействия на деформируемое тело (заготовку) внешних сил.

Если при упругих деформациях деформируемое тело полностью восстанавливает исходные форму и размеры после снятия внешних сил, то при пластических деформациях изменение формы и размеров, вызванное действием внешних сил, сохраняется и после прекращения действия этих сил. Упругая деформация характеризуется смещением атомов относительно друг друга на величину, меньшую межатомных расстояний, а после снятия внешних сил атомы возвращаются в исходное положение. При пластических деформациях атомы смещаются относительно друг друга на величины, большие межатомных расстояний, и после снятия внешних сил не возвращаются в свое исходное положение, а занимают новые положения равновесия.

Для начала перехода атомов в новые положения равновесия необходима определенная величина действующих напряжений, зависящая от межатомных сил и характера взаимного расположения атомов (типа кристаллической решетки, наличия и расположения примесей, формы и размеров зерен поликристалла и т. п.).

Различают деформацию упругую (обратимую) и пластическую (необратимую, остаточную). Пластическая деформация при обработке металлов давлением способствует образованию формы изделия, а упругая деформация затрудняет ее образование. Так, при снятии внешней нагрузки формы и размеры заготовки изменяются вследствие остаточной упругой деформации.

Скольжение одной части кристаллической решетки относительно другой происходит по плоскостям наиболее плотного размещения атомов (плоскостям скольжения). В реальных металлах кристаллическая решетка имеет линейные дефекты (дислокации), перемещение которых облегчает скольжение.

Величина пластической деформации не безгранична, при определенных ее значениях может начаться разрушение металла.

На величину пластической деформации, которой можно достичь без разрушения (предельная деформация), оказывают влияние многие факторы, основные из которых — механические свойства металла (сплава), температурно-скоростные условия деформирования и схема напряженного состояния. Последний фактор оказывает большое влияние на значение предельной деформации. Наибольшая предельная деформация достигается при отсутствии растягивающих напряжений. Схемы напряженного состояния в различных процессах и операциях обработки давлением различны, вследствие чего для каждой операции, для каждого металла и температурно-скоростных условий существуют свои определенные предельные деформации.

Существенные преимущества обработки металлов давлением — возможность значительного уменьшения отхода металла, а также повышения производительности труда, поскольку в результате однократного приложения усилия можно значительно изменить форму и размеры деформируемой заготовки. Кроме того, пластическая деформация сопровождается изменением физико-механических свойств металла заготовки, что можно использовать для получения деталей с наилучшими эксплуатационными свойствами (прочностью, жесткостью, высокой износостойкостью и т. д.) при наименьшей их массе. Эти и другие преимущества обработки металлов давлением способствуют неуклонному росту ее удельного веса в металлообработке.

Совершенствование технологических процессов обработки металлов давлением, а также применяемого оборудования позволяет расширять номенклатуру деталей, изготавливаемых обработкой давлением, увеличивать диапазон деталей по массе и размерам, а также повышать точность размеров полуфабрикатов, получаемых обработкой металлов давлением.

Как уже было сказано, в основе обработки металлов давлением лежит процесс пластической деформации, при котором изменяется форма без изменения массы. Все расчеты размеров и формы тела при обработке давлением основаны на законе постоянства объема, суть которого заключается в том, что объем тела до и после пластической деформации принимается неизменным:  $V_1 = V_2 = \text{const}$  ( $V_1$  и  $V_2$  — объем тела до и после деформации).

Изменение формы тела может происходить в направлении трех главных осей; при этом каждая точка стремится перемещаться в том направлении, в котором создается наименьшее сопротивление ее перемещению. Это положение в теории обработки металлов давлением носит название **з а к о н а** наименьшего сопротивления.

При свободном формоизменении тела в различных направлениях наибольшая деформация происходит в том направлении, в котором большинство перемещающихся точек встречает наименьшее сопротивление своему перемещению.

