

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

## Тема 1

### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

### О МЕТАЛЛАХ И ИХ СВОЙСТВАХ

# ЗНАЧЕНИЕ МЕТАЛЛОВ

Металлы, наряду с древесиной и керамикой, относятся к наиболее числу распространенных «традиционных» конструкционных материалов известны Производство металлов по масштабам соизмеримо с производством таких промышленных продуктов как цемент, целлюлоза, полимерные материалы.

В 2012 года мировое производство стали выросло до исторического рекорда и составило 1,548 млрд. т, чугуна 1.1 млрд. т (по материалам World Steel Association (WSA)).

Значение металлов как важнейших материалов современной техники и, как следствие, возрастающая роль их в экономике, несмотря на внедрение полимерных материалов и композитов, обусловлены рядом их специфических качеств.



Существенную роль имеет также широкое распространение металлов в литосфере и гидросфере Земли. Металлы составляют 86% известных химических элементов.

**Металлы** - это группа химических элементов, объединяемых рядом характерных общих свойств металлов. Они обладают достаточно высокой электропроводностью, теплопроводностью. Металлы обладают высокой пластичностью и имеют характерный металлический блеск.

Это общее определение, по которому можно отнести элемент к металлам. На практике чёткую границу между металлами и неметаллами провести бывает не легко. Могут потребоваться дополнительные знания о свойствах металлов и неметаллов.





# СПЛАВЫ

**Сплавы** - макроскопически однородные системы, полученные из двух и более сортов атомов (молекул) металлов, неметаллов, оксидов, органических веществ. Химические элементы, образующие сплав, называют **компонентами**.

**Металлические сплавы** - макроскопически однородные системы, состоящие из двух и более сортов атомов металлов (реже неметаллов), в которых доминирующими являются атомы металла и которые обладают металлическими свойствами.

Особенно важную роль в технике, как основной вид конструкционных материалов, играют металлические сплавы. Преимущественное звание **истехнике** данных **сплавов** объясняется тем что они обладают более ценными, чем чистые **металлы** свойствами механических, физических и технологических свойств.

Металлические сплавы классифицируются по химическому составу с указанием главного компонента сплава (медь - медные сплавы, алюминий - алюминиевые и т.п.). Внутри классов, определенных по главному компоненту сплава, распределение на группы подгруппы производится по характерным особенностям в свойствах или области применения данного сплава.

# СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

## Свойства металлов:

- ❖ Способность к взаимному растворению и образование многочисленных сплавов разнообразного состава, что позволяет в широких пределах изменять в заданном направлении физико-механические и физико-химические свойства металлических материалов;
- ❖ Комплекс ценных механических, физических и химических свойств, в том числе тепловых (высокие теплопроводность и коэффициент термического расширения, низкая теплоемкость), электрических и магнитных (низкое удельное сопротивление, способность к термоэлектронной эмиссии, ферро- и парамагнетизм), механических (упругость, пластичность, прочность), химических (окисляемость);
- ❖ Возможность фазовых превращений при изменении температуры и существование в нескольких полиморфных модификациях с различной структурой и свойствами;
- ❖ Способность деформироваться в холодном и горячем состоянии.

# МЕТАЛЛЫ

Металлы можно разделить на две большие группы – черные и цветные металлы. Так их делят металлурги. Свойства цветных металлов и свойства чёрных металлов различаются.

Черные металлы обычно имеют темно-серый цвет, большую плотность, высокую температуру плавления, относительно высокую твердость. Железо является типичным представителем этой группы. В строительстве железо применяется очень широко, гораздо чаще других металлов благодаря удачному сочетанию свойств и доступности по цене.



Черные металлы

**Железо.  
Чугун.  
Сталь**

Цветные металлы обычно имеют характерную окраску: красную, желтую и белую. Они обладают большой пластичностью, невысокой твердостью, относительно низкой температурой плавления. Наиболее типичными представителями этой группы являются медь, алюминий. Медные сплавы широко применяются в электротехнике, хорошо проводят электрический ток, легко поддаются пайке. Цветные металлы также применяются для производства строительных материалов в определённых случаях, где требуются специальные свойства от конструктивных элементов. Цветные металлы гораздо дороже чёрных.

Среди цветных выделяют драгоценные металлы, например: золото, серебро. Драгоценные металлы обладают высокой химической стойкостью. Они гораздо меньше подвержены окислению и разрушению по сравнению с другими металлами при прочих равных условиях. После 1945 года промышленное значение приобрели такие металлы как титан, молибден, цирконий, ниобий. В настоящее время в цветной металлургии производятся более 30 металлов, являющихся редкими элементами, и сотни их сплавов. Поэтому доля производства различных металлов со временем меняется. Например, за последние годы существенно возросла доля производства алюминия, но практически не изменилась доля производства меди.





# КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОВ

Научно обоснованной классификации металлов не существует. В основу классификации положен промышленный принцип, учитывающий сложившуюся структуру металлургической промышленности, распространение в природе и свойства металлов.





# ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

Для металлов наиболее характерны следующие свойства:

- ❖ металлический блеск,
- ❖ твердость,
- ❖ пластичность,
- ❖ ковкость,
- ❖ теплопроводность,
- ❖ электропроводность.



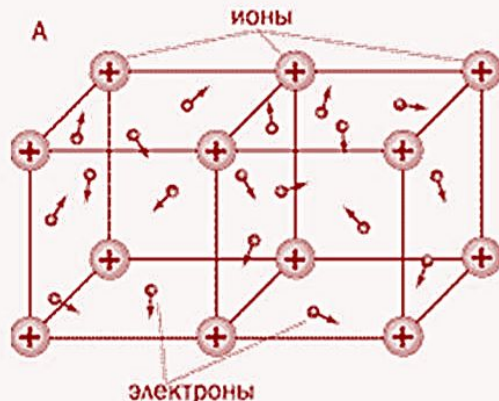
Для всех металлов характерна металлическая кристаллическая решетка: в ее узлах находятся положительно заряженные ионы, а между ними свободно перемещаются электроны.

Наличие электронов объясняет высокую электропроводность и теплопроводность, а также способность поддаваться механической обработке.

Теплопроводность и электропроводность уменьшается в ряду металлов:

***Ag Cu Au Al Mg Zn Fe Pb Hg***

## Кристаллическая решетка металла



В зависимости от своей плотности металлы делятся на:

- ❖ легкие (плотность не более 5 г/см<sup>3</sup>). К легким металлам относятся литий, натрий, калий, магний, кальций, цезий, алюминий, барий. Самый легкий металл – литий.
- ❖ тяжелые (плотность больше 5 г/см<sup>3</sup>). К тяжелым металлам относятся: цинк, медь, железо, олово, свинец, серебро, золото, ртуть и др. Самый тяжелый металл – осмий.

Металлы различаются по своей твердости:

- ❖ мягкие: режутся даже ножом (натрий, калий, индий);
- ❖ твердые: металлы сравниваются по твердости с алмазом, твердость которого равна 10. Хром - самый твердый металл, режет стекло.

В зависимости от температуры плавления металлы условно делятся на:

- ❖ легкоплавкие (температура плавления до 1539°C).  
К легкоплавким металлам относятся: ртуть - температура плавления -38,9°C; галлий - температура плавления 29,78°C; цезий - температура плавления 28,5°C; и другие металлы.
- ❖ тугоплавкие (температура плавления выше 1539°C).  
К тугоплавким металлам относятся: хром - температура плавления 1890°C; молибден - температура плавления 2620°C; ванадий - температура плавления 1900°C; тантал - температура плавления 3015°C; и многие другие металлы.  
Самый тугоплавкий металл вольфрам - температура плавления 3420°C.





# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

В химическом отношении все металлы характеризуются сравнительной легкостью отдачи валентных электронов и способностью образовывать положительно заряженные ионы. Следовательно, металлы в свободном состоянии являются восстановителями.

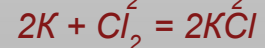
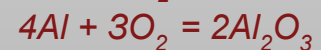
Восстановительная способность различных металлов неодинакова и определяется положением в электрохимическом ряду напряжения металлов:



Металлы размещены в порядке убывания их восстановительных свойств и усиления окислительных свойств их ионов. Этот ряд характеризует химическую активность металлов только в окислительно-восстановительных реакциях, протекающих в водной среде.

Характерными свойствами для металлов являются следующие:

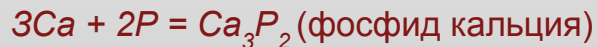
Восстановление неметаллов. Реакции с галогенами и кислородом воздуха протекают с различными скоростями и при различных температурах с разными металлами. Так, щелочные металлы легко окисляются кислородом воздуха и взаимодействуют с простыми веществами, железо и медь взаимодействуют с простыми веществами только при нагревании, золото и платиновые металлы не окисляются вообще. Многие металлы образуют на поверхности оксидную пленку, которая защищает их от дальнейшего окисления.



Менее энергично металлы взаимодействуют с серой:



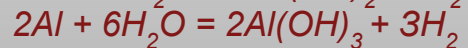
Трудно вступают в реакцию с азотом и фосфором:



Активные металлы взаимодействуют с водородом:



Взаимодействие с водой. Активные металлы (щелочные металлы) взаимодействуют с водой при обычных условиях с образованием гидроксидов и выделением водорода:



# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

## Обработка металлов резанием

Универсальным методом, используемым для размерной обработки металлов, является обработка металлов резанием. Метод позволяет получать детали различных размеров и формы с высокой точностью, используя наиболее распространенные конструкционные материалы. Метод обладает небольшой энергоемкостью и очень высокой производительностью. Поэтому метод является основным, широко ~~производственным~~ процессом, применяемым для размерной обработки деталей.

