



Лекция 8

Тема Лекции: Железоуглеродистые сплавы. Диаграмма состояния железо – углерод

*к.ф.-м.н., PhD, ассоциированный профессор
Тулегенова Аида Тулегенкызы*

Цель лекции:

Ознакомление с системой железо–углерод, типами железоуглеродистых сплавов (сталей и чугунов), их фазовым составом и структурными превращениями при охлаждении. Сформировать понимание зависимости свойств материалов от содержания углерода и термической обработки.

Основные вопросы:

1. Структуры железоуглеродистых сплавов
2. Компоненты и фазы железоуглеродистых сплавов
3. Процессы при структурообразовании железоуглеродистых сплавов
4. Структуры железоуглеродистых сплавов .

Железоуглеродистые сплавы – стали и чугуны – важнейшие металлические сплавы современной техники. Производство чугуна и стали по объему превосходит производство всех других металлов вместе взятых более чем в десять раз.

Диаграмма состояния железо – углерод дает основное представление о строении железоуглеродистых сплавов – сталей и чугунов.

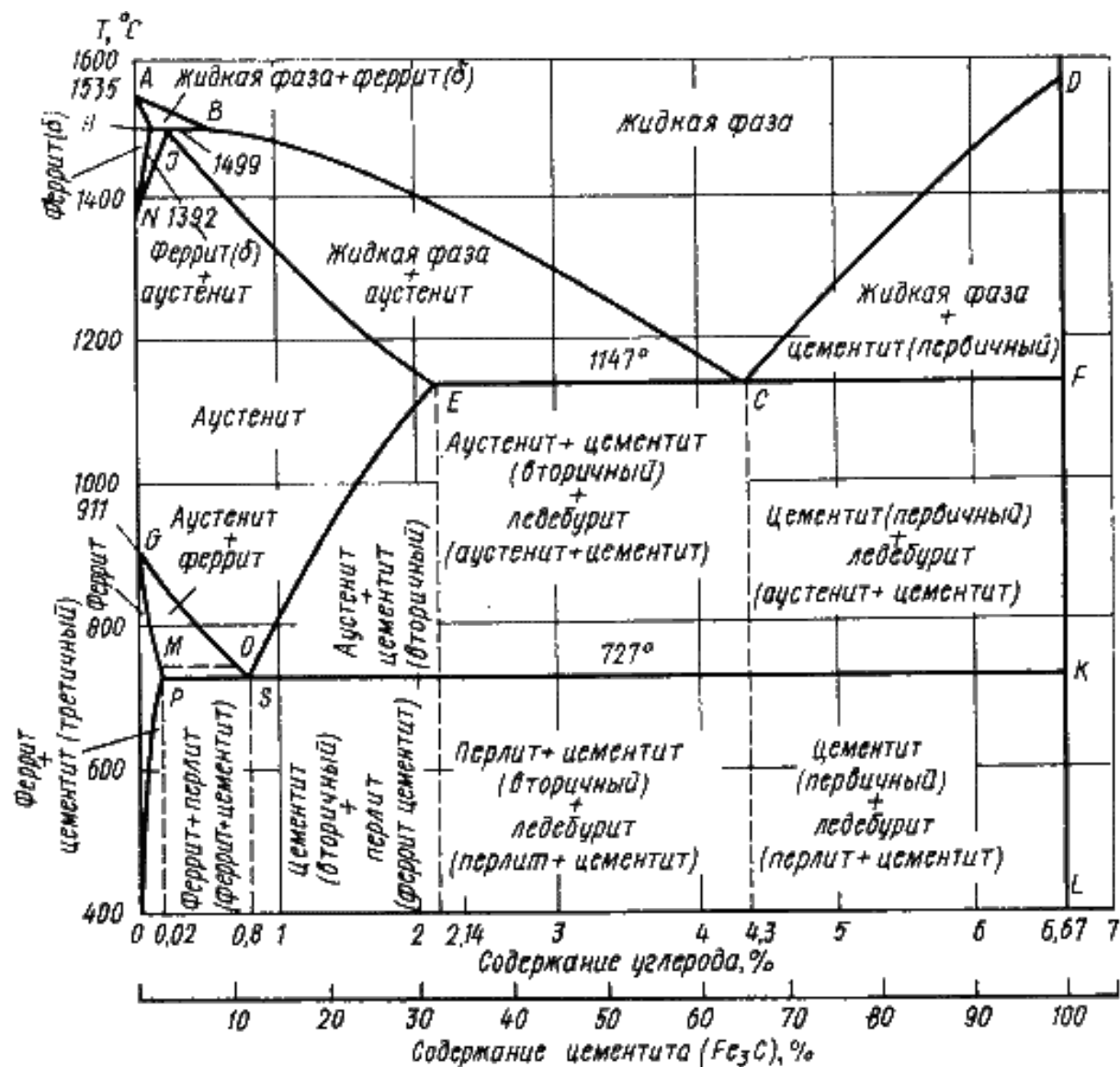
Начало изучению диаграммы железо – углерод положил Чернов Д.К. в 1868 году. Чернов впервые указал на существование в стали критических точек и на зависимость их положения от содержания углерода.

