

# Классификация сталей

# СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ.

**Порог хладоломкости** - температурный интервал изменения характера разрушения, является важным параметром конструкционной прочности. Чем ниже порог хладоломкости, тем менее чувствителен металл к концентраторам напряжений (резкие переходы, отверстия, риски), к скорости деформации.

**Усталость** - разрушение материала при повторных знакопеременных напряжениях, величина которых не превышает предела текучести.

**Усталостная прочность** – способность материала сопротивляться усталости.

**Живучесть** – разность между числом циклов до полного разрушения и числом циклов до появления усталостной трещины.

Технологические свойства характеризуют способность материала подвергаться различным способам холодной и горячей обработки.

## 1. Литейные свойства.

Характеризуют способность материала к получению из него качественных отливок.

**Жидкотекучесть** – характеризует способность расплавленного металла заполнять литейную форму.

**Усадка (линейная и объемная)** – характеризует способность материала изменять свои линейные размеры и объем в процессе затвердевания и охлаждения. Для предупреждения линейной усадки при создании моделей используют нестандартные метры.

# **СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ.**

**Ликвация** – неоднородность химического состава по объему.

## **2. Способность материала к обработке давлением.**

Способность материала изменять размеры и форму под влиянием внешних нагрузок не разрушаясь.

Листовой материал испытывают на перегиб и вытяжку сферической лунки. Проволоку испытывают на перегиб, скручивание, на навивание. Трубы испытывают на раздачу, сплющивание до определенной высоты и изгиб.

Критерием годности материала является отсутствие дефектов после испытания.

## **3. Свариваемость.**

Способность материала образовывать неразъемные соединения требуемого качества. Оценивается по качеству сварного шва.

## **4. Способность к обработке резанием.**

Характеризует способность материала поддаваться обработке различным режущим инструментом. Оценивается по стойкости инструмента и по качеству поверхностного слоя.

# СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ.

Эксплуатационные свойства характеризуют способность материала работать в конкретных условиях.

1. **Износостойкость** – способность материала сопротивляться поверхностному разрушению под действием внешнего трения.
2. **Коррозионная стойкость** – способность материала сопротивляться действию агрессивных кислотных, щелочных сред.
3. **Жаростойкость** – это способность материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре.
4. **Жаропрочность** – это способность материала сохранять свои свойства при высоких температурах.
5. **Хладостойкость** – способность материала сохранять пластические свойства при отрицательных температурах.
6. **Антифрикционность** – способность материала прирабатываться к другому материалу.

При выборе материала для создания конструкции необходимо полностью учитывать механические, технологические и эксплуатационные свойства.

# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ.

**По химическому составу** стали могут быть *углеродистыми*, содержащими железо, углерод и примеси и *легированными*, содержащими дополнительно легирующие элементы, введенные в сталь с целью изменения ее свойств.

**По содержанию углерода** стали делятся на *низкоуглеродистые* (до 0,25% С), *среднеуглеродистые* (0,25 — 0,7% С) и *высокоуглеродистые* (более 0,7% С).

**По содержанию легирующих элементов** стали делят на **низколегированные** количество легирующих элементов не превышает 5%, в **среднелегированные** их содержится 5...10%, **высоколегированных** — более 10%. В зависимости от основных легирующих элементов различают стали марганцовистые, хромистые, хромоникелевые и т.д.

**По назначению** различают стали *конструкционные*, идущие на изготовление деталей машин, конструкций и сооружений, *инструментальные*, идущие на изготовление различного инструмента, а также стали *специального назначения* с особыми свойствами: нержавеющие, жаростойкие, жаропрочные, износостойкие, с особыми электрическими и магнитными свойствами и др.

# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ.

По показателям качества стали *обыкновенного качества, качественные, высококачественные* и *особо высококачественные*. Качество стали характеризуется совокупностью свойств, определяемых процессом производства, химическим составом, содержанием газов и вредных примесей (серы и фосфора). В соответствии с ГОСТом стали обыкновенного качества должны содержать не более 0,045% P и 0,05% S, качественные — не более 0,035% P и 0,04% S, высококачественные — не более 0,025% P и 0,025% S и особо высококачественные — не более 0,025% P и 0,015% S.

