

ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

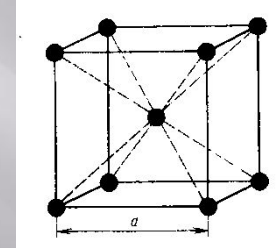
ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

1. От чего зависит прочность металла?

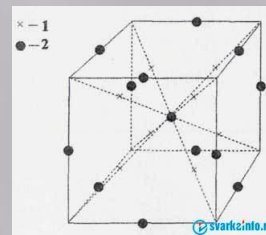
Прочность металла зависит от величины зёрен, чем меньше размер зёрен, тем прочнее металл и наоборот.

2. Перечислите основные виды кристаллических решёток в металлах.

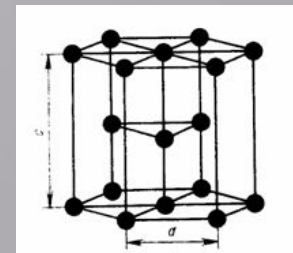
1) Объёмно-центрированный куб ОЦК



2) Гранецентрированный куб ГЦК



3) Гексагональная решётка ГГР



ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

3. Дайте определение Пластичности

Способность материалов получать большие остаточные деформации не разрушаясь, - называется пластичностью.

4. Дайте определение Твёрдости

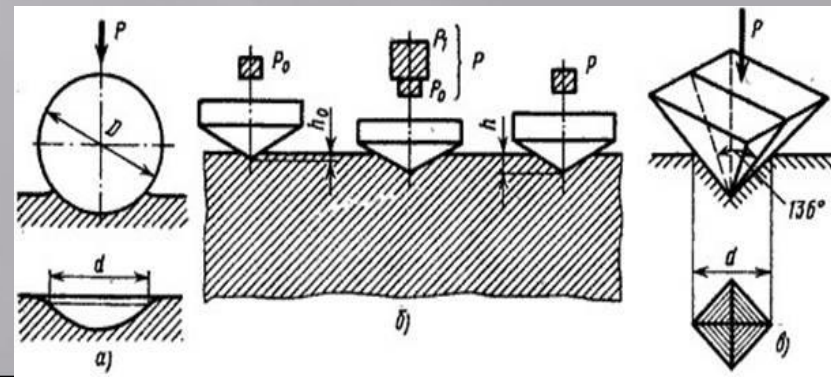
Под твёрдостью понимается способность материала противодействовать механическому проникновению в него посторонних тел.

5. С чем связан показатель твёрдости

Определение твёрдости повторяет по существу определение свойств прочности.

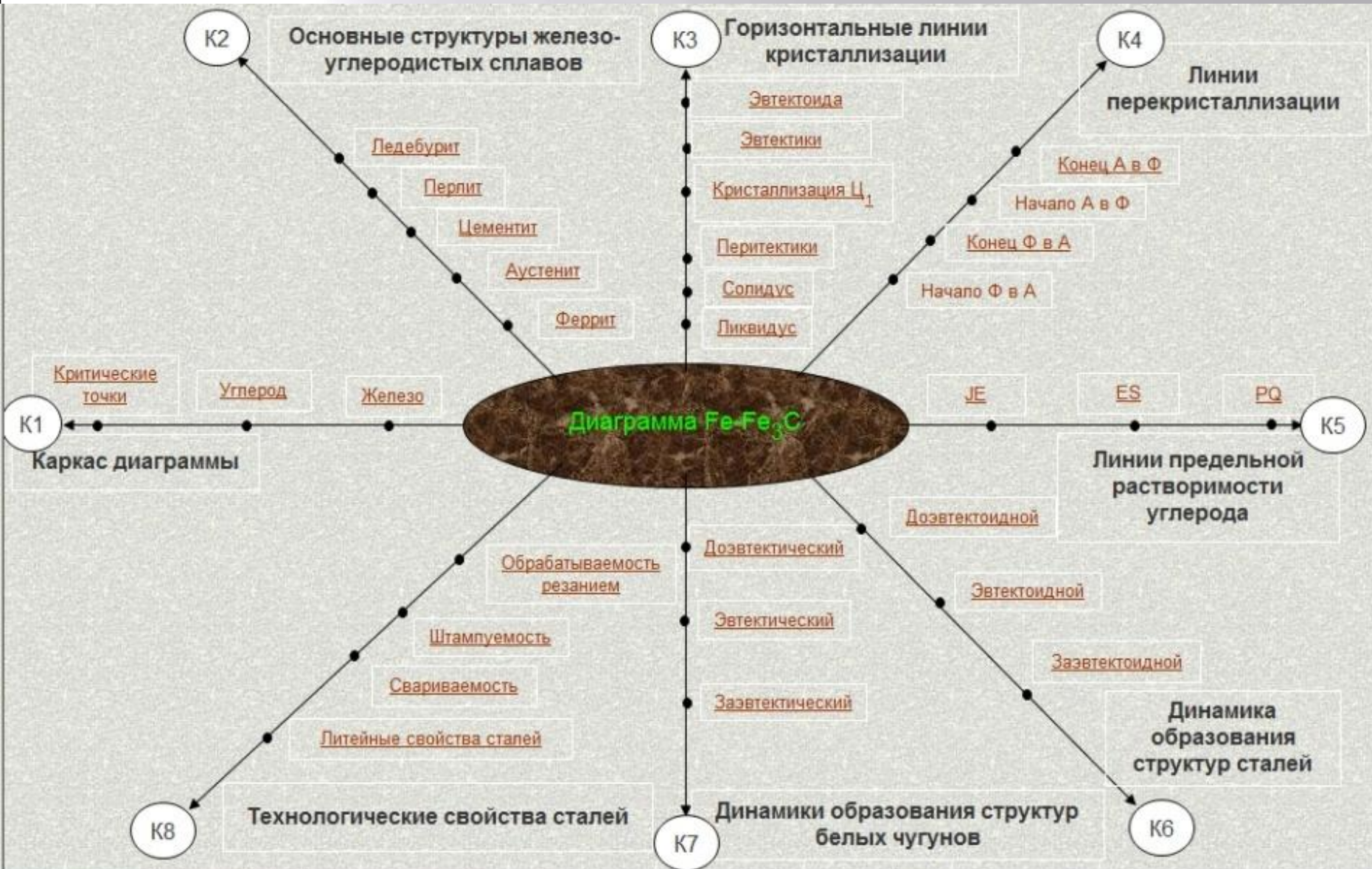
6. Какие виды определения твёрдости получили наибольшее распространение и в чём их отличие?

Наиболее широкое применение распространения получили пробы по Бринелю и по Роквеллу.



ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.



ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Fe металл, серебристо-светлого цвета с порядковым номером 26.

Температура плавления чистого Fe 1539°C. Плотность при комнатной температуре 7,68 г/см³.

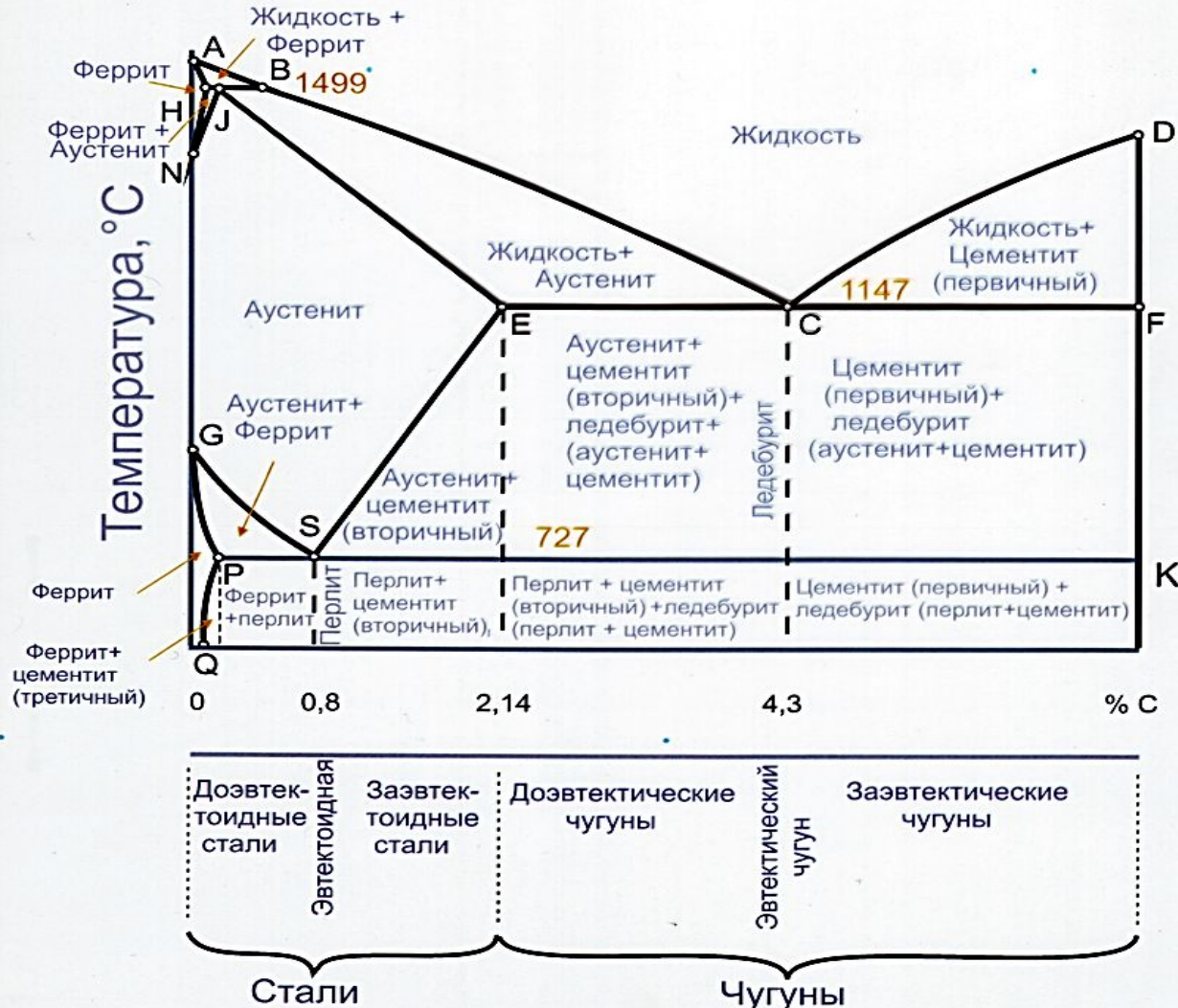
Углерод относится к неметаллам.