Физическая сущность обработки металлов резанием заключается в удалении с заготовки поверхностного слоя металла в виде стружки, для того чтобы получить из заготовки деталь нужной формы, заданных размеров и обеспечить требуемое качество поверхности.

Для осуществления процесса резания необходимы два движения - главное вспомогательное, инструментом и заготовкой одним и из ~~оперативные~~ друг друга. В различных видах обработки резанием ~~эти~~ движения выражаются по-разному. Например, в токарной обработке главным движением (движением резания) является вращение заготовки, а вспомогательным (движением подачи) - поступательное движение резца; при фрезеровании движение резания - это вращение фрезы, а подача осуществляется поступательным движением заготовки.



## Литейные свойства металлов и сплавов

Литейными свойствами называются такие технологические свойства металла и сплава, которые определяют его пригодность для получения качественной отливки (без литейного брака). Литейные свойства металлов и сплавов зависят от их химического состава и физических свойств. Они оказывают большое влияние на выбор технологического процесса изготовления отливок.

**Основными литейными свойствами металлов и сплавов являются:**

- ❖ Жидкотекучесть характеризует способность расплавленного сплава заполнять сложные полости формы. Величина жидкотекучести зависит от состава сплава, степени его перегрева, а также от материала формы. Жидкотекучесть наиболее высока у сплавов алюминия, оловянистых бронз, серого чугуна и кремнистых чугунов. Меньшей жидкотекучестью отличаются углеродистые и низколегированные стали, белый чугун и безоловянистые бронзы. Жидкотекучесть выше при заливке сплава в сухие формы, меньше при заливке в сырые песчаные формы и еще меньше при литье в постоянные металлические формы.
- ❖ Ликвация проявляется в неоднородности химического состава в различных точках отливки. Ликвация увеличивается при увеличении в сплаве содержания примесей, имеющих большой удельный вес, или примесей с низкой температурой плавления.
- ❖ Усадка отливок характеризует свойство металлов и сплавов уменьшать свои размеры и объем при затвердевании и последующем охлаждении. При изготовлении

моделльного комплекта необходимо учитывать усадку металла отливки при

## Свариваемость

Свариваемость – техническая характеристика, которая позволяет определить способность различных металлов под воздействием высоких температур создавать прочные соединения, которые впоследствии можно будет эксплуатировать в условиях механических и физических нагрузок. Чаще всего для сваривания применяются стальные сплавы, способность которых создавать соединения основывается на двух главных показателях – стойкости сварного шва и склонности к образованию холодных либо горячих трещин в процессе работы.

В зависимости от степени свариваемости металлы подразделяются на четыре основных группы.

К первой из них относятся типы стали, сварка которых может быть выполнена классическим способом, без предварительного подогрева и накаливания в процессе работы. Однако для снятия механического напряжения по окончании сварки готовое изделие может быть подвергнуто термической обработке.

Во вторую группу входят металлы, которые могут нуждаться в подогреве до начала и в процессе сварки, что позволяет избежать образования трещин.

Третья группа включает в себя металлы, которые при обычной сварке в нормальных условиях обязательно дают трещины. Поэтому перед началом работы их необходимо прогреть, поддерживая заданный температурный режим во время сварки, а по ее окончании подвергать дополнительной термической обработке.

Четвертая группа является самой малочисленной, и в нее входят металлы, которые практически не поддаются сварке, так как при любых попытках соединить между собой два куска одного и того же сплава образуются трещины.

# МЕТОДЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МЕТАЛЛОВ

Механические испытания можно классифицировать по характеру приложения нагрузок во времени на:

- ❖ статические;
- ❖ динамические;
- ❖ усталостные или повторно-переменные.

Статические испытания осуществляются путем плавного возрастающего нагружения стандартного образца вплоть до его полного разрушения. При этом в любой момент можно определить с достаточной точностью значения усилия, приложенного к образцу с помощью преобразователя силы, а также измерить деформацию преобразователя перемещения или деформации.

По способу приложения нагрузок различают следующие статические испытания на:

- ❖ растяжение;
- ❖ сжатие;
- ❖ изгиб;
- ❖ кручение;
- ❖ сдвиг или срез;
- ❖ ползучесть.



Если детали подвергаются в процессе эксплуатации быстро возникающим нагрузкам и ударам, то испытания образцов статической нагрузкой не могут характеризовать работоспособность металла в этих условиях, так как он может переходить в хрупкое состояние. Недостаточное сопротивление быстро действующим нагрузкам будет особенно опасным для детали. Особенно опасны динамические нагрузки при наличии трещин. Поэтому во многих ТУ оговаривается необходимость динамических испытаний в определенных условиях.