По степени раскисления стали делятся на *спокойные, полуспокойные* и *кипящие*.

*Спокойные* стали раскисляют марганцем, кремнием и алюминием. Они содержат мало кислорода и затвердевают спокойно, без выделения газов. *Кипящие* стали раскисляют только марганцем. В них содержится повышенное количество кислорода, который при затвердевании стали частично взаимодействует с растворённым в ней углеродом и удаляется в виде окиси углерода CO. Бурное выделение пузырьков CO создаёт впечатление «кипения» стали. Кипящие стали дешевле спокойных. Кроме того, они содержат мало кремния (не более 0,05%) и поэтому обладают повышенной пластичностью в холодном состоянии, но существенно выше порог хладноломкости. *Полуспокойные* стали занимают промежуточное положение между спокойными и кипящими. Их раскисляют марганцем и небольшим количеством кремния.

# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ.

**По способу выплавки:** в мартеновских печах; в кислородных конверторах; в электрических печах: электродуговых, индукционных и др.

**По равновесной структуре:** доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные.

# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ.

Углеродистые стали обыкновенного качества имеют повышенное содержание вредных примесей, а также газонасыщение и загрязненность неметаллическими включениями, так как их выплавляют в большом количестве.

В зависимости от назначения и гарантируемых свойств делятся на три группы: А, Б и В.

**Стали группы А** имеют гарантируемые механические свойства. Они используются в состоянии поставки без горячей обработки или сварки. Эти стали маркируются буквами Ст и цифрами, обозначающими порядковый номер марки. Выпускается семь марок сталей группы А: Ст0, Ст1, Ст2, Ст6. Чем выше номер марки, тем больше содержание углерода и, соответственно, выше прочность и ниже пластичность.

**Стали группы Б** имеют гарантируемый химический состав. Эти стали подвергаются горячей обработке. При этом их механические свойства не сохраняются, а химический состав важен для определения режима обработки.

Маркируются они так же, как стали группы А, но перед буквами Ст ставится буква Б. Чем выше номер марки, тем больше содержание в стали углерода, марганца и кремния.

**Стали группы В** имеют гарантируемые механические свойства и химический состав. Эти стали используются для сварки, так как для выбора режима сварки надо знать химический состав, а механические свойства частей изделий, не подвергшихся тепловому воздействию, остаются без изменений. В марках сталей этой группы на первое место ставится буква В. При этом механические свойства соответствуют свойствам аналогичной марки из группы А, а химический состав — составу аналогичной марки из группы Б.

# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ.

**Качественные конструкционные углеродистые стали** маркируются цифрами 08, 10, 15, 20, 25, 85, которые обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Эти стали отличаются от сталей обыкновенного качества большей прочностью, пластичностью и ударной вязкостью. Если для сталей обыкновенного качества максимальная прочность составляет 700 МПа, то для качественной она достигает 1100 Мпа.

# ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДА И ПРИМЕСЕЙ НА СВОЙСТВА СТАЛЕЙ

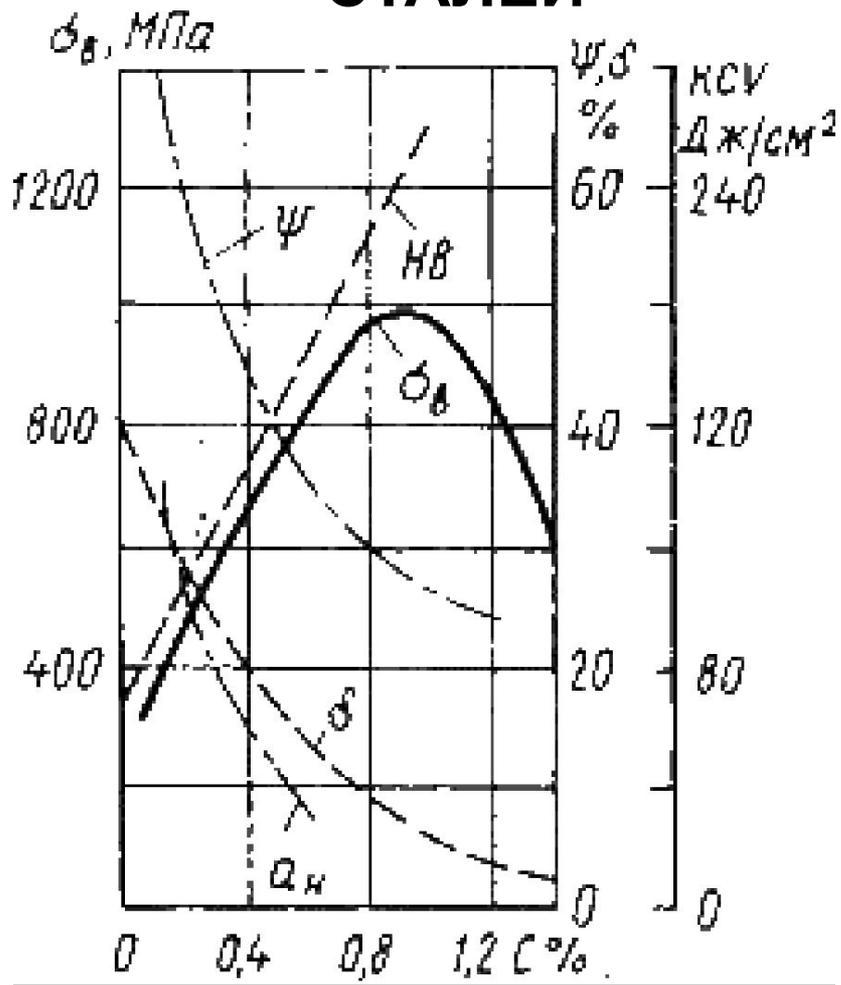
## I. Углерод.

Структура стали после медленного охлаждения обычно состоит из двух фаз: мягкого пластичного феррита и твёрдого, но хрупкого цементита.

С повышением содержания углерода количество цементита в структуре стали увеличивается, и вследствие этого возрастают твёрдость, пределы текучести и прочности, но снижаются относительное удлинение и сужение, ударная вязкость, а порог хладноломкости смещается в сторону более высоких температур. При содержании в стали более 1,0%С пределы текучести и прочности начинают уменьшаться, несмотря на продолжающееся повышение твёрдости. Это объясняется выделением по границам бывших зёрен аустенита вторичного цементита, образующего сплошной хрупкий каркас, который при нагружении вызывает преждевременное разрушение.

Углерод влияет и на технологические свойства стали. С увеличением содержания углерода ухудшается её обрабатываемость резанием, так как растёт твёрдость и снижается теплопроводность. Низкоуглеродистые стали также плохо обрабатываются резанием из-за слишком высокой вязкости. Наилучшей обрабатываемостью резанием обладают среднеуглеродистые стали, содержащие 0,4...0,5%С. С повышением содержания углерода ухудшается свариваемость стали, снижается её способность деформироваться в горячем и особенно в холодном состоянии.

# ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДА И ПРИМЕСЕЙ НА СВОЙСТВА СТАЛЕЙ



# ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДА И ПРИМЕСЕЙ НА СВОЙСТВА СТАЛЕЙ

Присутствующие в стали примеси подразделяют на постоянные и случайные.

**Постоянные** - Mn, Si, S, P, а также газы — N, O и H.

**II. Марганец и кремний** вводят в сталь при выплавке для раскисления. После выплавки в стали остаётся 0,3...0,8%Mn и до 0,4%Si. Кремний, растворяясь в феррите, значительно повышает предел текучести и снижает способность стали к холодной пластической деформации.