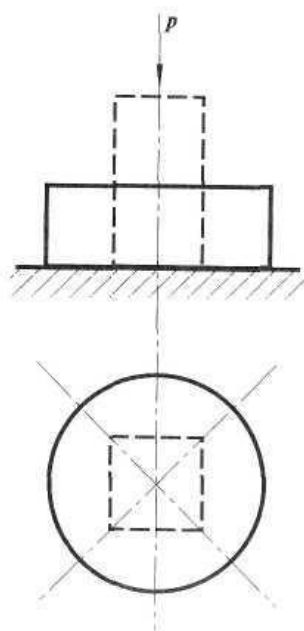


Рисунок 2.19 - Схема осадки образца квадратного сечения

Так, например, если при прокатке в двух валках с поперечными насечками течение металла вдоль оси прокатки сдерживается, а в поперечном направлении увеличивается, то при круговых насечках будет наблюдаться обратное явление.

Другим примером действия закона наименьшего сопротивления может служить превращение образца квадратного сечения (или любого другого) при его осаживании в круговое (рис. 2.19).

Законы постоянства объема и наименьшего сопротивления распространяются на все способы обработки металлов давлением.

При этом закон постоянства объема используют для определения размеров заготовок, а закон наименьшего сопротивления позволяет определить, какие размеры и форму поперечного сечения получит заготовка с тем или иным сечением в процессе обработки давлением.

**Влияние обработки давлением на структуру и свойства металла.** В зависимости от температурно-скоростных условий деформирования различают холодную и горячую деформацию.

*Холодная деформация* характеризуется изменением формы зерен, которые вытягиваются в направлении наиболее интенсивного течения металла. При холодной деформации формоизменение сопровождается изменением механических и физико-химических свойств металла. Это явление называют упрочнением (наклепом): возрастают характеристики прочности, в то время как характеристики пластичности снижаются. Упрочнение возникает вследствие поворота плоскостей скольжения, увеличения искажений кристаллической решетки в процессе холодного деформирования (накопление дислокаций у границ зерен).

Изменения, внесенные холодной деформацией в структуру и свойства металла, не необратимы. Они могут быть устранены, например, с помощью термической обработки — отжига. В этом случае происходит внутренняя перестройка, при которой за счет дополнительной тепловой энергии, увеличивающей подвижность атомов, в твердом металле без фазовых превращений из множества центров растут новые зерна, заменяющие собой вытянутые, деформированные. Так как в равномерном температурном поле скорость роста зерен по всем направлениям одинакова, то новые зерна, появившиеся взамен деформированных, имеют примерно одинаковые размеры по всем направлениям.

Явление зарождения и роста новых равноосных зерен взамен деформированных, вытянутых, происходящее при определенных температурах, называется рекристаллизацией. Для чистых металлов она начинается при абсолютной температуре, равной 0,4 абсолютной температуры плавления металла. Рекристаллизация протекает с определенной скоростью. Время, требуемое для рекристаллизации, тем меньше, чем выше температура нагрева деформированной заготовки.

При температурах ниже температуры начала рекристаллизации наблюдается явление, называемое возвратом. При возврате (отдыхе) форма и размеры деформированных, вытянутых зерен не изменяются, но частично снимаются остаточные напряжения. Снятие остаточных напряжений при возврате почти не изменяет механических свойств металла, но влияет на некоторые его физико-химические свойства. Так, например, в результате возврата значительно повышаются электрическая проводимость, сопротивление коррозии холоднодеформированного металла.

Формоизменение заготовки при температуре выше температуры рекристаллизации сопровождается одновременным протеканием упрочнения и рекристаллизации.

Горячей деформацией называют деформацию, характеризующуюся таким соотношением скоростей деформирования и рекристаллизации, при

котором рекристаллизация успевает произойти во всем объеме заготовки и микроструктура после обработки давлением оказывается равноосной, без следов упрочнения.

Чтобы обеспечить условия протекания горячей деформации, приходится с увеличением ее скорости повышать температуру нагрева заготовки (для увеличения скорости рекристаллизации).

