

# **ЖЕЛЕЗО И ЕГО СПЛАВЫ**

**ЛУКЪЯНОВ ИВАН АЛЕКСЕЕВИЧ**

**РКБО-01-18**

**МОСКВА 2020**

# СПЛАВЫ С УГЛЕРОДОМ. СТАЛЬ



**Сталь** – твердый раствор  $\alpha$ -железа и углерода, содержание которого не превышает 2,14%.

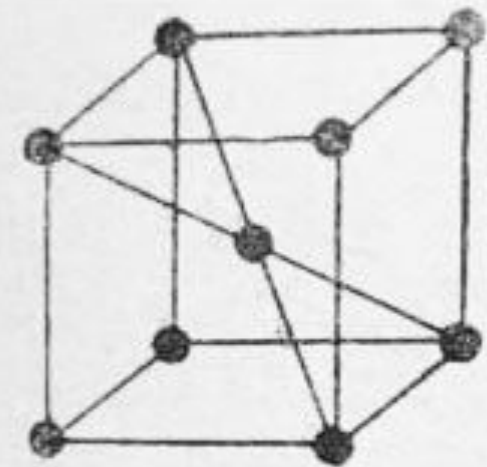
**Марка** стали определяется процентным содержанием углерода в сотых долях процента.

# СТАЛЬ

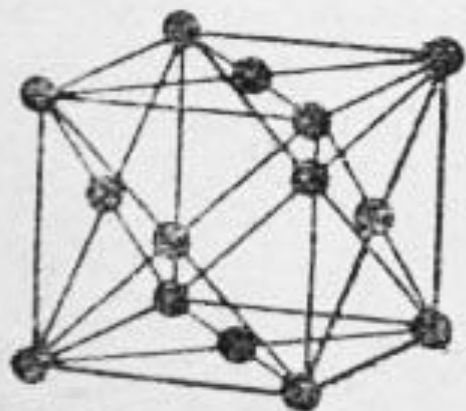


Стали, как и чистому железу, свойственен **полиморфизм**, т. е. способность кристаллической решётки менять своё строение при нагреве и охлаждении.