Некоторые детали могут разрушаться при многократных, особенно знакопеременных нагрузках еще до наступления предела упругости. В связи с этим возникла необходимость испытывать образцы на установках, воспроизводящих те переменные напряжения, которые возникают при эксплуатации. Испытаниям подобного рода присвоено общее название испытаний на усталость.



Испытания на статическое растяжение являются основным и наиболее распространенным методом контроля механических свойств металлов. В процессе этих испытаний определяют следующие механические характеристики металлов: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, временное сопротивление или предел прочности, истинное сопротивление разрыву, относительное удлинение после разрыва, относительное сужение после разрыва.

Применение метода статических испытаний на растяжение предусматривается в стандартах и технических условиях на большую часть ответственных металлоизделий. Поэтому все существующие методы испытаний на растяжение стандартизованы. В стандартах указываются основные требования к испытательным машинам, необходимые указания о форме и размерах образцов, определения основных понятий механических величин, порядок проведения испытаний и расчета значений механических характеристик.

Различают два типа испытательных машин:

1. С механическим приводом (механические), в которых деформация выполняется втягиванием или выталкиванием винта с помощью червячной передачи;
2. С гидравлическим приводом (гидравлические), в которых деформация реализуется перемещением штока поршня гидравлического цилиндра.

Для измерения приложенной к образцу силы в современных испытательных машинах используются тензочувствительные преобразователи. На старых испытательных машинах могут быть использованы рычажные, маятниковые и торсионные силоизмерители. Все они позволяют записывать кривую изменения силы в зависимости от перемещения подвижного захвата испытательной машины.

Стойка масляного бака (справа) и система управления (справа) обеспечивает работу полной системы. В масляном баке предусмотрено два поворотных маховика для ручного определения скорости нагрузки. Компьютерная система обеспечивает запись результатов. Оператор может составлять отчеты.



**Универсальная испытательная машина с компьютерным отображением хода испытаний**

# МЕТОДЫ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

## Испытание на растяжение при комнатной температуре

Испытания проводятся на разрывных испытательных машинах, материал подвергают действию плавно возрастающей нагрузки. Образцы определенного сечения постепенно нагружают в продольном направлении и таким образом растягивают в длину. Удлинение выражают в процентах от первоначальной длины образца. В результате такого испытания получают диаграмму, характеризующую поведение металла под нагрузкой.

**Твердость** – сопротивление материала пластическому деформированию при вдавливании наконечника. По величине твердости можно судить о прочностных свойствах материалов не производя испытаний на растяжение. Твердость материалов тесно связана с их обрабатываемостью и износоустойчивостью. При определении твердости внешние нагрузки передаются на образец вдавливанием в его поверхность твердого наконечника в виде шарика, конуса, пирамиды. Методы измерения твердости получили широкое применение благодаря скорости и простоте, портативности оборудования, а также возможности проводить испытания на готовых деталях без их разрушения.





## Методы испытаний

### 1. Метод Бринелля.

Основан на вдавливании в поверхность испытуемого материала стального закаленного шарика диаметром  $D$  под действием нагрузки  $P$ . После снятия нагрузки на поверхности образца, заготовки или детали остается отпечаток, имеющий форму шарового сегмента. Чем тверже металл, тем меньше величина отпечатка.

### 2. Метод Роквелла.

Определение твердости при вдавливании шарика или конуса с предварительным нагружением. В зависимости от твердости материала применяют наконечники 2-х типов: стальные шарики 1,6 мм для испытания металлов малой и средней твердости при суммарной нагрузке 100 кгс и алмазный конус с углом при вершине  $120^{\circ}$  для испытания твердых материалов при суммарной нагрузке 150 кгс и при суммарной нагрузке 60 кгс. Значение твердости по Роквеллу определяется по глубине проникновения в испытуемый образец под действием суммарной нагрузки.

### 3. Метод Виккерса.

Испытания твердости в этом случае производится путем вдавливания алмазной четырехгранной пирамиды с углом  $136$  градусов между противоположными гранями. В результате вдавливания алмазная пирамида оставляет на испытуемом образце отпечаток, имеющий форму квадрата. Измеряются обе диагонали отпечатка с помощью микроскопа, который является составной частью прибора Виккерса.

# МЕТОДЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Детали машин в процессе эксплуатации подвергаются не только статическому нагружению, но и динамическому, т.е. нагрузка возрастает резко. Бывает быстрое (хрупкое) разрушение и медленное (вязкое).

**Вязкость** – способность материала поглощать механическую энергию внешних сил за счет пластической деформации.

По физическому смыслу вязкость - энергетическая характеристика и выражается в единицах работы. Принято различать два основных типа разрушения: хрупкое и пластическое (вязкое).

