

Диаграмма железо- цементит

- Диаграмма состояния железо-углерод дает представление о строении железоуглеродистых сплавов – сталей и чугунов.
- Железо образует с углеродом хим. соединение – карбид железа Fe_3C , называемое *цементитом*. Цементит является метастабильной фазой, в условиях равновесия в сплавах с высоким содержанием углерода образуется графит. Поэтому различают две диаграммы состояния – железо-цементит (метастабильное равновесие) и железо-графит (стабильное равновесие).
- Железо. Температура плавления $1539\text{ }^{\circ}C$. Может находиться в трех модификациях:

до $911\text{ }^{\circ}C$ – α (решетка ОЦК)

$911 - 1392\text{ }^{\circ}C$ – γ (решетка ГЦК)

$1392 - 1539\text{ }^{\circ}C$ – δ (решетка ОЦК)

Механические свойства железа характеризуются следующими величинами ³ (I — техническое, II — прямого восстановления, III — сверхчистое):

	I	II	III
Предел прочности при растяжении, МПа	250	200	50
Предел текучести при растяжении, МПа	120	100	25
Удлинение, %	50	60	70
Сужение, %	85	90	~100
Твердость НВ	80	70	60

При $768\text{ }^{\circ}C$ железо испытывает магнитное превращение; выше $768\text{ }^{\circ}C$ железо становится немагнитным

Железо со многими элементами образует твердые растворы: с металлами – растворы замещения, с углеродом, азотом, водородом – внедрения.

Твердый раствор углерода в α и δ железе называется **ферритом**,

а в γ -железе – **аустенитом**. В феррите содержание углерода очень мало – до 0,02 %, в аустените – до 2 %.

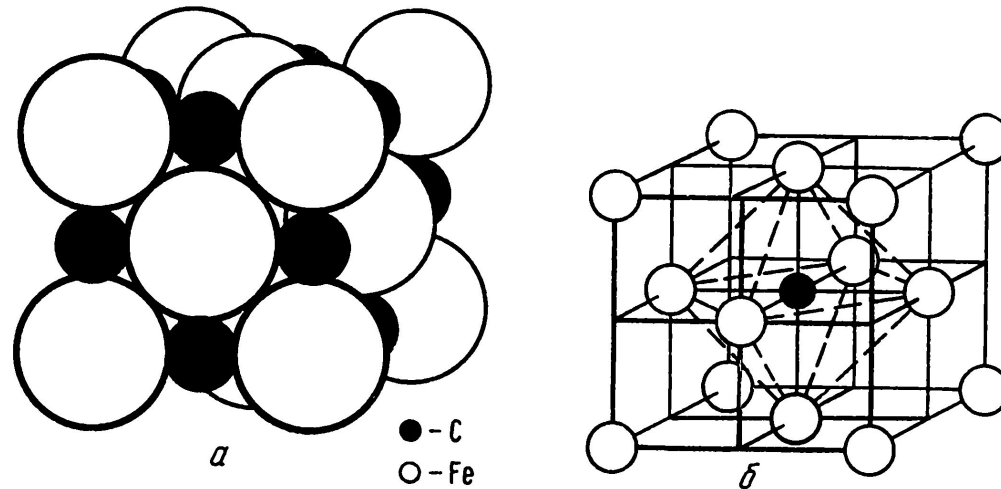


Рис. 131. Твердый раствор внедрения:
a — кристаллическая решетка при полном заполнении всех пор; *b* — кристаллическая решетка аустенита

