

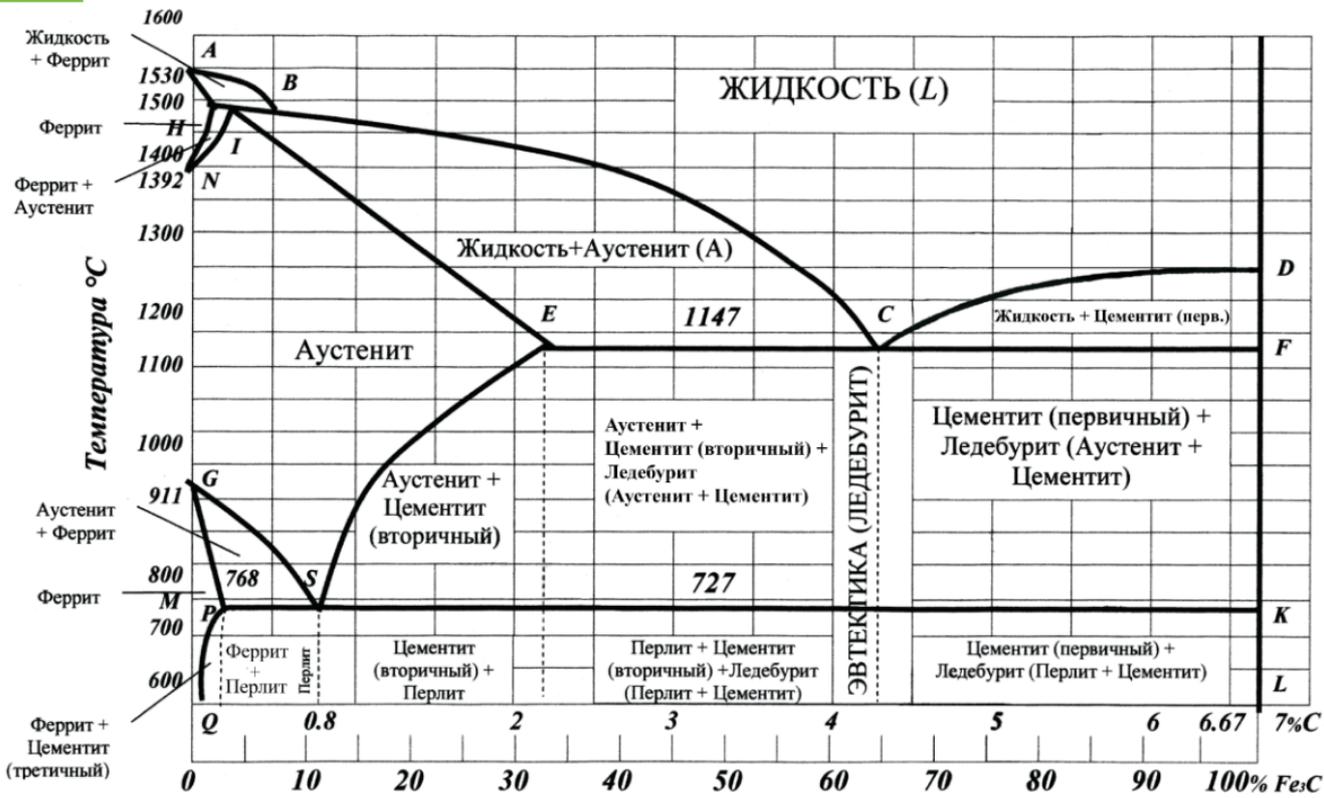


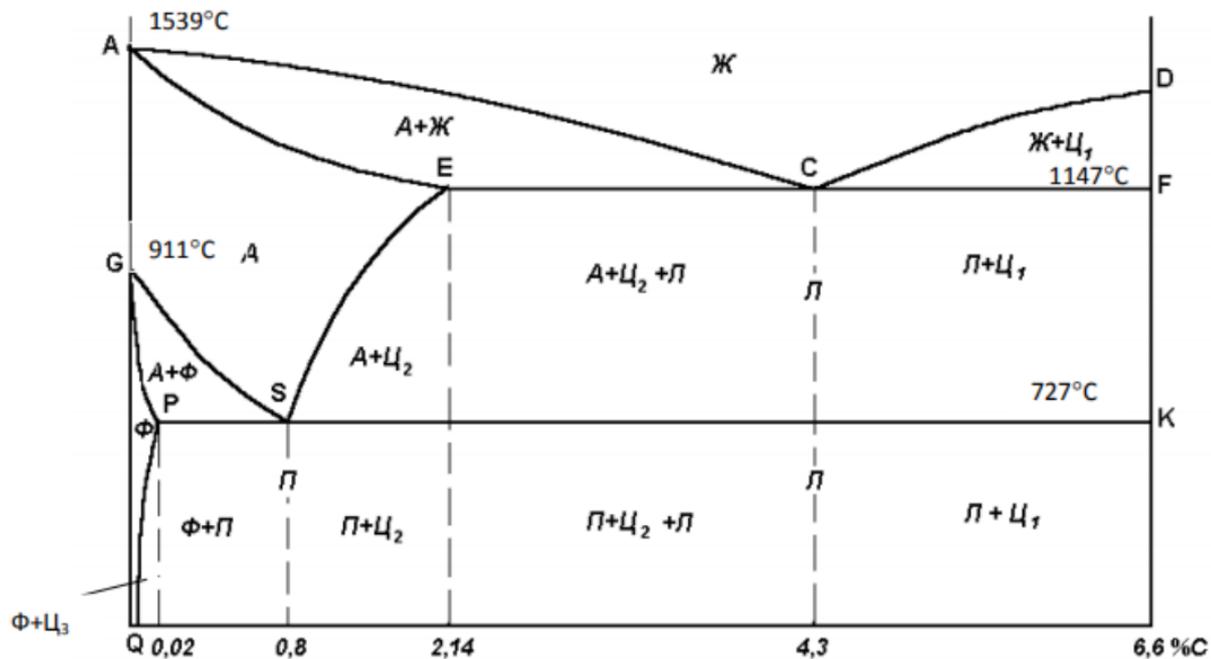
ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Диаграмма ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД

1 марта
2018





Фазы в системе Fe-C

Компоненты в системе Fe – C: железо и углерод

!!! Железо существует в двух аллотропических модификациях: объемноцентрированного куба (α -Fe - ОЦК) и гранецентрированного куба (γ -Fe - ГЦК).

