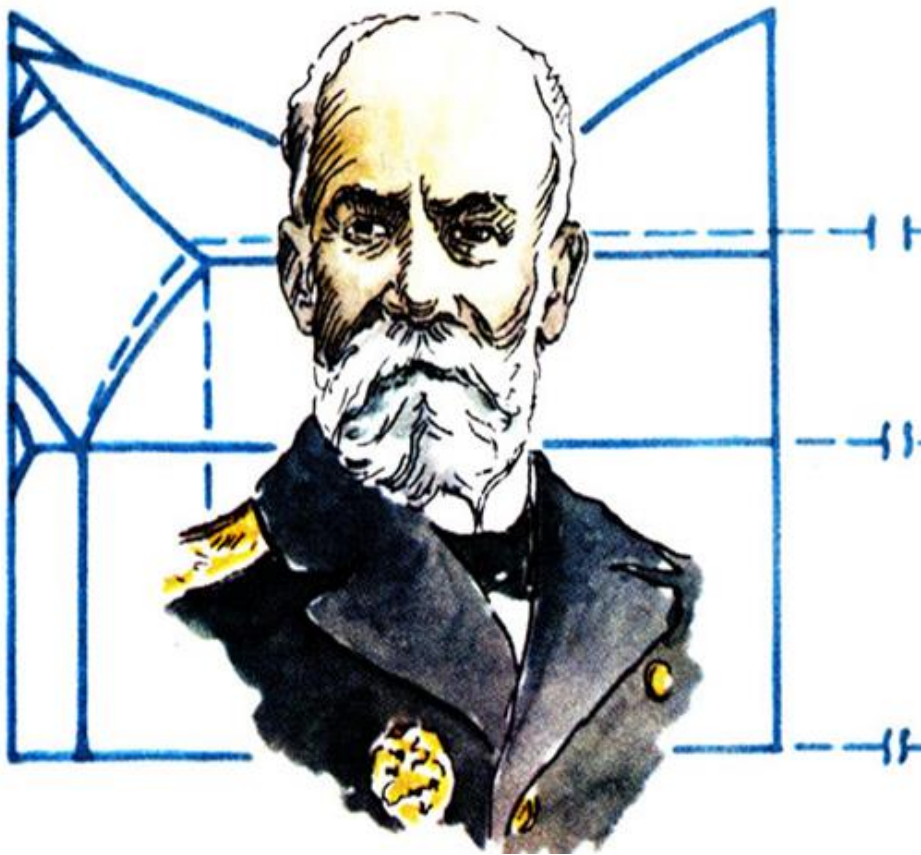


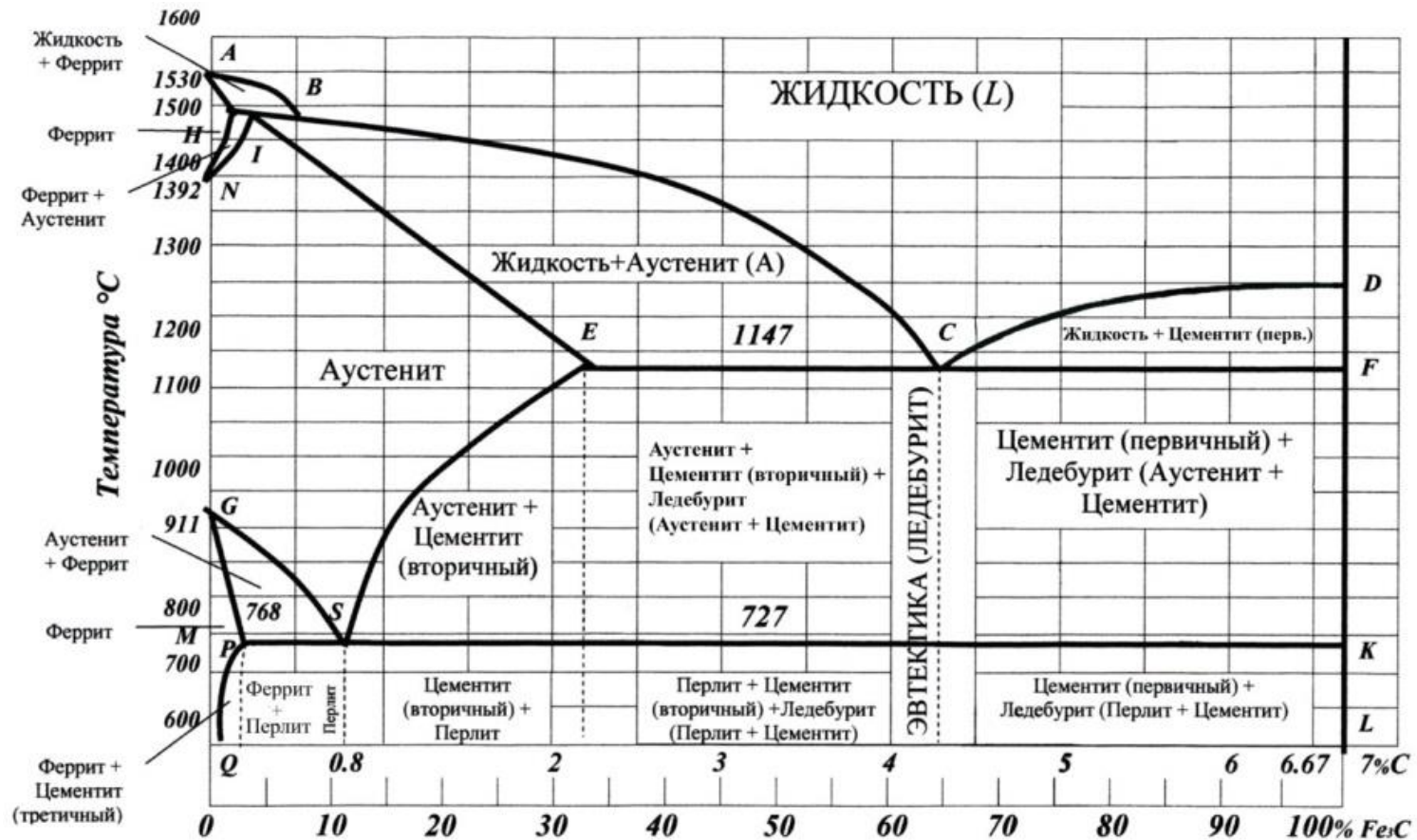
Диаграмма состояния «железо-цементит»

Дмитрий Константинович Чернов (1839 - 1921)



Русский металлург и изобретатель. Приобрёл известность после того, как открыл полиморфические превращения в стали, а также фазовую диаграмму железо-углерод. Это открытие стало началом научной металлографии.

Структуры стали и чугуна представлены на диаграмме состояния железо–углерод, т.е. данная диаграмма является основой металловедения. Используя ее, можно определять структуру железоуглеродистых сплавов с любым содержанием углерода при любой заданной температуре.