**III. Сера и фосфор** в стали являются вредными примесями. Сера вызывает красноломкость стали — хрупкость при горячей обработке давлением. Она образует сульфид FeS, который совместно с железом даёт легкоплавкую эвтектику (988°C). Эта эвтектика располагается преимущественно по границам зёрен. При нагреве стали до температур прокатки иликовки (1000...1200°C) эвтектика расплавляется, нарушая связь между зёрнами, вследствие чего образуются надрывы и трещины. Присутствие в стали марганца, обладающего большим сродством к сере, чем железо, и образующего с ней гораздо более тугоплавкий сульфид MnS, практически исключает красноломкость. В то же время присутствие в стали частиц MnS приводит к снижению пластичности, вязкости и предела выносливости. В горячедеформированной стали обычно наблюдается строчечное расположение частиц MnS, что является одной из причин появления анизотропии свойств. Поэтому содержание серы в стали ограничивается.

# ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДА И ПРИМЕСЕЙ НА СВОЙСТВА СТАЛЕЙ

**Фосфор**, растворяясь в феррите, увеличивает пределы текучести и прочности, уменьшает пластичность и вязкость и повышает порог хладноломкости. Вредное влияние фосфора усугубляется тем, что он сильно склонен к ликвации. Поэтому количество в стали фосфора, так же как и серы, строго регламентируется. Азот и кислород образуют в стали хрупкие неметаллические включения ( $\text{FeO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{AlN}$  и др.), которые повышают порог хладноломкости и снижают сопротивление хрупкому разрушению и предел выносливости стали.

Очень вреден растворённый в стали **водород**, который не только сильно охрупчивает сталь, но и приводит к образованию в крупных поковках флокенов. Они представляют собой очень тонкие трещины округлой формы, имеющие в изломе вид пятен серебристого цвета. *Флокены* возникают вследствие выделения внутри металла водорода. Они резко ухудшают свойства стали.

**Случайными** называют примеси, попадающие в сталь из шихты (медь, хром, мышьяк и др.). Некоторые из них могут отрицательно влиять на механические свойства.

# ЛЕГИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СТАЛЯХ

I. Легирующими называются элементы, которые специально вводят в сталь для получения требуемых структуры и свойств. В качестве легирующих элементов используют Cr, Ni, Mn, Si, Mo, W, V, Ti и др.

## Назначение легирующих элементов.

*Основным легирующим элементом является хром (0,8...1,2)%. Он повышает прокаливаемость, способствует получению высокой и равномерной твердости стали. Порог хладоломкости хромистых сталей - (0...-100) °С.*

*Дополнительные легирующие элементы.*

**Бор** – 0,003%. Увеличивает прокаливаемость, а также повышает порог хладоломкости (+20...-60 °С).

**Марганец** – увеличивает прокаливаемость, однако содействует росту зерна, и повышает порог хладоломкости до (+40...-60) °С.

**Титан** (~0,1%) вводят для измельчения зерна в хромомарганцевой стали.

Введение **молибдена** (0,15...0,46%) в хромистые стали увеличивает прокаливаемость, снижает порог хладоломкости до -20...-120°С. Молибден увеличивает статическую, динамическую и усталостную прочность стали, устраняет склонность к внутреннему окислению. Кроме того, молибден снижает склонность к отпускной хрупкости сталей, содержащих никель.

# ЛЕГИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СТАЛЯХ

**Ванадий** в количестве (0,1...0,3) % в хромистых сталях измельчает зерно и повышает прочность и вязкость.

Введение в хромистые стали **никеля**, значительно повышает прочность и прокаливаемость, понижает порог хладоломкости, но при этом повышает склонность к отпускной хрупкости (этот недостаток компенсируется введением в сталь молибдена). Хромоникелевые стали, обладают наилучшим комплексом свойств. Однако никель является дефицитным, и применение таких сталей ограничено.

Значительное количество никеля можно заменить медью, это не приводит к снижению вязкости.

При легировании хромомарганцевых сталей кремнием получают, стали – хромансиль (20ХГС, 30ХГСА). Стали обладают хорошим сочетанием прочности и вязкости, хорошо свариваются, штампуются и обрабатываются резанием.

