

МОДУЛЬ 2

СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

ТЕМА 4.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО–УГЛЕРОД

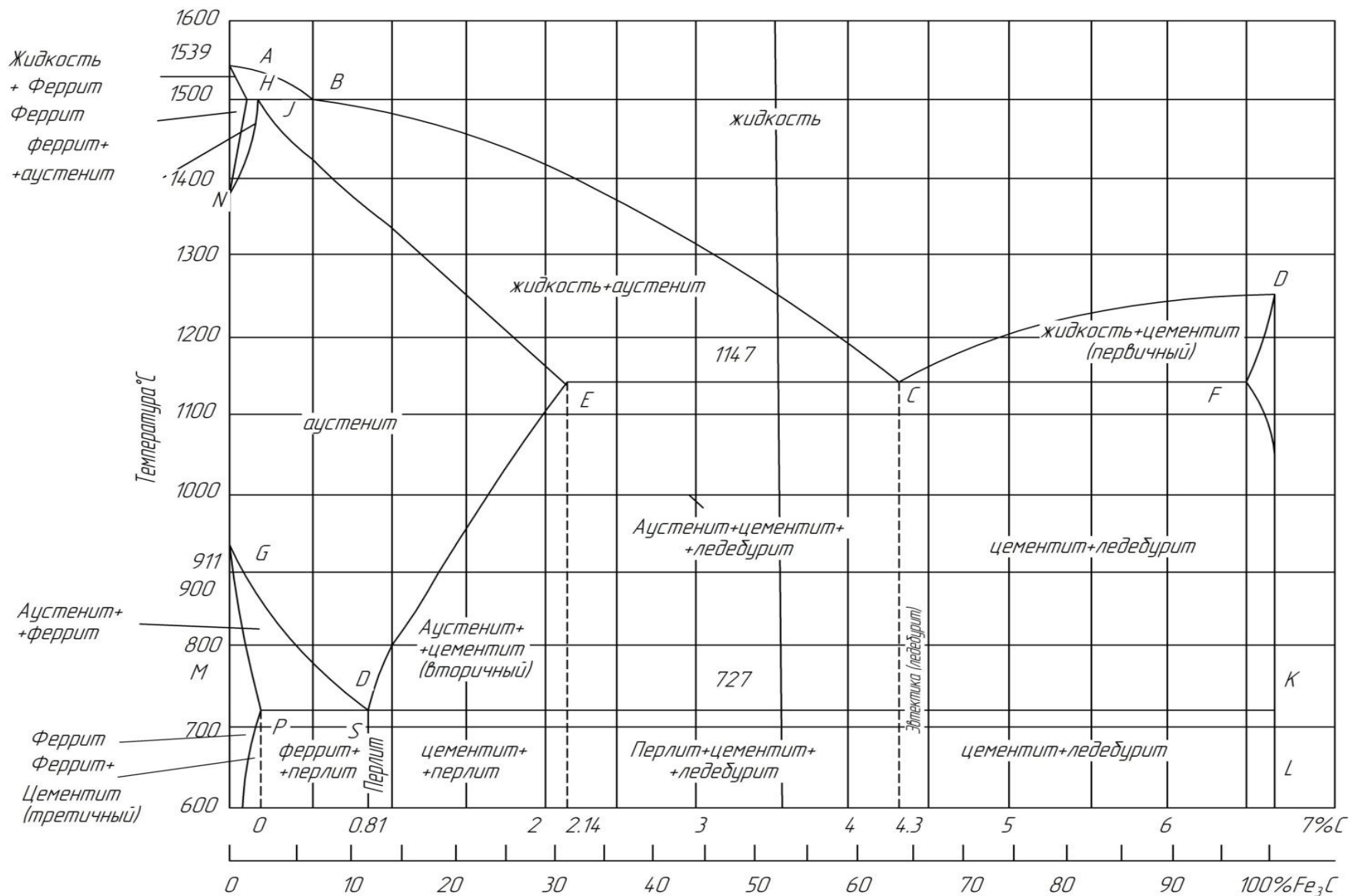


Рис.1. Диаграмма состояния сплавов системы железо–углерод

Компоненты сплава

Железо. Чистое железо – серебристо-светлый металл, имеющий температуру плавления 1539 °С. Обладает невысокой твердостью и прочностью и хорошей пластичностью. Железо имеет **несколько аллотропических форм**, а именно: α-железо с объемно-центрированной кубической решеткой и γ-железо с гранецентрированной кубической решеткой.