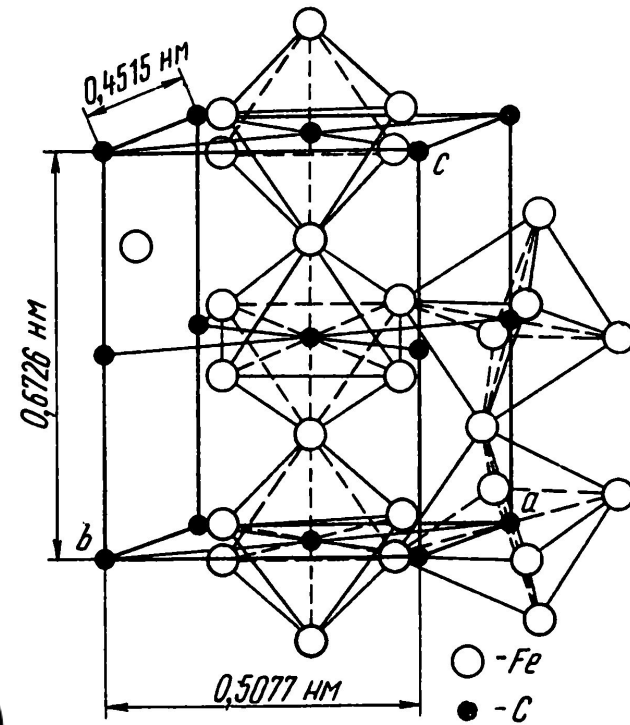
- Цементит – хим. соединение Fe_3C , содержит углерода 6,67 % (по массе).
Имеет сложную кристаллическую структуру

Температура плавления около $1250\text{ }^\circ\text{C}$

Аллотропических превращений не испытывает, при низких температурах (до $217\text{ }^\circ\text{C}$) слабо ферромагнитен.

Имеет высокую твердость ($> 800\text{ НВ}$, царапает стекло) и очень низкую пластичность.

Способен образовывать твердые растворы замещения (*легированный цементит*): атомы углерода могут замещаться атомами неметаллов (азот, кислород), атомы железа – металлами (Mn, Cr, W и т.д.).



Цементит – метастабильная фаза, в сплавах с высоким содержанием углерода в равновесных условиях распадается с образованием графита (графитизация). Данный процесс важен для высокоуглеродистых сплавов – чугунов. В этом случае вместо диаграммы состояния железо – цементит (метастабильное равновесие) рассматривается диаграмма железо – графит (стабильное равновесие)