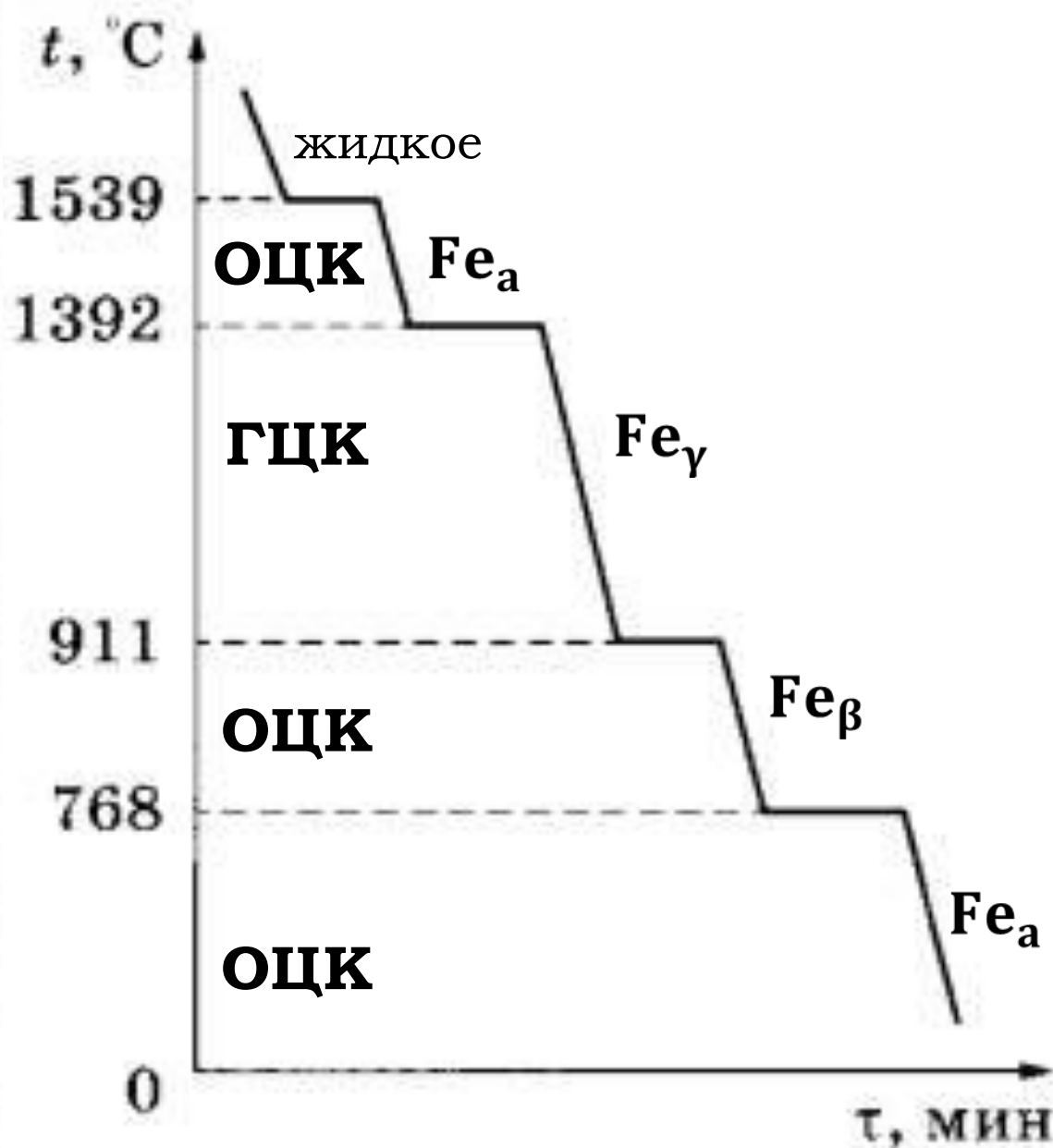
# ПОЛИМОРФИЗМ ЧИСТОГО ЖЕЛЕЗА



$\alpha$



$\delta$



парамагнитно

парамагнитно

ферромагнитно

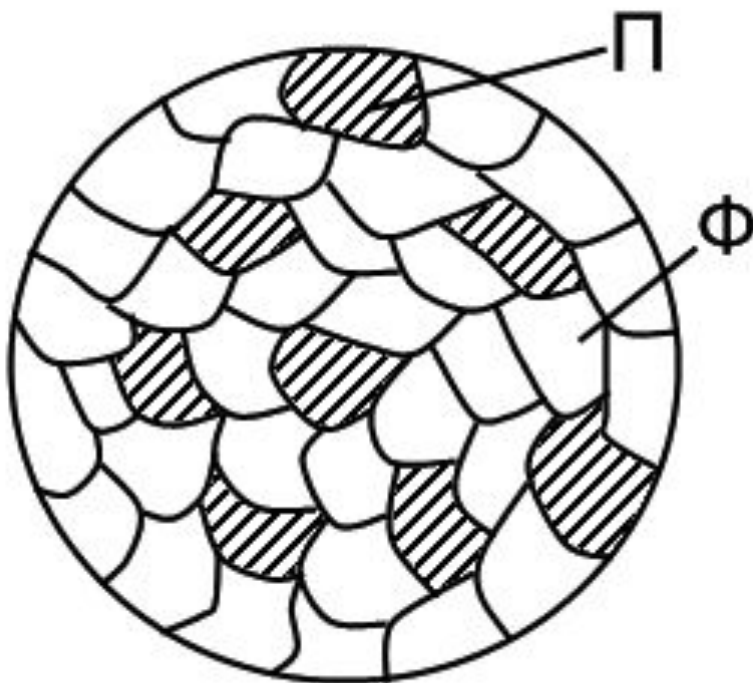
# ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ



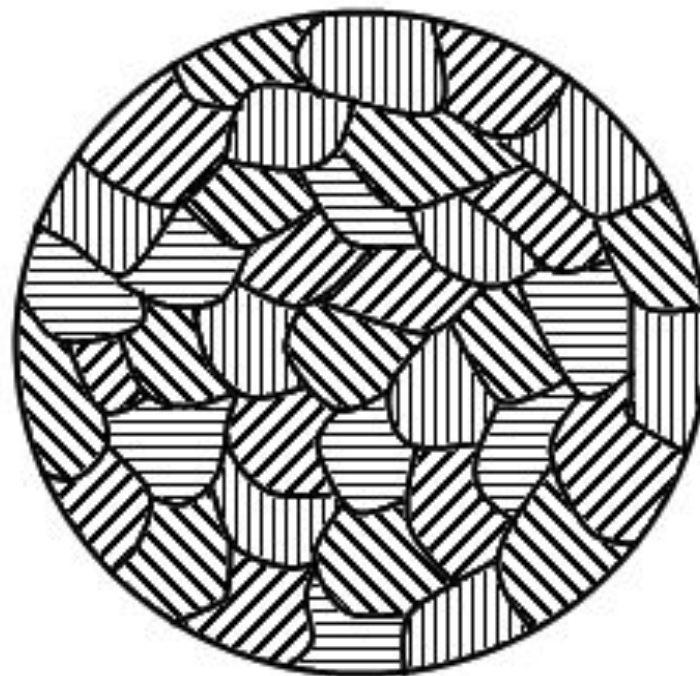
Взаимодействие углерода с модификациями железа приводит к образованию **твёрдых растворов**.

