

Процессы и операции формообразования

17. ЛЕКЦИЯ – 11 ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

План лекции

- 1 Технологическая пластичность как состояние металла
- 2 Виды пластической деформации
- 3 Процессы производства заготовок и готовых деталей

Технологическая пластичность как состояние металла

Обработка металлов давлением — технологический процесс получения заготовок или деталей в результате силового воздействия инструмента на обрабатываемый материал

- Применяется для получения заготовок постоянного поперечного сечения по длине (прутков, проволоки, лент, листов), применяемых в строительных конструкциях или в качестве заготовок для последующего изготовления из них деталей — только обработкой резанием или с использованием предварительного пластического формоизменения, основными разновидностями таких процессов являются **прокатка, прессование и волочение**;
- Применяется для получения деталей или заготовок (полуфабрикатов), имеющих приближённо 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**

Технологическая пластичность как состояние металла

Пластичность - это свойство материалов сохранять остаточные деформации

- Пластичность, т.е. способность металла сопротивляться деформации без разрушения и равномерно заполнять полость инструмента для обработки давлением – штампа, является основообразующим **физическим свойством материала** при обработке давлением
- Пластичность измеряют значением пластической деформации до момента получения первой макротрещины
- От пластичности материала зависит возможность получения заданной его формы, интенсивность формоизменения, качество операций, производительность процесса обработки давлением

Технологическая пластичность как состояние металла

- Для повышения пластичности металла его
- нагревают до определенных температур, называемых температурамиковки,
 - проводят специальную термическую обработку, изменяющую структуру, размер зерен,
 - пропускают через металл электрический ток,
 - воздействуют на него излучением и ультразвуком.

Технологическая пластичность как состояние металла

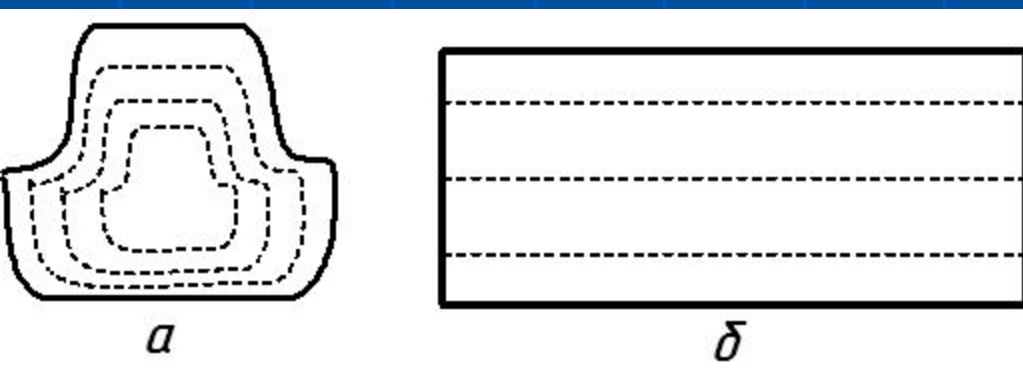
Сопротивление деформации

определяет величину деформирующей силы, а, следовательно, силовые и энергетические параметры оборудования, стоимость инструмента и его стойкость

- Сопротивление деформации измеряют величиной ***напряжения текучести***, соответствующее началу чисто пластической деформации – пределу текучести.
- Таким образом, напряжение текучести является действительным, или истинным напряжением.
- Пластичность и сопротивление деформации металла или сплава определяют в процессе испытания на растяжение, сжатие и кручение в условиях, регламентируемых стандартом

Физико-механические процессы, происходящие при пластической деформации

- Пластическая деформация сопровождается **деформационным упрочнением**, представляющим собой сложный физико-химический процесс, при котором изменяется структура и все свойства металла
 - направление максимальных растягивающих и сжимающих напряжений, возникающих при работе деталей, должно совпадать с направлением волокон, а направление максимальных касательных напряжений должно быть перпендикулярно им
 - волокна, полученные при обработке давлением, должны огибать контур



- при обработке резанием волокна надрезаются, прочность и надежность в работе деталей уменьшается