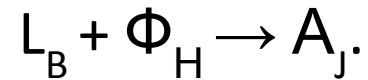
Цементит. Цементит – это химическое соединение железа с углеродом – карбид железа Fe_3C . В цементите содержится 6,67 % углерода. Цементит имеет сложную ромбическую решетку с плотной упаковкой атомов. Он обладает высокой твердостью (HV1000) и очень малой пластичностью.

В системе существуют следующие **фазы**:

1. **Жидкость** (L) – (жидкий раствор углерода в железе), существующая выше линии ликвидус.
2. **Цементит Fe_3C** (Ц) – линия DFKL;
3. **Феррит** (Ф) – твердый раствор углерода в α -железе. Область феррита в системе железо – углерод расположена левее линий GPQ и ANN;
4. **Аустенит** (A) – твердый раствор углерода в γ -железе. Область аустенита на диаграмме – NJESG.

В системе протекают три **нонвариантные реакции**:

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



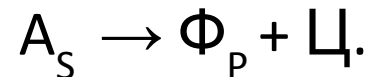
В результате перитектической реакции образуется **аустенит**.

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



В результате этой реакции образуется **эвтектическая смесь аустенита и цементита, которая называется ледебуритом**.

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



Продуктом превращения является **эвтектоидная смесь феррита и цементита, которая называется перлитом**.

ТЕМА 6. УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ

Железоуглеродистые сплавы, содержащие углерода от 0,02 до 2,14 %, называются сталями. По структуре в равновесном состоянии стали делятся на доэвтектоидные, эвтектоидные и заэвтектоидные.

Сплавы железа с углеродом, содержащие углерода до 0,02 %, называют *технически чистым железом*.

Железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода от 2,14 % до 6,67 % называются чугунами. По структуре в равновесном состоянии чугуны делятся на доэвтектические, эвтектические и заэвтектические.