Диаграмма железо – углерод должна распространяться от *железа* до *углерода*.

Железо образует с углеродом химическое соединение: *цементит – Fe_3C* .

Каждое устойчивое химическое соединение можно рассматривать как компонент, а диаграмму – по частям. Так как на практике применяют металлические сплавы с содержанием *углерода* до , то рассматриваем часть диаграммы состояния от *железа* до химического соединения *цементита*, содержащего углерода.

Диаграмма состояния железо - цементит



Компонентами железоуглеродистых сплавов являются *железо, углерод и цементит.*

1. **Железо** – переходный металл серебристо-светлого цвета. Имеет высокую температуру плавления – $1539^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

В твердом состоянии железо может находиться **в двух модификациях**. *Полиморфные превращения происходят при температурах 911 С и 1392 С.* При температуре **ниже 911 С** существует Fe_α с **объемно-центрированной кубической решеткой**. В интервале температур **911...1392 С** устойчивым является Fe_γ с **ранецентрированной кубической решеткой**. **Выше 1392 С** железо имеет **объемно-центрированную кубическую решетку** и называется Fe_β или **высокотемпературное Fe_α** . Высокотемпературная модификация Fe_α не представляет собой новой аллотропической формы. Критическую температуру 911С превращения $\text{Fe}_\alpha \longleftrightarrow \text{Fe}_\gamma$ обозначают точкой , а температуру 1392 С превращения - точкой А4.

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

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

В сплавах железа с углеродом углерод находится в состоянии твердого раствора с железом и в виде химического соединения – цементита (**Fe_3C**), а также в свободном состоянии в виде графита (в серых чугунах).

3. **Цементит** (**Fe_3C**) – химическое соединение железа с углеродом (карбид железа), содержит **$6,67\%$ углерода**.

Процессы при структурообразовании железоуглеродистых сплавов

Эвтектоид системы железо – цементит называется **перлитом (П)**, содержит **0,8 % углерода**.

Название получил за то, что на полированном и протравленном шлифе наблюдается перламутровый блеск.

Перлит может существовать в зернистой и пластинчатой форме, в зависимости от условий образования.

По линии PQ начинается выделение **цементита третичного** из феррита, обусловленное снижением растворимости углерода в феррите при понижении температуры.

Температуры, при которых происходят фазовые и структурные превращения в сплавах **системы железо – цементит**, т.е. критические точки, имеют условные обозначения.