Рисунок 17.1-**Направление волокон в заготовках:**

a – при процессе ОМД, *б* – при процессе обработки металлов резанием

Физико-механические процессы, происходящие при пластической деформации

- Процесс пластической деформации сопровождается искажением кристаллической решетки и накоплением внутризернистых и межзернистых дефектов
 - Это вызывает увеличение твердости, прочности, сопротивления деформации, уменьшение пластичности.
 - После достижения некоторого предела упрочнения, зависящего от природы металла и условий деформации, происходит его разрушение.
 - Накопление дефектов ведет к уменьшению плотности, снижению тепло- и электропроводности
- Пластическая деформация неравномерна, вследствие чего после пластической деформации в теле остаются остаточные напряжения, взаимно уравновешивающиеся внутри тела
- В результате упрочнения изменяются магнитные свойства материалов. Волокнистость структуры повышает электропроводность в определенных направлениях, тогда как химическая устойчивость в разных средах уменьшается
- При холодной пластической деформации из-за неравномерности распределения деформаций по телу, разного направления скольжения атомных плоскостей в кристаллических решетках отдельных зерен, зерна получают различную деформацию, также и упругую, что вызывает остаточные деформации

Физико-механические процессы, происходящие при пластической деформации

- Для того, чтобы снять остаточную деформацию прибегают к **деформированию с нагревом** или нагреву после холодного деформирования. При этом амплитуда колебания атомов настолько увеличивается, что они могут занимать положение устойчивого равновесия, тем самым снимая остаточную деформацию.
- Это явление называют **возвратом**. Возврат происходит при температурах $(0,25...0,30)t_{пл}$, где $t_{пл}$ – температура плавления, градС. Возврат противоположен упрочнению, он приводит к некоторому уменьшению сопротивления деформированию. Однако он не влияет на величину, форму и размеры зерна. Отмечено его положительное действие в виде повышения сопротивления коррозии и самопроизвольному растрескиванию.
- При увеличении температуры до $0,4 t_{пл}$ и больше в металле происходят процессы **рекристаллизации**: появление **новых центров кристаллизации, возникновение и рост новых зерен** взамен деформированных.
- Возможность рекристаллизации обуславливается тем, что при повышении температуры энергетический баланс атомов повышается настолько, что они могут перегруппировываться и **интенсивно обмениваться местами**.
- При этом получают равноосные зерна, величина которых зависит от температуры, степени и скорости деформации