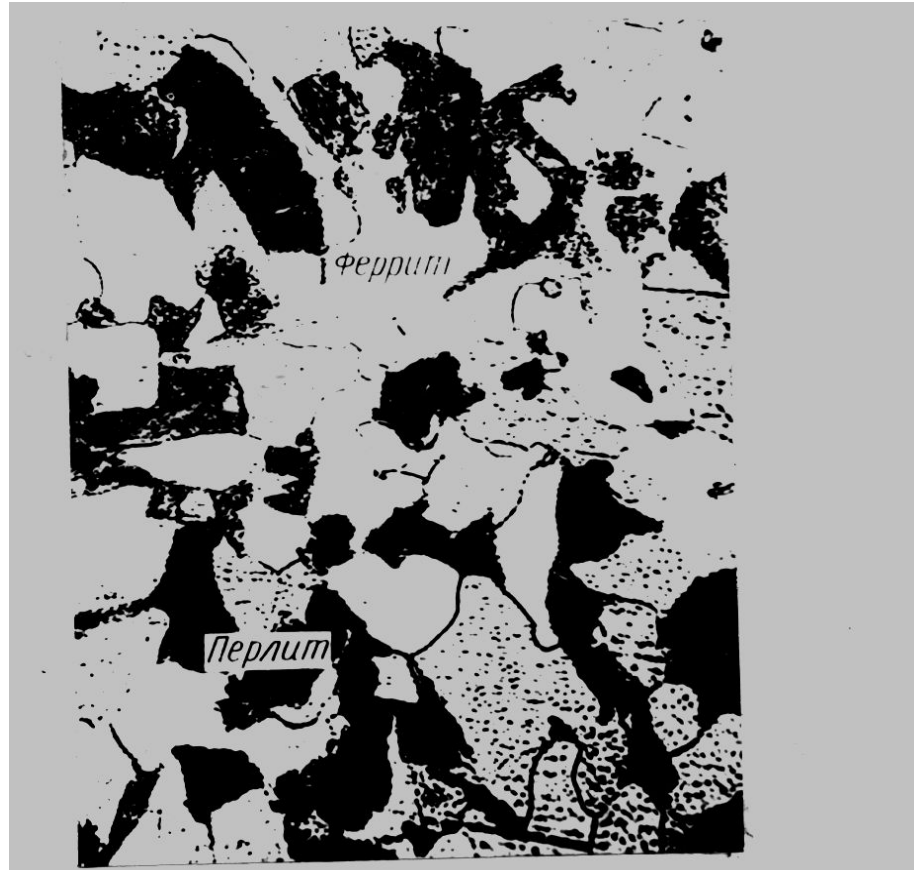


Рис. 2. Микроструктура доэвтектоидной стали
(0,2 % C), $\times 200$



Рис. 3. Микроструктура эвтектоидной стали
(перлит пластинчатый), $\times 2000$



Рис. 4. Микроструктура заэвтектоидной стали (1,2 % C), $\times 200$

5.1. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей

С увеличением содержания углерода в углеродистых сталях, находящихся в равновесном состоянии, меняются их структура и фазовый состав: уменьшается количество феррита (НВ 80...100), увеличивается количество цементита (НВ 800). В соответствии с этим в сталях возрастают твердость НВ, предел прочности $\sigma_{\text{в}}$, уменьшаются пластичность δ и ударная вязкость KSU.

Марганец и кремний – полезные примеси, **повышают прочность** сталей. Попадают в сталь при ее раскислении. Углеродистые стали содержат около 0,8 % Mn и 0,5 % Si.

Сера и фосфор – вредные примеси. Они попадают в сталь с исходным сырьем.

Содержание серы в сталях допускают не более 0,05 %, большее ее количество придает сплавам красноломкость.

Содержание фосфора в углеродистой стали допускается до 0,05 %, большее его количество повышает хладноломкость сплавов.

Азот (N_2), кислород (O_2) и водород (H_2) – вредные примеси. Повышают **хрупкость** сталей.

5.2. Классификация углеродистых сталей

Углеродистые стали классифицируют по содержанию углерода, назначению, качеству, степени раскисления и структуре в равновесном состоянии.

По содержанию углерода стали подразделяются на:

1. Низкоуглеродистые ($0,3 \% < C$),
2. Среднеуглеродистые ($0,3 \dots 0,7 \% C$)
3. Высокоуглеродистые ($C > 0,7 \%$).

По назначению стали классифицируют на:

1. Конструкционные
2. Инструментальные.

Конструкционные стали предназначены для изготовления строительных сооружений, деталей машин и приборов. К этим сталям относят **цементуемые, улучшаемые, высокопрочные и рессорно-пружинные.**

Инструментальные стали подразделяют на стали для режущего, измерительного инструмента, штампов холодного и горячего деформирования.

По качеству стали подразделяют на:

1. Стали обыкновенного качества (до 0,06 % S и 0,07 % P)
2. Стали качественные (не более 0,04 % S и 0,035 % P)
3. Стали высококачественные (не более 0,025 % S и 0,025 % P)

Стали обыкновенного качества бывают только углеродистыми (до 0,5 % C), качественные и высококачественные – углеродистыми и легированными.

По степени раскисления стали классифицируют на:

1. Спокойные стали
2. Полуспокойные стали
3. Кипящие стали

Раскисление – процесс удаления из жидкого металла кислорода и оксидов, проводимый с целью предотвращения хрупкого разрушения стали при горячей деформации.

5.3. Углеродистые стали обыкновенного качества

Стали обыкновенного качества выпускают в виде проката (прутки, балки, листы, уголки, швеллеры и т.п.) в нормализованном состоянии и в зависимости от назначения и комплекса свойств подразделяют на группы: А, Б, В.

Группа А – это стали, **поставляемые по механическим свойствам** без уточнения их химического состава. Их обозначают буквами Ст (сталь) и цифрами, обозначающими порядковый номер стали, - 0, 1, 2, 3, ..., 6 (то есть Ст0, Ст1, Ст2, ..., Ст6). Чем больше цифра, тем больше содержание углерода, и, следовательно, выше прочность и ниже пластичность.

Группа Б – это стали, поставляемые **с гарантируемым химическим составом**, в обозначении марки сталей впереди ставится буква Б– БСт0, БСт1,..., БСт6. Механические свойства при этом не гарантируются.

