

ПРЕЗЕНТАЦИЯ Краткого конспекта по ВИК № 4
Тема 4 – Основы металловедения (54 стр.)

(разделы учебника по ВИК

Клюев В.В., Соснин Ф.Р. Визуальный и измерительный контроль. М. РОНКТД, 1998.236 с.)

1. Основные сведения о кристаллическом строении и свойствах металлов.
2. Основные сведения из теории сплавов.
3. Железоуглеродистые сплавы.
4. Термическая обработка сталей.
5. Классификация сталей.
6. Механические свойства сталей и сплавов.

На страницах:

2, 3, 4, 7, 11, 13, 14, 15, 16, 19, 21, 22, 25, 27, 34, 35, 36, 37, 38, 42, 47, 48, 51 и 52
приведены контрольные тестовые вопросы, в порядке изложенного материала,
которые часто используются при проверке знаний на общем экзамене
при аттестации по ВИК на второй уровень квалификации.

Тренируйте свою память!

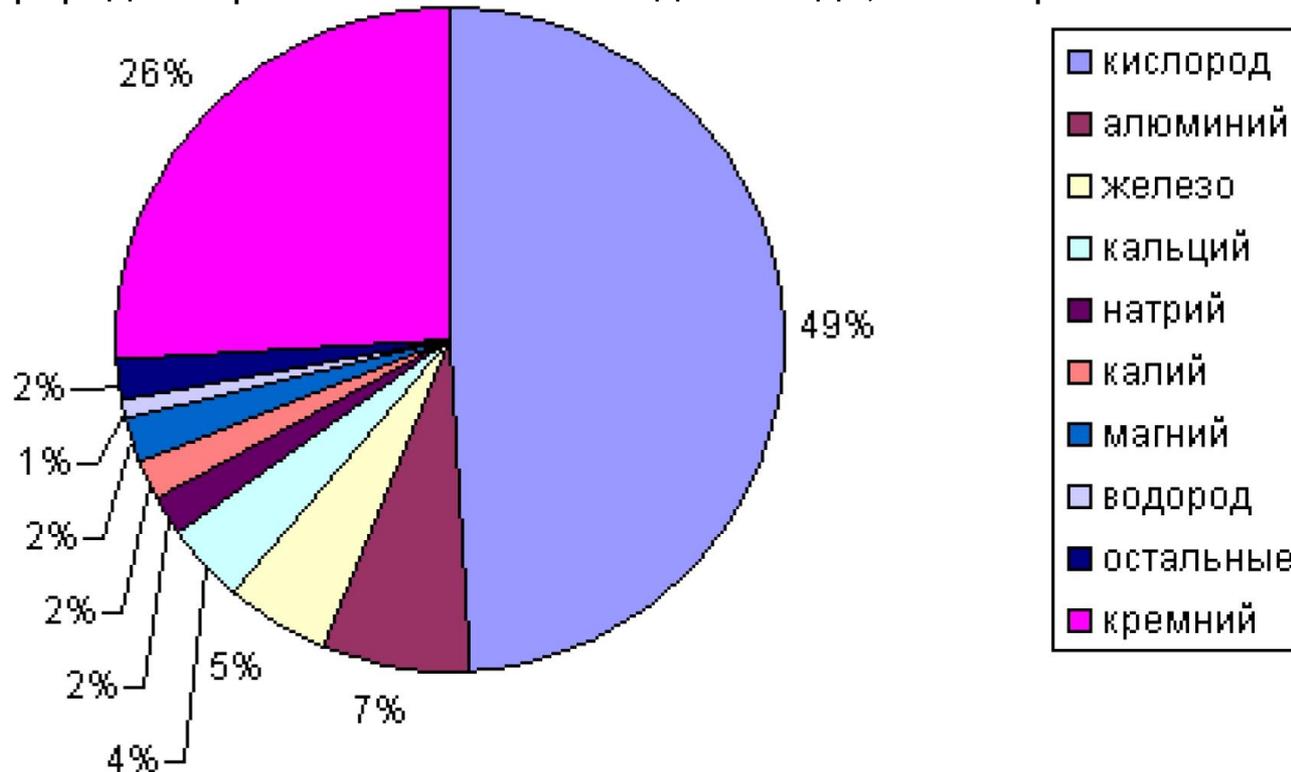
1. Основные сведения о кристаллическом строении и свойствах металлов.

85 элементов таблицы Менделеева являются металлами.

Самым распространенным металлом в земной коре является алюминий.

За ним следуют железо, натрий, калий, магний и титан. Содержание остальных металлов незначительно. Так, например, хрома в земной коре по массе всего лишь 0,3%, никеля – 0,2%, а меди – 0,01%.

Металлы в природе встречаются как в свободном виде, так и в различных соединениях.



1. Какой металл является самым распространенным в земной коре?

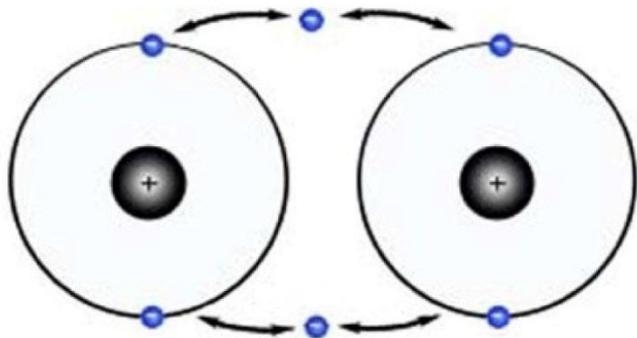
- а - медь;
- б - железо;
- в - алюминий;
- г - серебро.

В твердом и жидком состоянии они отличаются от элементов - неметаллов своеобразными межатомными связями с обобщенными и подвижными электронами.

Такие электроны называют обычно **электронами проводимости**, так как они способны легко ускоряться во внешнем электрическом поле, и их упорядоченное движение обуславливает протекание электрического тока, то есть электропроводность.

В металлах электроны проводимости есть всегда в отличие от полупроводников, где они проявляются только при определенных воздействиях (например, температуры, освещения). Такой род электронных связей является причиной высоких электро- и теплопроводности, увеличивающихся с понижением температуры.

Свободные электроны являются переносчиками тепла от атома к атому, что обуславливает значительную теплопроводность металлов.



Высокая электропроводность металлов объясняется тем, что под действием даже небольшой разницы потенциалов свободные электроны перемещаются в одном направлении, образуя электрический ток.

2. Чем металлы отличаются от полупроводников?

а - в металлах электроны проводимости существуют при любых условиях;

б - в полупроводниках электроны проводимости появляются только при их нагреве;

в - в полупроводниках электроны проводимости появляются только при их освещении;

г - нет неправильного ответа.

Главным физическим критерием металлического состояния является **изменение электросопротивления у металла в зависимости от температурного состояния.**

Свойствами металлов являются **высокая прочность, пластичность и ковкость, непрозрачность и металлический блеск.**

Кроме того, все металлы обладают электронной эмиссией, то есть могут испускать электроны при нагреве.

Металлы представляют собой **поликристаллические тела**, состоящие из большого числа мелких ($10^{-1} - 10^{-4}$ см), различно ориентированных один по отношению к другому кристаллов.

Твердое тело, состоящее из большого числа одиночных кристалликов, называют поликристаллическим.

Одиночные кристаллы называют монокристаллами.

Монокристалл - отдельный однородный кристалл, имеющий непрерывную кристаллическую решётку и характеризующийся **анизотропией** свойств. Внешняя форма монокристалла обусловлена его атомно-кристаллической структурой и условиями кристаллизации.

Поликристалл — агрегат кристаллов какого-либо вещества. Составляющие поликристалл кристаллы из-за неправильной формы называют **кристаллическими зёрнами или кристаллитами.**

3. Металлы имеют...

а - монокристаллическое строение;

б - поликристаллическое строение;

в - ионное строение;

г - могут быть варианты: а или б или в.

МОНОКРИСТАЛЛЫ И ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ТЕЛА

Тело, представляющее собой один кристалл, называется **монокристаллом**. Маленькая крупинка сахарного песка является монокристаллом.

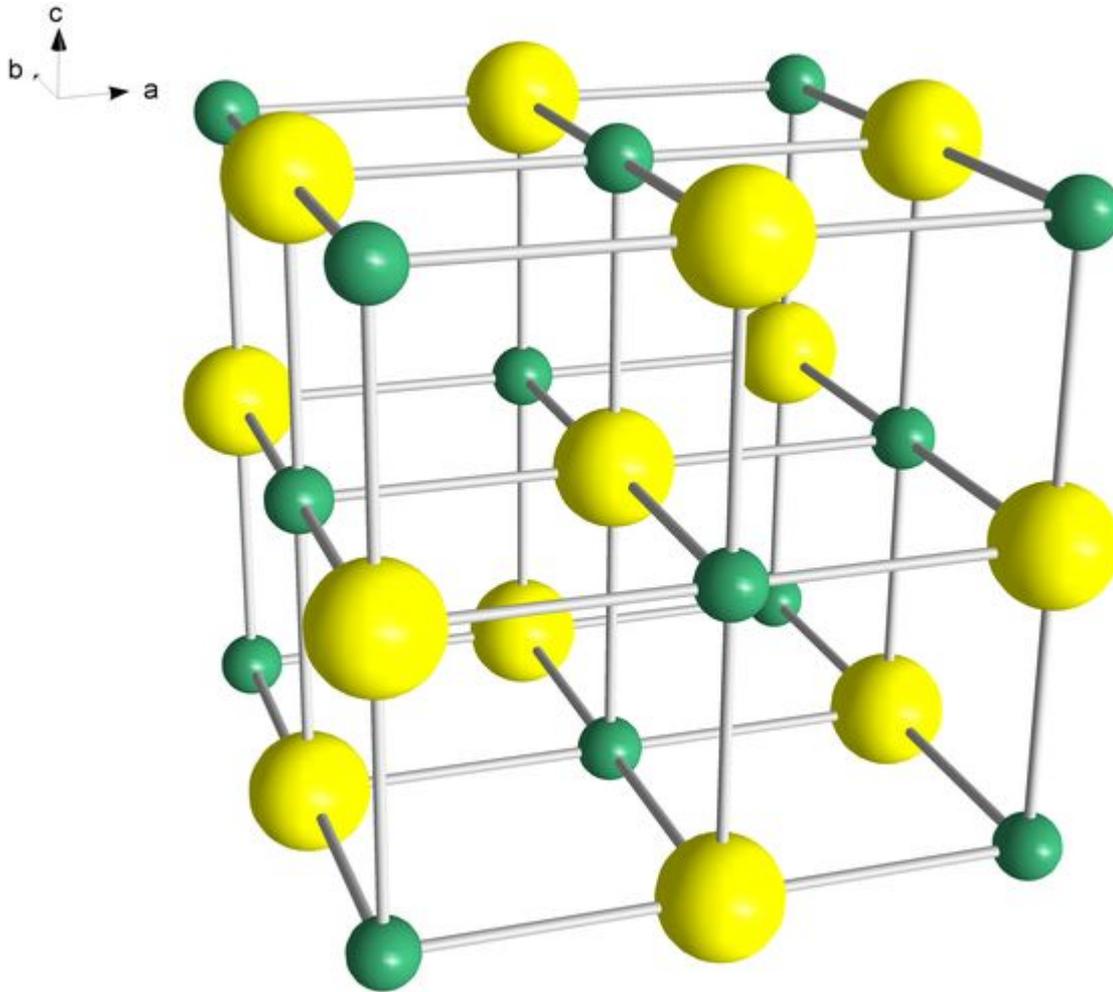


Большинство кристаллических тел состоит из множества беспорядочно расположенных и сросшихся между собой мелких кристалликов. Такие тела называются

поликристаллическими.