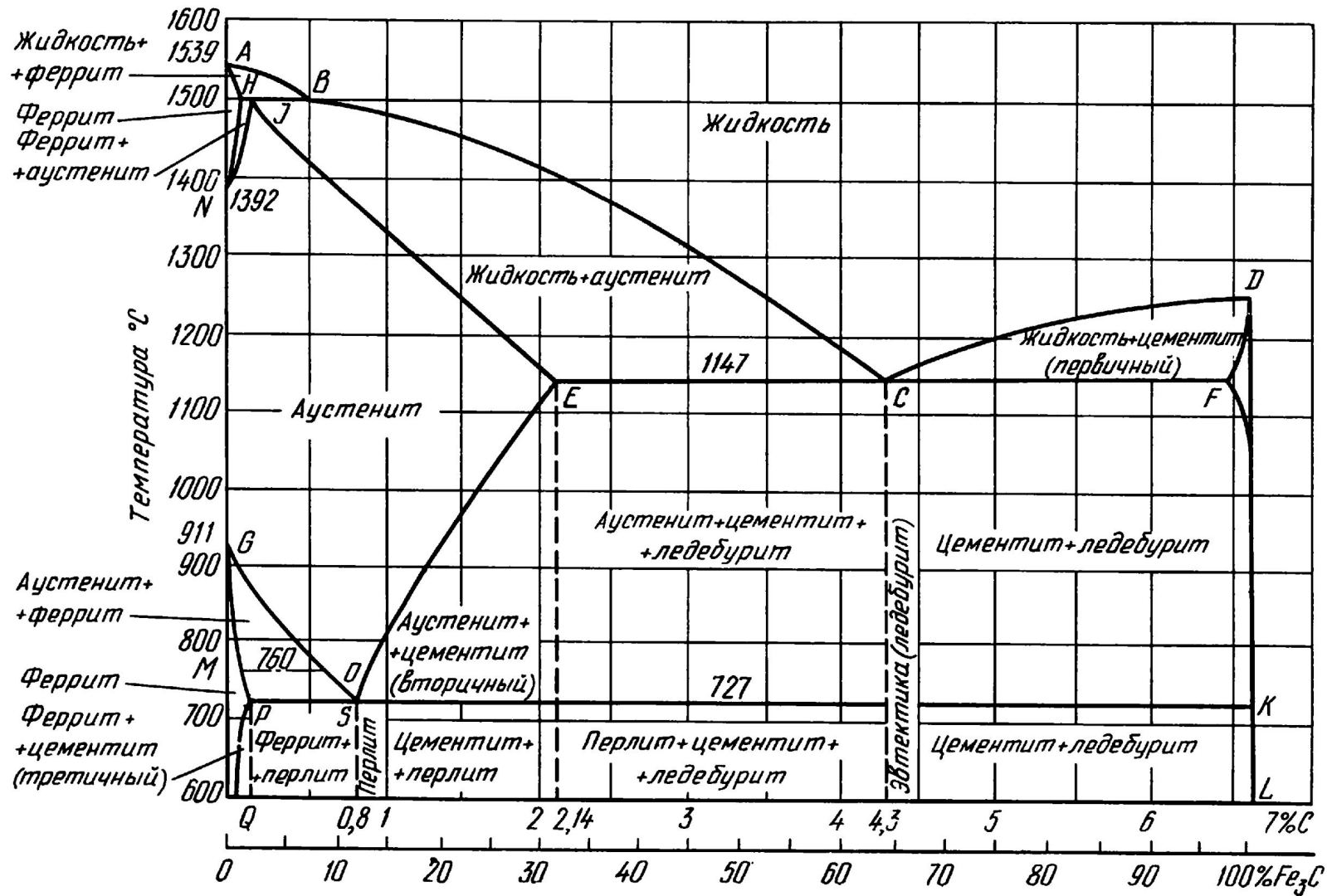


Диаграмма
Fe-C

- ABCD – линия ликвидус,
 AHJESF – линия солидус
 Равновесные фазы в системе:
- **Жидкость** (жидкий раствор углерода в железе) (обозн. ж или L)
 - **Цементит** Fe₃C (обозн. Ц)
 - **Феррит** – твердый раствор внедрения углерода в ОЦК решетку α-Fe или δ-Fe (соответственно α-феррит и δ-феррит), обозн. Ф, α или Fe_α
 - **Аустенит** – твердый раствор внедрения углерода в γ-Fe, обозн. А, γ или Fe_γ(C)

Три горизонтальные линии на диаграмме (*HJB*, *ECF* и *PSK*) указывают на протекание трех неинвариантных реакций.

При 1499 °С (линия *HJB*) протекает перитектическая реакция:



В результате перитектической реакции образуется аустенит. Реакция эта наблюдается только у сплавов, содержащих углерода от 0,1 до 0,5 %.

При 1147 °С (горизонталь *ECF*) протекает эвтектическая реакция:



В результате этой реакции образуется эвтектическая смесь. Эвтектическая смесь аустенита и цементита называется *ледебуритом*¹. Реакция эта происходит у всех сплавов системы, содержащих углерода более 2,14 %.

При 727 °С (горизонталь *PSK*) протекает эвтектоидная реакция:



Продуктом превращения является эвтектоидная смесь. Эвтектоидная смесь феррита и цементита называется *перлитом*, имеет вид перламутра, почему эта структура и получила такое название.

У всех сплавов, содержащих свыше 0,02 % углерода, т. е. практически у всех промышленных железоуглеродистых сплавов, происходит перлитное (эвтектоидное) превращение.