Стали этой группы применяют для изделий, изготавливаемых с применением горячей обработки. Для таких сталей важны сведения о химическом составе, необходимые для определения режима горячей обработки.

Группа В – это стали повышенного качества. Их поставляют **с гарантированными химическим составом и механическими свойствами**. В обозначение марки вводится буква В (ВСт1,..., ВСт5). Стали группы В дороже, чем стали групп А и Б, их применяют для ответственных деталей (для производства сварных конструкций).

При маркировке сталей обыкновенного качества **степень раскисления** обозначается добавлением индексов: в спокойных сталях – "сп", полуспокойных – «пс», кипящих – «кп», например, Ст3сп, БСт3пс или ВСт4кп. Спокойными и полуспокойными производят стали Ст1-Ст6, кипящими – Ст1-Ст4 всех групп. Сталь Ст0 по степени раскисления не разделяют.

5.4. Углеродистые качественные стали

Маркируют эти стали (ГОСТ 1050-88) двузначными цифрами 05, 08, 10, 15, 20, ..., 75, 80, 85, обозначающими среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Например, сталь 20 содержит в среднем 0,20 % С, сталь 70 – 0,70 % С и т.д.

ТЕМА 6. ЧУГУНЫ

Чугуны – более дешевый материал, чем стали. Содержание углерода в них больше 2,14 %. Они обладают пониженной температурой плавления и хорошими литейными свойствами. За счет этого из чугунов можно делать отливки более сложной формы, чем из сталей.

В зависимости от того, в каком виде и форме присутствует углерод в сплавах, различают белые, серые, высокопрочные и ковкие чугуны.

6.1. Белые чугуны

Весь **углерод** в этом чугуне находится **в связанном состоянии** в виде цементита.

Эти чугуны имеют большую твердость (HB 450...550) из-за присутствия в них большого количества цементита; они очень хрупкие и для изготовления деталей машин **не используются**.

Отливки из белого чугуна служат **для получения** с помощью графитизирующего отжига **деталей из ковкого чугуна**.

6.2. Серые чугуны

В структуре серого чугуна практически весь углерод находится в свободном состоянии – в виде графита. В сером чугуне графитовые включения имеют форму пластин.

По структуре металлической основы серые чугуны разделяют на три вида.

1. Серый перлитный со структурой *перлит + графит*.
2. Серый феррито-перлитный со структурой *феррит + перлит + графит*.
3. Серый ферритный со структурой *феррит + графит*.



Рис. 5. Микроструктура серого перлитного чугуна

Таблица 1

*Механические свойства серых
чугунов*

Чугун	$\sigma_{\sigma'}$ МПа	НВ	Структура металлическ ой основы
СЧ 15	150	163...229	Феррит
СЧ 25	250	180...250	Феррит + перлит
СЧ 40	400	207...285	Перлит
СЧ 45	450	229...289	Перлит

Из серых чугунов изготавливают блоки цилиндров, картеры, маховики и др.

В автотракторостроении и сельскохозяйственном машиностроении часто применяют следующие марки серых чугунов: СЧ18, СЧ20, СЧ25 (немодифицированные) и СЧ30 и СЧ35 (модифицированные).

6.3. Высокопрочные чугуны

Высокопрочными называют чугуны, в которых графит имеет шаровидную форму.

Высокопрочные чугуны получают **модифицированием** жидкого чугуна небольшими добавками магния.

Маркируют высокопрочный чугун буквами ВЧ, затем следуют цифры, которые показывают среднее значение временного сопротивления при растяжении – σ_{σ} (кгс/мм²).

Высокопрочный чугун – хороший заменитель литой стали (применяется для изготовления коленчатых и распределительных валов, гильз цилиндров, автомобильных двигателей).