**Кремний** повышает ударную вязкость и температурный запас вязкости.

Добавка **свинца, кальция** – улучшает обрабатываемость резанием. Применение упрочнения термической обработки улучшает комплекс механических свойств.

# ЛЕГИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СТАЛЯХ

Распределение легирующих элементов в стали.

Легирующие элементы растворяются в основных фазах железоуглеродистых сплавов ( феррит, аустенит, цементит), или образуют специальные карбиды.

Растворение легирующих элементов в происходит в результате замещения атомов железа атомами этих элементов. Эти атомы создают в решетке напряжения, которые вызывают изменение ее периода.

Изменение размеров решетки вызывает изменение свойств феррита – прочность повышается, пластичность уменьшается. Хром, молибден и вольфрам упрочняют меньше, чем никель, кремний и марганец. Молибден и вольфрам, а также кремний и марганец в определенных количествах, снижают вязкость.

В сталях карбиды образуются металлами, расположенными в таблице Менделеева левее железа (хром, ванадий, титан), которые имеют менее построенную d – электронную полосу.

В процессе карбидообразования углерод отдает свои валентные электроны на заполнение d – электронной полосы атома металла, тогда как у металла валентные электроны образуют металлическую связь, обуславливающую металлические свойства карбидов.

Все карбиды обладают высокой твердостью и температурой плавления.

# Термическая и химико-термическая обработка стали

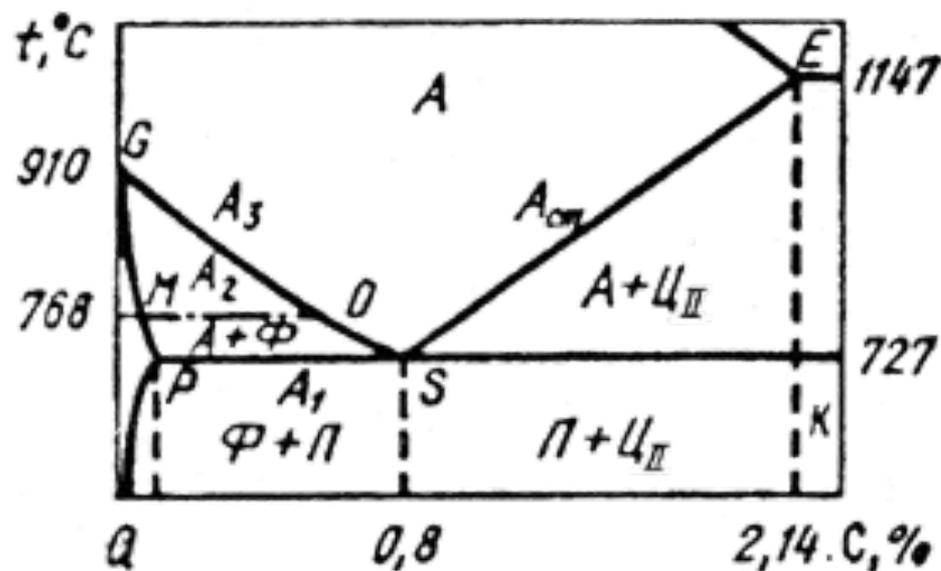
Термической обработкой называется совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения твердых металлических сплавов с целью получения заданных свойств за счет изменения внутреннего строения и структуры.

Термическая обработка рассматривает и объясняет изменение строения и свойств металлов и сплавов при тепловом воздействии, а также при тепловом воздействии в сочетании с химическим, деформационным, магнитным и другими воздействиями.

Так как основными факторами любого вида термической обработки являются температура и время, то любой процесс термической обработки можно описать графиком, показывающим изменение температуры во времени.

При рассмотрении разных видов термообработки железо-углеродистых сплавов (стали, чугуны) используются следующие условные обозначения критических точек этих сплавов.

