

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.

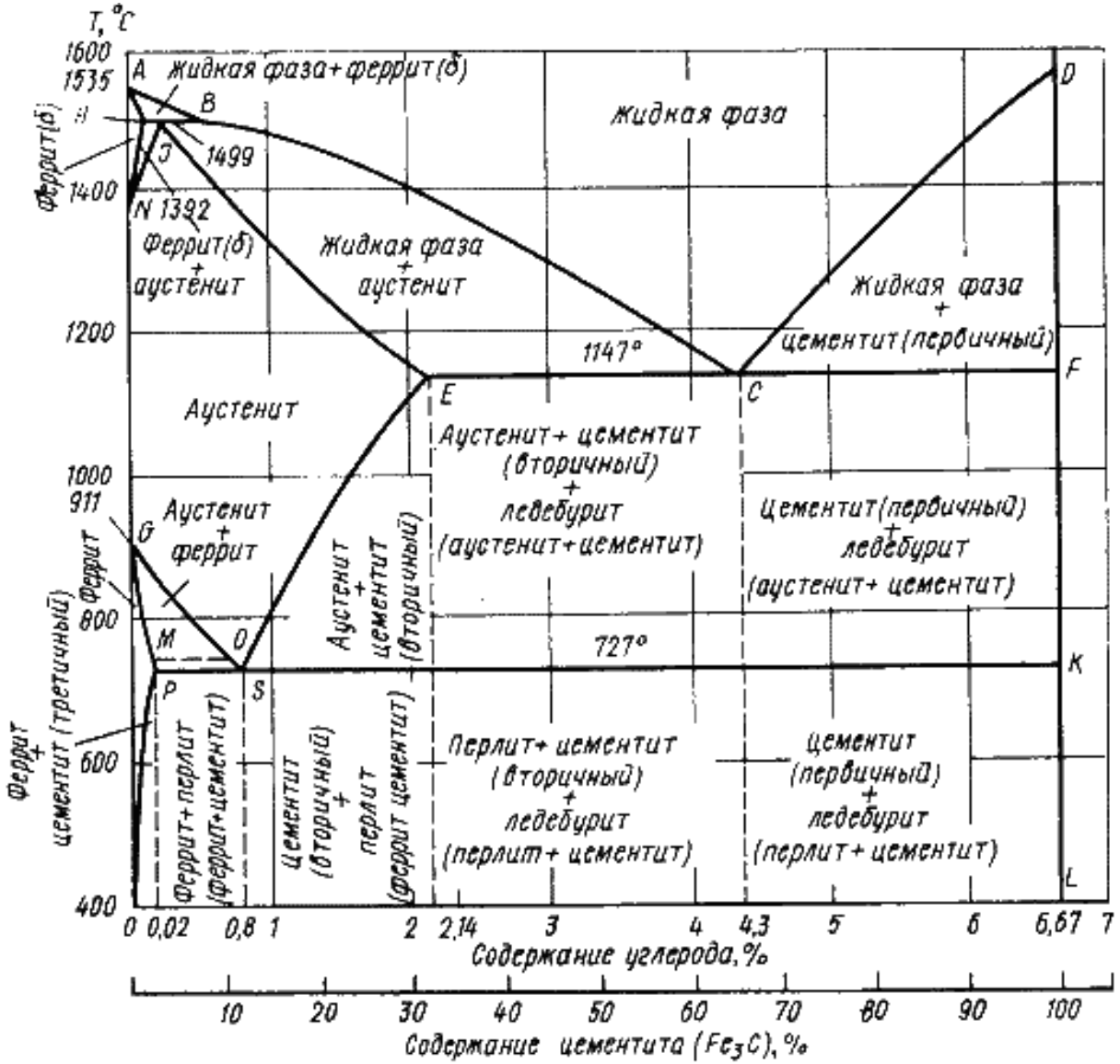
Начало изучению диаграммы железо – углерод положил Чернов Д.К. в 1868 году. Чернов впервые указал на существование в стали критических точек и на зависимость их положения от содержания углерода.

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° С ± 5°С.