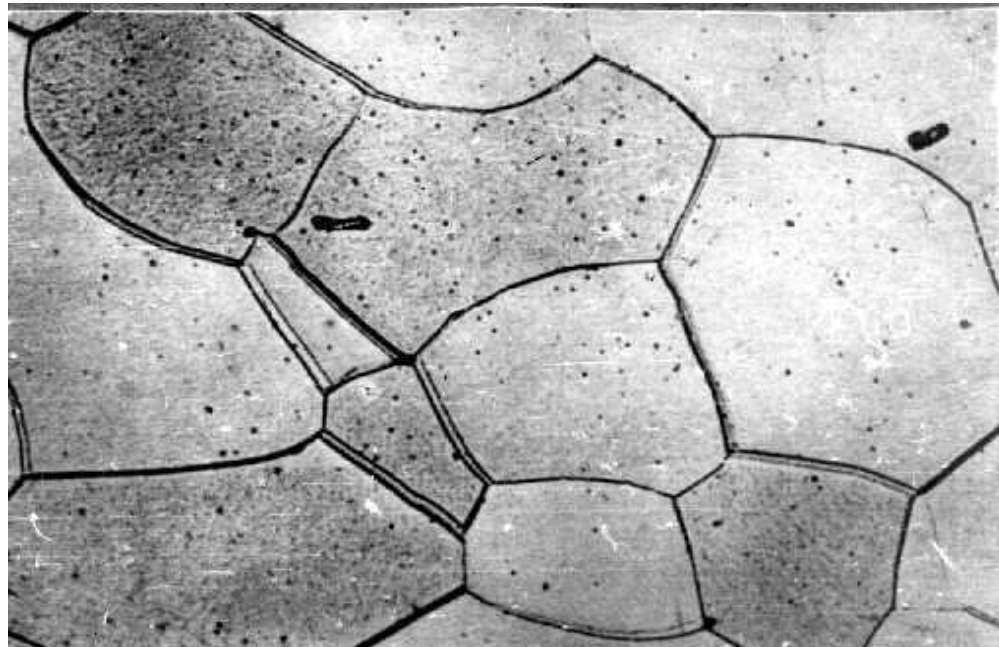


Характеристика железа

Fe – ферромагнитный переходный полиморфный металл, серебристо-светлого цвета с порядковым номером 26.

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

Техническое Fe содержит не более 0,02 % С.



Характеристика углерода

Углерод относится к неметаллам.

Обладает полиморфным превращением, в зависимости от условий образования существует в форме **графита** с гексагональной кристаллической решеткой (температура плавления – 3500°C , плотность – $2,5\text{ г/см}^3$) или в форме **алмаза** со сложной кубической решеткой (температура плавления – 5000°C).

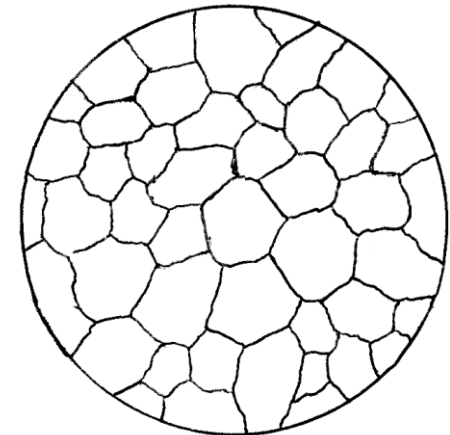


Характеристика фазовых составляющих

Феррит – твердый раствор внедрения углерода в α -железо. В феррите сохраняется кристаллическая решетка α -железа – объемно-центрированный куб.

Феррит занимает на диаграмме узкую область, примыкающую к железу QPG, имеет переменную предельную растворимость углерода: минимальную – 0,006 % при комнатной температуре (точка Q), максимальную – 0,025 % при температуре 727° С (точка P). Углерод располагается в дефектах решетки.

Свойства феррита близки к свойствам железа. Твердость феррита около 800–1000 МПа, предел прочности σ_B 250 МПа; σ_T 120 МПа, относительное удлинение (δ) до 50 %, а поперечное сужение φ -до 80 %. До температуры 768° С феррит ферромагнитен, выше – парамагнитен.



×100

Характеристика фазовых составляющих

Аустенит – твердый раствор внедрения углерода в γ -железо. Занимает большую область на диаграмме железо-углерод чем феррит. Углерод занимает место в центре гранцентрированной кубической ячейки.

Аустенит имеет переменную предельную растворимость углерода: минимальную – 0,8 % при температуре 727° С (точка S), максимальную – 2,14 % при температуре 1147° С (точка E).

Аустенит имеет твердость 1700 – 2000 МПа (200...250 НВ), σ_B 50 – 80МПа, пластичен (относительное удлинение – $\delta = 40...50\%$). При растворении в аустените других элементов могут изменяться свойства и температурные границы существования.