**Феррит** – твердый раствор  $\alpha$ -железа и углерода, содержание которого не превышает 0,04%.

# ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ



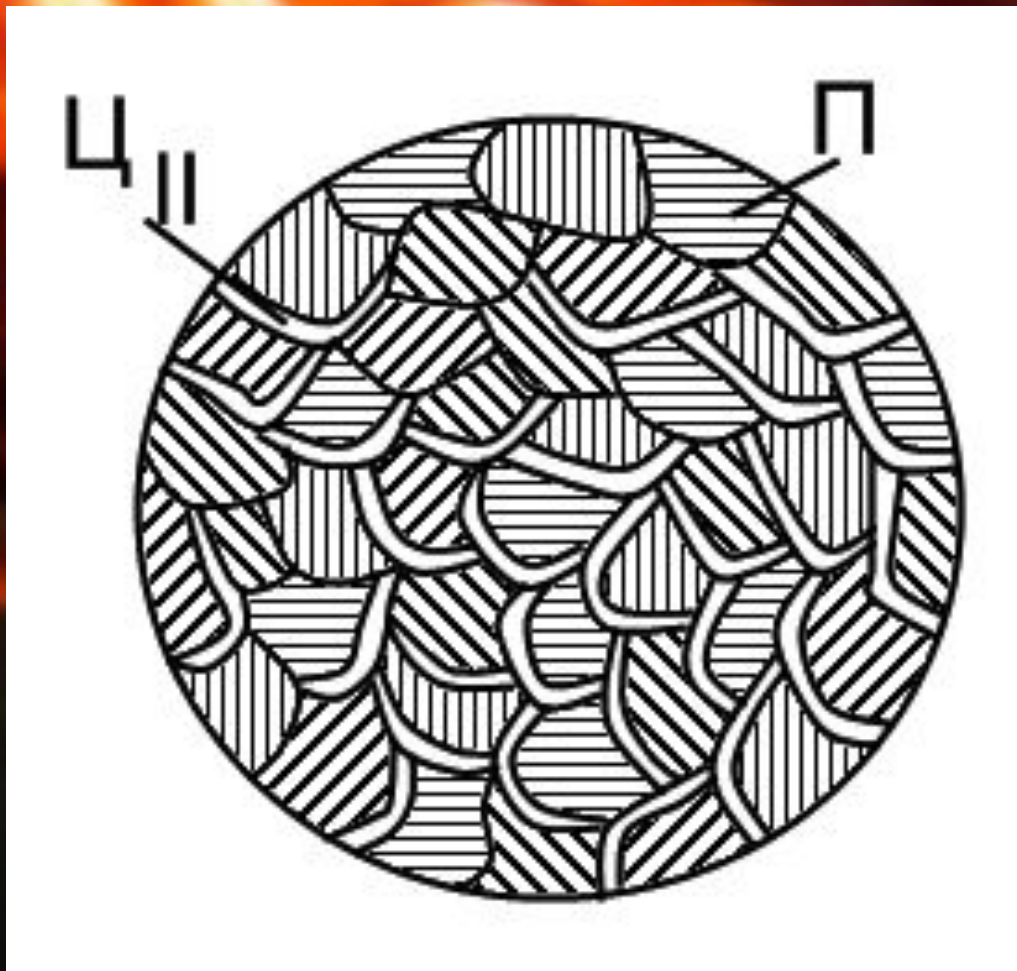
перлит + феррит



перлит

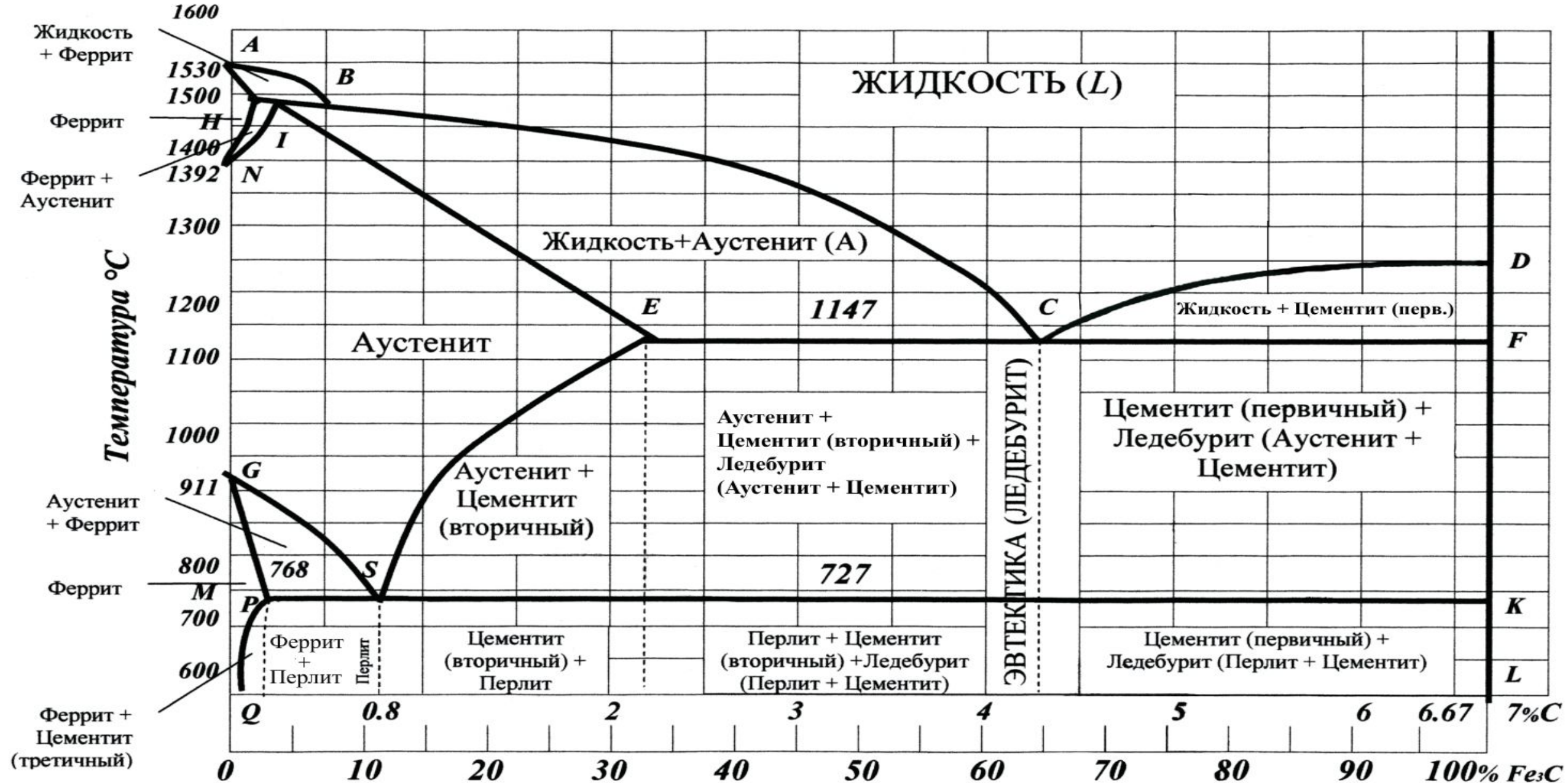
**Перлит** – твердый раствор  $\alpha$ -железа и углерода, процентное содержание которого составляет 0,8%.

# ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ



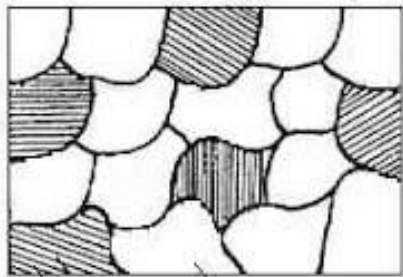
**Цементит** (карбид железа) – химическое соединение железа с углеродом, процентное соотношение которого превышает 6,67%.

# ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД



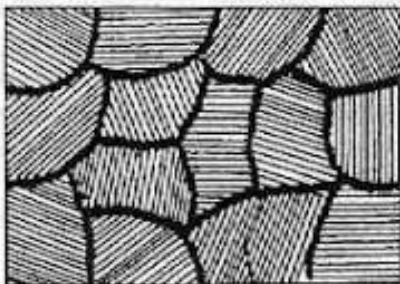


# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО РАВНОВЕСНОМУ СОСТОЯНИЮ.