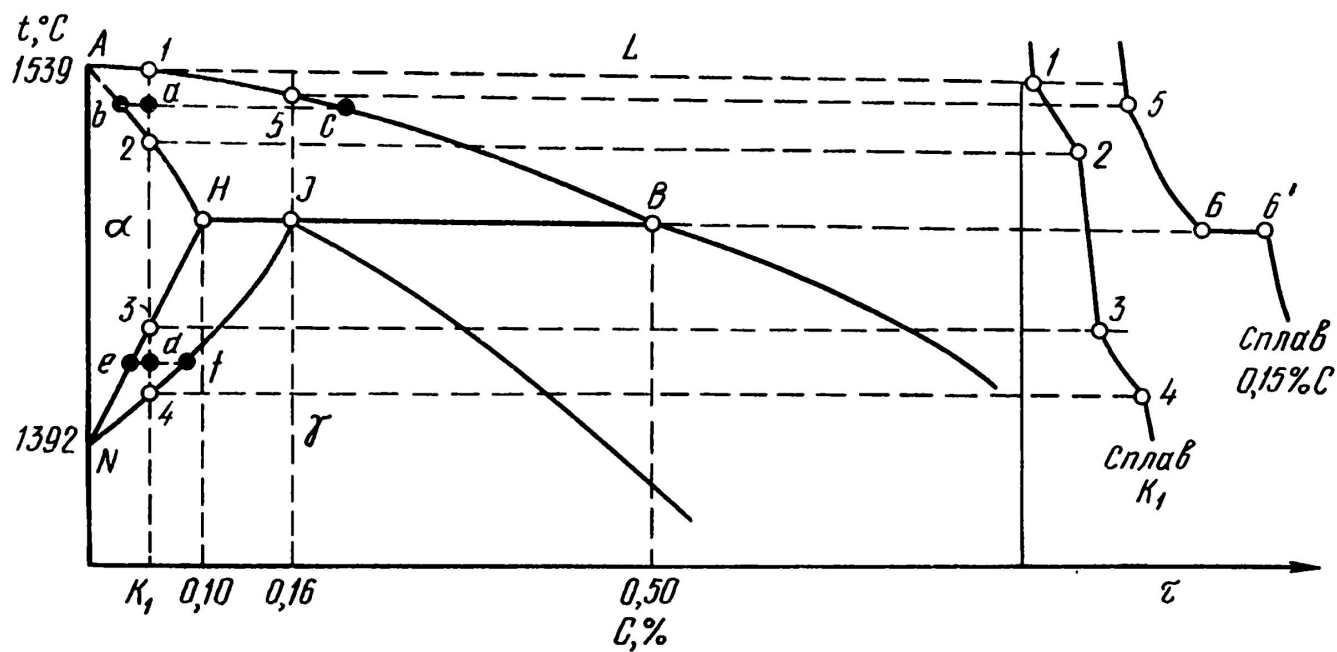


Рис. 136. Часть диаграммы состояния Fe—C. Первичная кристаллизация низкоуглеродистых сплавов