в зависимости от условий образования существует в форме графита с гексагональной

кристаллической решеткой

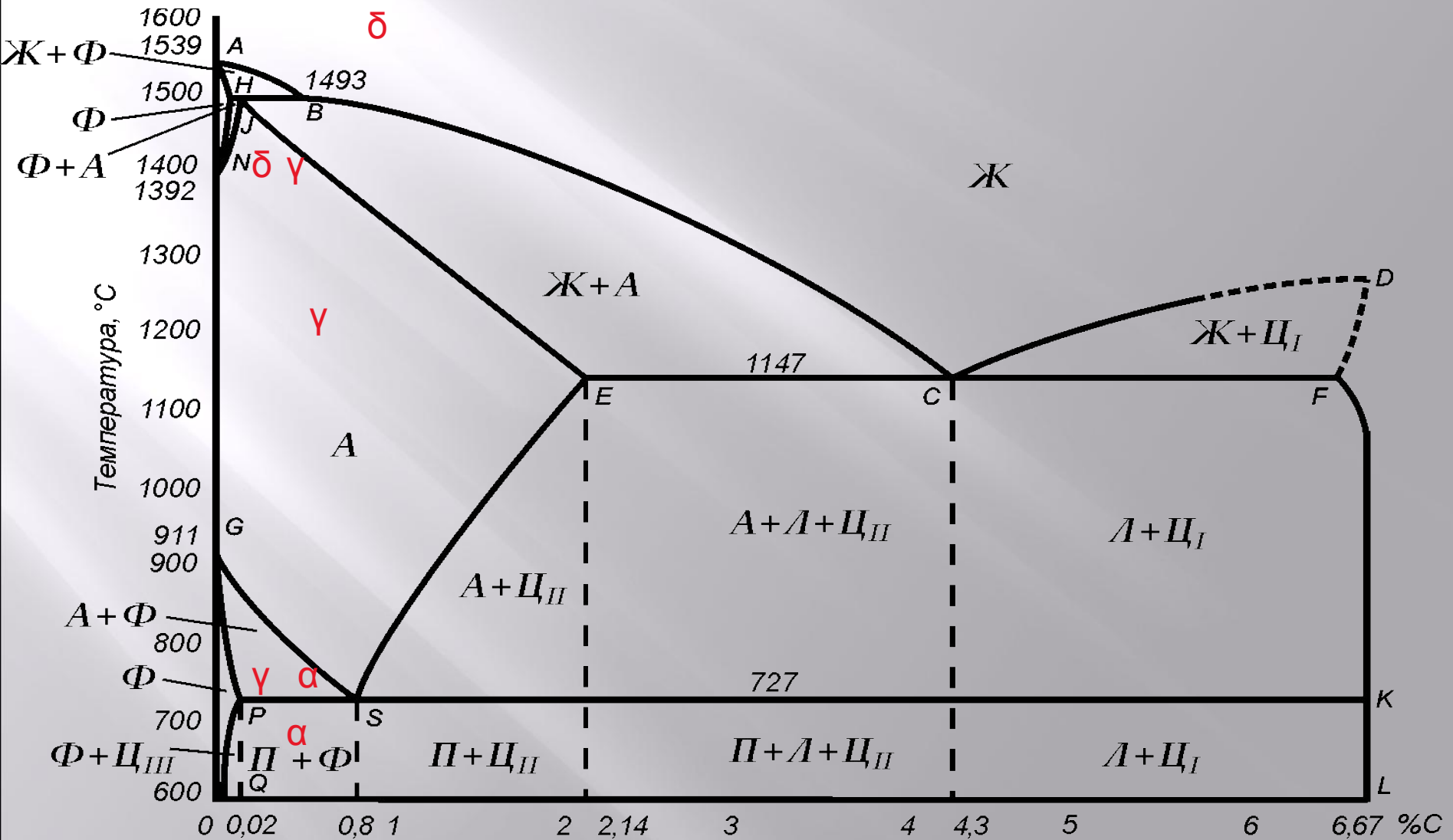
(температура плавления – 3500° С, плотность - 2,5 г/см³) или в форме алмаза со сложной кубической решеткой (температура плавления – 5000 °С).

Структурная диаграмма состояний железо-цементит



ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.



ЛЕКЦИЯ 2

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Характеристика фазовых составляющих

Феррит (Ф) - твердый раствор внедрения углерода в α -железе. Растворимость углерода в α -железе при комнатной температуре до 0,005%; наибольшая растворимость - 0,02% при 727°C. Феррит имеет незначительную твердость (НВ 80-100) и прочность ($\sigma_{\text{в}}=250$ МПа), но высокую пластичность ($\delta=50\%$; $\varphi=80\%$).

Аустенит (А) - твердый раствор внедрения углерода в γ -железе. В железоуглеродистых сплавах он может существовать только при высоких температурах. Предельная растворимость углерода в γ -железе 2,14% при температуре 1147°C и 0,8% - при 727°C. Аустенит имеет твердость НВ 160-200 и весьма пластичен ($\delta=40-50\%$).

Цементит (Ц) - химическое соединение железа с углеродом (карбид железа Fe_3C). В цементите содержится 6,67% углерода. Температура плавления цементита около 1600°C. Он очень тверд (НВ~800), хрупок и практически не обладает пластичностью.

Графит - это свободный углерод, мягок (НВ 3) и обладает низкой прочностью. С изменением формы графитовых включений меняются механические и технологические свойства сплава.

ЛЕКЦИЯ 2

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Характеристика фазовых составляющих

Перлит (П) - механическая смесь (эвтектоид, т. е. подобный эвтектике, но образующийся из твердой фазы) феррита и цементита, содержащая 0,8% углерода. При комнатной температуре зернистый перлит имеет предел прочности $\sigma_{\text{в}}=800$ МПа; относительное удлинение $\delta=15\%$; твердость НВ 160

Эвтектика (от греч. eutektos — легкоплавящийся) — состав смеси двух и более компонентов, плавящийся при минимальной температуре.

Ледебурит (Л) - механическая смесь (эвтектика) аустенита и цементита, содержащая 4,3% углерода. Ледебурит образуется при затвердевании жидкого расплава при 1147°C. Ледебурит имеет твердость НВ 600-700 и большую хрупкость

Сплавы с содержанием углерода до 2,14% называют **сталью**, а от 2,14 до 6,67% - **чугуном**.

ЛЕКЦИЯ 2

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

В результате первичной кристаллизации во всех сплавах с содержанием углерода до 2,14%, т. е. в сталях, образуется однофазная структура - **аустенит**. В сплавах с содержанием углерода более 2,14%, т. е. в чугунах, при первичной кристаллизации образуется эвтектика **ледебурита**.