Поликристаллическими являются все металлы и минералы. Кусок сахара тоже поликристаллическое тело.





Монокристалл кварца, SiO_2 . Каждый из атомов кремния окружен четырьмя атомами кислорода образуя тетраэдр

Монокристаллы – одиночные кристаллы

Физические свойства:

1. Правильная геометрическая форма
2. Постоянная температура плавления.
3. Анизотропия.

Монокристаллы кремния



Поликристаллы – большое количество сросшихся монокристаллов

Физические свойства:

1. Правильная геометрическая форма
2. Постоянная температура плавления.
3. Изотропия.



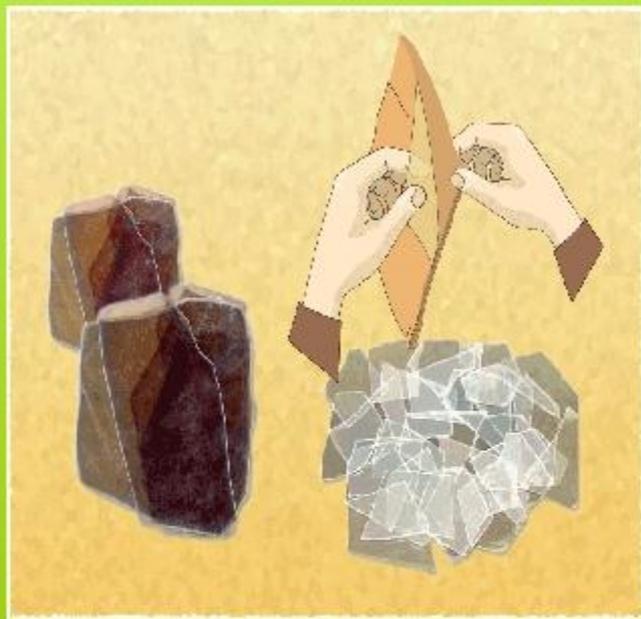
4. Монокристаллы по физическим свойствам отличаются от поликристаллов...

- а - геометрической формой;
- б - температурой плавления;
- в - анизотропией или изотропией;
- г - варианты: а, б, в.

Анизотропия кристаллов

- *зависимость физических свойств от направления внутри кристалла* – следствие упорядоченного строения кристалла

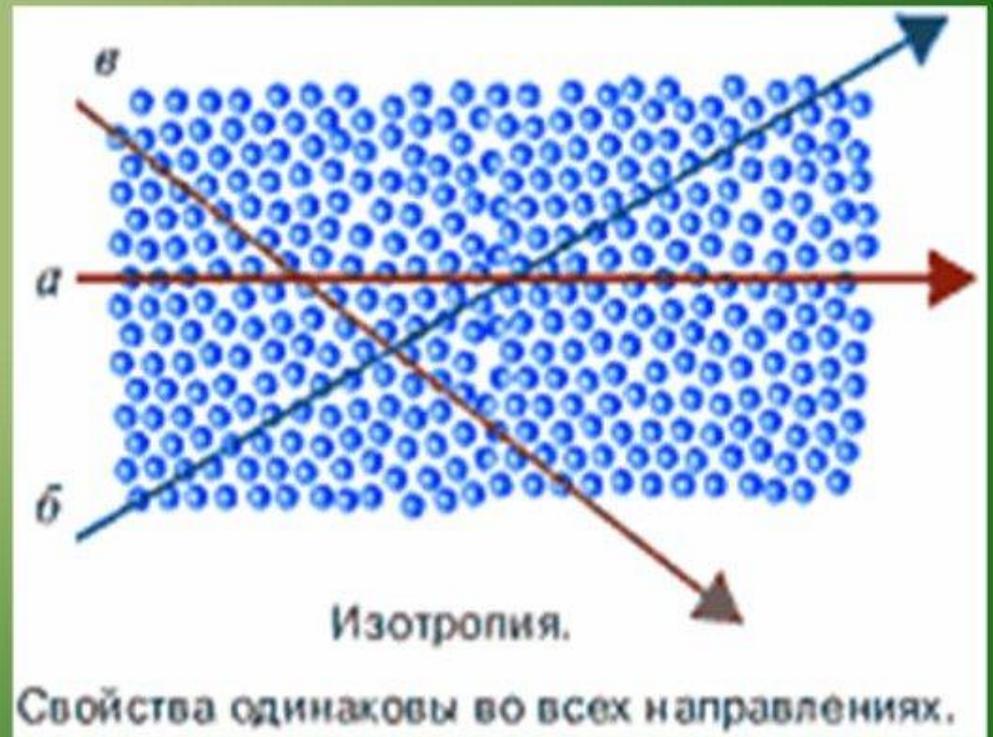
Различная механическая прочность кристаллов по разным направлениям



Кусок слюды легко расслаивается в одном из направлений на тонкие пластинки, но разорвать его в направлении перпендикулярном пластинкам гораздо труднее.

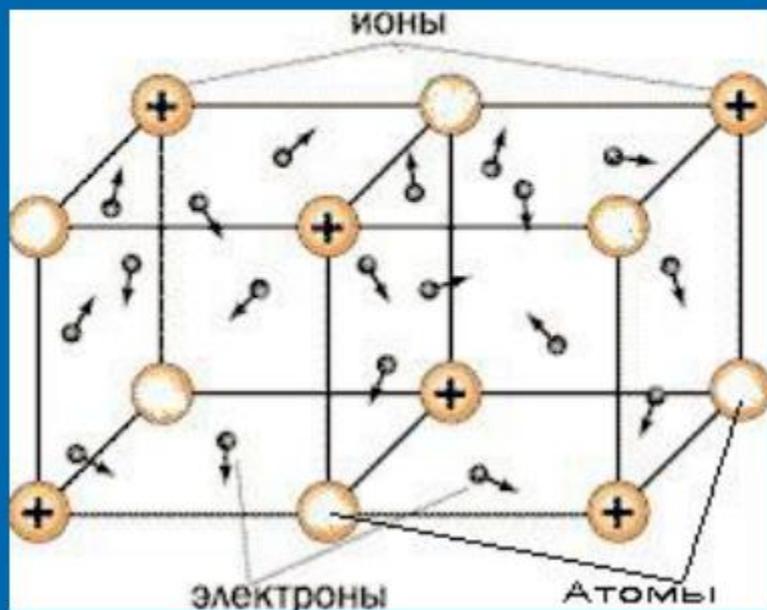
Изотропия поликристаллов.

Объём поликристалла значительно превышает объём отдельных кристалликов, поэтому все направления в нём равноправны, и свойства в разных направлениях одинаковы.



Металлы – тела кристаллические. Такое строение металлов можно представить себе в виде пространственной решетки, в узлах которой расположены атомы (а точнее ионы, так как каждый атом выделяет свободные электроны, которые непрерывно перемещаются от одного атома к другому, образуя как бы «электронный газ»).

МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ РЕШЁТКА



Металлической называется решётка, в узлах которой расположены катионы металла и атомы, между которыми свободно перемещаются электроны.

Важнейшим промышленным металлом является железо (Fe), которое в сплавах с углеродом (C) и другими элементами относят к группе черных металлов.

Они имеют темно-серый цвет, высокую температуру плавления, относительно высокую твердость. Из общего количества выплавляемых в мире металлов около 93% приходится на черные.

Элементом, оказывающим наибольшее влияние на свойства черных металлов, является углерод, и, в зависимости от его содержания, эти металлы делят на сталь и чугун.

Чугуном называют сплав, содержащий **более 2,14%** углерода, **сталью** - **2,14% и менее**.

Если в стали содержится **0,6 - 2,14%** углерода, то ее называют **высокоуглеродистой**, при содержании **0,25 - 0,6%** углерода - **среднеуглеродистой**, а если углерода менее **0,25%** - **низкоуглеродистой**.

Если помимо углерода в стали в небольшом количестве содержатся **марганец, кремний, фосфор и сера**, то это - **легированная сталь** (которая может содержать кроме названных и другие элементы).

5. По содержанию углерода черные металлы делятся на:

а - чугуны - с содержанием более 2,14% углерода;

б - высокоуглеродистые стали - с содержанием 1- 2,5 % углерода;

в - низкоуглеродистые стали - с содержанием 0,3 - 0,5 % углерода;

г - варианты: а, б, в.

Все вещества могут находиться в трех агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном. Агрегатное состояние, в котором находится вещество, зависит от температуры и давления окружающей среды.

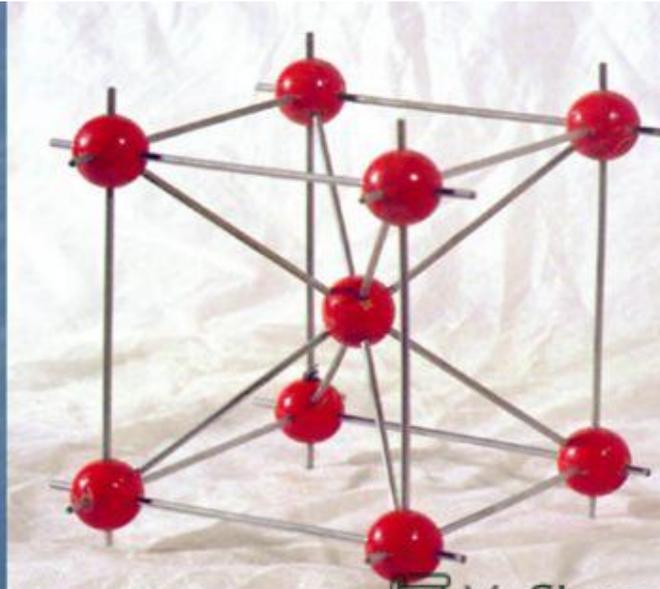
Для твердого тела характерна стабильная, постоянная собственная форма.

Атомы в твердом теле совершают только малые колебания около своих равновесных положений. Это приводит к правильному чередованию атомов на одинаковых расстояниях для сколь угодно далеко удаленных атомов, то есть существованию так называемого дальнего порядка в расположении атомов.

Такое **правильное, регулярное расположение атомов в твердом теле, характеризующееся периодической повторяемостью в трех измерениях, образует кристаллическую решетку**. У всех металлов и их сплавов строение кристаллическое. Порядок расположения атомов в кристаллической решетке может быть различным. Расстояния между центрами атомов (параметры решеток) и углы между осями решетки для различных металлов одинаковы.

В элементарной ячейке кристаллической решетки в виде централизованного куба (**кубическая объемно-центрированная решетка**), находится 9 атомов, из которых один находится в центре, а остальные - по вершинам куба. Решетку такого типа образуют при затвердевании ванадий, вольфрам, молибден и другие металлы.

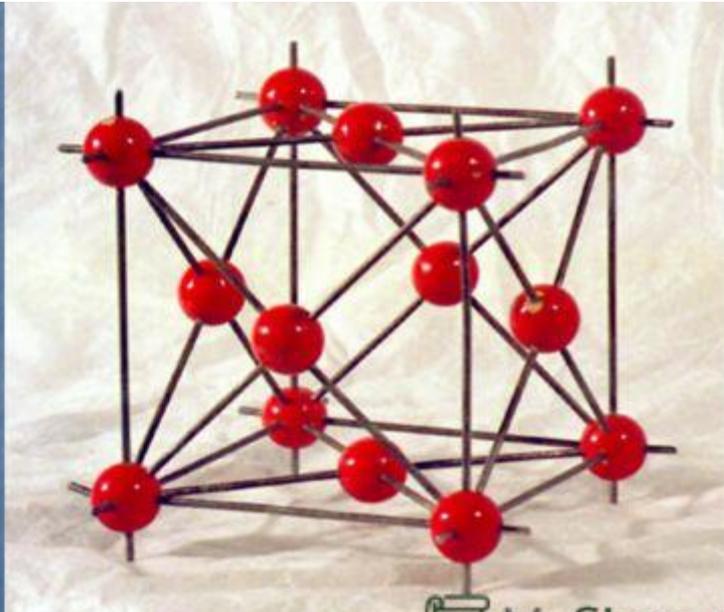
□ Кубическая объемно-центрированная решетка (ОЦК)



6. В кристаллической решетке вольфрама содержится:
а - 9 атомов;
б - 14 атомов;
в - 17 атомов;
г - нет правильного ответа.