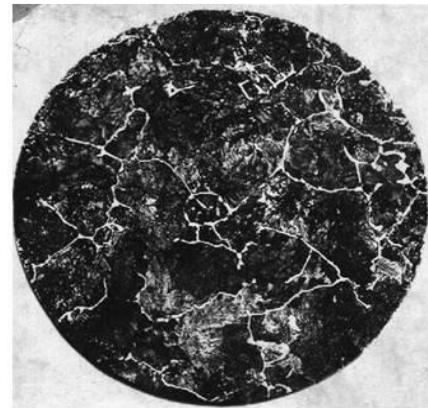


Схема структурных превращений стали (0,8%С) при нагреве

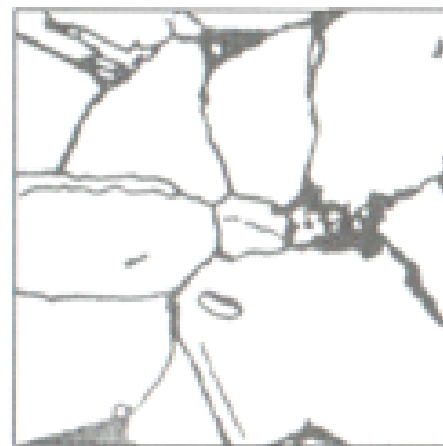
Характеристика фазовых составляющих

Цементит - химическое соединение железа с углеродом (карбид железа Fe_3C), содержит 6,67 % углерода. Температура плавления цементита точно не установлена ($1250-1550^\circ \text{C}$). При низких температурах цементит слабо ферромагнитен, магнитные свойства теряет при температуре около 217°C .

Цементит имеет высокую твердость (более 800 НВ, легко царапает стекло), но чрезвычайно низкую, практически нулевую, пластичность. Такие свойства являются следствием сложного строения кристаллической решетки.



Перлит (темный) + вторичный цементит (светлый)



Структура феррит + цементит третичный

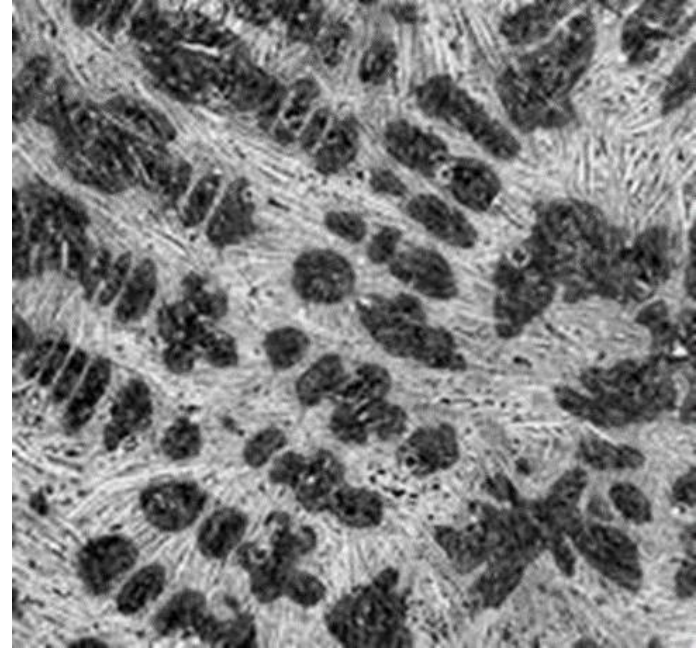
Характеристика фазовых составляющих

Перлит (эвтектоид) – механическая смесь феррита и цементита, содержащая 0,83% С. Образуется при перекристаллизации (эвтектоидном распаде) аустенита при $T=727\text{ }^{\circ}\text{C}$. Перлит обладает высокой прочностью ($\sigma_{\text{в}}=800\text{ МПа}$), твёрдостью (200 НВ). Структура перлита - чередующиеся пластинки феррита и цементита.

Ледебурит (эвтектика) – механическая смесь аустенита и цементита, образуется при кристаллизации сплава с 4,3% С при $T=1147\text{ }^{\circ}\text{C}$. При температурах ниже $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ аустенит в ледебурите превращается в перлит, и после охлаждения ледебурит представляет собой эвтектику – смесь цементита с перлитом. Твёрдость 700 НВ. Строение – сотовое или пластинчатое. Названа по имени немецкого ученого Ледебура.



Феррит (светлый) + перлит (темные пластины)



Аустенит (светлый) + цементит (темный)

Сплавы с содержанием углерода от 0,02 до 2,14% называют **сталью**, а от 2,14 до 6,67% -**чугуном**.