Фазы в системе Fe – C: жидкий сплав (L, ж), твёрдые растворы (феррит(Φ) и аустенит(A)).

Также в системе имеются **химическое соединение Fe_3C – цементит(Ц), свободный углерод в виде графита, механические смеси (перлит(П), ледебурит(Л)).**

Жидкая фаза представляет собой неограниченный раствор железа и углерода, распространяющийся выше линии ликвидус ACD – от 0 до 6.67 %C. В жидком состоянии железо хорошо растворяет углерод в любых пропорциях с образованием однородной жидкой

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.

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

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

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

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

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

Фазы в системе Fe-C

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.

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 _I)
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 цемента.
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
PQ	727° – комн.	0,025 – 0,006	Линия выделения Ц _{III}

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 °С) – превращение П→А;
A2 – линия MO (768 °С, т. Кюри) – магнитные превращения;
A3 – линия GOS (переменная температура, зависящая от содержания углерода в сплаве) – превращение Ф→А;
A4 – линия NJ (переменная температура, зависящая от содержания углерода в сплаве) – превращение А→Ф ;
Acm – линия SE (переменная температура, зависящая от содержания углерода в сплаве) – начало выделения цементита вторичного (иногда обозначается *A3*).

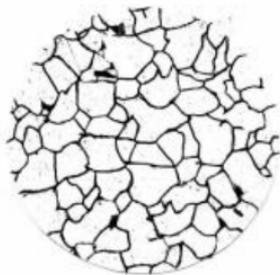


Рис.1

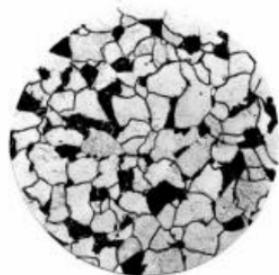


Рис.2



Рис.3



Рис.4

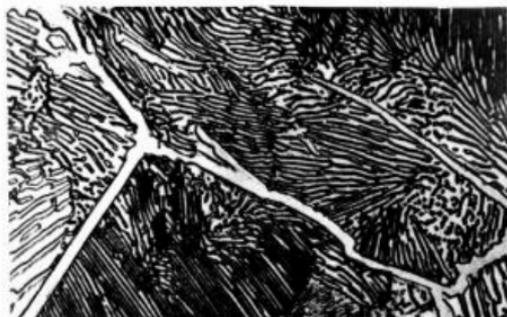


Рис.5

Сплавы Fe - C, содержащие

- менее 0,02% C - *техническое железо,*
- от 0,02 до 2.14% C – *стали,*
- более 2.14% C – *чугуны.*

Стали Fe - C, содержащие

- 0,02...0,8% C – *доэвтектоидные стали,*
- 0,8% C – *эвтектоидные стали,*
- от 0,8...2.14% C – *заэвтектоидные стали.*

Чугуны, содержащие

- 2.14...4,3% C – *доэвтекктические чугуны,*
- 4,3% C – *эвтекктические чугуны,*
- более 4,3% C – *заэвтекктические чугуны.*

Четыре типа структур сталей

Первый тип структуры $\Phi + \Psi_3$ наблюдается в низкоуглеродистых сталях, содержащих до 0,02 % С (т. Р). Такие стали называются техническим железом.

Второй тип структуры $\Phi + \Pi$ наблюдается в доэвтектоидных сталях, содержащих от 0,02 до 0,8 % С (т. S). Чем больше в доэвтектоидной стали углерода, тем больше в ней перлита.

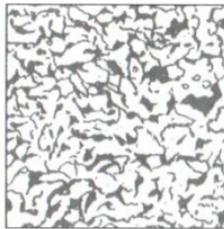
Третий тип структуры Π наблюдается в эвтектоидной стали, содержащей 0,8 % С.

Четвертый тип структуры $\Pi + \Psi_2$ наблюдается в заэвтектоидной стали с содержанием углерода от 0,8 до 2,14 % (т. E).

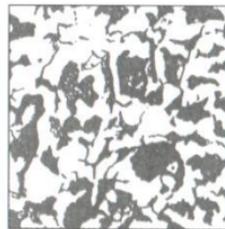
v



а



б

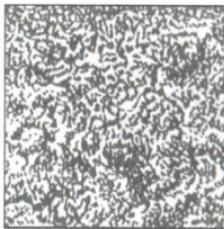


в

Структура сталей



г



д



е

а) $C=0,05$ %, структура $\Phi+Ц_{III}$; **б)** $C=0,15$ %, доэвтектоидная сталь структура $\Phi+П$; **в)** $C=0,35$ %, доэвтектоидная сталь структура $\Phi+П$; **г)** $C=0,8$ %, эвтектоидная сталь структура пластинчатый $П$; **д)** $C=0,8$ %, эвтектоидная сталь структура зернистый $П$; **е)** $C=0,8$ %, заэвтектоидная сталь структура $П+Ц_{II}$ (увеличение 500).

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**