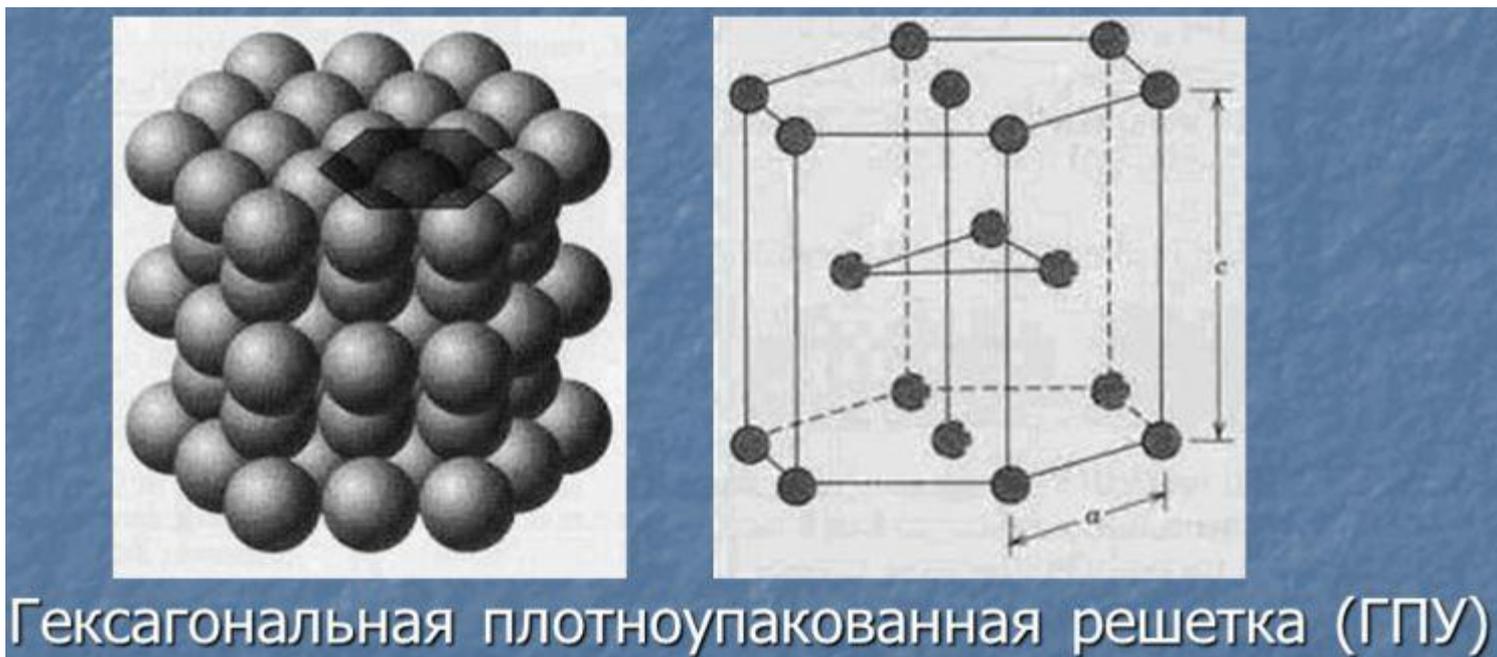
В элементарной ячейке кубической решетки с центрированными гранями (**гранецентрированный куб**) расположено 14 атомов, из которых 8 - по вершинам куба. А 6 – в центре каждой из его граней. Такую решетку образуют алюминий, медь, никель и другие металлы.

□ Кубическая гранецентрированная решетка (ГЦК)



7. В кристаллической решетке меди содержится:
а - 9 атомов;
б - 14 атомов;
в - 17 атомов;
г - нет неправильного ответа.

В элементарной ячейке **гексагональной решетки** с плотной упаковкой атомов расположено 17 атомов: 12 - по вершинам 12, решетки, имеющей вид правильной шестигранной призмы, 2 - в центрах верхнего и нижнего оснований и 3 - в средней части ячейки. В такую решетку кристаллизуются кобальт, магний, титан.



8. В кристаллической решетке магния содержится:

а - 9 атомов;

б - 14 атомов;

в - 17 атомов;

г - нет неправильного ответа.

Реальный металл состоит из многих кристаллов. Размер каждого кристалла измеряется долями миллиметра, поэтому в 1 см^3 металла содержатся десятки тысяч кристаллов. В тех случаях, когда при затвердевании не было условий для преимущественной ориентации, образующиеся кристаллы ориентируются произвольно. При этом в любом направлении располагается примерно одинаковое количество кристаллов с различной ориентацией. В результате получается, что свойства такого поликристаллического тела одинаковы во всех направлениях, хотя свойства каждого кристалла, составляющего это тело, зависят от направления. Это явление называется **квазиизотропией**.

Процесс кристаллизации складывается из двух этапов: образования центров кристаллизации и роста кристаллов.

Характер кристаллизации зависит от числа образующихся центров кристаллизации и скорости роста кристаллов из этих центров. Вначале рост кристаллов идет по всем направлениям, затем, при дальнейшем росте, **кристаллы сталкиваются и получают неправильные внешние очертания, вследствие чего их называют не кристаллами, а кристаллитами**.

Кристаллиты бывают двух видов - типа многогранников (**зерна, гранулы**) или ветвистой формы (**дендриты**).

9. Чем отличаются кристаллы от кристаллитов?

а - формой внешнего очертания;

б - размерами;

в - механическими свойствами;

г - варианты: а, б, в.

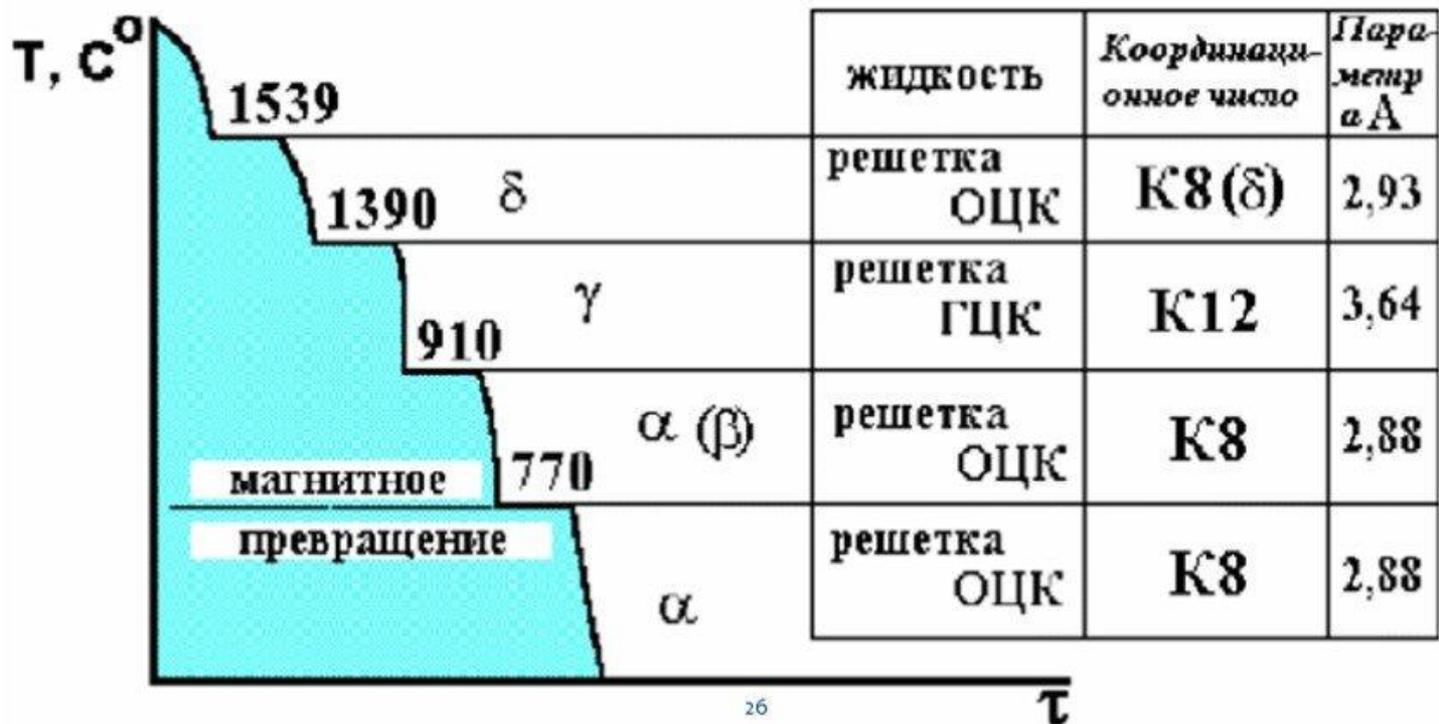
Кристаллы:
Наверное, все
видели кристаллы
воды - лёд. Вы часто
рассматривали
узоры на окнах
зимой, а это ведь
тоже кристаллы
воды.



Кристаллы бывают
разной формы.
Иногда образуются
дендриты - это
кристаллы,
похожие на
веточки дерева.
Они очень
хрупкие, но очень
красивые.
Это дендриты
серебра и золота:



Кривая охлаждения чистого железа



26

Процесс образования кристаллов из жидкости называется **первичной кристаллизацией**. Перекристаллизацию из одной модификации в другую при остывании затвердевшего металла называют **вторичной кристаллизацией**. Чтобы вызвать кристаллизацию, жидкий металл нужно переохладить несколько ниже температуры плавления.

Перекристаллизация при охлаждении металла сопровождается выделением тепла и поэтому происходит при постоянной температуре.

Различные модификации металла, получающиеся при перекристаллизации, обозначаются буквами греческого алфавита: $\alpha, \beta, \gamma, \delta$, начиная с той формы, которая существует при более низкой температуре.

При температуре 1539° на кривой охлаждения появляется горизонтальный участок - **происходит кристаллизация железа** - переход его из жидкого состояния в твердое.

В температурном интервале 1539° - 1390° характерным является строение кристаллической решетки в виде **центрированного куба**. Эта модификация носит название **δ -железа**.

В процессе дальнейшего охлаждения уже твердого железа при температуре 1390° на кривой охлаждения снова появляется горизонтальный участок. Температура 1390° соответствует аллотропическому превращению **δ -железа в γ -железо**, имеющее решетку в виде **куба с центрированными гранями**.

Эта модификация (**γ -железо**) оказывается устойчивой от 1390° до 910° .

При температуре 910° на кривой охлаждения вновь наблюдается горизонтальный участок. Этой температуре соответствует превращение **γ -железа в немагнитное (β -железо)**, устойчивое **до 768°** и имеющее решетку в виде **центрированного куба**.

Эта же решетка сохраняется и **от 768° до 0° у магнитного α -железа**.

При 768° происходят изменения во внешних электронных оболочках атомов, вследствие чего **железо приобретает магнитные свойства**.

10. Чем отличаются модификации $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ железа, получающиеся при перекристаллизации?