Для хрупкого разрушения характерным является кристаллический излом, а для вязкого – волокнистый излом.

Вязкость металлов и сплавов определяется их химическим составом, термической обработкой и другими внутренними факторами.

Наряду с этим вязкость зависит от условий, в которых находится металл при работе в изделии. При определенных условиях-факторах один и тот же металл будет находиться в пластическом состоянии, при других – он перейдет в хрупкое состояние.

Способом оценки вязкости является определение ударной вязкости.

**Ударная вязкость** – это работа, затраченная на ударный излом образца. Определяется как работы удара, затраченной на разрушение образца ~~оперенного~~ сечения образца

**Испытания на ударную вязкость.** Один из самых важных видов динамических испытаний – испытания на ударную вязкость, которые проводятся на маятниковых копрах с образцами, имеющими надрез, или без надреза. По весу маятника, его начальной высоте и высоте подъема после разрушения образца соответствующую работу удара (методы Шарпи и Изода).

**Испытания на усталость.** Такие испытания имеют целью исследование поведения металла при циклическом приложении нагрузок и определение предела выносливости материала, т.е. напряжения, ниже которого материал не разрушается после заданного числа циклов нагружения. Чаще всего применяется машина для испытания на усталость при изгибе. При этом наружные волокна цилиндрического образца подвергаются действию циклически меняющихся напряжений – то растягивающих, то сжимающих.

**Испытания на глубокую вытяжку.** Образец листового металла зажимается между двумя кольцами, и в него вдавливаются шаровой пуансон. Глубина вдавливания и время до разрушения являются показателями пластичности материала.

# ВИДЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

**Обработка металлов литьём** состоит в том, что расплавленный металл заливают в специальные формы, в которых металл остывает и принимает соответствующую форму. Полученная таким образом литая деталь называется отливкой.

Технологический процесс литейного производства состоит из нескольких стадий и этапов:

- ❖ подготовки формовочных и стержневых смесей;
- ❖ изготовления форм и стержней;
- ❖ плавки металла;
- ❖ сборки и заливки формы;
- ❖ удаления отливок из формы;
- ❖ термическая обработка отливок (при необходимости).

Отливки изготавливают из различных видов черных и цветных металлов: чугуна, стали, медных, алюминиевых, магниевых и цинковых сплавов, обладающих необходимыми для дальнейшего использования отливок технологическими и техническими свойствами. Наиболее распространённым для производства отливок является чугун - самый дешёвый материал, обладающий высокими литейными свойствами и относительно низкой температурой плавления.



Литье применяют для изготовления самых различных деталей: станин металлообрабатывающих станков; блоков цилиндров двигателей автомобилей, тракторов; поршней; поршневых колец; радиаторов отопления и других деталей.

Металл, из которого делают отливки, предварительно плавят. Чугун плавят в вагранках (шахтных печах), сталь - в конвертерах или дуговых и индукционных электрических печах. Металлы для цветного литья плавят в плавильных тигельных горнах.

После заливки и охлаждения отливку вынимают из формы, очищая ее от заусениц, остатков литников и пригоревшей земли.



**Обработка металлов давлением** включает технологические процессы, в результате которых изменяется форма металлической заготовки без нарушения её сплошности за счёт относительного смещения отдельных её частей, то есть путём пластической деформации. При обработке металла давлением широко используются способность металлов в определенных условиях под воздействием приложенных внешних сил изменять, не разрушаясь, размеры и форму и сохранять полученную форму после прекращения действия сил.

При обработке металлов давлением потери металлов по сравнению с другими видами металлообработки меньше, поэтому этот метод обработки металлов расширяется. Кроме того, при обработке металлов давлением существует возможность обеспечения высокого уровня механизации и автоматизации технологических процессов.

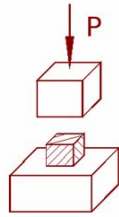
Обработка металлов давлением могут быть получены изделия с постоянным или периодически изменяющимся поперечным сечением (прокатка, волочение, прессование) и штучные изделия разнообразных форм (ковка, штамповка), соответствующие по форме и размерам готовым деталям или незначительно отличающиеся от них.

Основными технологическими процессами обработки металлов давлением являются:

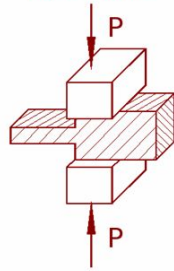
- ❖ прокатка,
- ❖ волочение,
- ❖ прессование,
- ❖ ковка,
- ❖ штамповка.