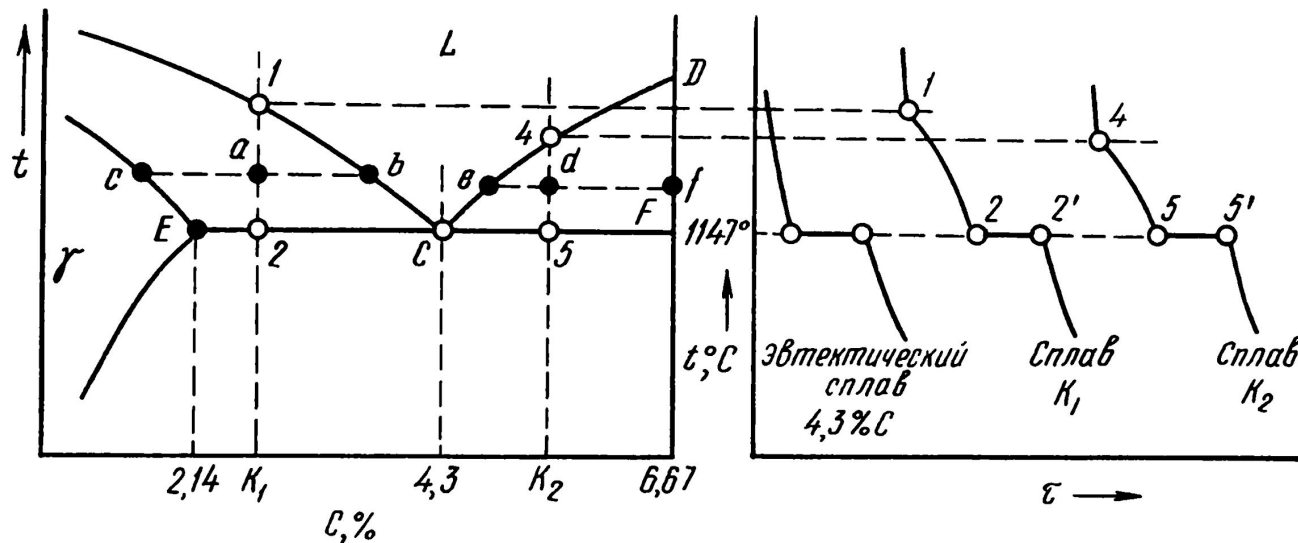


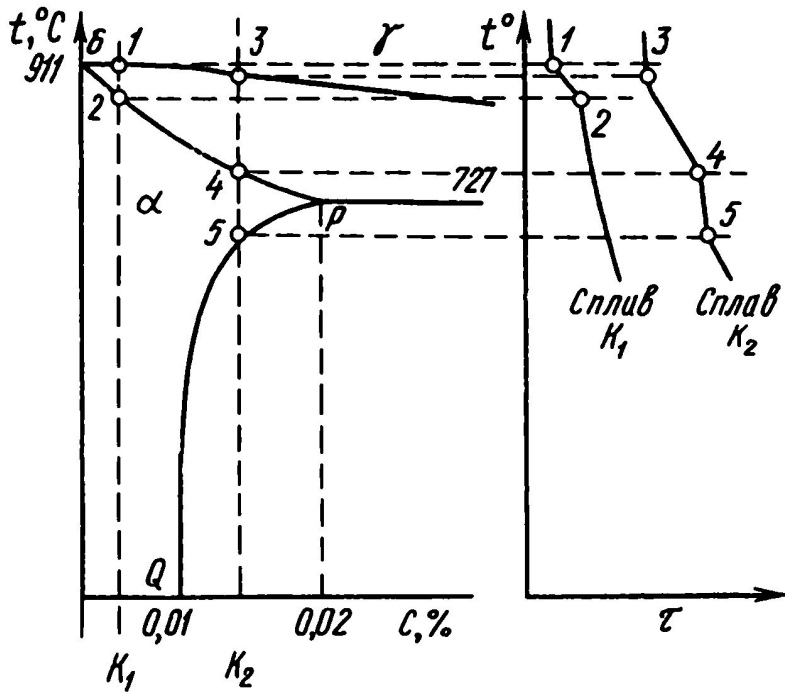
Рис. 137. Часть диаграммы состояния Fe—C. Первичная кристаллизация высокоуглеродистых сплавов

Домашнее задание – подписать на кривых охлаждения протекающие превращения на каждом участке
 (см. Гуляев А.П. *Металловедение*)

У всех сплавов, содержащих менее 2,14 % С, в результате первичной кристаллизации получается структура аустенита; у всех сплавов, содержащих более 2,14 % С, структура состоит из ледебурита с избыточным аустенитом или цементитом.