а - температурой перекристаллизации от низкой для α до высокой при δ ;

б - температурой перекристаллизации от высокой для α до низкой при δ ;

в - химическими свойствами;

г - нет неправильного ответа.

11. Какая модификация железа не имеет магнитных свойств?

а - α -железо;

б - β -железо;

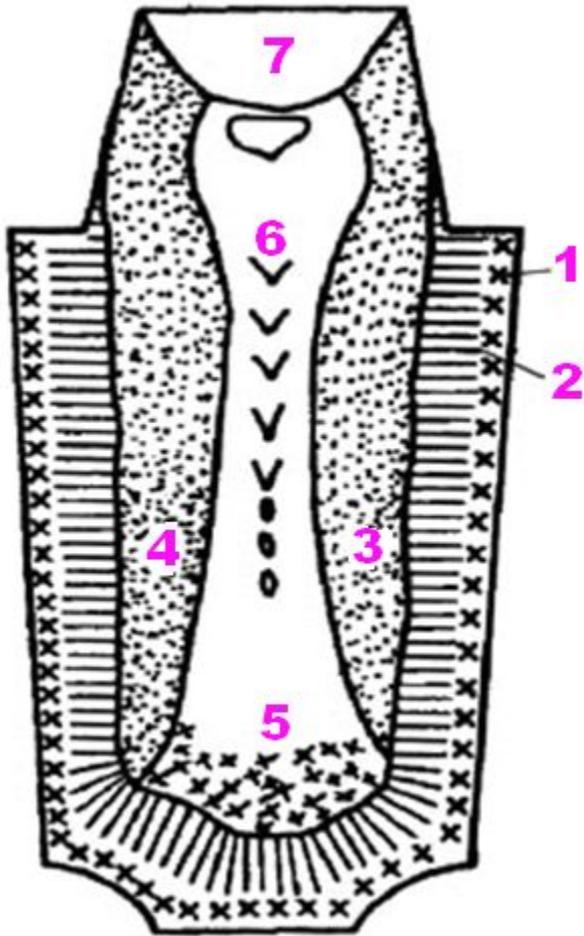
в - γ -железо;

г - δ -железо.

2. Основные сведения из теории сплавов (слитков).

По характеру раскисления различают **спокойную**, **кипящую** и **полуспокойную** стали.

Спокойная сталь полностью раскислена в печи или в ковше, и в изложнице затвердевает спокойно - то есть без активного выделения газов. Слитки спокойной стали имеют несколько различных структурных зон.



Структурные зоны в крупном стальном слитке:

- 1 – корковая зона,
- 2 – зона столбчатых кристаллов,
- 3 – переходная зона равноосных кристаллов,
- 4 – зона крупных равноосных кристаллов,
- 5 – конус осаждения,
- 6 – зона V- образной неоднородности,
- 7 – усадочная раковина

Кипящая сталь в печи или ковше раскисляется не полностью. При заливке такой стали в изложницу после образования у холодных стенок изложниц тонкого слоя мелких кристаллов из почти чистого железа в оставшемся жидком металле при дальнейшей кристаллизации повышается содержание углерода и кислорода, поэтому активно начинается реакция образования окиси углерода по схеме



Образовавшиеся пузырьки газообразной окиси углерода оттесняются кристаллизующимися дендритами к центру слитка вверх и перемешивают оставшуюся еще в жидком состоянии сталь, выравнивая химический состав. Они выносят к поверхности слитка часть неметаллических включений и растворенных в металле газов. Выделение пузырьков газа из застывающего слитка создает впечатление кипения, что и обуславливает его название. Некоторые пузырьки окиси углерода не успевают выйти из слитка до его застывания и в слитке образуются пустоты правильной круглой формы, компенсирующие объемную усадку, поэтому в слитке нет сосредоточенной усадочной раковины.

Газовые раковины (пузыри) завариваются при прокатке, и почти весь слиток идет в дело.

Содержание углерода в кипящей стали не более 0,3%. Кипение в изложнице со свободным выходом газов способствует более полному удалению из слитка неметаллических включений, поэтому **пластичность кипящей стали выше, чем спокойной.** Кипящая сталь дешевле спокойной, но слитки получаются неоднородными, что ограничивает ее применение.

Полуспокойная сталь по структуре и реакциям в изложнице является промежуточной между спокойной и кипящей.

12. У какой стали выше пластичность?

а - кипящей;

б - спокойной;

в - полуспокойной;

г - нет разницы в пластичности.

3. Железоуглеродистые сплавы

Металлическими сплавами называют сочетания двух или нескольких металлов и неметаллов, у которых сохраняются металлические свойства. Большинство сплавов получают в жидком состоянии. **Химические элементы или их соединения, входящие в состав сплава, называют компонентами.**

В зависимости от природы компонентов, составляющих сплав, различают:

- 1) сплав - механическая смесь компонентов;
- 2) сплав - твердый раствор компонентов;
- 3) сплав - химическое соединение компонентов.

Сплавы - механические смеси, неоднородны и представляют собой мельчайшую смесь кристаллитов компонентов.

Сплавы - твердые растворы и сплавы - химические соединения, однородны, причем первые могут образовываться при различном соотношении компонентов, а вторые - только при строго определенном весовом соотношении компонентов.

Системой называют совокупность веществ в твердом, жидком и газообразном состояниях.

Фазой называют однородную часть системы, отделенную от других составляющих (фаз) поверхностью раздела. В жидком состоянии система содержит одну фазу, при затвердевании всегда имеются две фазы - жидкая и твердая.

После затвердевания образуется или **одна фаза** (химический элемент, химическое соединение, твердый раствор) или **сплав, содержащий смесь фаз.**

13. Металлические сплавы могут быть получены:

- а - химическим соединением компонентов;**
- б - твердым раствором компонентов;**
- в - механической смесью компонентов;**
- г - варианты: а, б, в.**

Диаграмма состояния характеризует процессы затвердевания и структурного превращения сплавов различных систем и дает наглядное представление о фазах в любом сплаве данной системы. **Диаграмма состояния позволяет выбирать условия термической обработки сплавов, ихковки, сварки.**

Диаграмма состояния "железо-углерод" является фундаментом науки о стали. Рассмотрим упрощенную цементитную диаграмму сплава железо-углерод

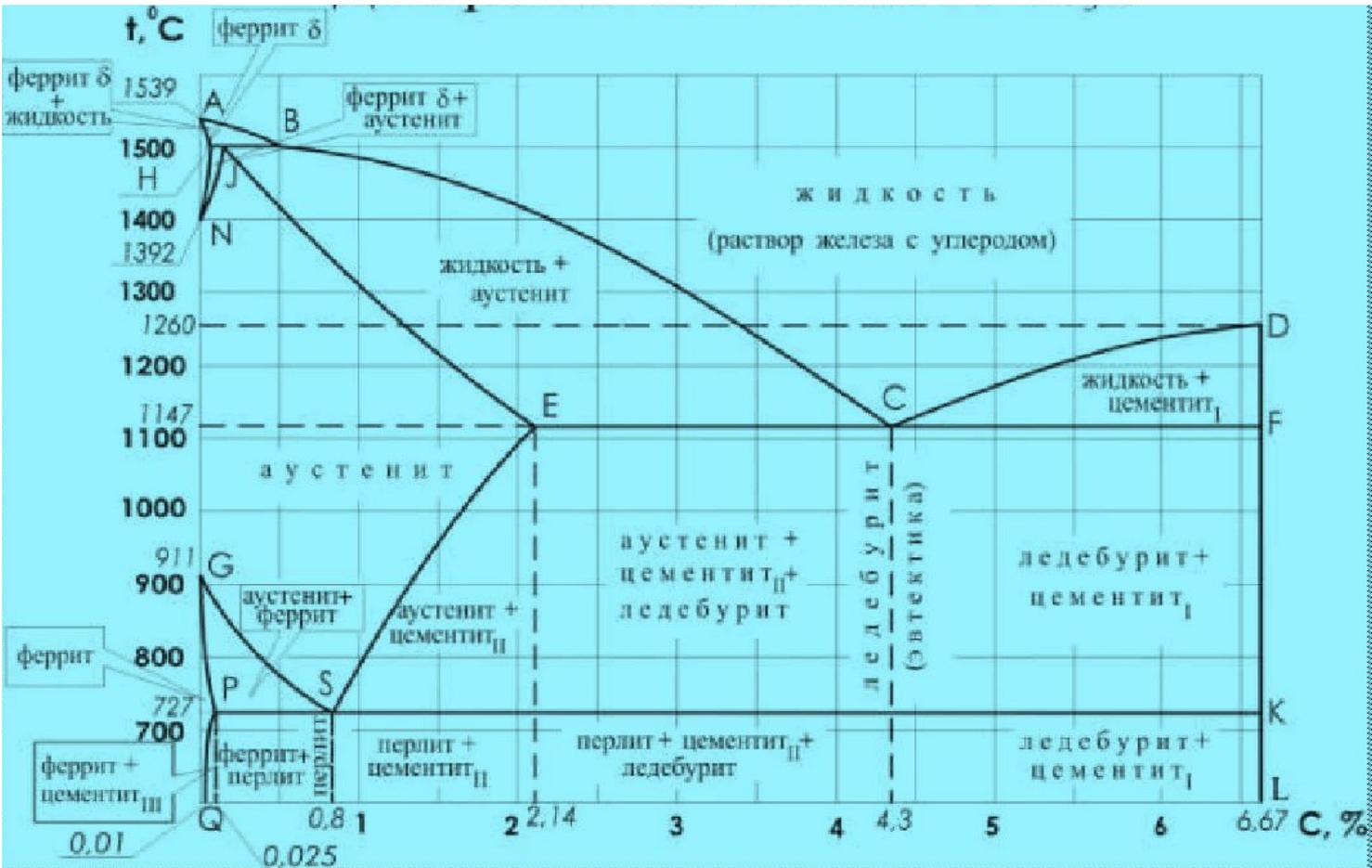


Диаграмма состояния железо - цементит (в упрощённом виде)
 А- аустенит, П - перлит, Л - ледебурит, Ф - феррит, Ц - цементит

Наибольшая доля углерода, по диаграмме 6,67%, отвечает содержанию углерода в химическом соединении - **цементите** Fe_3C .

Следовательно, компонентами, составляющими сплавы этой системы, будут с одной стороны, чистое железо **Fe**, с другой - цементит **Fe_3C** .

По горизонтальной оси диаграммы состояния откладывается процентное содержание углерода в сплаве, по вертикальной - температура.

Выше линии ABCD сплавы системы находятся в жидком состоянии. Линия ABCD называется **линией ликвидуса** (ликвидус-лат.- жидкий).

По линии JBC из жидкого раствора начинают выпадать кристаллы твердого раствора углерода в γ -железе, называемого **аустенитом**. Следовательно, в области JBCE находится смесь фаз жидкого раствора и аустенита.

В точке C при содержании углерода 4,3% и температуре 1130°C происходит одновременно кристаллизация аустенита и цементита и образуется их тонкая механическая смесь - **эвтектика** (эвтектика - греч.- легкоплавящийся). Эвтектический сплав имеет самую низкую температуру плавления из всех сплавов данной системы. В системе Fe-C эвтектика называется **ледебуритом**.

Точка E соответствует предельному насыщению железа углеродом (2,14%). Сплавы, лежащие левее этой точки, после полного затвердевания при первичной кристаллизации представляют собой **один аустенит**. На небольшом участке диаграммы состояния при малых концентрациях C и высокой температуре образование чистого аустенита идет через фазу **феррита**. Наличие на диаграмме состояния области чистого аустенита (при $C < 2,14\%$) является характерным для стали.