# Термическая и химико-термическая обработка стали



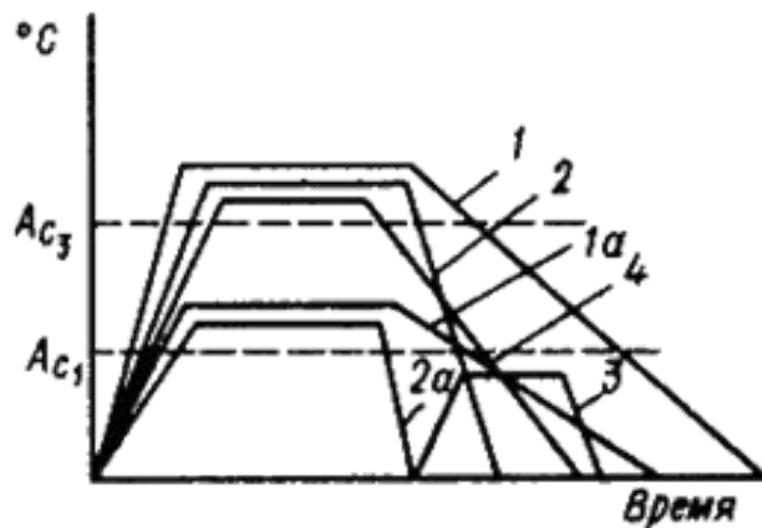
Обозначение критических точек стали

Критические точки  $A_1$  лежат на линии PSK (727 °C). Критические точки  $A_2$  находятся на линии MO (768 °C). Критические точки  $A_3$  лежат на линии GS, а критические точки  $A_{cm}$  — на линии SE.

Вследствие теплового гистерезиса превращения при нагреве и охлаждении проходят при разных температурах. Поэтому для обозначения критических точек при нагреве и охлаждении используют дополнительные индексы: буквы «с» в случае нагрева и «г» в случае охлаждения. Например,  $A_{C1}$ ,  $A_{C3}$ ,  $A_{r1}$ ,  $A_{r3}$ .

# Термическая и химико-термическая обработка стали

Различают следующие виды термической обработки: отжиг, закалка и отпуск.



Графики различных видов термообработки: отжига (1, 1а), закалки (2, 2а), отпуска (3), нормализации (4)

# Термическая и химико-термическая обработка стали

## Отжиг

Отжигом стали называется вид термической обработки, заключающийся в ее нагреве до определенной температуры, выдержке при этой температуре и медленном охлаждении.

**Цели отжига** — снижение твердости и улучшение обрабатываемости стали, изменение формы и величины зерна, выравнивание химического состава, снятие внутренних напряжений.

Существуют различные виды отжига: *полный, неполный, диффузионный, рекристаллизационный, низкий, отжиг на зернистый перлит, нормализация.*

Температуры нагрева стали для ряда видов отжига связаны с положением линий диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C. Низкая скорость охлаждения обычно достигается при остывании стали вместе с печью.

# Термическая и химико-термическая обработка стали

*Полный отжиг* применяется для доэвтектоидных сталей. Нагрев стали для полного отжига осуществляется на 30-50° выше линии GS диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C. При этом происходит полная перекристаллизация стали и уменьшение величины зерна. Исходная структура из крупных зерен феррита и перлита при нагреве превращается в аустенитную, а затем при медленном охлаждении в структуру из мелких зерен феррита и перлита. Повышение температуры нагрева привело бы к росту зерна. При полном отжиге снижается твердость и прочность стали, а пластичность повышается.

При *неполном отжиге* нагрев производится на 30-50°С выше линии PSK диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C. Он производится, если исходная структура не очень крупнозерниста или не надо изменить расположение ферритной (в доэвтектоидных сталях) или цементитной (в заэвтектоидных сталях) составляющей. При этом происходит лишь частичная перекристаллизация — только перлитной составляющей стали.

*Диффузионный отжиг (гомогенизация)* заключается в нагреве стали до 1000-1100°С, длительной выдержке (10-15 часов) при этой температуре и последующем медленном охлаждении. В результате диффузионного отжига происходит выравнивание неоднородности стали по химическому составу.