Это различие в структуре при высокой температуре и создает существенное различие в технологических и механических свойствах сплавов. Наличие эвтектики делает сплав нековким. Вместе с тем высокоуглеродистый сплав имеет низкую температуру плавления и его применяют как литейный материал.

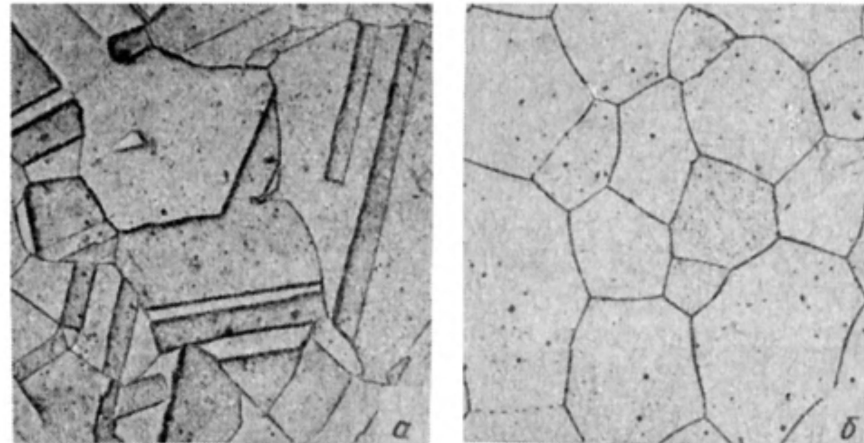
Железоуглеродистые сплавы, содержащие менее 2,14 % С, называют сталями, а более 2,14 % С — чугунами ¹.



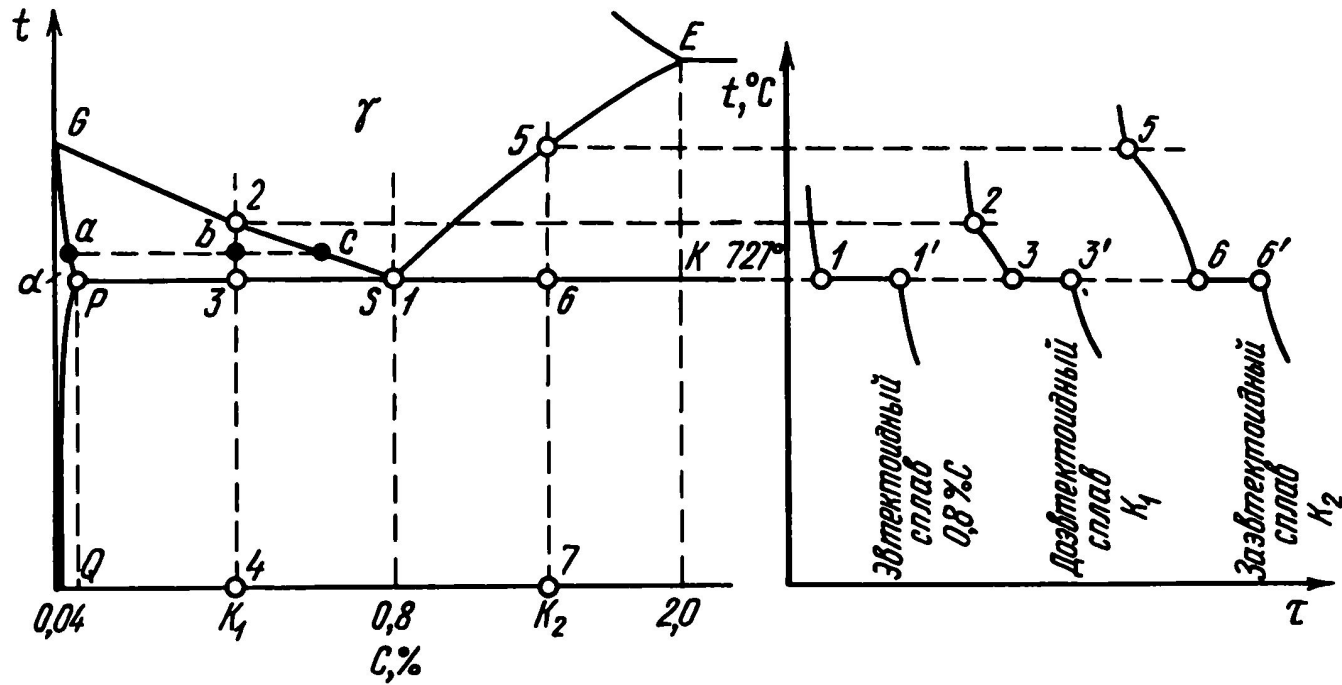
**Домашнее задание –
подписать на кривых
охлаждения протекающие
превращения на каждом
участке**

