

# ЛЕКЦИЯ 5

## План лекции:

- железоуглеродистые сплавы;
- диаграмма состояния  
железоуглеродистых сплавов

# Железоуглеродистые

Железо – металл серебристо-серого цвета, четвертого периода, восьмой группы таблицы Д.И. Менделеева, обладающий очень высокой пластичностью. Чистое железо содержит не более 0,01% примесей и является очень дорогим металлом. На практике применяют техническое железо, содержащее до 0,01% в сумме примесей (C, Mn, Si, S, P и др.).

Механические свойства железа в зависимости от степени его чистоты и величины зерен изменяются в следующих пределах:

- твердость по Бринеллю НВ 580-800 МН/м<sup>2</sup>(МПа);

- предел прочности при растяжении 180-280 МН/м<sup>2</sup>(МПа);

- удлинение 30-50 %;

- сжатие 70-80 %;

- ударная вязкость 16-20 МДж/м<sup>2</sup>.

В промышленности применяют сплавы железа с углеродом, кремнием, марганцем, хромом, никелем и другими элементами

Если в сплаве железа содержится до 2% углерода, его называют сталью, если более 2% углерода – чугуном

**Углерод** – неметаллический элемент второго периода, четвертой группы, имеет три аллотропические модификации: уголь, графит и алмаз. Графит имеет незначительную прочность и слабо выраженные металлические свойства

# Структурные составляющие железоуглеродистых сплавов

**Феррит  
(Ф)**

твёрдый раствор внедрения углерода в  $\alpha$ -железо

кристаллическая  
решетка феррита  
– кубическая  
объемно-  
центрированная  
с координацион-  
ным числом 8,  
такая же, как у  
чистого  
 $\alpha$ -железа

при комнатной  
температуре в  
феррите  
содержится 0,002%  
C,  
а при 727°C  
содержание  
углерода в феррите  
около 0,1%

он мягкий (НВ 65-130),  
пластичный (40%),  
сильно магнитен,  
хорошо проводит тепло  
и электричество

в феррите кроме углерода  
может находиться некоторое  
количество кремния,  
марганца, фосфора и др.

**Цементит  
(Ц)**

карбид железа  $\text{Fe}_3\text{C}$

Цементит имеет металлический блеск и сложную кристаллическую решетку, обладает большой твердостью (НВ 800) и хрупкостью

он слабо магнитен, плохо проводит электрический ток и тепло; температура плавления цементита около  $1500^\circ\text{C}$

В нем содержится 6,67% С

Цементит – неустойчивое химическое соединение и при высоких температурах распадается на железо и углерод по реакции  $\text{Fe}_3\text{C} = 3\text{Fe} + \text{C}$

**Аустенит (А)**

```
graph TD; A([Аустенит (А)]) --> B[Аустенит немагнитен, сравнительно мягкий (НВ 170-200)]; A --> C[твердый раствор внедрения углерода в γ-железо, имеющий кубическую гранецентрированную кристаллическую решетку с координационным числом 12]; A --> D[Максимальная растворимость в нем углерода при 1147°C составляет 2%, при 727 °C – 0,8%];
```

**Аустенит немагнитен,  
сравнительно мягкий  
(НВ 170-200)**

**твердый раствор  
внедрения углерода в  
γ-железо,  
имеющий кубическую  
гранецентрированную  
кристаллическую  
решетку с  
координационным  
числом 12**

**Максимальная  
растворимость в  
нем углерода при  
1147°C  
составляет 2%,  
при 727 °C – 0,8%**

**Ледебурит  
(Л)**

механическая смесь,  
состоящая из аустенита и  
цементита и содержащая  
4,3% С

Ледебурит  
отличается  
высокой  
твёрдостью  
(НВ 700) и  
хрупкостью

в интервале  
температур  
1147 °С - 727°С  
представляет  
собой  
механическую  
смесь аустенита  
и цементита

Образуется при  
затвердевании  
(с распадением на  
аустенит и  
цементит)  
из жидкого  
расплава при 1147  
°С



# Перлит (П)

механическая смесь,  
состоящая из очень тонких  
пластинок или зерен  
цементита и феррита

Содержание  
углерода в  
перлите  
0,8%

Механические  
свойства перлита  
зависят от  
размеров и формы  
цементита –  
пластинчатого или  
зернистого  
( $\sigma = 820 \text{ МН/м}^2$ ;  
удлинение 15%,  
НВ 160)

образуется в  
результате  
распада  
аустенита при  
 $727^\circ\text{C}$

Перлит бывает  
пластичный и  
зернистый, что  
определяется  
формой  
цементита  
(пластинки или  
шарообразные  
зерна)

# Диаграмма состояния железоуглеродистых

**сплавов**  
Диаграмма состояния Fe – C, рисунок 5.1, включает все сплавы (сталь, чугун), имеющие практическое применение.

Она является результатом работ многих ученых и непрерывно уточняется вплоть до нашего времени.