# Термическая и химико-термическая обработка стали

Благодаря высокой температуре нагрева и продолжительной выдержке получается крупнозернистая структура, которая может быть устранена последующим полным отжигом.

*Рекристаллизационный отжиг* предназначен для снятия наклепа и внутренних напряжений после холодной деформации и подготовки структуры к дальнейшему деформированию. Нагрев необходимо осуществлять выше температуры рекристаллизации, которая для железа составляет  $450^{\circ}\text{C}$ . Обычно для повышения скорости рекристаллизационных процессов применяют значительно более высокие температуры, которые, однако, должны быть ниже линии PSK диаграммы Fe-Fe<sup>3</sup>C. Поэтому температура нагрева для рекристаллизационного отжига составляет  $650-700^{\circ}\text{C}$ .

В результате рекристаллизационного отжига образуется однородная мелкозернистая структура с небольшой твердостью и значительной вязкостью.

*Низкий отжиг* применяется в тех случаях, когда структура стали удовлетворительна и необходимо только снять внутренние напряжения, возникающие при кристаллизации или после механической обработки. В этом случае сталь нагревают значительно ниже линии PSK диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C ( $200-600^{\circ}\text{C}$ ).

# Термическая и химико-термическая обработка стали

*Отжиг на зернистый перлит (сфероидизацию)* применяют для сталей близких к эвтектоидному составу или для заэвтектоидных. Такой отжиг осуществляют маятниковым способом (температуру несколько раз изменяют вблизи линии PSK, то перегревая выше нее на 30-50°C, то охлаждая ниже на 30-50°C) или путем длительной выдержки (5-6 часов) при температуре несколько выше линии PSK и последующего медленного охлаждения. После такого отжига цементит, обычно присутствующий в структуре в виде пластин, приобретает зернистую форму. Сталь со структурой зернистого перлита обладает большей пластичностью, меньшей твердостью и прочностью по сравнению с пластинчатым перлитом. Отжиг на зернистый перлит применяется для подготовки сталей к закалке или для улучшения их обрабатываемости резанием.

*Нормализация* состоит из нагрева стали на 30-50°C выше линии GSE диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C, выдержки при этой температуре и последующего охлаждения на воздухе. Более быстрое охлаждение по сравнению с обычным отжигом приводит к более мелкозернистой структуре. Нормализация — более дешевая термическая операция, чем отжиг, так как печи используют только для нагрева и выдержки. Для низкоуглеродистых сталей (до 0,3% C) разница в свойствах между нормализованным и отожженным состоянием практически отсутствует и эти стали лучше подвергать нормализации. При большем содержании углерода нормализованная сталь обладает большей твердостью и меньшей вязкостью, чем отожженная. Иногда нормализацию считают самостоятельной разновидностью термической обработки, а не видом отжига.

# Термическая и химико-термическая обработка стали

**Закалка** – проводится для сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии при нагреве и охлаждении, с целью повышения твердости и прочности путем образования неравновесных структур (сорбит, троостит, мартенсит).

Характеризуется нагревом до температур выше критических и высокими скоростями охлаждения

**Отпуск** – проводится с целью снятия внутренних напряжений, снижения твердости и увеличения пластичности и вязкости закаленных сталей.

Характеризуется нагревом до температуры ниже критической  $A_c$ .

Скорость охлаждения роли не играет. Происходят превращения, уменьшающие степень неравновесности структуры закаленной стали.

Термическую обработку подразделяют на предварительную и окончательную.

Предварительная – применяется для подготовки структуры и свойств материала для последующих технологических операций (для обработки давлением, улучшения обрабатываемости резанием).

Окончательная – формирует свойство готового изделия.