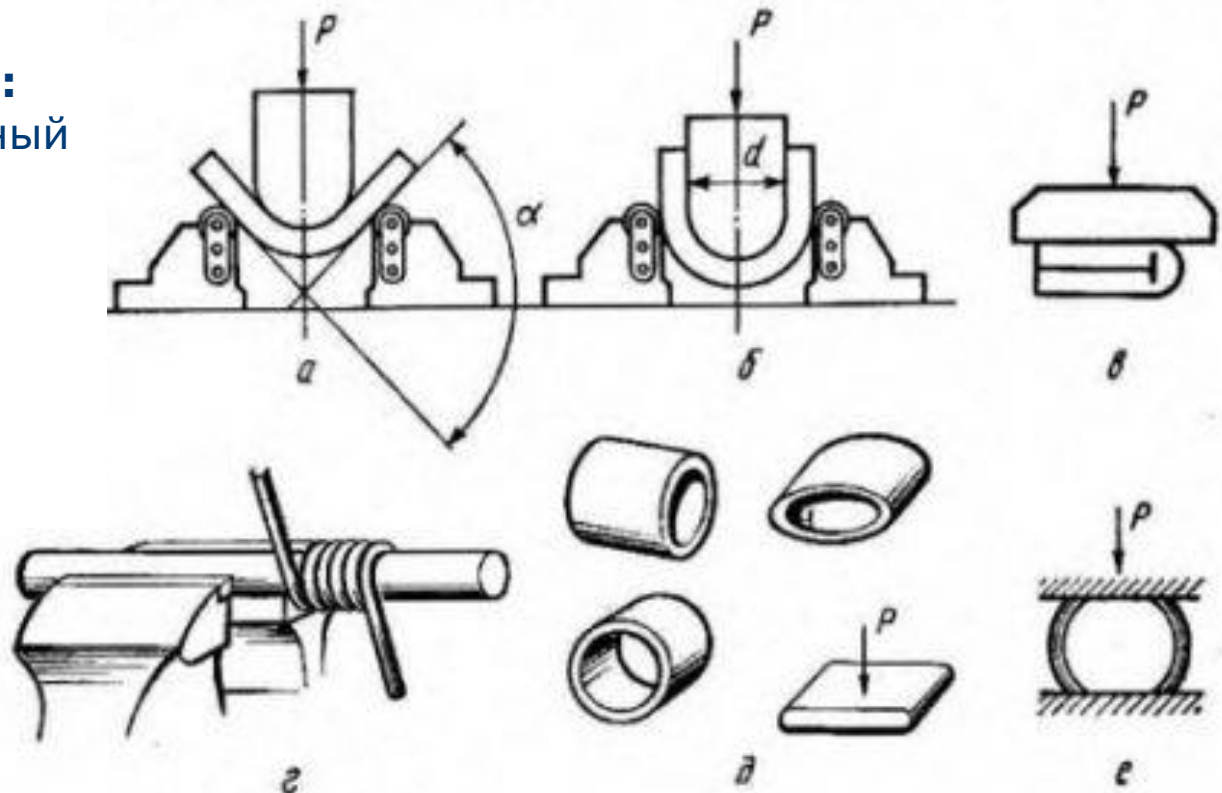
Технологические пробы

- Проводят специальные технологические испытания — **пробы**
- Их **цель** — дать в кратчайший срок ответ, можно или нельзя применять металл для тех или иных способов обработки. Признаком пригодности металла является отсутствие в образце после испытания трещин, разрывов, излома

Рисунок 17.2-

Технологические пробы:

- а - на изгиб на определенный угол;
- б - на изгиб до параллельности сторон;
- в - на изгиб до соприкосновения сторон;
- г - на извивание;
- д - на сплющивание труб;
- е - на осадку



Технологические пробы

- **Ковкость** — технологическая оценка пластичности металла и пригодности его к обработке давлением в холодном или горячем состоянии.
- Определение ковкости проводят на литых пробах массой 1 кг.
- Пробы, отлитые в форме стаканчика, проковывают на квадратный стержень 15x15 мм.
- Стержень загибают молотком на 180° до соприкосновения сторон.
- Ковкость считается хорошей, если трещины и другие дефекты отсутствуют.
- Если на грани пробы появляются незначительные надрезы, вязкость считается удовлетворительной.
- Сталь непригодна к обработке давлением, если появляются большие надрывы и трещины.

Технологические пробы

- **Способность к глубокой вытяжке** — важнейшее технологическое свойство для листовой стали и ленты.
- Такая сталь предназначена для холодной обработки давлением, когда изготавливаются изделия разнообразной формы и назначения: кузова автомобилей, крышки, гильзы и т. п.
- Испытания на глубокую вытяжку проводят вдавливая пуансон в лист до тех пор, пока не появится трещина.
- Способность к деформируемости листов оценивается по глубине вдавливания пуансона.

Виды пластической деформации

- **Холодная пластическая деформация** происходит при температуре, ниже температуры рекристаллизации. При холодной пластической деформации полностью отсутствуют возврат и рекристаллизация.
- При **неполной холодной деформации** успевают произойти только возврат, рекристаллизации нет.
- **Горячая пластическая деформация** происходит при температуре, выше температуры рекристаллизации, когда в деформируемом металле возникает процесс, противоположный упрочнению – полная рекристаллизация деформированного металла.
- При **неполной горячей деформации** рекристаллизация происходит не полностью.

Температура металла значительно влияет на механические свойства металла: увеличивается пластичность и уменьшается предел текучести. Указанные явления определяют качественную сторону процесса деформирования металла

Виды пластической деформации

Количественную характеристику процесса деформирования определяют **напряжение** и **степень деформации**.