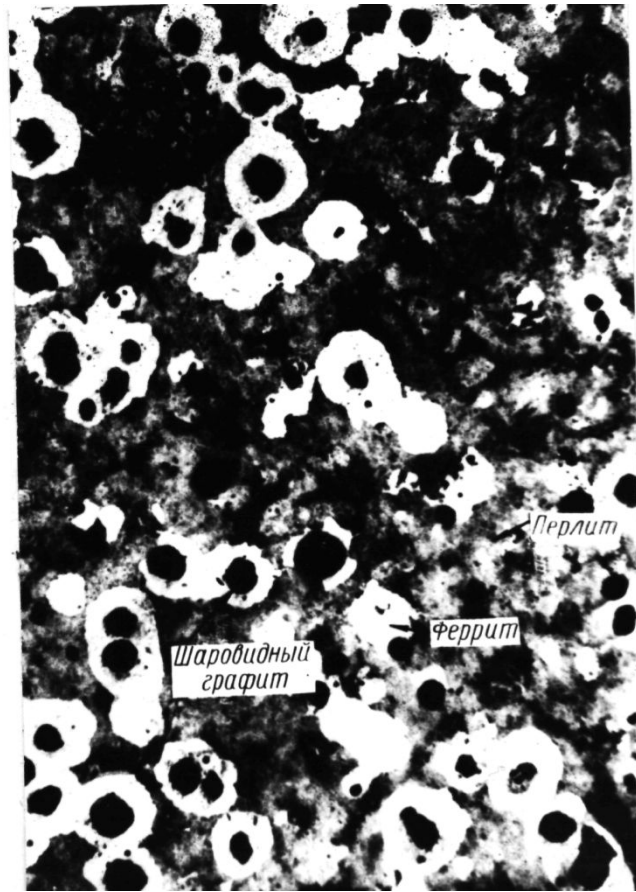


Рис. 6. Микроструктура феррито-перлитного высокопрочного чугуна

6.4. Ковкие чугуны

Ковкими называют чугуны, в которых **графит** имеет хлопьевидную форму. Их получают в результате специального **графитизирующего отжига** отливок белого доэвтектического чугуна.

Ковкий чугун маркируют буквами КЧ и цифрами. Первые цифры марки показывают среднее значение временного сопротивления при растяжении – $\sigma_{\text{в}}$ (кгс/мм²), вторые – относительное удлинение – δ (%).

В автотранспортном и сельскохозяйственном машиностроении применяют ковкие чугуны марок КЧ37-12, КЧ35-10, КЧ50-4. Из них изготавливают картеры редукторов, рулевых механизмов, ступицы колес, педали и др.

Таблица 2

*Механические свойства ковких
чугунов*

Чугун	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %	НВ	Структура металличе ской основы
КЧ 30-6	300	6	100...163	феррит
КЧ 37-12	370	12	110...163	феррит
КЧ 60-3	600	3	200...269	перлит
КЧ 80-1,5	800	1,5	270...320	перлит

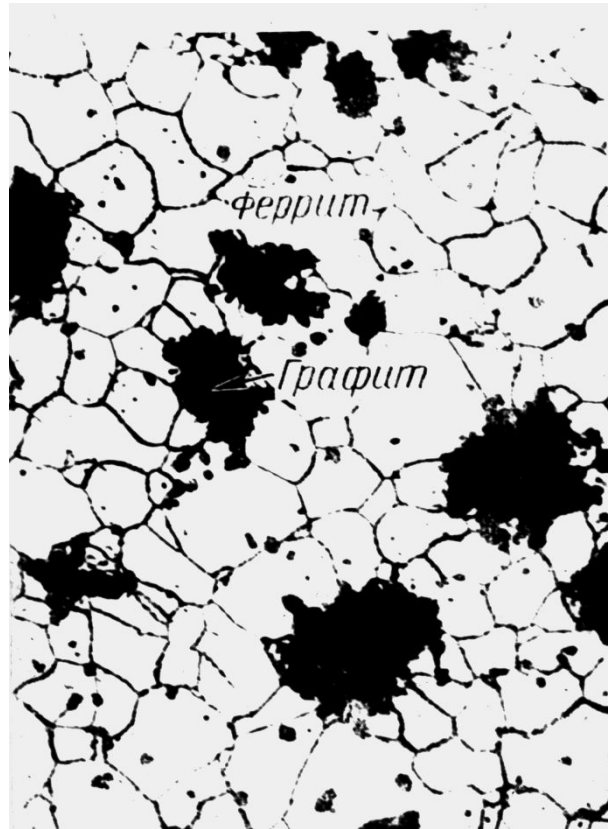


Рис. 7. Микроструктура ферритного ковкого чугуна