(см. Гуляев А.П.
Металловедение)

**Рис. 138. Часть диаграммы состояния
Fe—C. Вторичная кристаллизация низко-
углеродистых сплавов**



**Рис. 139. Микроструктура железа, $\times 400$:
а — аустенит; б — феррит**



Домашнее задание –
подписать на кривых
охлаждения протекающие
превращения на каждом
участке
(см. Гуляев А.П.
Металловедение)

Рис. 140. Часть диаграммы состояния Fe—C. Вторичная кристаллизация сталей

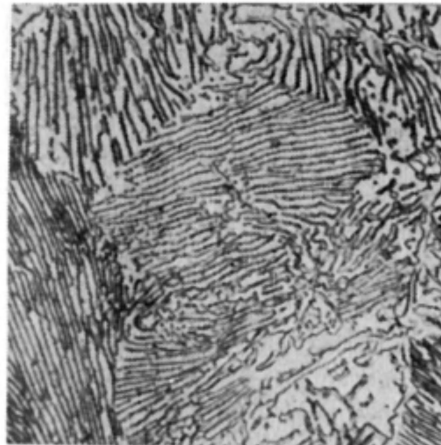


Рис. 141. Структура перлита, $\times 1000$

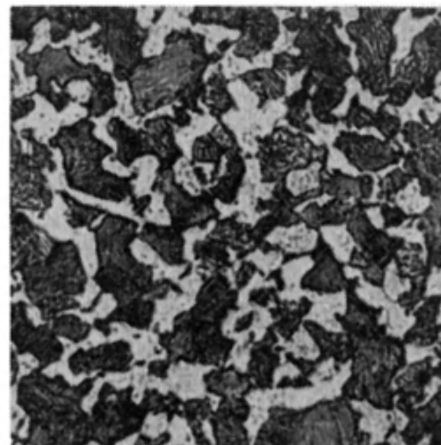


Рис. 142. Структура доэвтектоидной стали (0,4 % C). Феррит + перлит, $\times 250$