Линии GSE, PSK и SPQ показывают, что в сплавах системы в твердом состоянии происходят изменения структуры (**вторичная кристаллизация**).

Превращения в твердом состоянии происходят вследствие перехода железа из одной модификации в другую, а также в связи с изменением растворимости углерода в железе.

В области JESGN диаграммы состояния находится **аустенит**. При охлаждении сплавов аустенит распадается с выделением по линии GS **феррита** - твердого раствора углерода в α -железе, а по линии SE - **цементита**. Этот цементит, выпадающий из твердого раствора, называется вторичным. В области диаграммы GSP находится смесь двух фаз - феррита и распадающегося аустенита, а в области SEU - смесь вторичного цементита и распадающегося аустенита.

В точке S при содержании 0,83%С и температуре 723° весь аустенит распадается и одновременно кристаллизуется тонкая механическая смесь феррита и цементита – **эвтектоид** (подобный эвтектике), который в этой системе называется **перлитом**.

Сталь, содержащая 0,83%С, называется эвтектоидной, менее 0,83% - доэвтектоидной, от 0,83% до 2,14% - заэвтектоидной.

Линия PSK, по которой происходит распад всего аустенита, называется линией перлитного превращения.

При температуре 768° происходит магнитное превращение выпавших кристаллов и феррита, то есть немагнитный феррит- становится магнитным.

Свойства сплавов зависят и от структуры.

Ферритная фаза мягкая и пластичная; цементит, наоборот, придает стали твердость и хрупкость; перлит содержит 1/8 цементита и поэтому имеет повышенную прочность и твердость по сравнению с ферритом.

14. Чем отличается ферритная фаза от перлитной?

а - феррит - мягкий, а перлит имеет повышенную прочность;

б - феррит - пластичный, а перлит хрупкий;

в - перлит - мягкий, а феррит имеет повышенную прочность;

г - перлит - пластичный, а феррит хрупкий;

д - нет неправильного ответа.

4. Термическая обработка сталей.

Термической обработкой называют *процессы, заключающиеся в тепловом воздействии по определенным режимам с целью изменения структуры и свойств стали при том же химическом составе.*

Основные факторы воздействия при термической обработке - температура и время, поэтому режим любой термической обработки можно представить графиком в координатах $t^{\circ}\text{C}$ (температура) и t (время).

Сущность термической обработки

- **Термической обработкой** называется совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения изделий из металлических сплавов с целью получения заданных свойств за счет изменения структуры

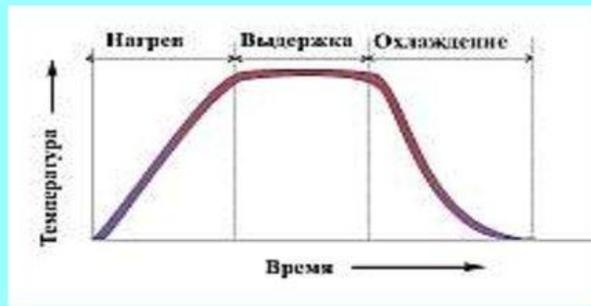


Схема термической обработки



Основные параметры:

$T_{\text{н}}$, $\tau_{\text{в}}$, $V_{\text{охл}}$

Виды термической обработки

Отжиг - операция нагрева стали до заданной температуры, выдержка при ней и медленное охлаждение до комнатной температуры.

Цель отжига – получение равновесной структуры.

Нормализация - нагрев стали выше критической на 30 – 40°C, выдержка и охлаждение на спокойном воздухе до комнатной температуры.

Цель нормализации – улучшение структуры стали.

Закалка - нагрев стали до температуры выше критической, выдержка и быстрое охлаждение.

Цель закалки – получение неравновесной структуры стали.

Отпуск - нагрев и выдержка закаленной стали при относительно низких температурах.

Цель отпуска – обеспечение более стабильного состояния стали.

15. Операция нагрева стали до заданной температуры, выдержка при ней и медленное охлаждение до комнатной температуры называется:

а - отпуск;

б - отжиг;

в - нормализация;

г - закалка.

16. Операция нагрева стали выше критической температуры на 30- 40°C, выдержка при ней и охлаждение на спокойном воздухе до комнатной температуры называется:

а - отпуск;

б - отжиг;

в - нормализация;

г - закалка.

17. Операция нагрева до температуры ниже критической, выдержка закаленной стали при относительно низких температурах с последующим охлаждением называется:

а - отпуск;

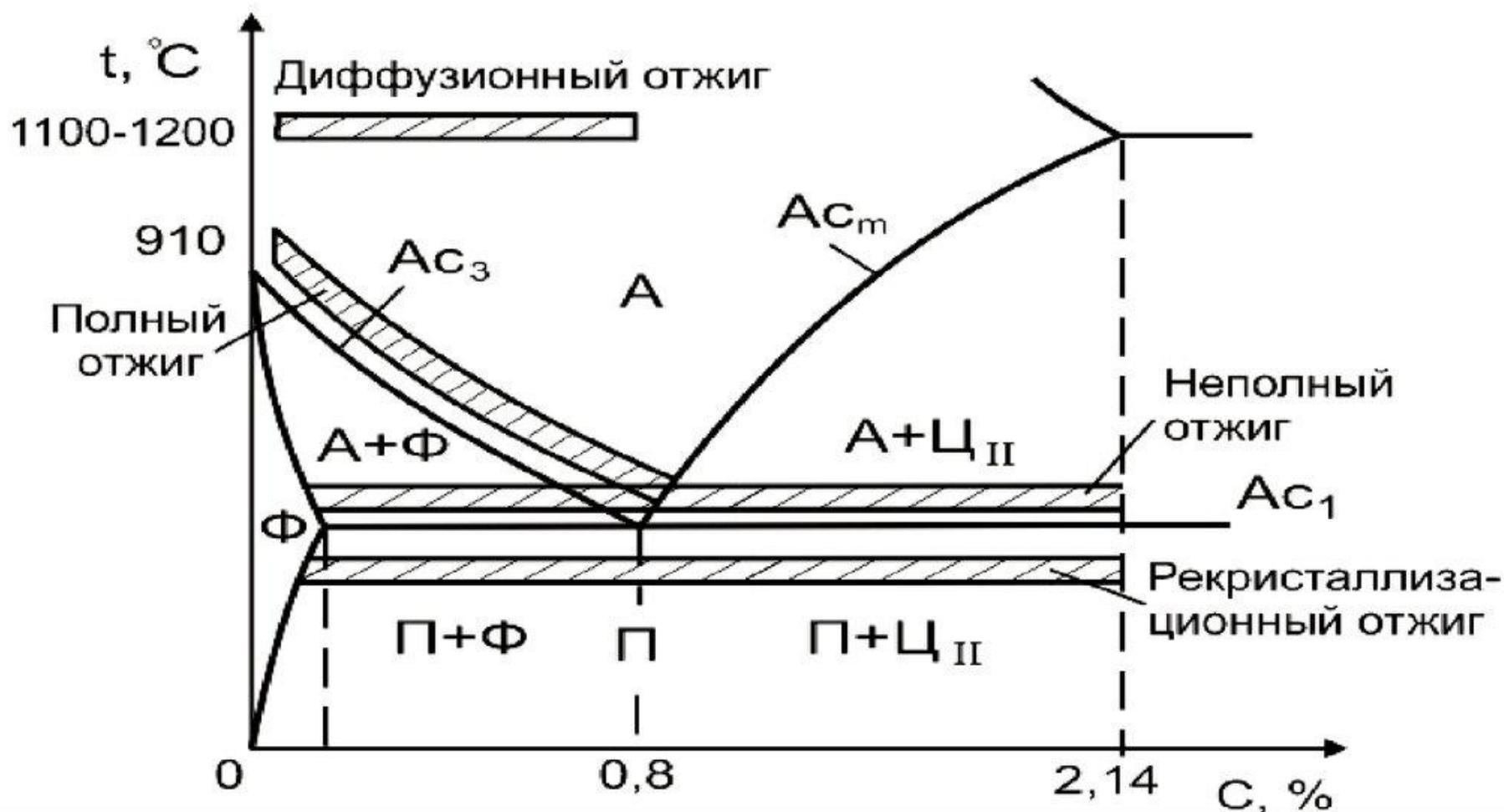
б - отжиг;

в - нормализация;

г - закалка.

ОТЖИГ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Операция термической обработки, связанная с нагревом до температуры отжига, выдержкой и последующем **медленном охлаждении** (вместе с печью)

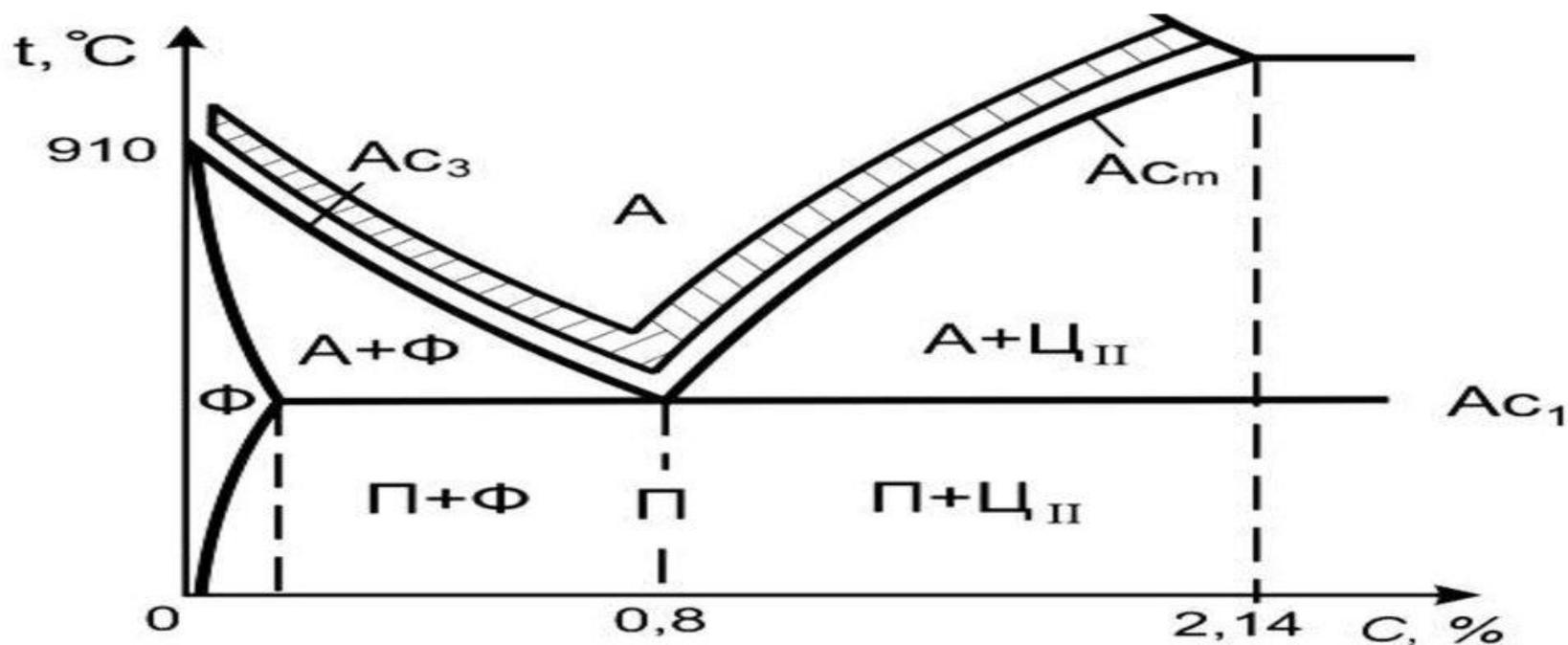


НОРМАЛИЗАЦИЯ (нормализационный отжиг) – операция ТО, связанная с нагревом стали до аустенитного состояния, выдержки при температуре нагрева и последующего **ускоренного охлаждения на воздухе** (получаются следующие структуры:

сорбит+феррит в доэвтектоидных сталях (С+Ф);

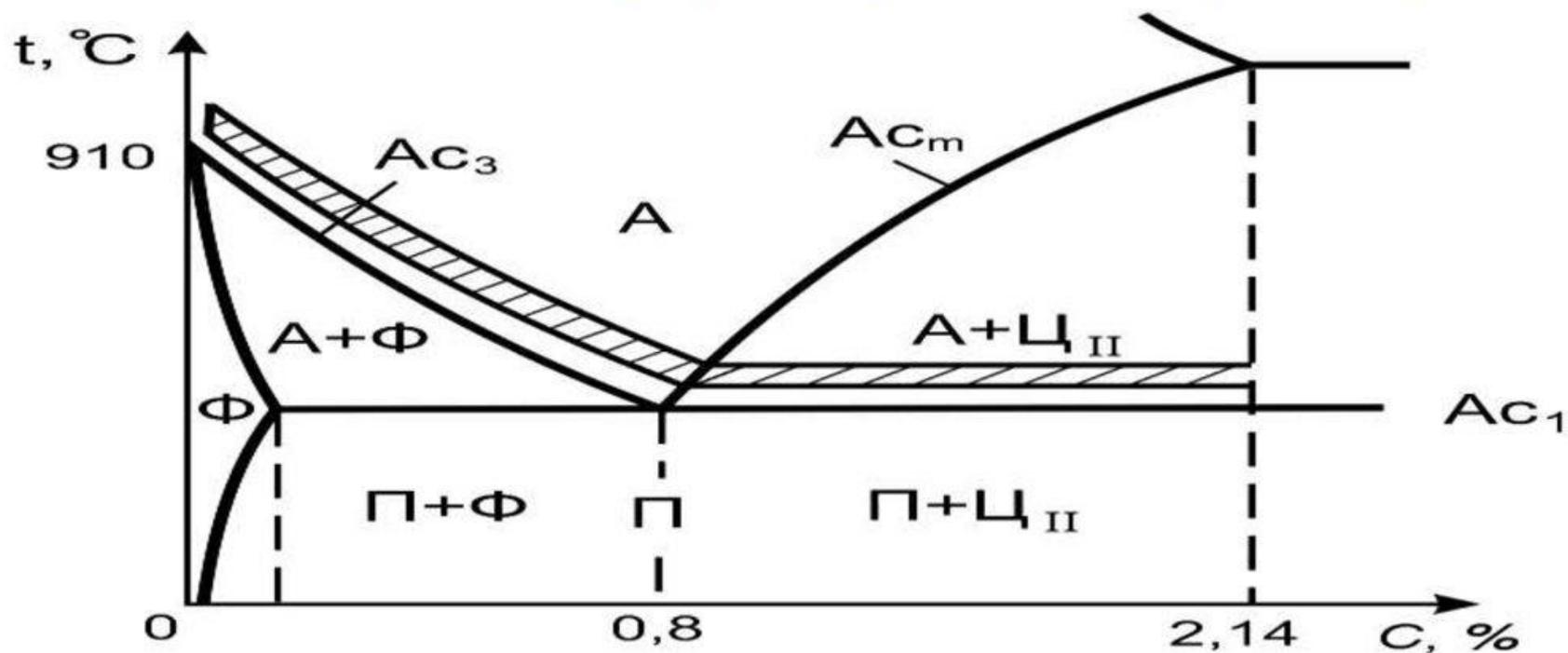
сорбит в эвтектоидных сталях (С);

сорбит+вторичный цементит в заэвтектоидных сталях)

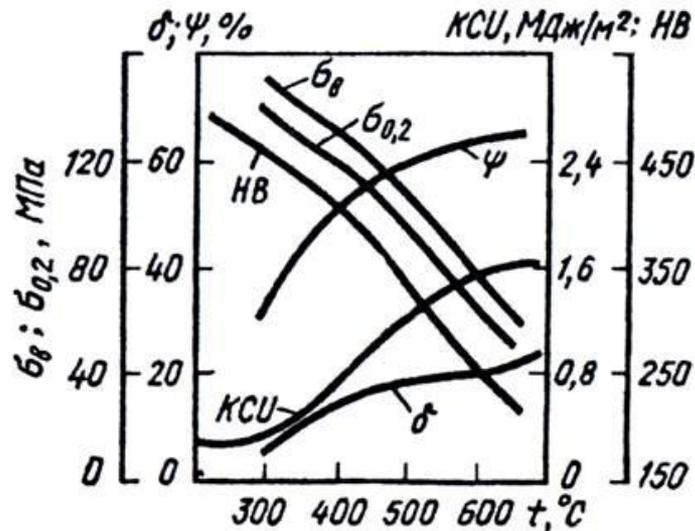


Температурный интервал нагрева стали под нормализацию

ЗАКАЛКА - операция ТО, заключается в нагреве стали до температуры выше критической (доэвтектоидных сталей на $30 - 50^\circ\text{C}$ выше A_{c3} (**полная**), заэвтектоидных на $30 - 50^\circ\text{C}$ выше A_{c1}) (**неполная**) выдержке и последующем охлаждении со скоростью выше **критической** с целью получения мартенситной структуры, обеспечивающей максимальную твердость, прочность и износоустойчивость (**не является окончательной операцией термической обработки**)



Отпуск стали

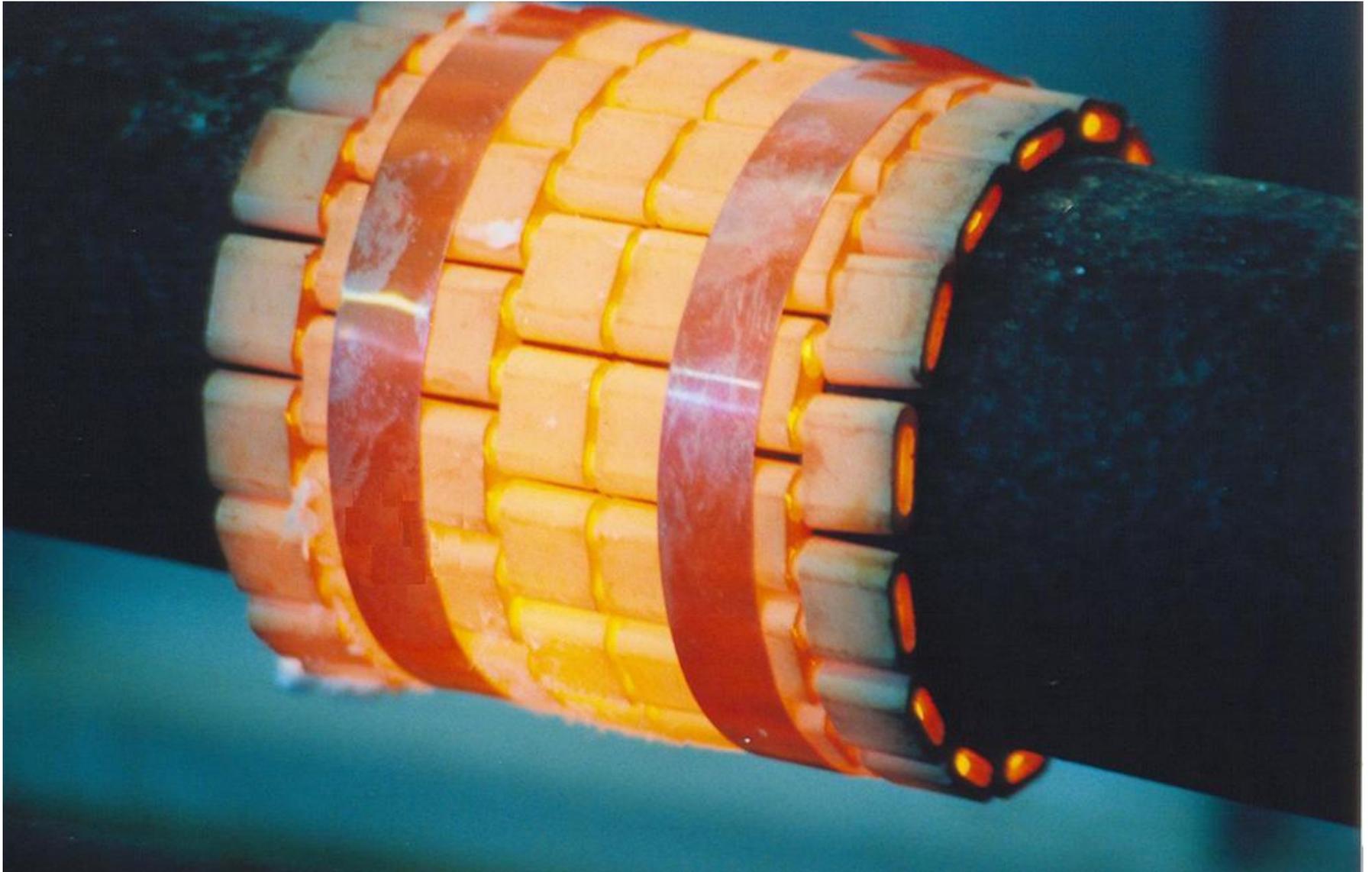


Отпуск стали – термическая обработка, следующая за закалкой и заключающийся в нагреве стали до температуры ниже критической, выдержке и охлаждении.

Цель отпуска – получение более равновесной по сравнению с мартенситом структуры, снятие внутренних напряжений, повышение вязкости и пластичности.

Основной процесс, происходящий при отпуске – **распад мартенсита**, т.е. выделение углерода из пересыщенного твердого раствора в виде карбида жег

Термообработка сварного шва трубопровода



Отпуск стали.

Низкий

Средний

Высокий

Термомеханическая обработка стали

Высокотемпературная

Низкотемпературная

Дефекты термической обработки стали

Закалочные трещины, коробление

Окисление, обезуглероживание

Крупнозернистая структура

Мягкие пятна на поверхности детали

Химико-термическая обработка

- ▶ Насыщение поверхности изделий при повышенной температуре (800-900 °С) углеродом (*цементация*), азотом (*азотирование*) или смесью углерода и азота (*цианирование*).



18. Насыщение поверхности стальных изделий углеродом при повышенной температуре называется:

а - цементация;

б - азотирование;

в - цианирование;

г - варианты: а, б, в.

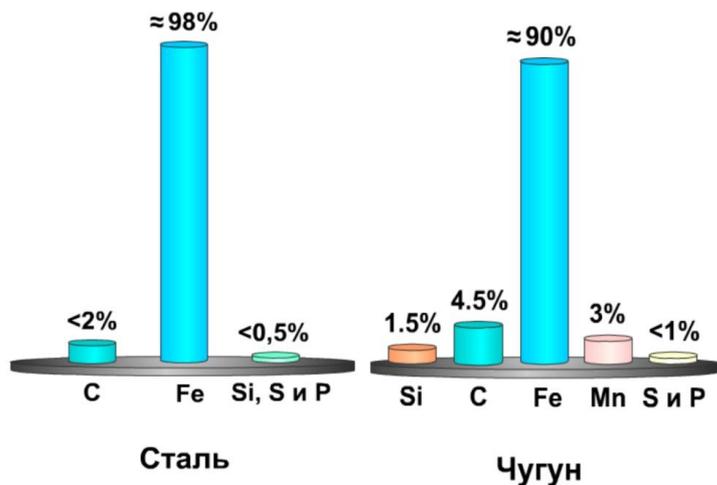
5. Классификация сталей

Сталь — сплав железа с углеродом (при содержании последнего до 2%); сплав с большим содержанием углерода, обычно 3—4,5%, называется чугуном.