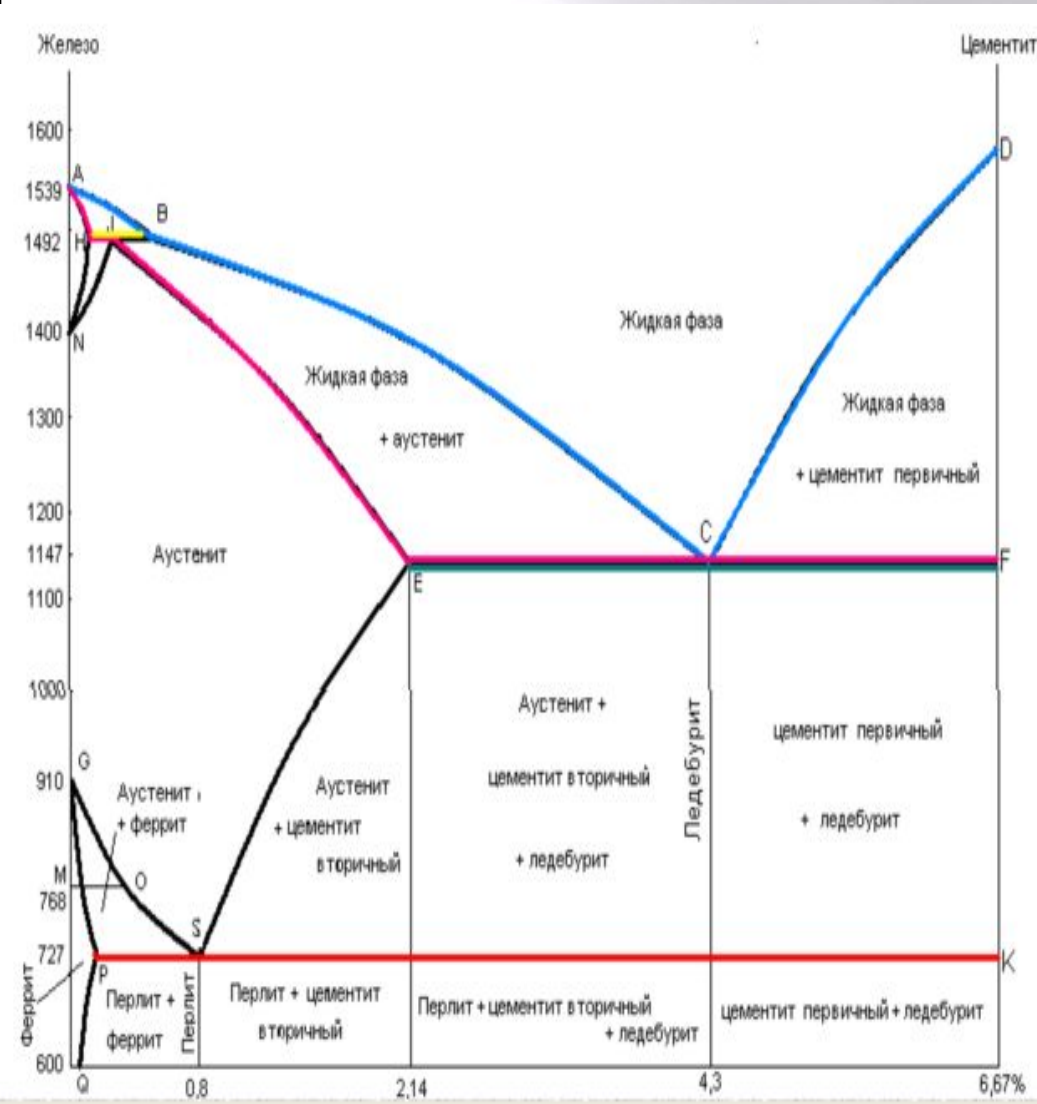
В зависимости от содержания углерода железоуглеродистые сплавы делят на две группы:

1. Стали:
 - а) доэвтектоидные ($0,8 \% > C > 0,02 \%$);
 - б) эвтектоидные ($C \approx 0,8 \%$);
 - в) заэвтектоидные ($2,14 \% > C > 0,8 \%$);

2. Чугуны:
 - а) доэвтектические ($4,3 \% > C > 2,14 \%$);
 - б) эвтектические ($C \approx 2,14 \%$);
 - в) заэвтектические ($6,67 \% > C > 4,3 \%$).

ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД. Характеристика линий диаграммы Fe-Fe₃C



ACD – линия **ЛИКВИДУС**. Выше этой линии все сплавы находятся в жидком состоянии.

AECF – линия **СОЛИДУС**. Ниже этой линии все сплавы находятся в твердом состоянии.

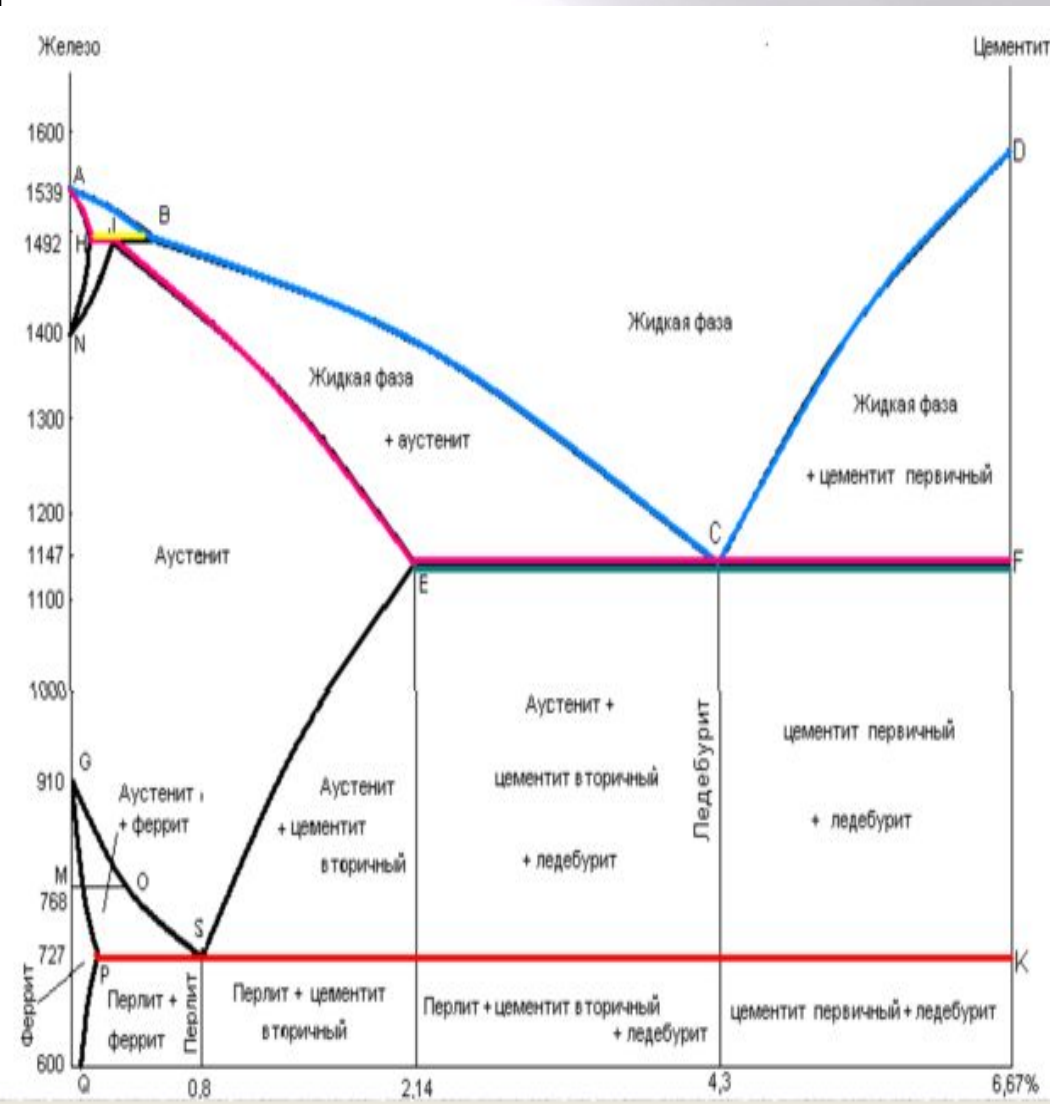
AC – из жидкого раствора выпадают кристаллы аустенита.

CD – линия выделения первичного цементита.

ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Характеристика линий диаграммы Fe-Fe₃C



AE – заканчивается кристаллизация аустенита.

ECF – линия эвтектического превращения.

PSK – линия эвтектоидного превращения.

GS – определяет температуру начала выделения феррита из аустенита (910-727 °C).

GP – определяет температуру окончания выделения феррита из аустенита.

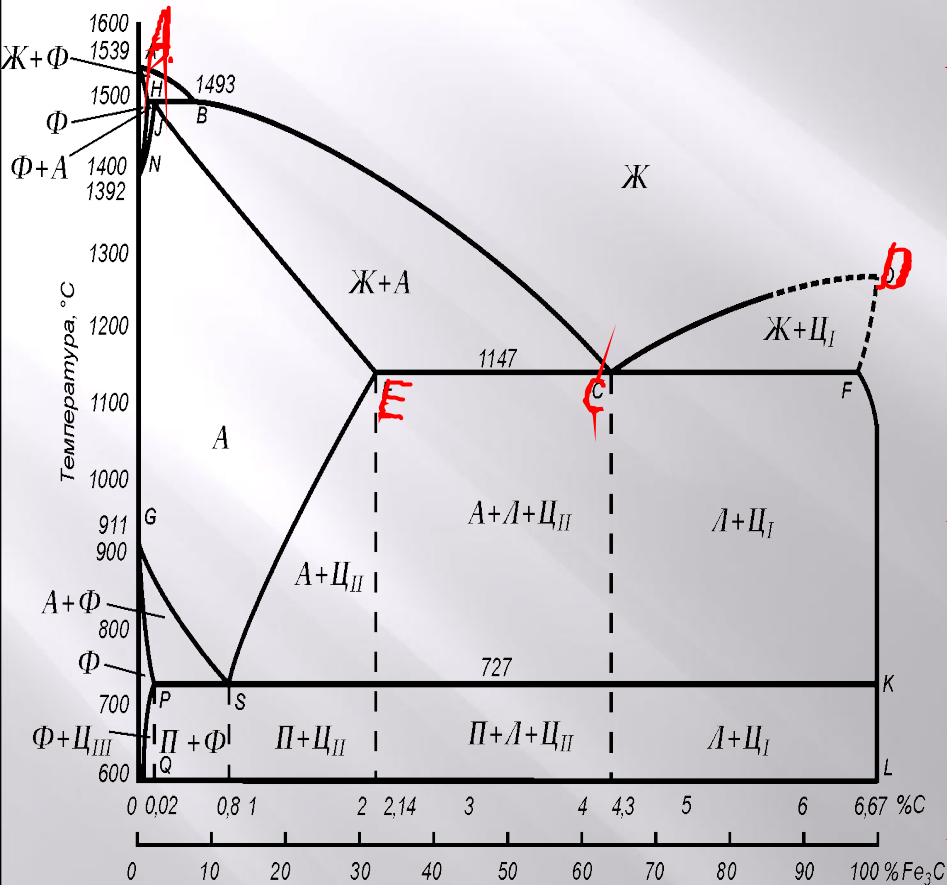
ES – линия выделения вторичного цементита.