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_a с объемно-центрированной кубической решеткой. В интервале температур 911…1392 С устойчивым является Fe_γ с гранецентрированной кубической решеткой. *Выше 1392* С железо имеет *объемно-центрированную кубическую решетку* и называется Fe_β или *высокотемпературное* Fe_a. Высокотемпературная модификация Fe_a не представляет собой новой аллотропической формы. Критическую температуру 911С превращения $Fe_a \longleftrightarrow Fe_\gamma$ 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 ^0C*, плотность – *2,5 г/см^3*) или в форме алмаза со сложной кубической решеткой с координационным числом равным четырем (температура плавления – *5000 ^0C*).

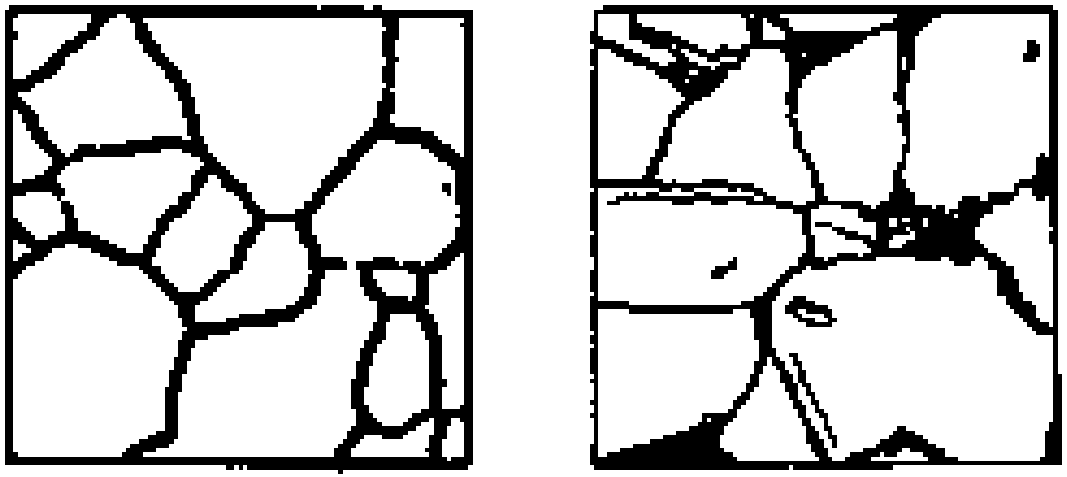
В сплавах железа с углеродом углерод находится в состоянии твердого раствора с железом и в виде химического соединения – цементита (*Fe_3C*), а также в свободном состоянии в виде графита (в серых чугунах).

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°С) – превращение П А;
А2 – линия МО (768°С, т. Кюри) – магнитные превращения;
А3 – линия GOS (переменная температура, зависящая от содержания углерода в сплаве) – превращение Ф А

Структуры железоуглеродистых сплавов



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 рис



Микроструктуры сталей:
а – доэвтектоидная сталь ($Ф+П$); б – эвтектоидная сталь (пластинчатый перлит); в – эвтектоидная сталь (зернистый перлит); г – заэвтектоидная сталь ($П+Ц_{II}$)

Выводы лекции:

Компоненты и фазы системы "Fe–C": Свойства железоуглеродистых сплавов определяются взаимодействием железа и углерода с образованием базовых фаз — феррита, аустенита и цементита (или графита).

Классификация сплавов: В зависимости от содержания углерода (до 2,14%и свыше 2,14%) сплавы делятся на стали (обладающие высокой прочностью и пластичностью) и чугуны (отличающиеся высокими литейными свойствами и твёрдостью).

Структурные превращения: При охлаждении в системе протекают ключевые фазовые переходы (перлитное, эвтектическое — ледебуритное превращения), формирующие многофазные структуры с различным соотношением твёрдости и вязкости.

Управление свойствами: Понимание диаграммы состояния "Fe–C"позволяет целенаправленно изменять структуру и механические характеристики сталей и чугунов путём регулирования состава и режимов термической обработки.

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.: Металлургия, 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., Липеций Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1980, -320 с