# КОВКА

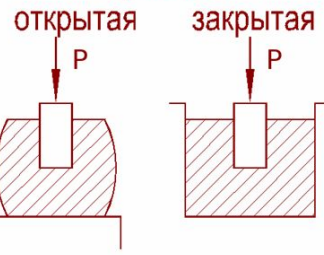
осадка



протяжка

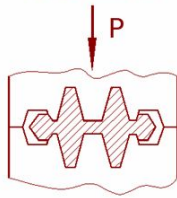


прошивка

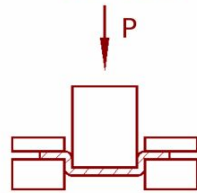


## Штамповка

объемная

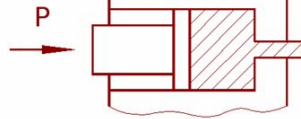


листовая

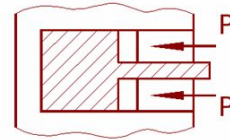


## прессование

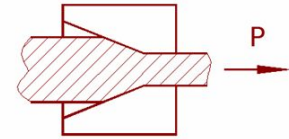
прямое



обратное

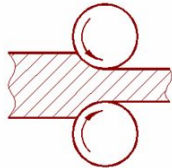


## волочение

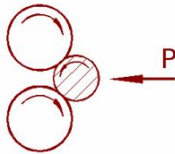


## прокатка

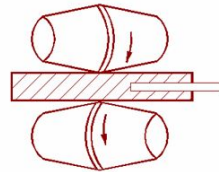
продольная



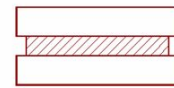
поперечная



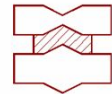
поперечно-винтовая



листовая



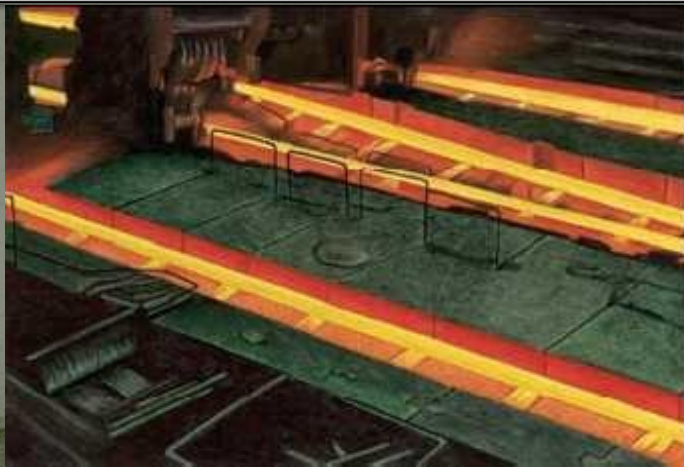
сортовая





**Прокатка** - процесс пластического деформирования тел на прокатном стане между вращающимися приводными валками (часть валков может быть не приводными). Слова «приводными валками» означают, что энергия, необходимая для осуществления деформации, передается через валки, соединённые с двигателем прокатного стана. Деформируемое тело можно протягивать и через не приводные (холостые) валки, но это будет не процесс прокатки, а процесс волочения.

Прокатка относится к числу основных способов обработки металлов давлением. Прокаткой получают изделия (прокат) разнообразной формы и размеров. Как и любой другой способ обработки металлов давлением, прокатка служит не только для получения нужной формы изделия, но и для формирования у него определенной структуры и свойств.





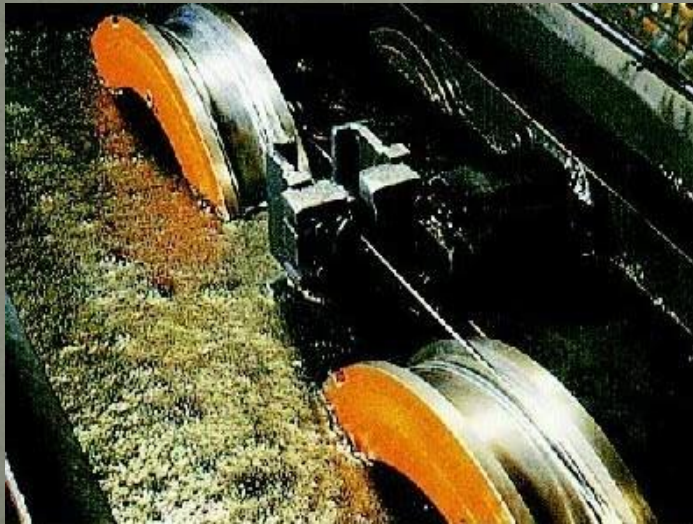
**Прессование** - процесс обработки металлов давлением, производимый с целью увеличения плотности, изменения формы, разделения фаз материала, для изменения механических или иных его свойств.

Как правило, для прессования применяют пресс высокого давления. Прессование используют в различных отраслях промышленности, а также в сельском хозяйстве.



**Волочение** - обработка металлов давлением, при которой изделия (заготовки) круглого или фасонного профиля (поперечного сечения) протягиваются через отверстие, сечение которого меньше сечения заготовки.