PQ – линия выделения третичного цементита.

ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Характеристика точек диаграммы Fe-Fe₃C



A – точка плавления – кристаллизации чистого железа . Температура 1539 °С,
C – эвтектическая точка, температура 1147 °С, концентрация углерода – 4,3 % (содержание углерода в жидком растворе, находящемся в равновесии с аустенитом и цементитом при эвтектическом превращении).

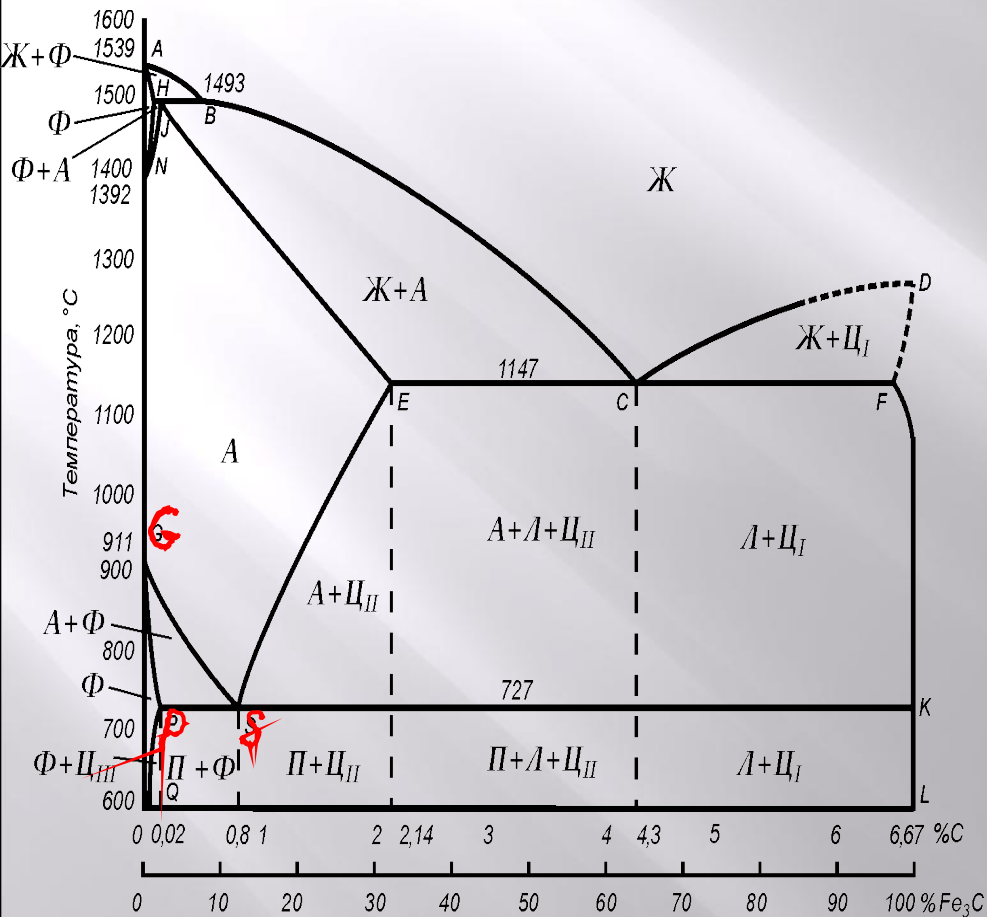
D – точка, соответствующая температуре плавления цементита, ее положение на диаграмме не определено, так как цементит – термодинамически неустойчивая фаза и при плавлении разлагается на железо и графит.

E – точка, отвечающая предельному содержанию углерода в аустените, Является границей между сталями и чугунами.

ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Характеристика точек диаграммы Fe-Fe₃C



G – точка полиморфного превращения в чистом железе $\alpha \leftrightarrow \gamma$ (911 °C), соответствует для чистого железа критической точке A_3 .

P – точка предельного содержания углерода в феррите, находящемся в равновесии с цементитом и аустенитом при эвтектической температуре (727 °C), содержание углерода – 0,02 %.

Эта точка определяет техническое железо в стали.

S – эвтектоидная точка, температура 727 °C, концентрация углерода – 0,8 % (содержание углерода в твердом растворе, находящемся в равновесии с ферритом и цементитом при эвтектоидном превращении).

ЛЕКЦИЯ 2

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

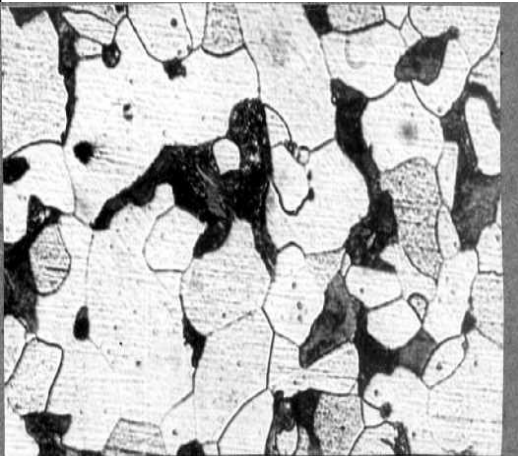
Доэвтектоидная сталь

Увеличение содержания углерода сверх 0,025% вызывает образование перлита – двухфазной структуры, формирующейся при эвтектоидном превращении. Перлит состоит из двух фаз: феррита и цементита и имеет суммарное содержание углерода 0,8%.. Количество перлита в доэвтектоидных сталях возрастает с увеличением содержания углерода.

ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Структура низкоуглеродистой доэвтектоидной стали (0,2% углерода)



x 300

*Твердость
по Бринеллю
110-120 НВ*

Светлые (белые) участки твердого раствора феррита (Ф) и темные – перлита (П) пластинчатого строения.

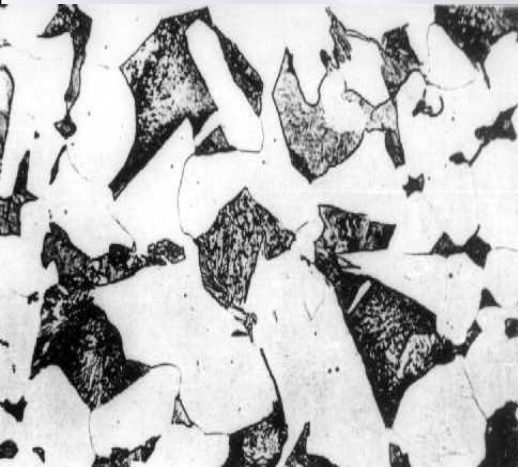
Структурные составляющие:

феррит и перлит (Ф+П).

Фазы:

феррит (α -фаза) и цементит (карбид железа Fe_3C)

Структура среднеуглеродистой доэвтектоидной стали марки 45 (0,45% углерода)



x 300

*Твердость по
Бринеллю
140-160 НВ*

С ростом содержания углерода увеличивается количество темной перлитной структурной составляющей.

Структурные составляющие:

феррит и перлит (Ф+П).

Фазы:

феррит (α -фаза) и цементит (карбид железа Fe_3C)

ЛЕКЦИЯ 2

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Структура доэвтектоидной стали с 0,6% углерода



x300

*Твердость
по*

*Бринеллю
160-170 НВ*

Основная структурная составляющая – перлит с небольшими участками феррита. С ростом доли перлитной составляющей возрастает и общая твердость стали.

Структурные составляющие:

феррит и перлит (Ф+П).

Фазы:

феррит (α -фаза) и цементит (карбид железа Fe_3C)

Структура эвтектоидной стали марки У8



x 300

*Твердость
по Бринеллю
180-200 НВ*

Структура пластинчатого перлита (П). Тонкие пластины цементита (Ц) на светлом поле твердого раствора феррита (Ф).

Структурные составляющие:

перлит (П)

Фазы:

феррит (α -фаза) и цементит (карбид железа Fe_3C).