По химическому составу сталь подразделяют на углеродистую и легированную.

Углеродистая сталь помимо железа и углерода содержит до 1,1% марганца и до 0,35% кремния.

Наличие этих элементов в стали обусловлено особенностями металлургического процесса ее выплавки, и их присутствие в стали неизбежно. Кроме того, в стали бывают вредные примеси - сера (до 0,05%) и фосфор (до 0,07%), а также микропримеси других элементов.



- При содержании углерода до 2,14% сплав называется сталь.
- При содержании углерода более 2,14% до 7,6% сплав называется чугун.
- Кроме железа и углерода в сталях и чугунах всегда присутствуют постоянные примеси, которые разделить на 2 группы: полезные и вредные.

19. Сталь по химическому составу может быть (найти неправильный ответ):

а - углеродистая;

б - легированная;

в - нержавеющая;

г - нет неправильного ответа.

Полезные примеси



- Кремний (Si) – является раскислителем стали, а также улучшает ее жидкотекучесть и уменьшает усадку.
- Марганец (Mn) – является раскислителем и нейтрализует вредное влияние серы.

20. К полезным примесям стали относятся (найти ошибку):

а - кремний;

б - фосфор;

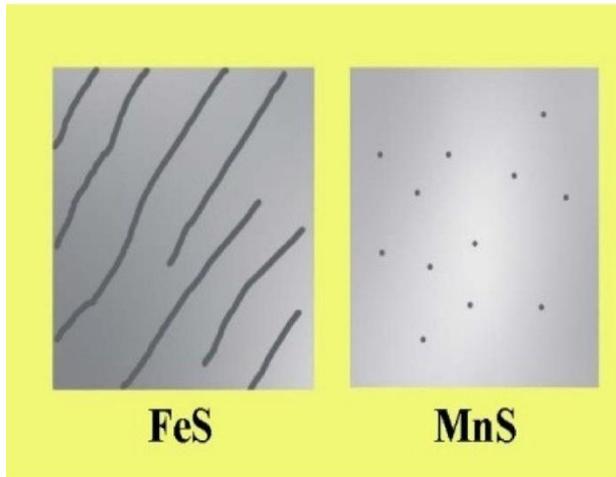
в - кислород;

г - все указанные примеси относятся к вредным.

Вредные примеси

Сера (S) - вызывает **красноломкость** стали, т.е. **разрушение при высокой температуре**.

При наличии в стали серы образуются сульфиды железа, которые располагаются в виде нитей по границам зерен, резко снижая прочность. Кроме того, при 985°C они плавятся.



- При введении марганца в сталь, он забирает серу у железа, образуя сульфиды марганца, которые располагаются отдельными включениями, не влияющими на прочность, их температура плавления 1800°.

Фосфор (P) - сообщает стали **хладноломкость**, т.е. **разрушение при низких температурах**. Фосфор способствует росту зерна, что делает сталь хрупкой. Удаляется флюсами при плавке.

Кислород (O₂)- делает структуру стали пористой. Раскисление производится кремнием, марганцем и алюминием.

21 Наличие в стали серы приводит...

а - к хладноломкости;

б - к красноломкости;

в - к росту зерна;

г - возможны все указанные явления.

Белый чугун – название получил по матово-белому цвету излома;

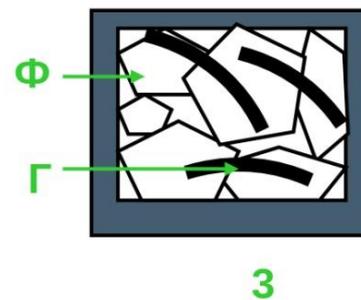
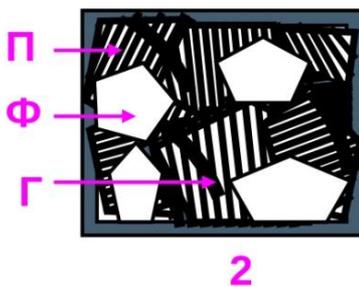
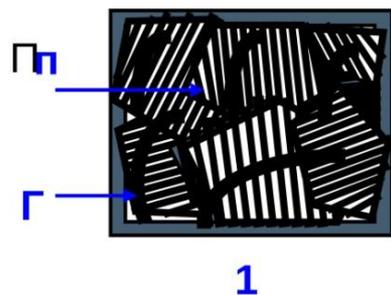
- структура в не нагретом состоянии: **Ц** + П(**Ф** + **Г**); т.е. весь углерод находится в форме цементита;
- свойства: высокая твердость и износостойкость, хрупкость, практически не поддается обработке режущим инструментом;
- марки: ИЧХ3, ИЧХ5, ИЧХ15... (износостойкий хромистый чугун с содержанием хрома 3%, 5%, 15% соответственно...);
- применение: детали, работающие в условиях интенсивного износа без ударных нагрузок (например, линейки направляющих, детали шаровых мельниц).

22. Белый чугун по сравнению с серым имеет:

- а - небольшую износостойкость;**
- б - бело-матовый цвет на изломе;**
- в - хорошие литейные свойства;**
- г - варианты: а, б, в.**

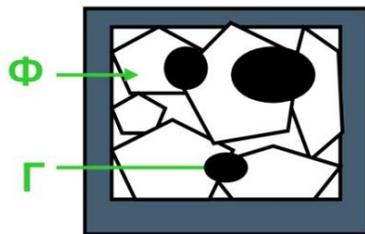
Серые чугуны

- Излом такого чугуна имеет серый цвет. Обладает хорошими литейными свойствами. В структуре присутствует графит, количество, форма и размеры которого изменяются в широких пределах. По строению металлической основы серые чугуны разделяют на: серый перлитный чугун (1); серый феррито-перлитный чугун (2); серый ферритный чугун (3). В **обычном сером чугуне** графит имеет пластинчатую форму (1 - 3).

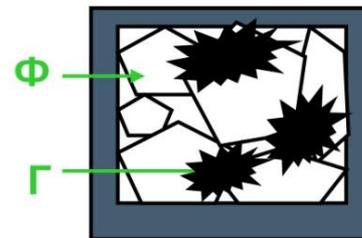


Серые чугуны

- В **высокопрочном сером чугуне** графит находится в форме шаровидного графита, который принимает такую форму благодаря присадке магния или церия (модификаторов) (1). В **ковком сером чугуне** углерод находится в форме хлопьевидного графита (углерода отжига)(2), который образуется в процессе отжига белого чугуна.



1



2

По степени раскисленности металла слитка, которой объясняется поведение расплава при кристаллизации, различают **спокойную, полуспокойную и кипящую** сталь.

При разливке кипящая сталь как бы «кипит», спокойная сталь затвердевает без кипения и выделения искр (это достигается вводом в печь при выплавке или разливке повышенного количества сильных раскислителей — ферросилиция, алюминия и др., которые связывают кислород, присутствующий в жидком металле, в оксиды, всплывающие в шлак).

В силу этих различий кипящая сталь дешевле спокойной, но уступает ей по механическим свойствам и поэтому ее для ответственных изделий не применяют.

Полуспокойную сталь (индексируется буквами «пс») получают при раскислении менее полном, чем при выплавке **спокойной стали** («сп»), но большем, чем при производстве **кипящей стали** («кп»),

Полуспокойная сталь по качеству занимает среднее место между кипящей и спокойной, частично заменяя последнюю. Индексы «сп», «пс» и «кп» ставятся в конце марки стали.

Углеродистую сталь подразделяют **по содержанию углерода** на **низкоуглеродистую** (до 0,25% С), **среднеуглеродистую** (0,25—0,6% С) и **высокоуглеродистую** (более 0,6% С); кроме этого, различают **углеродистую сталь обыкновенного качества** и **качественную сталь**.

В зависимости от назначения углеродистую сталь обыкновенного качества

разделяют на три группы:

А - поставляемую по механическим свойствам; **Б** - химическому составу; **В** - механическим свойствам и химическому составу (для ответственных конструкций). Буквы «Б» и «В» проставляются в начале обозначения марки, буква «А» не проставляется.

Легируемые стали содержат элементы, вводимые в их состав для повышения качества металла или придания ему определенных свойств. Такие элементы называются легирующими.

По содержанию легирующих элементов стали делят на **низколегированные** (суммарное содержание легирующих элементов до 2,5%), **среднелегированные** (от 2,5 до 10%) и **высоколегированные** (свыше 10%).

По назначению стали классифицируют на конструкционные, инструментальные и стали с особыми свойствами.

Конструкционные стали применяют для изготовления деталей машин и различных конструкций и сооружений и подразделяют **на два подкласса**: стали, применяемые при обычных температурах, и стали, применяемые при повышенных температурах.

Инструментальные стали подразделяют **на три подкласса**: для **режущего, штампового и измерительного** инструментов.

Стали с особыми свойствами подразделяют в зависимости от назначения на **жаро-, тепло-, износо- и коррозионно-стойкие** и т. п. Специальные характеристики сталей обеспечиваются использованием легирующих элементов.

23. В зависимости от назначения углеродистую сталь обыкновенного качества разделяют на:

а - три группы;

б - четыре группы;

в - две группы;

г - углеродистую сталь на группы не делится.

Маркировка сталей

Низкоуглеродистые стали обыкновенного качества в своем обозначении всегда имеют буквы **Ст**, что означает сталь, за которыми следуют цифры от 0 до 6 (условный номер марки стали в зависимости от химического состава, т. е. содержания углерода).

Следовательно, обозначение имеет вид: Ст0, Ст1, Ст2 и т. д. до Ст6.

По мере увеличения номера марки стали содержание в ней углерода растет, а вместе с этим повышаются прочность и твердость, но снижаются пластичность и ударная вязкость.

Примеры индексации низкоуглеродистой стали:

Ст3кп - сталь, марка номер три, группа А (поставка по механическим свойствам), кипящая.

БСт6пс - сталь, марка номер шесть, группа Б (поставка по гарантированному химическому составу), полуспокойная.

ВСт5сп - сталь, марка номер пять, группа В (с гарантией как по химическому составу, так и свойствам), спокойная.

Углеродистые качественные стали обозначают двузначными цифрами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента. Если сталь кипящая, то в ее обозначении имеется индекс «кп».

Примеры обозначения углеродистой качественной стали:

45 - сталь со средним содержанием углерода 0,45%.

08кп - сталь со средним содержанием углерода 0,08%, кипящая. Слово «сталь» в обозначение марки не входит.

Легированные стали имеют буквенно-цифровую систему обозначений, которая дает представление о том, какие элементы и приблизительно в каком количестве входят в состав данной марки.

Легирующие элементы обозначают русскими буквами.

Название элемента	Условное обозначение	Название элемента	Условное обозначение
Алюминий	Ю	Медь	Д
Бор	Р	Молибден	М
Ванадий	Ф	Никель	Н
Вольфрам	В	Ниобий	Б
Кобальт	К	Титан	Т
Кремний	С	Углерод	У (в марках углеродистых инструментальных сталей)
Азот	А (только в середине обозначения)		
Марганец	Г	Хром	Х

24. Легированная сталь, имеющая в обозначении букву Д, содержит:

а - молибден;

б - медь;

в - кремний;

г - углерод.

Цифры после буквы показывают примерное содержание данного элемента в процентах, причем, *если содержание легирующего элемента близко к 1% (не более 1,5%), цифра не ставится*. Первые две цифры обозначают содержание углерода в сотых долях процента, буква У перед ними не ставится.

Легированные стали разделяют на **качественные** и **высококачественные**.