- Под действием внешних сил в теле возникают внутренние силы.
- Величину внутренней силы, отнесенную к единице площади, называют **напряжением**.
- Величина деформации выражается **степенью деформации**, определенной эмпирически для каждого конкретного процесса обработки давлением

Горячая деформация

- В процессе горячей деформации слитка разрушается его литая структура, уменьшается химическая и структурная неоднородность.
- По сравнению с литым горячедеформированный металл имеет бóльшие прочность, пластичность, ударную вязкость. Так как пластичность после горячей деформации в ряде случаев возрастает в 1,5 – 2, а иногда и более раз, дальнейший процесс деформирования можно вести с бóльшими степенями деформации, т.е. более производительно.
- При высоких степенях деформации, т.е. при отношении сечений до деформации и после, равном или более 10, достигается упрочнение, т.е. повышение прочности материала, работающего в условиях как обычного, так и знакопеременного нагружения.
- Структура после такой деформации получается практически полностью рекристаллизованной, хотя вытянутость включений и структурных неоднородностей в направлении максимальной деформации растяжения ведет к волокнистости и в некоторых случаях к слоистости (так называемый *шиферный излом*).
- В случае объемного сжатия происходит частичное заваривание неокисленных пустот и раковин.
- Сопротивление деформации при горячей обработке по сравнению с холодной, меньше в 5 – 15 раз, благодаря чему уменьшаются затраты энергии на обработку, повышается в 2 – 3 раза производительность и сокращается требуемая мощность оборудования.

Горячая деформация

К недостаткам горячей деформации относятся:

- окисление поверхностного слоя металла,
- окисление и возгонка окисляющихся и летучих компонентов в поверхностном слое,
- меньшая точность размеров и, как следствие, увеличенный объем металла и объем отделочных операций при дальнейшей обработке резанием

Холодная деформация

Холодная деформация по сравнению с горячей имеют следующие преимущества:

- высокое качество поверхности и значительную точность размеров, что сокращает расход материала, удешевляет, а иногда и полностью исключает отделочные операции обработки резанием;
- повышенные прочность и упругость, равномерность и стабильность свойств и структуры;
- в сочетании с термической обработкой холодная деформация обеспечивает возможность получения заданных физико-механических свойств изделий: ударной вязкости, штампуемости, постоянства удельного электрического сопротивления и т.д.

Процессы производства заготовок и готовых деталей

В машиностроении существуют следующие технологические процессы ОМД при производстве заготовок и готовых деталей:

ковка,

- горячая штамповка,
- холодная и полугорячая объемная штамповка,
- штамповка с локальным нагружением,
- листовая штамповка,
- накатка,
- другие специализированные процессы

Поковка – промежуточная заготовка или готовая деталь, полученную обработкой металлов давлением (ковкой или объемной штамповкой)

Виды поковок

- Поковки могут быть сгруппированы по признакам, определяющим технологию их изготовления. Такие признаки – это
 - масса,
 - конфигурация,
 - марка сплава,
 - тип производства
- Масса поковок (от сотен граммов до сотен тонн) определяет тип заготовки, вид деформации и схему деформирования
- Исходные заготовки для получения поковок –
 - сортовой прокат круглого, квадратного или прямоугольного сечения.
 - или слитки для получения поковок большой массы (от нескольких сотен килограммов), так как размеры поперечного сечения сортового проката ограничены.

Виды поковок

- Изготовление поковок можно осуществлять по схемам свободного пластического течения между поверхностями инструмента или затекания металла в полость штампа (возможно в сочетании с процессами выдавливания, ротационного обжатия).
- Поковки большой массы (до 250 т) изготавливают *ковкой* – вид горячей обработки металлов давлением, при котором деформирование нагретой заготовки проводят, подвергая ее многократному прерывистому ударному воздействию последовательно на отдельных участках заготовки.
- Инструмент для процесса ковки – это плоские или фигурные (вырезные) бойки, а также различной подкладной инструмент. Инструмент при ковке является универсальным, т.е. годным для изготовления различных поковок.
- Изделия, полученные в штампах, называются **штамповками**, а изделия, полученные методами объемной штамповки – **штамповочными поковками**
- В отличие от ковочного, для штамповки требуется специальный инструмент – *штамп*.

Виды поковок

- Для поковок массой больше 1 кг применяют горячую деформацию, так как давления, необходимые для формоизменения нагретого металла ниже, чем при холодной деформации
- Холодную деформацию используют для поковок малой массы, ориентировочно менее 1 кг.