Железоуглеродистые сплавы

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

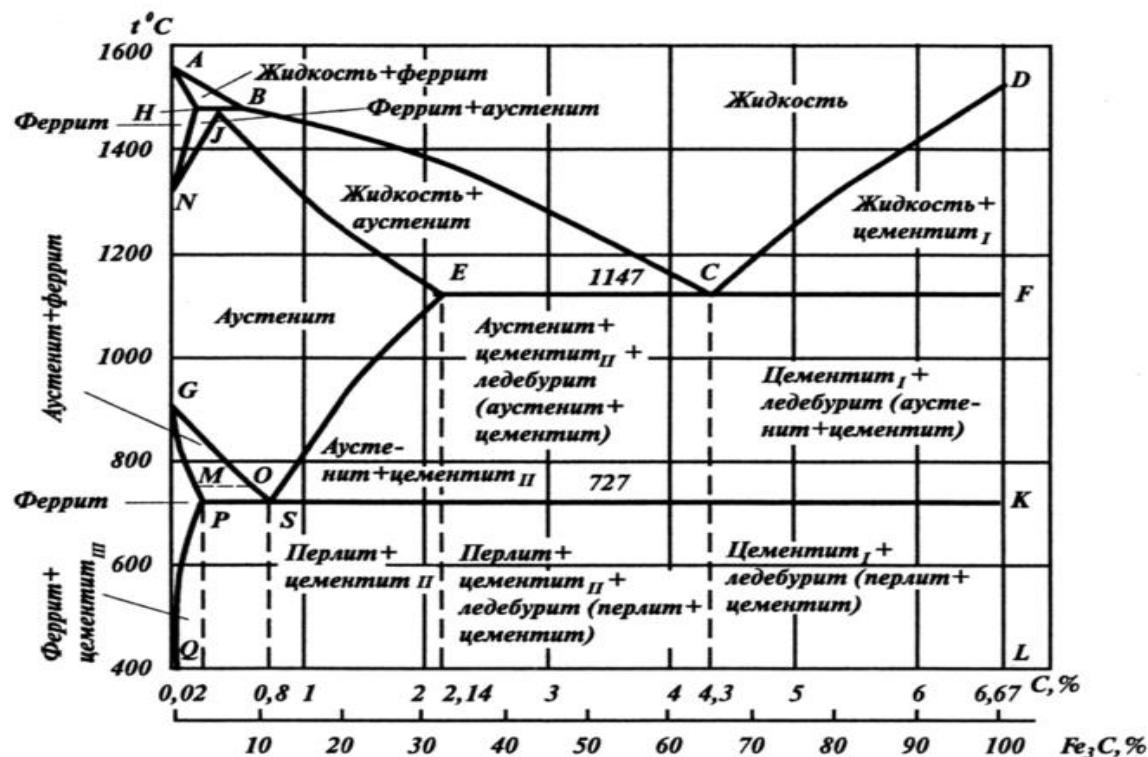
1. Стали: а) доэвтектоидные ($0,8 \% > C > 0,02 \%$);
б) эвтектоидные ($C \approx 0,8 \%$);
в) заэвтектоидные ($2,14 \% > C > 0,8 \%$);