Практически максимальное содержание углерода в сплавах с железом равно 6,67%. Это значение соответствует содержанию углерода в карбиде железа  $\text{Fe}_3\text{C}$

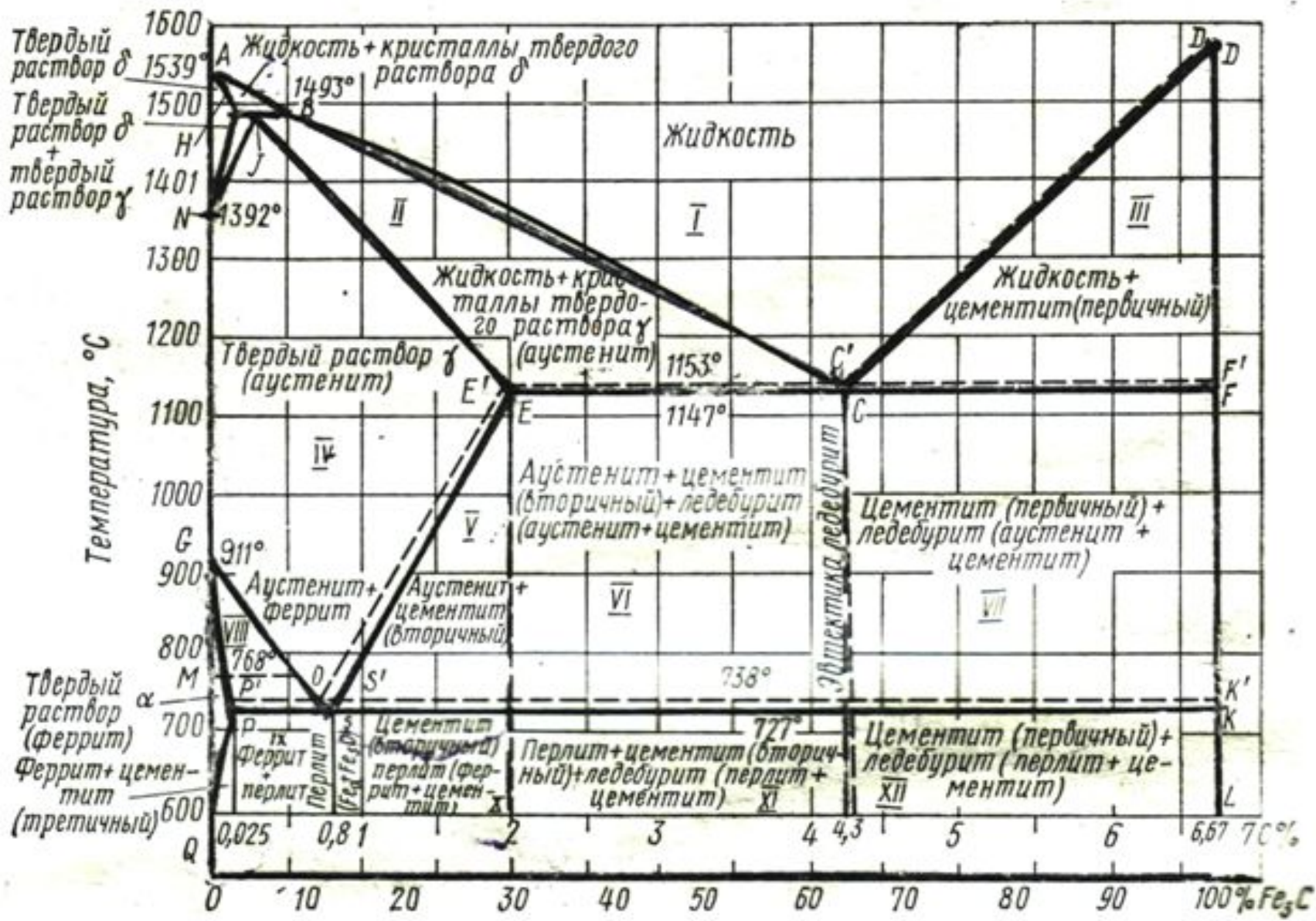


Рисунок 5.1. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

ОБОЗНАЧЕНИЕ ТОЧЕК	ТЕМПЕРАТУРА °C	СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА <i>C</i> , %
A	1539	температура плавления железа
B	1493	0,5
J	1493	0,18
H	1493	0,1
N	1392	0
C	1147	4,3
D	1600	6,67
E	1147	2,0
S	727	0,8
P	727	0,025
K	727	6,67
Q	20	0,01

На диаграмме нанесены сплошные и пунктирные линии. Это связано с тем, что углерод в сплавах может находиться в элементарном виде (графит) и в виде химического соединения (цементит).

Таким образом, диаграмма состояния системы железо-углерод может иметь два варианта:

- 1) система железо-цементит
- 2) система железо-графит

### Рассмотрим диаграмму состояния системы железо-цементит (сплошные линии)

Точка **A** на диаграмме показывает температуру плавления чистого железа, а точка **D** – температуру плавления цементита. Процесс кристаллизации расплава начинается по линии **ABCD** (линия ликвидуса). Выше линии ликвидуса (область I) сплав находится в жидком состоянии и представляет собой однородную систему.

Линия АНЕСФ является линией солидуса. Сплавы, лежащие ниже этой линии, находятся в твердом состоянии. При температурах между линиями ликвидуса и солидуса происходит кристаллизация сплавов. В период кристаллизации одновременно существуют две фазы – жидкий сплав и кристаллы твердых растворов.

В затвердевших сплавах при понижении  $t^\circ$  наблюдается вторичная кристаллизация, т.е. дальнейшее изменение их структуры, связанные с перекристаллизацией в твердом состоянии.

С понижением температуры железо переходит из одной модификации в другую ( $Fe_\gamma \rightarrow Fe_\alpha$ ) и растворимость углерода в  $Fe_\gamma$  и  $Fe_\alpha$  заметно уменьшается.