Классификации поковок

- осесимметричные (рис. 17.3, а);
- втулки и кольца (рис. 17.3, б);
- осесимметричные типа стаканов и втулок, продольный размер которых (вдоль оси) больше поперечных (рис. 17.3, в);
- осесимметричные типа валов и осей, длина которых вдоль оси больше поперечных размеров (рис. 17.3, г);
- неосесимметричные типа рычагов, вилок, крюков с меньшим или большим соотношением габаритных размеров (рис. 17.3, д).

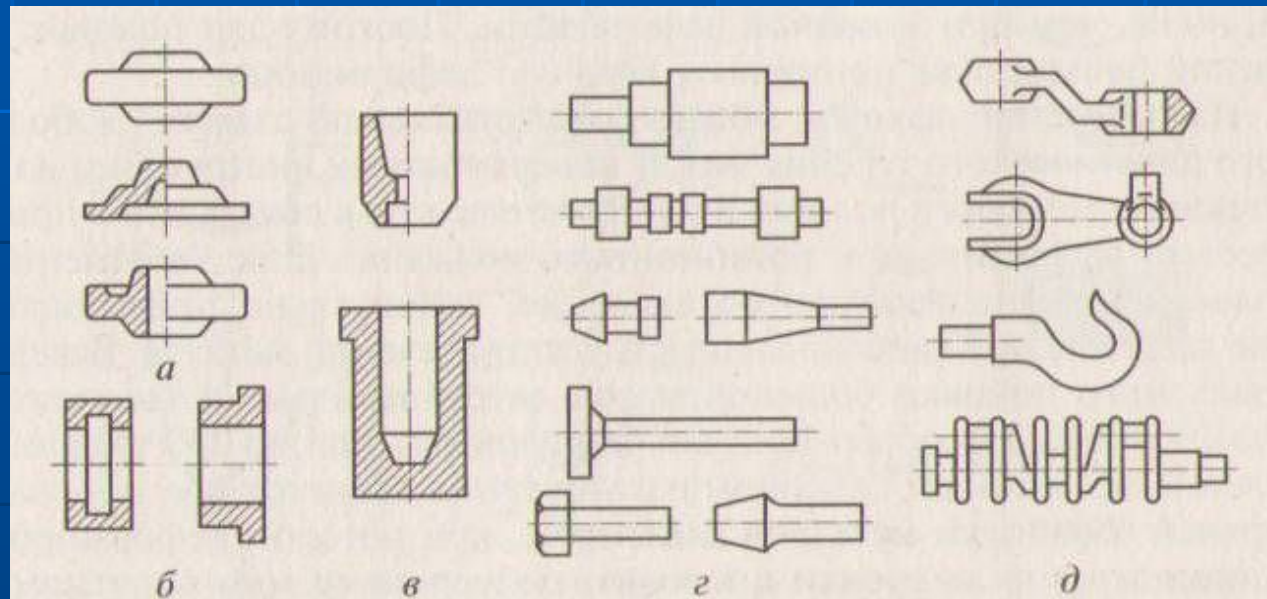


Рис. 17.3. **Виды машиностроительных поковок:**

а – г – осесимметричные различных форм;

д – неосесимметричные

Классификации поковок

- К последней многочисленной группе относят поковки гаечных ключей, шатунов, звеньев гусениц тракторов, лопаток турбин, крюков грузоподъемных механизмов, коленчатых валов и др.
- Кроме такого разделения поковок по типу деталей, при технологических расчетах по конфигурации поковки подразделяют на группы сложности.
- Критерием сложности поковки может быть отношение объемов поковки и описанной вокруг нее простой геометрической фигуры – призмы или цилиндра.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Гоцеридзе, Р.М. Процессы формообразования и инструменты: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Р.М. Гоцеридзе. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 384 с.
2. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для студ.в. учеб. заведений / В.Б. Арзамасов, А.Н. Волчков, В.А. Головин и др.; под ред. В. Б. Арзамасова, А.А. Черепихина. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 448 с.
3. Рогов, В.А. Современные машиностроительные материалы и заготовки: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В.А. Рогов, Г.Г. Позняк. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.
4. <http://dailycomp.ru/chernaya-metallurgiya/>