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

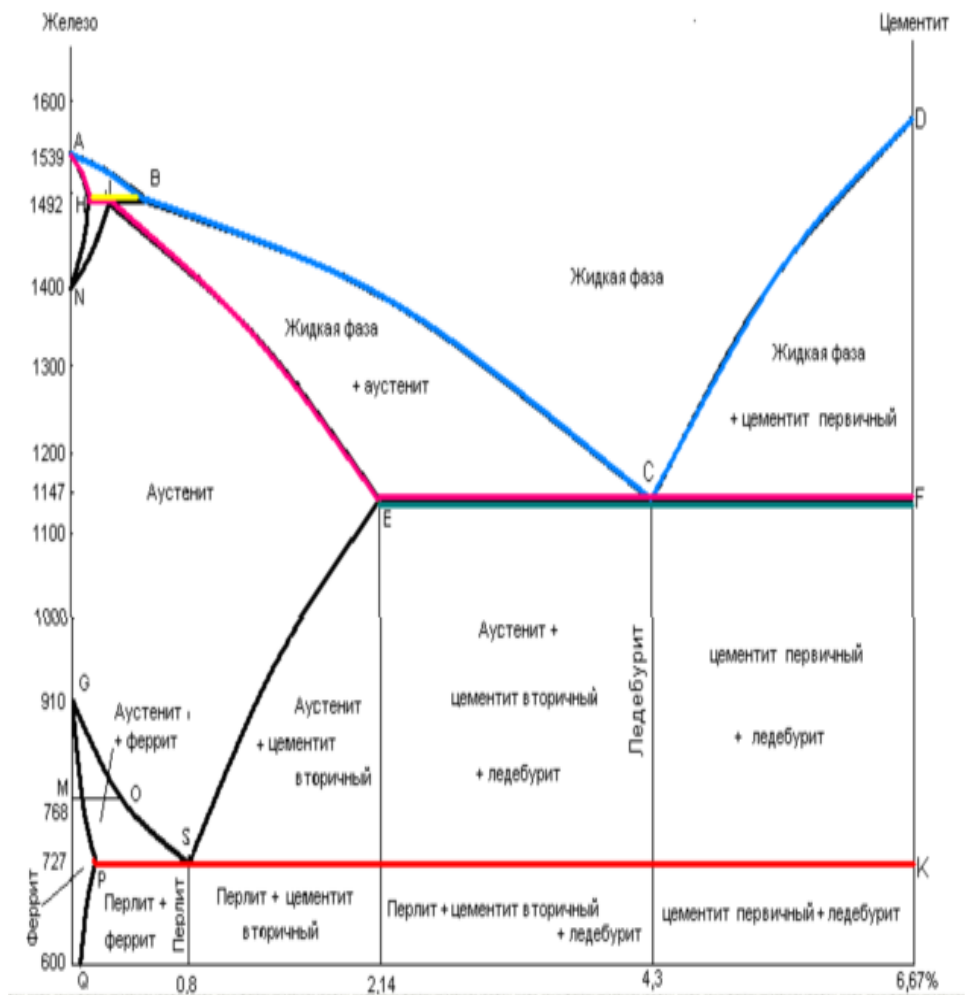
Индекс линий	Температурный интервал, °С	Интервал концентраций (% углерода)	Основная характеристика линии
<i>Линия ликвидуса</i>			
AC	1539° – 1147°	0 – 4,3	Линия ликвидус (начало затвердевания А). Линия ликвидус (начало затвердевания Ц ₁)
CD	1147° 1600°	4,3 – 6,67	
<i>Линия солидуса</i>			
AE	1539° – 1147°	0 – 2,14	Конец затвердевания А
ECF	1147°	2,14 – 6,67	Линия эвтектического равновесия
<i>Линии превращения в твердом состоянии</i>			
SE	727° – 1147°	0,8 – 2,14	Линия ограниченной растворимости углерода в А. Начало выделения вторичного цементита.
GS	911° – 727°	0 – 0,8	Начало аллотропического превращения А в Ф
GP	911° – 727°	0 – 0,025	Конец аллотропического превращения (А в Ф)
PSK	727°	0,025 – 6,67	Линия эвтектоидного равновесия А, Ф, Ц

Индекс точки	Содержание углерода, %	Температура, °С	Характеристика
A	0	1539	Точка затвердевания жидкого железа
C	4,3	1147	Состав жидкой фазы при эвтектическом равновесии с А и Ц
E	2,14	1147	Предельное содержание углерода в аустените. Состав А при эвтектическом равновесии с жидкой фазой и Ц
S	0,8	727	Состав А при эвтектоидном равновесии с Ф и Ц
P	0,025	727	Предельное содержание углерода в Ф. Состав Ф при эвтектоидном равновесии с А и Ц
Q	0,006	Комнатная	Предельное содержание углерода в Ф при комнатной температуре

- $A1$ – линия PSK (727°C) – превращение $\text{П} \rightarrow \text{А}$;
- $A2$ – линия MO (768°C , т. Кюри) – магнитные превращения;
- $A3$ – линия GOS (переменная температура, зависящая от содержания углерода в сплаве) – превращение $\text{Ф} \rightarrow \text{А}$;
- $A4$ – линия NJ (переменная температура, зависящая от содержания углерода в сплаве) – превращение $\text{А} \rightarrow \text{Ф}$;
- $A_{\text{ст}}$ – линия SE (переменная температура, зависящая от содержания углерода в сплаве) – начало выделения цементита вторичного.