В результате поперечные размеры изделия уменьшаются, а длина увеличивается. Волочение широко применяется в производстве пруткового металла, проволоки, труб и другого. Производится на волочильных станах, основными частями которых являются волоки и устройство, тянущее через них металл.



**Ковка** - это высокотемпературная обработка различных металлов (железо, медь и её сплавы, титан, алюминий и его сплавы), нагретых до ковочной температуры. Для каждого металла существует своя ковочная температура, зависящая от физических (температура плавления, кристаллизация) и химических (наличия легирующих элементов) свойств. Для железа температурный интервал 1250-800°C, для меди 1000-650 °С, для титана 1600-900 °С, для алюминиевых сплавов 480-400°C.

Различают ковку на молотах (пневматических, паровых и гидравлических), ручную ковку, штамповка. Изделия и полуфабрикаты, получаемые ковкой, называют «**поковка**».

При ковке в штампах металл ограничен со всех сторон стенками штампа. При деформации он приобретает форму этой полости.

При *свободной ковке* (ручной и машинной) металл не ограничен совсем или же ограничен с одной стороны. При ручной ковке непосредственно на металл или на инструмент воздействуют кувалдой или молотом.

Свободную ковку применяют также для улучшения качества и структуры металла. При проковке металл упрочняется, завариваются так называемые несплошности и размельчаются крупные кристаллы, в результате чего структура становится мелкозернистой, приобретает волокнистое строение.



*Машинную ковку* выполняют на специальном оборудовании - молотах с массой падающих частей от 40 до 5000 кг или гидравлических прессах, а также на ковочных машинах. Изготавливают поковки массой 100 т и более. Для манипулирования тяжёлыми заготовками при ковке используют подъёмные краны грузоподъёмностью до 350 т, кантователи и специальные манипуляторы.

Ковка является одним из экономичных способов получения заготовок деталей. В массовом и крупносерийном производствах преимущественное применение имеет ковка в штампах, а в мелкосерийном и единичном - свободная ковка.

При ковке используют набор кузнечного инструмента, с помощью которого заготовкам придают требуемую форму и размеры.

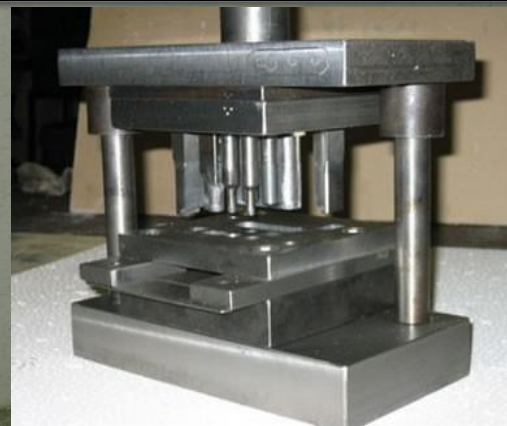




**Штамповкой** изменяют форму и размеры заготовки с помощью специализированного инструмента - штампа (для каждой детали изготавливают свой штамп), который состоит из матрицы, пуансона и дополнительных частей.

Различают объёмную и листовую штамповку. При *объёмной штамповке* в качестве заготовки используют сортовой металл, разрезаемый на заготовки. На заготовку в процессе объёмной штамповки воздействуют специализированным инструментом - пуансоном, при этом металл заполняет полость матрицы, приобретая её форму и размеры.

*Листовой штамповкой* получают плоские и пространственные полые детали из заготовок, у которых толщина значительно меньше размеров в плане (лист, лента, полоса). Обычно заготовка деформируется с помощью пуансона и матрицы.



## Комбинации

Существуют также процессы, при которых используются комбинации из нескольких методов. Например, метод прокатка-волочение.



# СВАРКА

Существует несколько методов сварки, но все их можно условно разделить на две большие группы:

- ❖ Сварка при помощи плавления металла – в месте сваривания соединяемые детали нагреваются до температуры плавления металлов. Жидкие фазы металлов перемешиваются, образуя сварной шов. Такое соединение после остывания имеет высокую прочность;
- ❖ Сварка пластическим деформированием – при этом методе детали сдавливаются, образуя сварной шов. Иногда детали предварительно местно нагревают. В качестве источника нагрева применяют газ, электрический ток и другие источники.





# ПАЙКА

**Пайка металлов** - это соединение металлов с помощью специального сплава, называемого **припоем**.

Для осуществления пайки металлов температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления соединяемых деталей. Это условие принципиально, так как соединяемые детали в процессе пайки плавиться не должны. Припой должен быть подобран к соединяемым деталям и по другому параметру: припой должен смачивать соединяемые металлы, другими словами он должен к ним приставать.