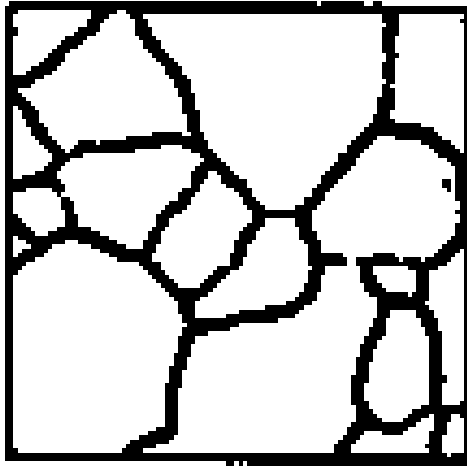
Обозначаются буквой А (от французского *arret* – остановка):

А1 – линия PSK (727°C) – превращение П А;

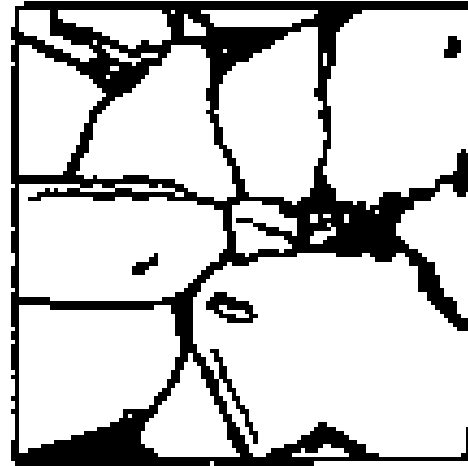
А2 – линия MO (768°C, т. Кюри) – магнитные превращения;

А3 – линия GOS (переменная температура, зависящая от содержания углерода в сплаве) – превращение Ф А

Структуры железоуглеродистых сплавов



а)



б)

Микроструктуры технического железа:

а – содержание углерода менее 0,006%;

б – содержание углерода 0,006...0,02 %

Углеродистыми сталями называют сплавы железа с углеродом, содержащие **0,02...2,14 % углерода**, заканчивающие кристаллизацию образованием аустенита.

Они обладают высокой пластичностью, особенно в аустенитном состоянии.

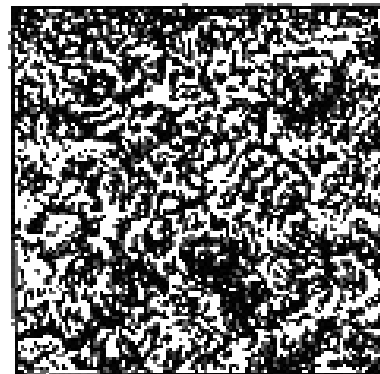
Структура сталей формируется в результате перекристаллизации аустенита. Микроструктуры сталей представлены на рисунке.



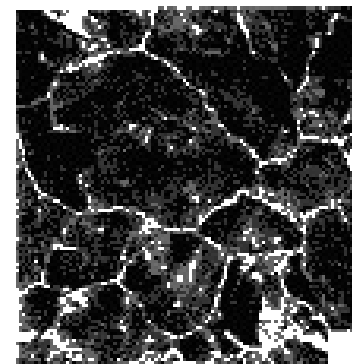
а)



б)



в)



г)

Микроструктуры сталей:

а – доэвтектоидная сталь ($\Phi + \Pi$); б – эвтектоидная сталь (пластинчатый перлит); в – эвтектоидная сталь (зернистый перлит); г – заэвтектоидная сталь ($\Pi + \text{Ц}_{\text{д}}$)

Вопросы для контроля изучаемого материала:

1. Что представляет собой система железо–углерод?
2. Какие фазы входят в диаграмму состояния Fe–C?
3. В чём отличие эвтектического и эвтектоидного превращений?
4. Какой состав соответствует эвтектоидной стали?
5. Чем отличаются стали и чугуны по содержанию углерода и структуре?
6. Почему диаграмма Fe–C имеет важное практическое значение?

Список литературных источников:

1. Улицкий А. Р. Физика материалов. — М.: Физматлит, 2021.
2. Новиков И. И. Материаловедение. — М.: Metallurgy, 2019.
3. Callister W. D., Rethwisch D. G. Materials Science and Engineering: An Introduction. — Wiley, 2022.
4. Ashby M., Jones D. Engineering Materials 1–2. — Elsevier, 2021.
5. Лившиц Б.Г., Краношин В.С., Липецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. М.: Metallurgy, 1980, -320 с