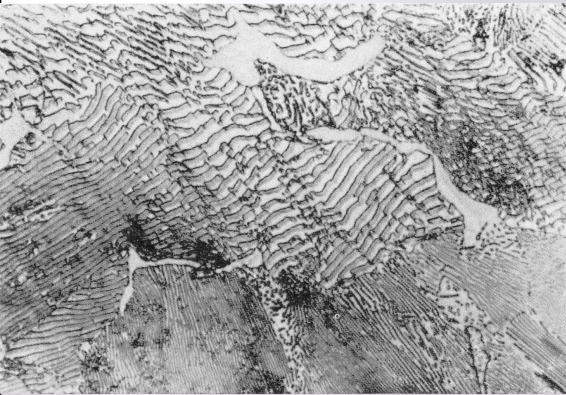
ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Эвтектоидная сталь

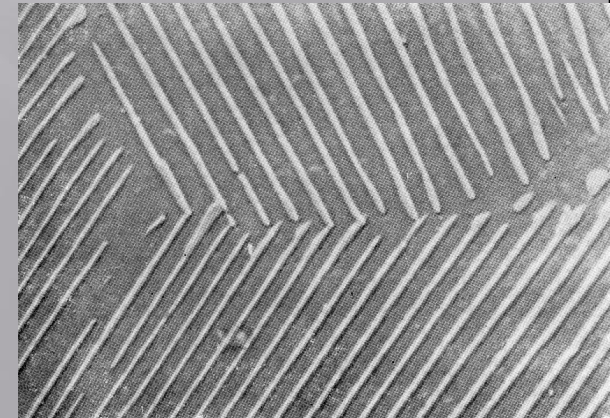
В стали, содержащей 0,8% углерода, получается чисто перлитная структура, поскольку этот состав является, согласно диаграмме равновесия, эвтектоидным.

Структура пластинчатого перлита при различном увеличении



X 1000

Хорошо видны чередующиеся пластинки феррита и цементита (*a*) и (*б*), а также место стыка бывших аустенитных зерен (*б*).



X 5000

ЛЕКЦИЯ 2

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

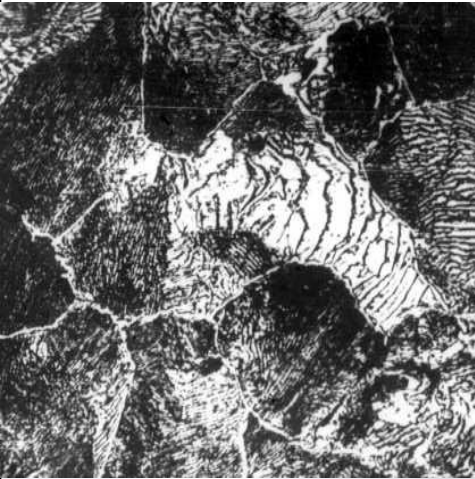
Заэвтектоидная сталь

Заэвтектоидная сталь характеризуется избыточным содержанием цементита, который может выделяться по границам зерен перлита. *Цементитная* сетка является значительным дефектом заэвтектоидной стали, приводящим к снижению ее прочности и вязкости.

ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Структура заэвтектоидной стали марки У12 (1,2% углерода)



x 300

*Твердость
по Бринеллю
200-220 НВ*

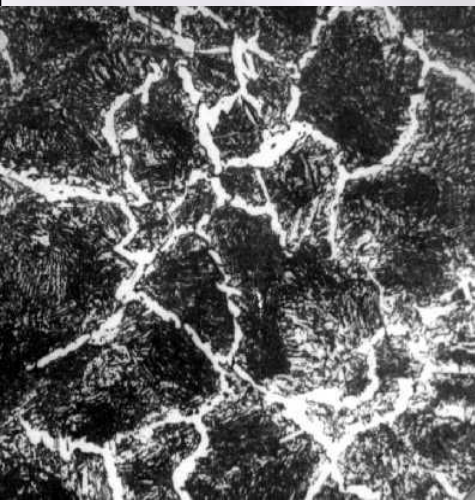
Структура состоит из пластинчатого перлита (П), окруженного светлой сеткой избыточного цементита (Ц), выделившегося по границам бывшего аустенитного зерна.

Структурные составляющие:

перлит и цементит вторичный (П+Ц_{II}).

Фазы: феррит (α -фаза) и цементит (карбид железа Fe_3C).

Структура заэвтектоидной стали с 1,3% углерода



x 300

*Твердость
по Бринеллю
200-220 НВ*

Структура отличается от предыдущей большей толщиной цементитной сетки.

Структурные и фазовые составляющие те же, что и выше.

ЛЕКЦИЯ 2

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Белый чугун

Белые чугуны характеризуются тем, что весь углерод в них находится в связанном состоянии в форме карбида железа - цементита (Fe_3C). По химическому составу и структуре чугуны делят на доэвтектические, эвтектические и заэвтектические.

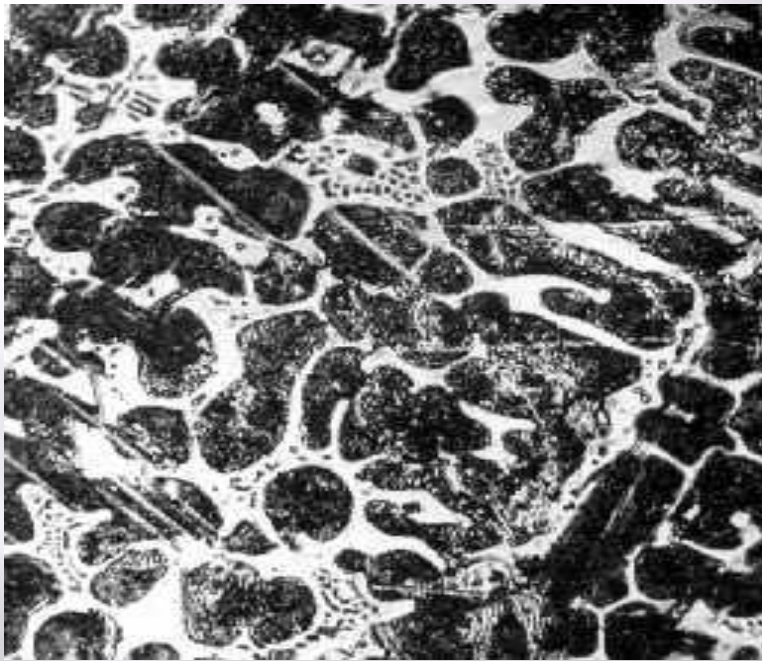
Доэвтектический белый чугун

В структуре доэвтектического белого чугуна наряду с **аустенитом**, образованным при первичной кристаллизации, и вторичным цементитом присутствует хрупкая эвтектика — **ледебурит**, количество которой возрастает с увеличением содержания углерода.

ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Структура низкоуглеродистого доэвтектического белого чугуна с 3,3% углерода



x 300

Темные участки распавшегося (на перлит) избыточного твердого раствора аустенита (А) и пестрая эвтектика – распавшийся ледебурит - между ними. Внутри распавшегося аустенита видны светлые выделения вторичного цементита (C_{II}).

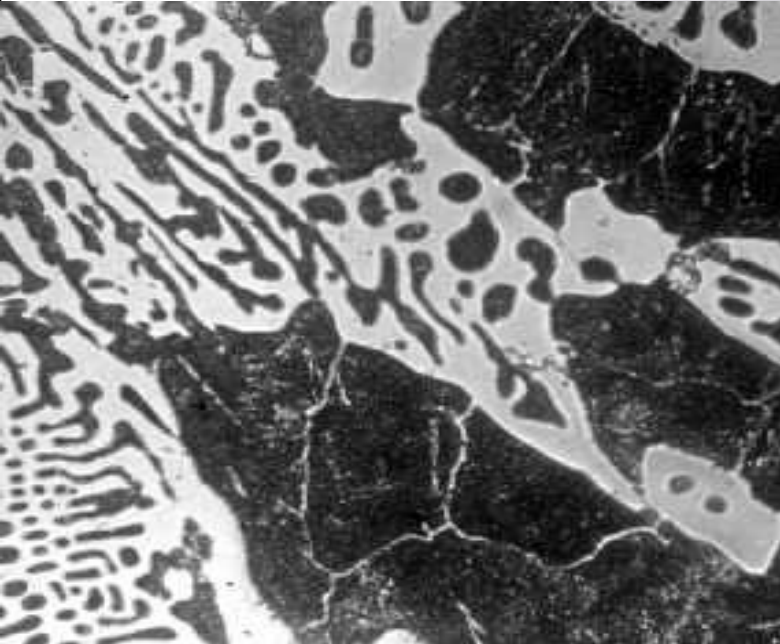
Структурные составляющие:

аустенит распавшийся (перлит), ледебурит распавшийся и цементит вторичный ($A_p + L_p + C_{II}$).

Фазы: Феррит (α -фаза) и цементит (карбид железа Fe_3C). При температуре выше A_1 фазы: аустенит (γ -фаза) и цементит.

ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД. Структура доэвтектического белого чугуна с 4,0% углерода



x 600

Большое увеличение позволяет увидеть внутри распавшегося аустенита светлые выделения вторичного цементита (Ц_{II}) в виде сетки по границам зерен.

Структурные составляющие:
аустенит распавшийся (перлит), ледебурит распавшийся и цементит вторичный ($\text{A}_p + \text{Л}_p + \text{Ц}_{\text{II}}$).

Фазы: феррит (α -фаза) и цементит (карбид железа Fe_3C). При температуре выше A_1 фазы – аустенит (γ -фаза) и цементит.

ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Эвтектический чугун (4,3% углерода)



x 300

*Твердость
по*

*Бринеллю
500-520
НВ*

Структура состоит из эвтектики (распавшегося ледебурита – L_p), представляющей собой равномерно распределенные темные участки распавшегося твердого раствора аустенита (А) и светлые участки цементита (Ц).

Структурные составляющие:
эвтектика (L_p).

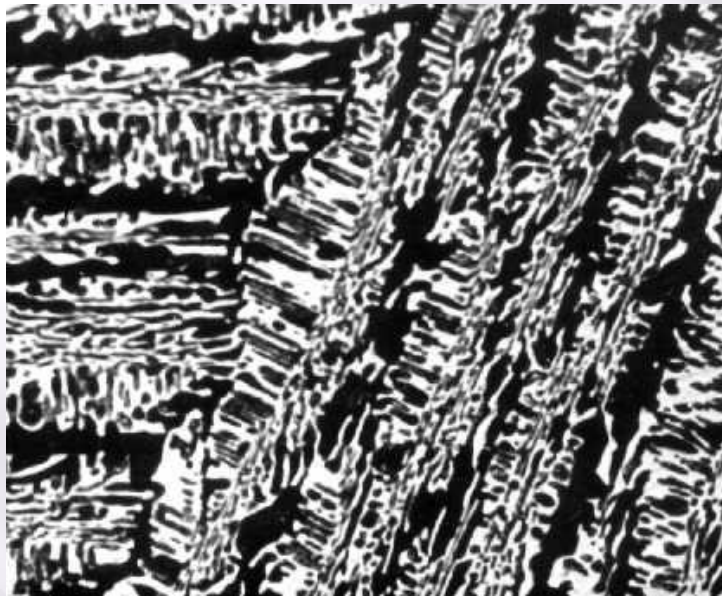
Фазы:

феррит (α -фаза) и цементит (карбид железа Fe_3C). При температуре выше A_1 - аустенит и цементит

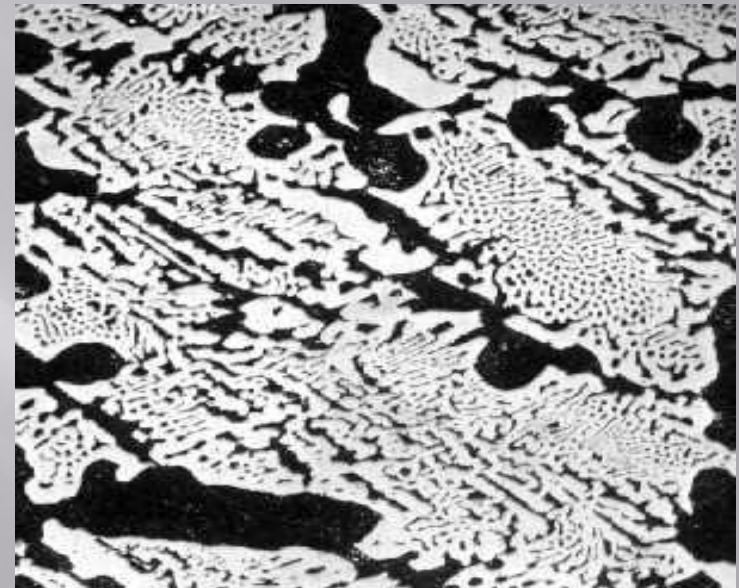
ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Структура эвтектического чугуна (примеры строения ледебурита)



x 300



ЛЕКЦИЯ 2

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

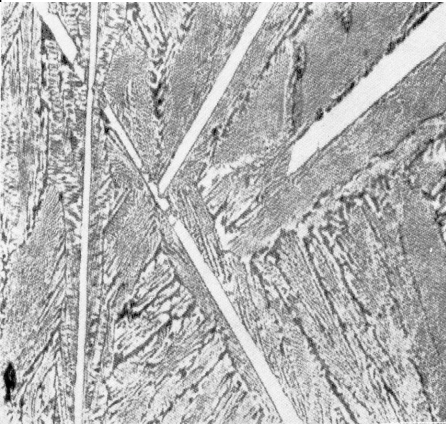
ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Заэвтектический чугун

Структура заэвтектического чугуна состоит из эвтектики (ледебурит) и первичного цементита, выделяющегося при кристаллизации из жидкости в виде крупных пластин.

ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД. Заэвтектический чугун (5% углерода)

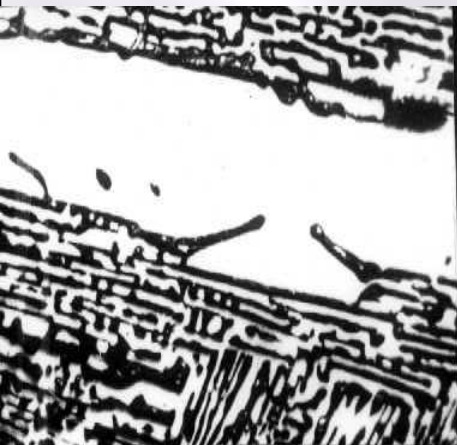


x 100

Белые пластинки избыточного первичного цементита (Ц_I) и пестрая эвтектика (ледебурит распавшийся – Л_p) между ними.

Структурные составляющие:
эвтектика (ледебурит распавшийся) и цементит первичный ($\text{Л}_p + \text{Ц}_I$).

Фазы: феррит (α -фаза) и цементит (карбид железа Fe_3C).