Пайка металлов разделяется на два вида: пайка мягким припоем, пайка твёрдым припоем.





Температура плавления мягких припоев не превышает  $400^{\circ}\text{C}$ . Швы из мягкого припоя не выдерживают больших механических нагрузок, поэтому используются для соединения и герметизации узлов, не испытывающих особо больших нагрузок. Такая пайка металлов широко используется для обеспечения электрического контакта в электротехнических схемах. Наиболее широко используются припои оловянно-свинцовые (ПОС). Припои этой группы принято маркировать определённым образом. Например маркировка ПОС-30 обозначает, что этот припой оловянно-свинцовый, и он содержит в своём составе 30% олова и 70% свинца.

Твёрдые припои обладают значительной механической прочностью. Температура плавления таких припоев превышает  $500$  градусов по Цельсию. В качестве таких припоев используются медно-цинковые, латунные и серебряные. Пайка осуществляется в специальных печах.



Инструментом для пайки металлов служит **паяльник**. Выпускаются паяльники различных форм и размеров. Наиболее распространены и удобны в использовании электрические паяльники.

Различают пайку цветных металлов и пайку чёрных металлов. Для успешной пайки чёрных металлов чаще всего используют в качестве флюса хлористый цинк, что позволяет хорошо залудить место пайки. Пайка цветных металлов имеет свои особенности в зависимости от конкретного вида металла. Хорошо поддаются пайке медные детали и сплавы с применением канифоли в качестве флюса. Очень широко такую пайку применяют в электротехнике и радиотехнике, поскольку основная масса электрических проводников изготавливается из медных сплавов.

**Флюсы для пайки** металлов делятся на две группы по принципу действия:

- ❖ флюсы первой группы растворяют окислы. Обычно в этом качестве применяется хлористый цинк,
- ❖ флюсы второй группы просто защищают место пайки во время нагрева от образования окислов, образуя защитную плёнку в месте пайки. Чаще всего для этого применяется канифоль.



# ЛУЖЕНИЕ

**Лужение** - нанесение тонкого слоя расплавленного олова на поверхность металлических изделий.

Лужение производится для защиты металла от коррозии или для подготовки к пайке (лужёная поверхность лучше смачивается припоем).





# ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

Электрические методы обработки металлов разделяются на **электротермические** и **электрохимические**.

Тепловое действие электрического тока, когда под влиянием электрических разрядов в зоне обработки расплавляется или даже испаряется и затем удаляется из нее - основа электротермических методов обработки.

При термической обработке металлов и сплавов происходит изменение их внутреннего строения (структуры) путем нагрева, выдержки и последующего охлаждения в целях получения необходимых физико-механических свойств. Основными видами электротермической обработки являются отжиг, закалка и отпуск.





**Отжиг** - это нагрев стали до температуры, определяемой целью отжига, выдержка при этой температуре и последующее медленное охлаждение. Цель отжига - устранение химической неоднородности сталей, понижение твердости для облегчения механической обработки.

**Закалка** состоит из нагрева стали до определенной температуры с последующим быстрым охлаждением. Основная цель закалки - повышение твердости и прочности стали.

В процессе **отпуска** уже закаленная сталь нагревается до определенной температуры, выдерживается при этой температуре и охлаждается на воздухе или в масле. Главная цель отпуска - снизить хрупкость закаленной стали. Температура нагрева при отпуске колеблется от 75 до 650°C.



# ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

Электрохимическая обработка металлов позволяет придавать обрабатываемой металлической детали определенной формы, заданных размеров или свойств поверхностного слоя. Осуществляется в электролизерах (электролитических ваннах, электрохимических ячейках специальных станков, установок), где обрабатываемая деталь является либо анодом (анодная обработка), либо катодом (катодная обработка), либо тем и другим попеременно.

Основной вид катодной электрохимической обработки металлов - гальваностегия. Анодными методами электрохимической обработки металлов являются различные виды **электрохимического травления, полирование, формообразование, размерная обработка, оксидирование.**

Во всех анодных процессах происходит либо растворение металла (локализованное в определенных местах или равномерное по всей поверхности), либо превращение поверхностного слоя металла в оксидный или другой слой.



# КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие свойства характеризуют металлы?
2. Какие компоненты могут включать в себя металлические сплавы?
3. Какие металлы относятся к черным?
4. Какие металлы относятся к цветным?
5. Что представляет собой металлическая кристаллическая решетка?
6. С какой целью проводят механические испытания металлических деталей?
7. Как классифицируются механические испытания?
8. В чем состоит суть обработки металлов литьем?
9. Какие виды обработки металлов давлением используются?
10. В чем состоит суть сварки?
11. В чем состоит суть пайки?
12. В чем состоит суть лужения?
13. Какие электротермические методы обработки металлов применяются?
14. Какие электрохимические методы обработки металлов применяются?