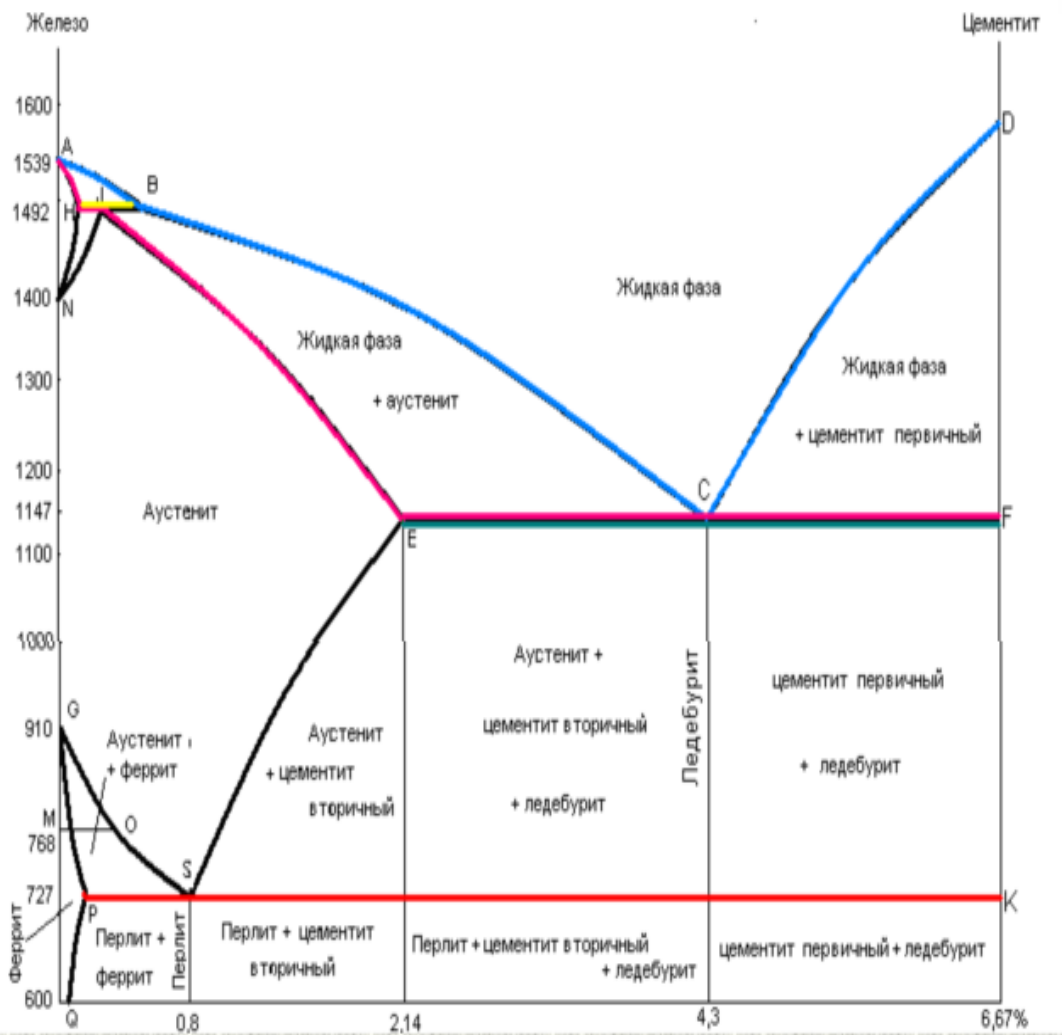


Характеристика линий диаграммы Fe–Fe₃C



- **ACD** – линия ликвидус. Выше этой линии все сплавы находятся в жидком состоянии.
- **AECF** – линия солидус. Ниже этой линии все сплавы находятся в твердом состоянии.

Характеристика линий диаграммы Fe–Fe₃C



AE – заканчивается кристаллизация аустенита.

ECF – линия эвтектического превращения.

PSK – линия эвтектоидного превращения.

Спасибо за
внимание!