Если металл по окончании деформации имеет структуру, не полностью рекристаллизованную, со следами упрочнения, то такая деформация называется неполной горячей деформацией. Неполная горячая деформация приводит к получению неоднородной структуры, снижению механических свойств и пластичности, поэтому обычно нежелательна.

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

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

Холодная деформация без нагрева заготовки позволяет получать большую точность размеров и лучшее качество поверхности по сравнению с обработкой давлением при достаточно высоких температурах. Температура нагрева для деформации зависит в первую очередь от природы деформируемого материала. Однако в любых случаях температура нагрева должна быть значительно ниже температуры солидуса сплава. Если материал перегрет, то может наступить пережог, выражающийся в интенсивном окислении границ зерен, и как следствие — охрупчивание материала. Пережог - дефект нагрева, который не может быть исправлен. Длительное пребывание металла при температуре, несколько меньшей, чем температура пережога, может привести к значительному росту зерна и снижению пластических свойств заготовки - явлению перегрева. В большинстве случаев перегрев может быть исправлен дополнительной температурной обработкой.

Температуру начала обработки давлением следует назначить на 50—100 °С ниже температуры солидуса сплава (рис.2 .20).

Заканчивать деформирование следует при температуре не ниже, чем  $T_{рек}$ ; деформирование при более низких температурах может привести к образованию трещин вследствие снижения пластичности.

В то же время окончание процесса деформации при температурах выше, чем  $T_{рек}$ , также нежелательно, так как пребывание при высоких температурах может привести к чрезмерному росту зерна, а следовательно, к снижению механических характеристик металла.

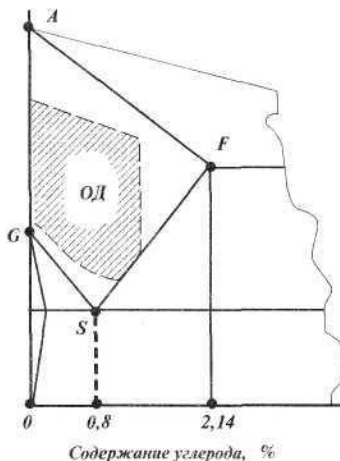


Рисунок 2.20 - Температурный интервал обработки давлением (ОД) низкоуглеродистых сталей

Каждый металл и сплав имеет свой строго рекомендованный температурный интервал обработки давлением, определяемый по соответствующему справочнику.

Обработка давлением без специального нагрева заготовки позволяет сократить продолжительность технологического цикла, облегчает использование средств механизации и автоматизации и повышает производительность труда.

Влияние холодной деформации на свойства металла можно использовать для получения наилучших эксплуатационных свойств деталей, а управление изменением свойств в требуемом направлении и на желаемую величину может быть достигнуто выбором рационального сочетания холодной и горячей деформации, а также числа и режимов термических обработок в процессе изготовления детали.

Исходной заготовкой для начальных процессов обработки металлов давлением (прокатки, прессования) является слиток. Кристаллическое строение слитка неоднородно; кроме того, в нем имеются пористость, газовые пузыри и т. п. Обработка давлением слитка при нагреве его до достаточно высоких температур приводит к деформации кристаллитов и

частичной заварке пор и раковин. Таким образом, при обработке слитка давлением может увеличиться и плотность металла.

В результате деформации кристаллитов и последующей рекристаллизации металл получает мелкозернистое строение, т. е. размеры зерен после рекристаллизации исчисляются в сотых или десятых долях миллиметра, причем эти размеры примерно одинаковы по всем направлениям.

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.

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. При этом общие рекомендации следующие: необходимо, чтобы наибольшие растягивающие напряжения, возникающие в деталях в процессе работы, были направлены вдоль волокон, а если какой-либо элемент этой детали работает на срез, то желательно, чтобы перерезывающие силы действовали поперек волокон; необходимо, чтобы волокна подходили к наружным поверхностям детали по касательной и не перерезались наружными поверхностями детали.