Высококачественная сталь, т. е. *содержащая минимальное количество вредных примесей серы и фосфора, имеет в конце обозначения букву А*.

Пример обозначения легированных сталей:

12Х2М—сталь со средним содержанием углерода 0,12%, хрома около—2 %, молибдена—около 1 %, качественная.

30ХГС — сталь со средним содержанием углерода 0,30%, хрома, марганца и кремния—около 1% каждого, качественная.

30ХГСА—то же, но высококачественная.

12Х18Н10Т—сталь приблизительно следующего состава: углерод—0,12%, хром—18%, никель—10%, титан—не более 1%, высококачественная.

Высоколегированные стали всегда высококачественные, именно поэтому в конце обозначения ее марки буква «А» отсутствует и нет необходимости подчеркивать очевидный факт.

6. Свойства сталей и сплавов

Химические свойства металлов

	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Ni	Sn	Pb	(H ₂)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
Восстановительная способность металлов в свободном состоянии	← Возрастает →																		
Взаимодействие с кислородом воздуха	Быстро окисляются при обычной температуре				Медленно окисляются при обычной температуре или при нагревании											Не окисляются			
Взаимодействие с водой	При обычной температуре выделяется H ₂ и образуется гидроксид				При нагревании выделяется H ₂ и образуются оксиды											H ₂ из воды не вытесняют			
Взаимодействие с кислотами	Вытесняют водород из разбавленных кислот (кроме HNO ₃)															Не вытесняют водород из разбавленных кислот			С кислотами не реагируют, растворяются в „царской водке“
																Реагируют с конц. и разб. HNO ₃ и с конц. H ₂ SO ₄ при нагревании			
Нахождение в природе	Только в соединениях											В соединениях и в свободном виде				Главн. образом в свободн. виде			
Способы получения	Электролиз расплавов						Восстановление углем, оксидом углерода (II), алюминиотермия; электролиз водных растворов солей												
Окислительная способность ионов металлов	← Возрастает →																		

Механические свойства металлов

определяют их способность сопротивляться действию внешних механических сил

- **прочность** — способность металла оказывать сопротивление действию внешних сил, не разрушаясь;
 - **упругость** — свойство металла восстанавливать свою форму после прекращения действия внешних сил, вызвавших изменение формы (деформацию);
 - **пластичность** — свойство металла деформироваться без разрушения под действием внешних сил и сохранять измененную форму после прекращения действия сил. Пластичность — свойство, обратное упругости;
 - **твердость** — способность металла оказывать сопротивление проникновению в него более твердого тела;
 - **вязкость** — способность металла оказывать сопротивление ударным нагрузкам. Вязкость — свойство, противоположное хрупкости;
 - **износостойкость** — сопротивление металла изнашиванию вследствие процессов трения. Износ определяется по изменению размеров или массы деталей.
-

26. Способность металла оказывать сопротивление ударным нагрузкам называется:

а - прочность;

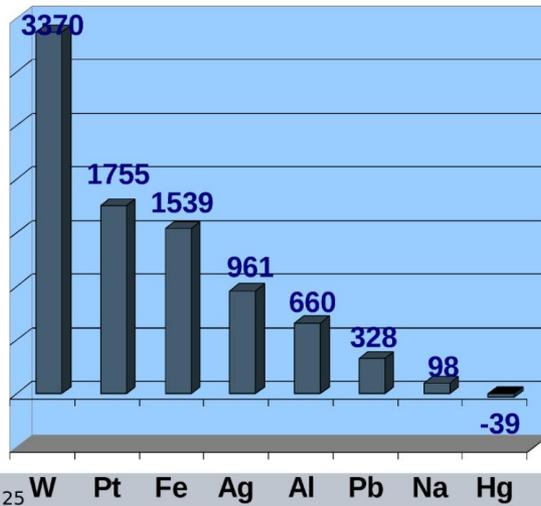
б - вязкость;

в - твердость;

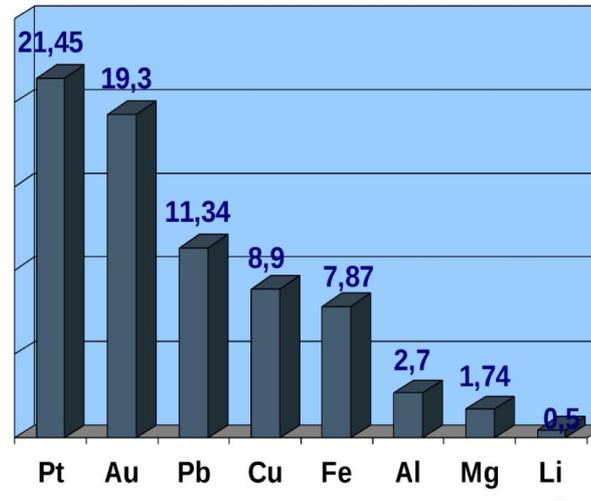
г - износоустойчивость.

Основные физические свойства металлов

Температура плавления



Плотность металлов



27. Температура плавления 1539°C характерна для:

- а - железа;
- б - алюминия;
- в - платины;
- г - серебра.

28. Плотность железа ... плотности...:

- а - выше ... меди;
- б - ниже ... меди;
- в - выше ... свинца;
- г - выше ... золота.

Тепловое расширение – свойство металла увеличивать свои размеры при нагревании.

Это свойство характеризуется коэффициентом линейного расширения, показывающим, на какую долю первоначальной длины расширился материал при повышении температуры на 1°C .

Это свойство необходимо учитывать при охлаждении свариваемых конструкции.

Теплопроводность - способность материальных тел проводить энергию (теплоту) от более нагретых частей тела к менее нагретым частям тела путём хаотического движения частиц тела (атомов, молекул, электронов и т. п.).

Теплопроводность металлов обусловлена большой подвижностью электронов, которые сталкиваясь с колеблющимися атомами и ионами обмениваются с ними энергией. В результате происходит выравнивание температуры по всему объему металла.

Для характеристики проводника тепла применяется **коэффициент теплопроводности** (λ) $\text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$. Этот коэффициент показывает способность передачи тепла материалом на определённое расстояние за единицу времени. Но показатель характеризует само вещество, не привязываясь к размерам тела.

Механические свойства при комнатной температуре

Твердость - это характеристика способности металла сопротивляться внедрению в него другого более твердого тела. Для определения твердости металла или сплава применяют следующие способы испытания:

по Бринеллю - вдавливанием в испытываемую поверхность **стального закаленного шарика** диаметром 2,5; 5 или 10 мм при заданной нагрузке от 625Н до > 30кН (от 62,5 до 3000 кгс). Твердость по Бринеллю (НВ) вычисляют как отношение нагрузки (в кгс) к площади (в мм²) поверхности отпечатка;

по Роквеллу - вдавливанием в испытываемую поверхность **алмазного конуса с углом 120°** или стального закаленного шарика диаметром 1,588 мм. Твердость по Роквеллу (HR, шкалы В, С) измеряется в условных единицах. За единицу принята величина, соответствующая осевому перемещению наконечника на 0,002 мкм;

по Виккерсу - вдавливанием **правильной четырехгранной алмазной пирамиды**. Твердость по Виккерсу (HV) - это отношение нагрузки на пирамиду к площади пирамидальной поверхности отпечатка.

Испытания на твердость производят на специальных приборах - твердомерах.

29. Определение твердости металлов при вдавливании правильной четырехгранной алмазной пирамиды применяют при способе испытания:

- а - по Бринеллю (НВ);**
- б - по Роквеллу (HR);**
- в - по Виккерсу (HV);**
- г - нет такого способа.**

Временное сопротивление разрыву или предел прочности, Мпа - это максимальная механическая сила, которая может быть применена к объекту до начала его разрушения.

Предел текучести, Мпа - как долго может деформироваться образец без увеличения на него внешней нагрузки.

Относительное удлинение при растяжении, % - это увеличение длины образца, которое происходит после прохождения предела текучести и до самого разрушения стержня.

Ударная вязкость. МДж/м² Ударная вязкость оценивается работой, затраченной на ударный излом образца и отнесенной к площади его поперечного сечения в месте надреза.

Испытания на ударную вязкость проводят на маятниковом копре.

30. На маятниковом копре проводят испытания:

- а - на предел прочности;**
- б - на ударную вязкость;**
- в - на предел текучести;**
- г - на твердость.**

Марка стали	Содержание легирующих элементов, %	Механические свойства при комнатной температуре				Предельная рабочая температура, °С	Область применения
		временное сопротивление, МПа	предел текучести, МПа	относительное удлинение, %	ударная вязкость, МДж/м ²		
12X18H10T	C _r = 17-19; N _i =9 - 11; T _i =5 (C= =0,02)<0,7	560	220	35		350—600	Трубопроводы и сосуды, работающие под давлением при темп до 600°С, а при наличии агрессивных сред — до 350°С
09Г2С кремне- марганцови стая сталь	Mn=1,3-1,7 Si=0,5-0,8 C<0,12	490-430	345-235	19		425	

25. Что скрывается в обозначении стали 09Г2С?

- а - среднее содержание углерода 0,09%, хрома около - 2 %, марганца - около 1 %;
- б - среднее содержание углерода 0,09%, марганца - 2 % и кремния - около 1%;
- в - среднее содержание углерода 0,09%, хрома, марганца и кремния - около 1% каждого;
- г - среднее содержание углерода 0,09%, кремния около - 2 %, молибдена - около 1 %.

Сталь конструкционная **09Г2С** способна сохранять первоначальные характеристики при высоком давлении в диапазоне температур от - 70 °С до +425 °С. Сталь 09Г2С устойчива к нагрузкам с переменным вектором силы, долговечна и отлично реагирует на термическую обработку.

Конструкционная сталь **09Г2С** устойчива к образованию флокенов и отпускной хрупкости. Сварка **09Г2С** может выполняться любым методом без ограничений: ручная дуговая, аргодуговая под флюсом в защитной среде, аргодуговая неплавящимся электродом и контактная сварка. При этом предварительный подогрев и последующая термообработка не требуется.

Сварной шов не подвержен возникновению микропор и образованию закалочной структуры. Сталь **09Г2С** пластичная и хорошо подвергается вытяжке, штамповке в холодном состоянии. Ковка стали 09г2с производится при температуре: начало - 1250°С, конец – 850°С.

За счёт небольшого процентного содержания углерода в стали **09Г2С**, сварка изделий из неё очень проста. Сварочные работы выполняют с подогревом или без него. При сварке стальные элементы не подвергаются закалке, и перегреву. А это означает, что не увеличивается зернистость сплава, и не понижается уровень пластичности. **09Г2С** не изменяет свои качества даже после термической обработки.

Для сварки элементов из стали 09Г2С подходит любой вид электродов для сварочных работ по малоуглеродистым и низколегированным сталям (Э50А или Э42А).

Основная область применения марки **09Г2С - изготовление трубного проката, арматуры и пр. изделий для металлоконструкций на сварке**. За счёт большой прочности сталь активно применяют в строительстве, так как из неё можно изготовить более тонкие и лёгкие детали, элементы, что обеспечивает экономию расхода металла.

Простые сварочные работы для изделий и деталей из 09Г2С дают возможность изготовить из листов данной стали любые, самые сложные по конфигурации конструкции, которые **используют в химической, нефтеперерабатывающей, судостроительной и пр. сферах**.

Благодаря закалке и отпуску, **данная сталь незаменима при производстве трубопроката и арматуры для трубопроводов**.

А стойкость к минусовым температурным режимам, **морозоустойчивость, даёт возможность использования трубных изделий из 09Г2С в северных областях с низкими температурами**. Помимо этого, такой большой диапазон температур обеспечивает применение стали при сильных деформациях при длительном эксплуатационном периоде.