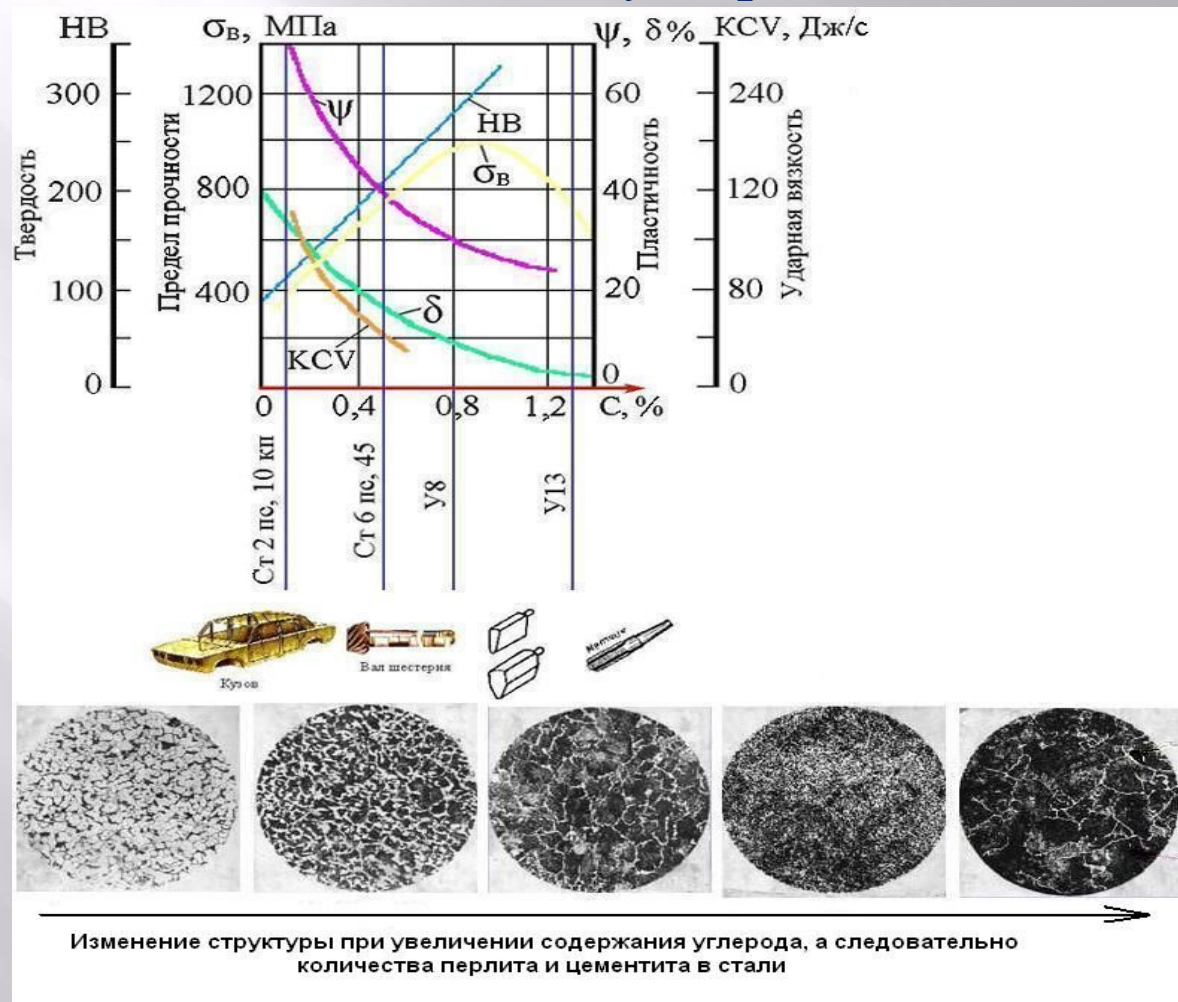


x 700

*Твердость
по
Бринеллю
630-650 НВ*

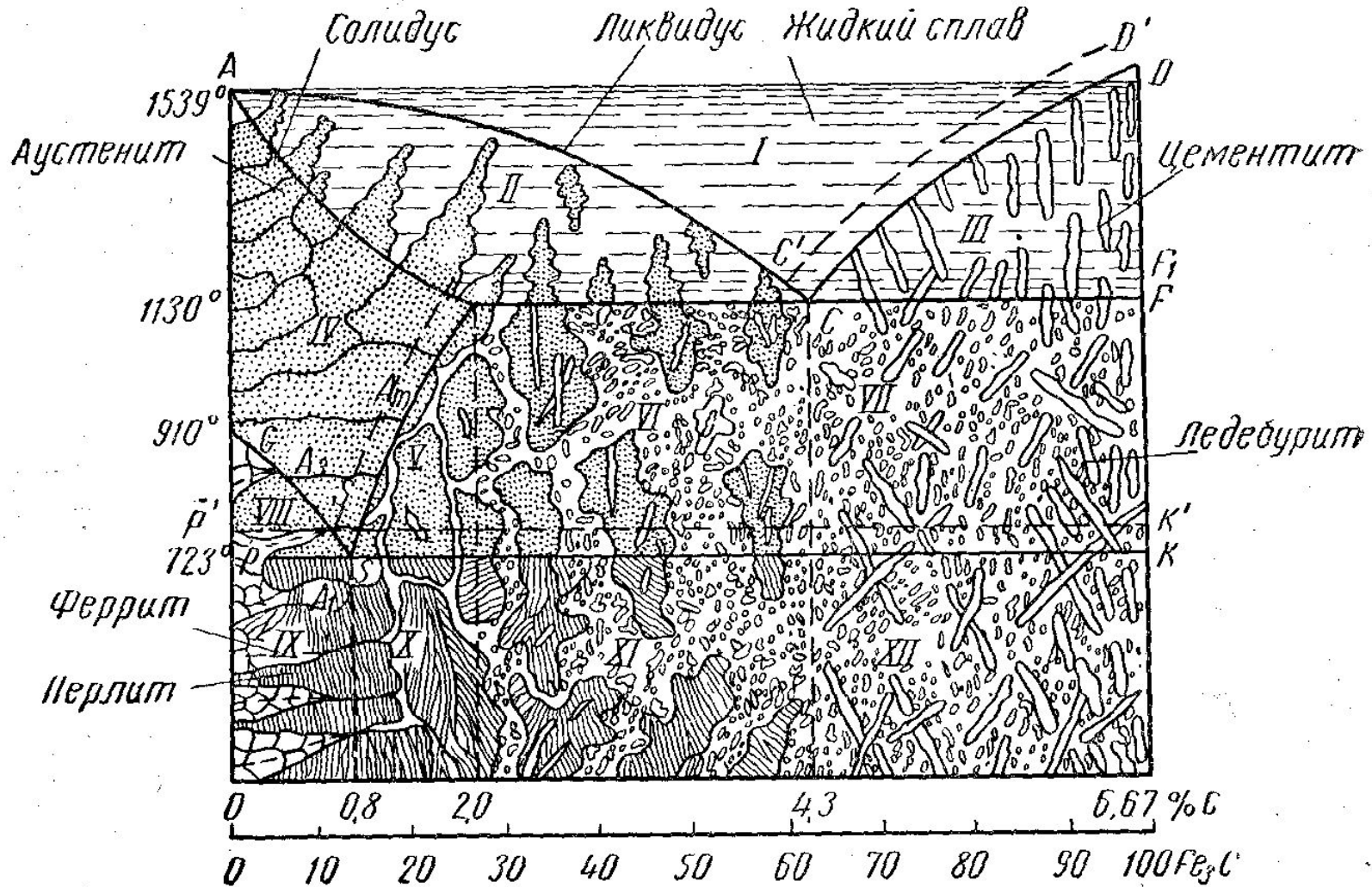
ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД. Изменение микроструктуры и свойств сталей с увеличением количества углерода



ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

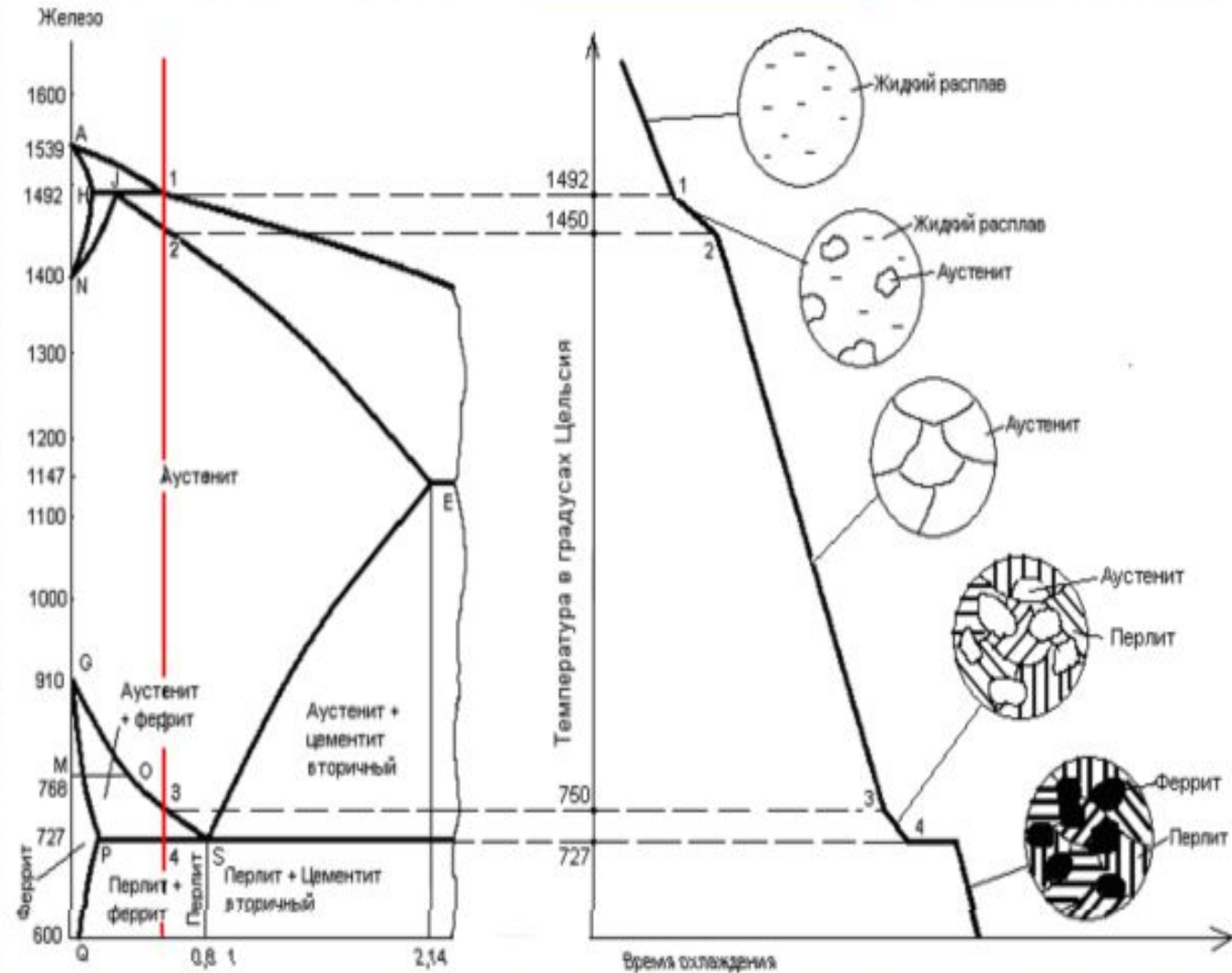
ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.



ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

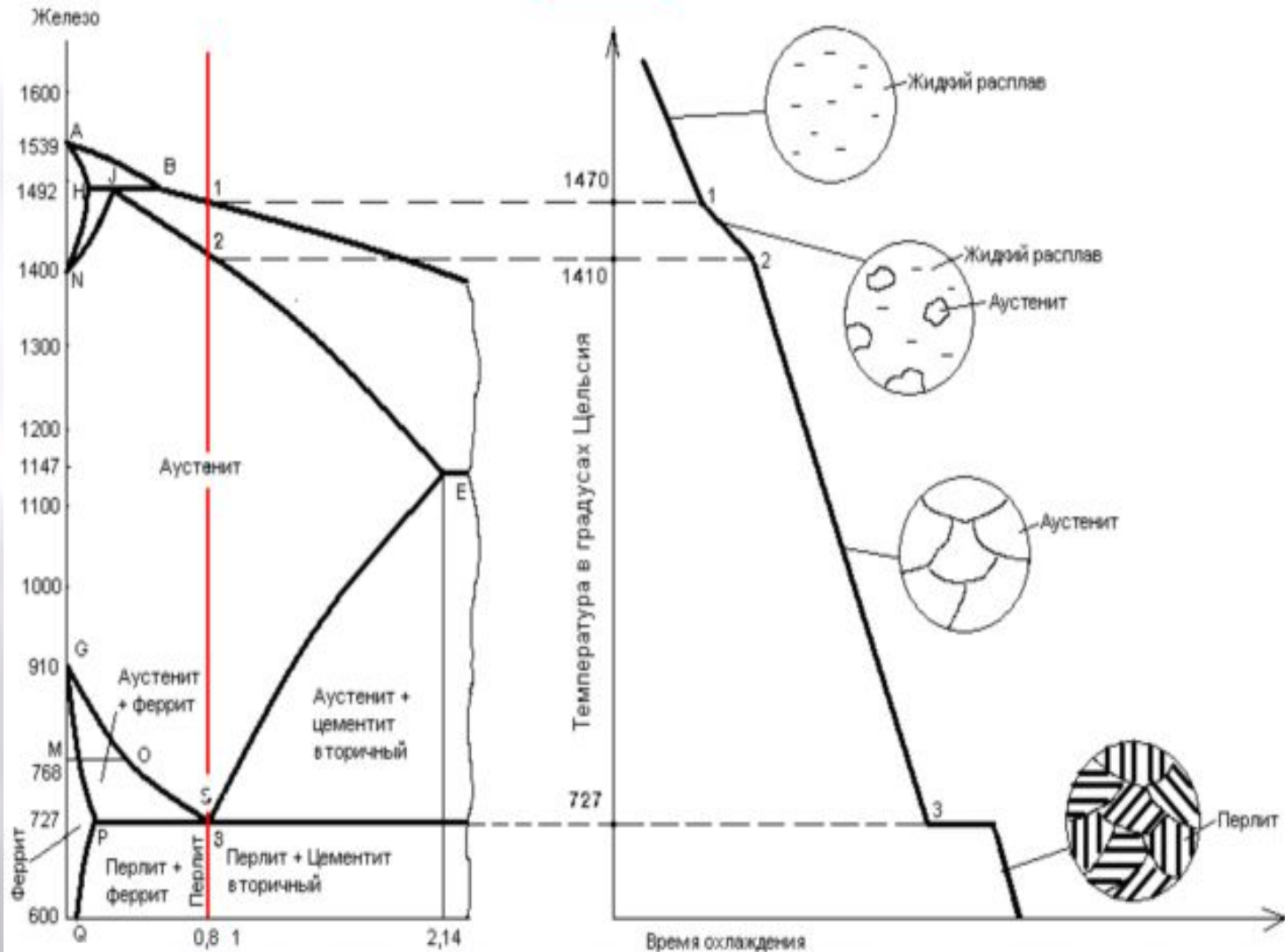
61 Матрица структурных превращений доэвтектоидной стали при медленном охлаждении



ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

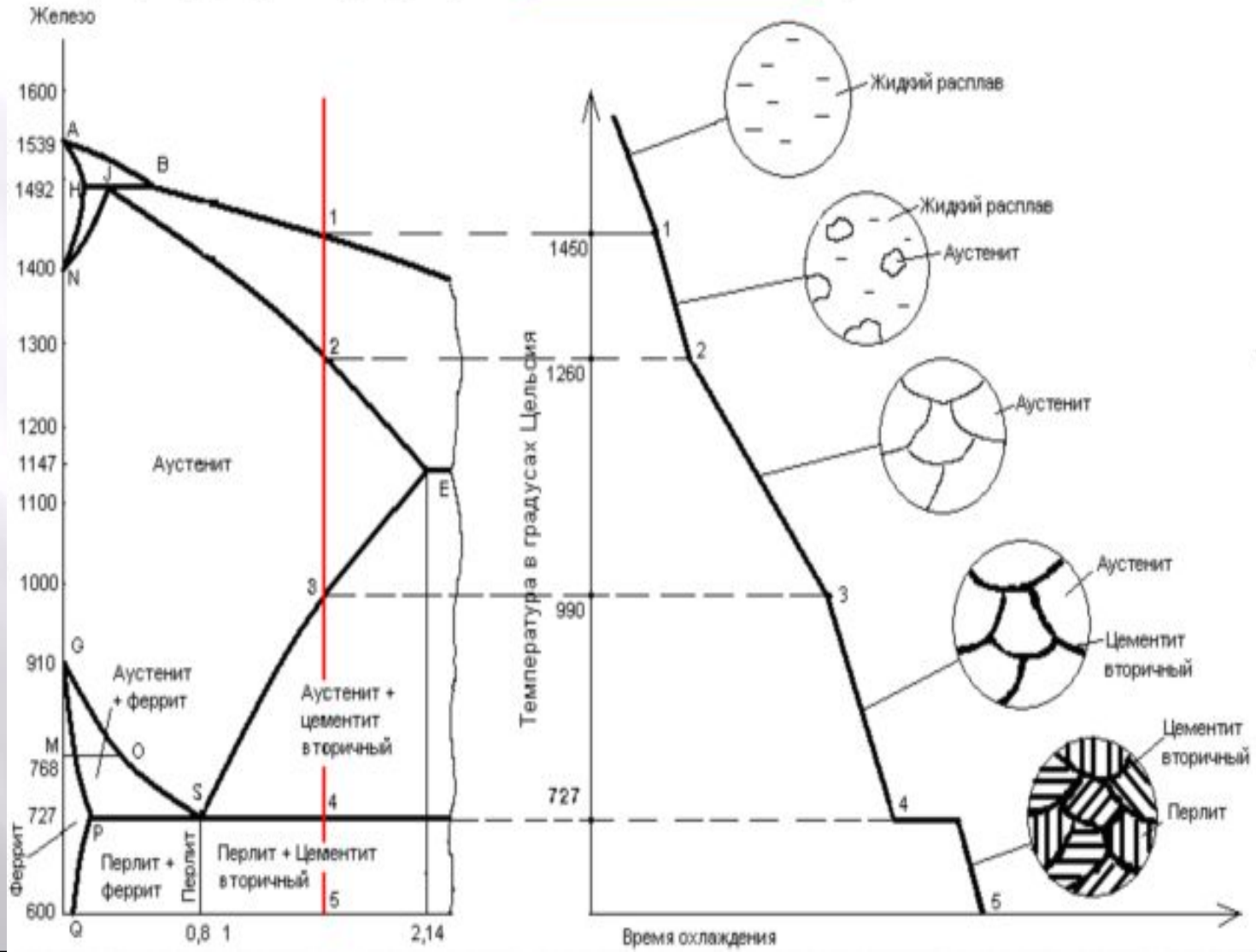
62 Матрица структурных превращений стали У8 при медленном охлаждении



ЛЕКЦИЯ 2 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

63 Матрица структурных превращений заэвтектоидной стали при медленном охлаждении



ЛЕКЦИЯ 2

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Закрепление изученного материала

Вопрос 1

Укажите линию ликвидус

- 1) PSK
- 2) ACD
- 3) ECF
- 4) SE

Вопрос 2

Укажите линию солидус

- 1) ACD
- 2) AECF
- 3) PSK
- 4) ECF

Вопрос 3

Укажите содержание углерода в цементите

- 1) 6,67 %
- 2) 4,3 %
- 3) 2,14%
- 4) 0,8%

Вопрос 4

Укажите содержание углерода в эвтектоиде

- 1) 6,67 %
- 2) 4,3 %
- 3) 2,14%
- 4) 0,8%

Вопрос 5

Укажите содержание углерода в эвтектике

- 1) 6,67 %
- 2) 4,3 %
- 3) 2,14%
- 4) 0,8%

ЛЕКЦИЯ 2

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД.

Закрепление изученного материала

Вопрос 6

Как называется структура, представляющая собой твердый раствор углерода в α - железе?

- 1) перлит
- 2) цементит
- 3) феррит
- 4) аустенит

Вопрос 7

Как называется структура, представляющая собой твердый раствор углерода в γ - железе?

- 1) феррит
- 2) цементит
- 3) аустенит
- 4) ледебурит

Вопрос 8

Как называется структура представляющая собой карбид железа Fe_3C ?

- 1) феррит
- 2) аустенит
- 3) ледебурит
- 4) цементит

Вопрос 9

Как называется структура, представляющая собой механическую смесь феррита и цементита?

- 1) перлит
- 2) δ -феррит
- 3) аустенит
- 4) ледебурит

Вопрос 10

Как называется структура, представляющая собой механическую смесь аустенита и цементита?

- 1) перлит
- 2) феррит
- 3) ледебурит
- 4) δ -феррит

Строение и свойства материалов.

Музыкальная пауза Скрипичный дуэт Life Explosive