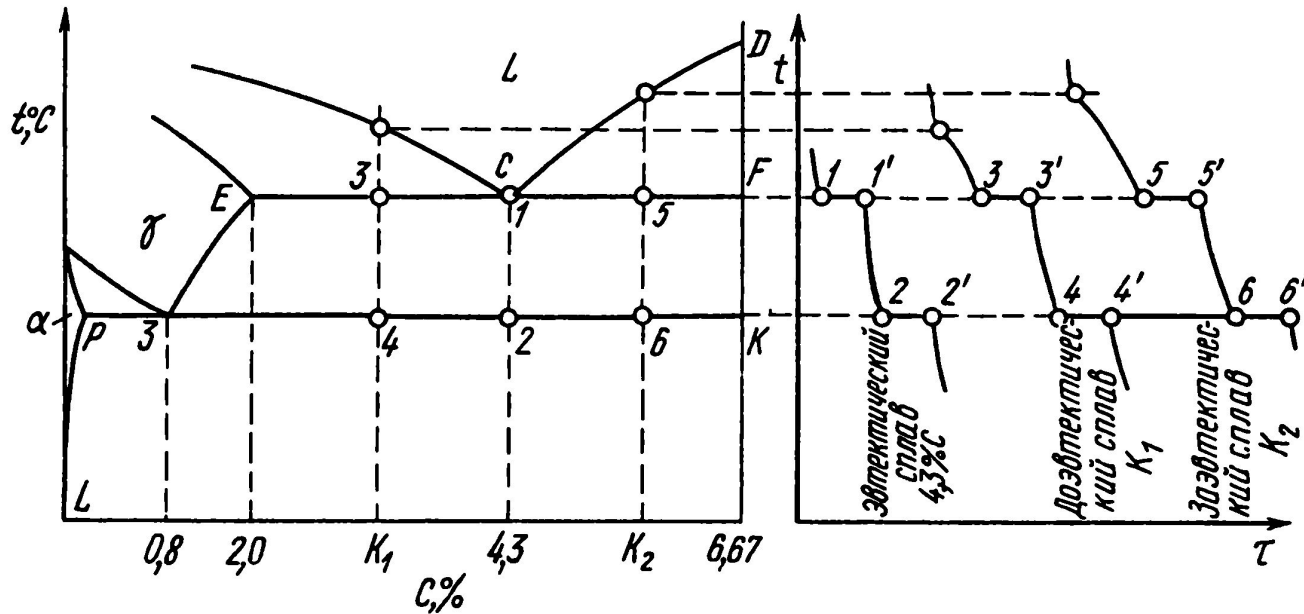


Рис. 145. Диаграмма состояния Fe—C. Вторичные превращения в высокоуглеродистых сплавах (чугунах)

Домашнее задание – подписать на кривых охлаждения протекающие превращения на каждом участке

(см. Гуляев А.П. *Металловедение*)

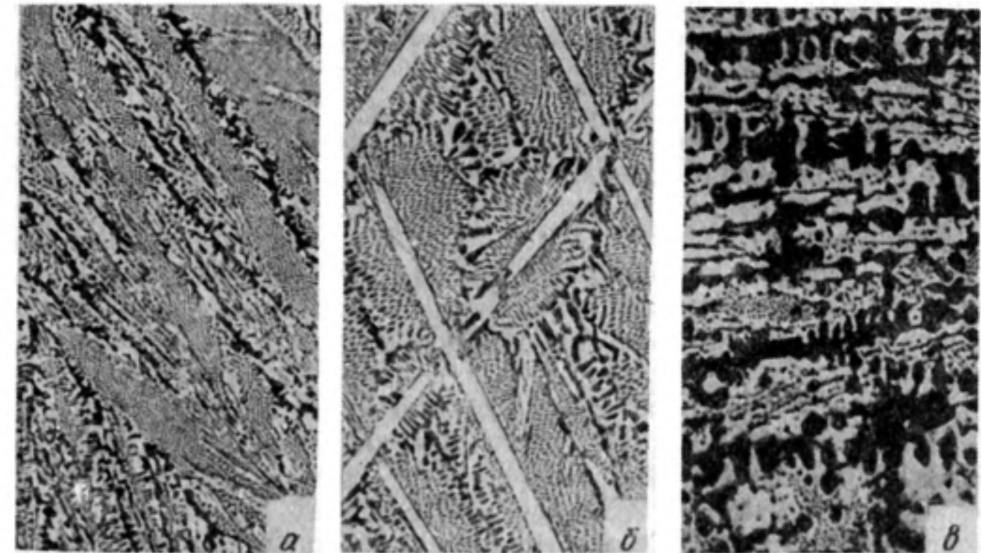


Рис. 146. Микроструктура чугуна:
 а – эвтектического (ледебурит); б – заэвтектического (ледебурит + первичный цементит); в – доэвтектического (ледебурит + перлит), $\times 200$