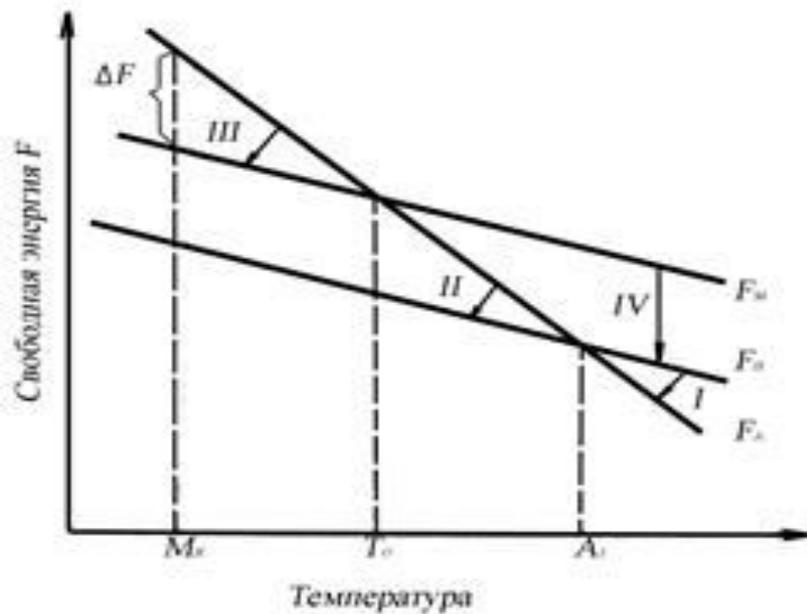
# Термическая и химико-термическая обработка стали

## Превращения, протекающие в структуре стали при нагреве и охлаждении

При нагреве стали выше критических точек с образованием аустенита исходной структурой чаще всего является смесь феррита и цементита — перлит. Превращение перлита в аустенит в точном соответствии с диаграммой «железо-углерод» происходит лишь при очень медленном нагреве. В реальных условиях нагрева при термообработке превращение перлита в аустенит запаздывает и имеет место перегрев. Скорость превращения зависит от степени перегрева. Чем выше температура, тем больше степень перегрева и тем быстрее идет превращение. Кинетику превращения можно проследить на диаграмме изотермического превращения перлита в твердый раствор аустенит эвтектоидной стали.

При достаточно высокой температуре из-за большой подвижности атомов превращение протекает практически мгновенно, поэтому кривые начала и конца превращения сливаются и попадают на ось ординат. При очень малом перегреве над  $A_1$  превращение протекает очень вяло и поэтому превращение может протекать практически бесконечно. В этом случае кривые начала и конца превращения также сливаются и асимптотически приближаются к линии  $A_1$ . Совпадение кривых начала и конца превращения в одной точке соответствует равновесному превращению по диаграмме железо-углерод.

# Термическая и химико-термическая обработка стали



# ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ

Легированной называют сталь, содержащую специально введенные в нее с целью изменения строения и свойств легирующие элементы.

Легированные стали имеют целый ряд преимуществ перед углеродистыми. Они имеют более высокие механические свойства, прежде всего, прочность.

Легированные стали обеспечивают большую прокаливаемость, а также возможность получения структуры мартенсита при закалке в масле, что уменьшает опасность появления трещин и коробления деталей. С помощью легирования можно придать стали различные специальные свойства (коррозионную стойкость, жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, магнитные и электрические свойства).

**Стали обыкновенного** качества могут быть только углеродистыми, т.е. легированные стали, как минимум, являются качественными.

Маркируются легированные стали с помощью цифр и букв, указывающих примерный химический состав стали. Первые цифры в марке показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Далее показывается содержание легирующих элементов.

# ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ

Каждый элемент обозначается своей буквой: Н — никель, Г — марганец, Ц — цирконий, Т — титан, Х — хром, Д — медь, С — кремний, А — азот, К — кобальт, Р — бор, П — фосфор, Ф — ванадий, М — молибден, Б — ниобий, В — вольфрам, Ю — алюминий. Цифры, идущие после буквы, указывают примерное содержание данного легирующего элемента в процентах. При содержании элемента менее 1% цифра отсутствует.

Например, сталь 12Х18Н10Т

содержит приблизительно 0,12% углерода, 18% хрома, 10% никеля, менее 1% титана. Для некоторых групп сталей применяют другую маркировку, которая будет указана при рассмотрении этих сталей.