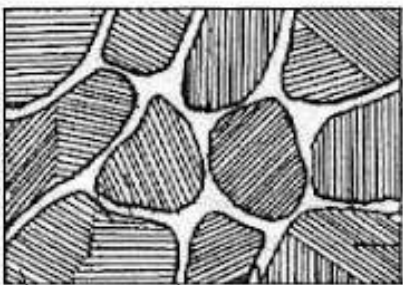
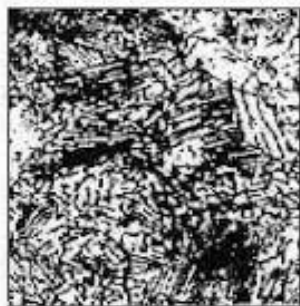
Перлит Феррит

а)



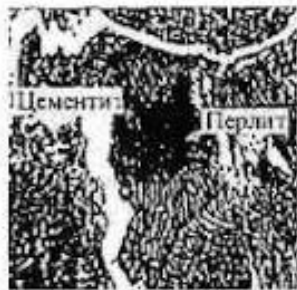
Перлит

б)



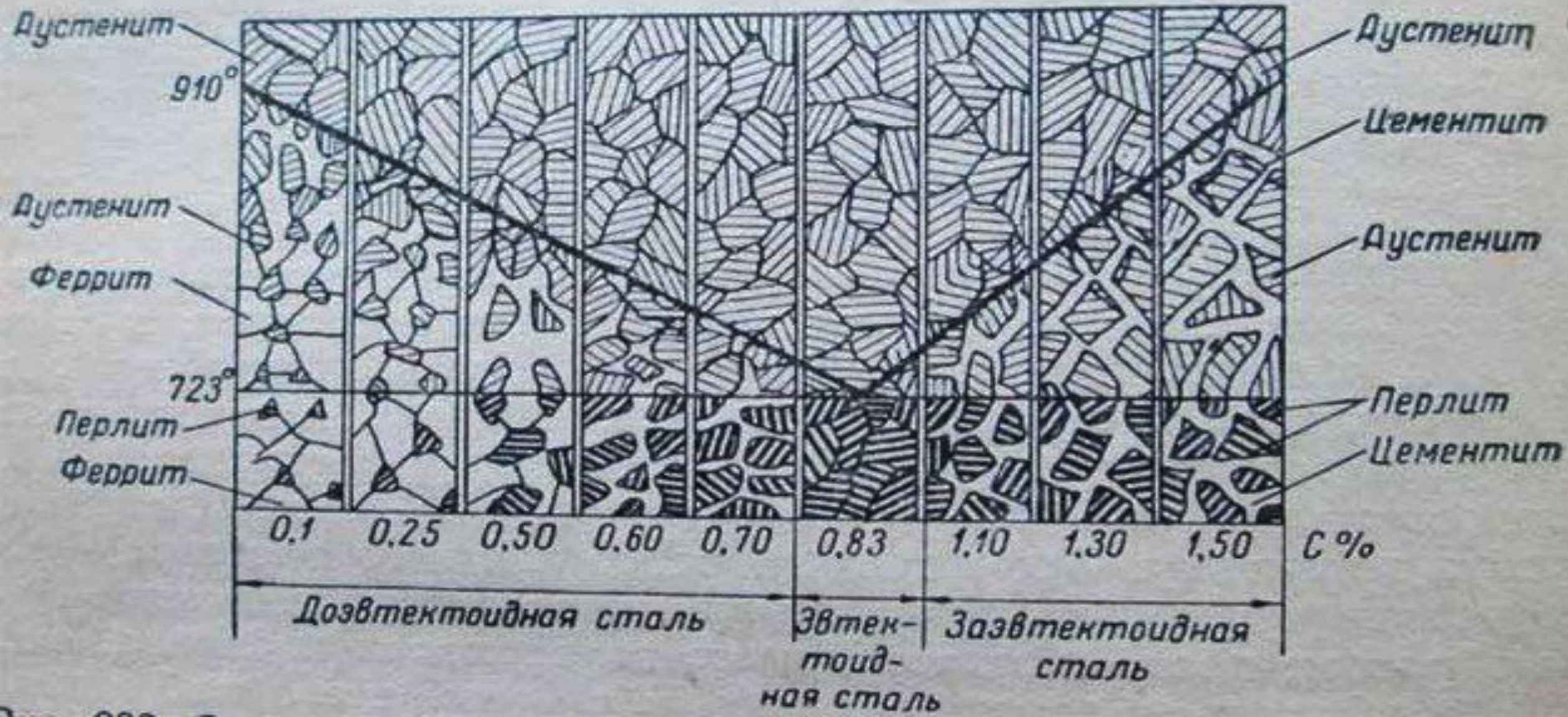
Перлит Цементит втор.

в)



**Доэвтектоидные**,  
содержащие менее 0,8 %С,  
**эвтектоидные** (0,8 % С),  
**заэвтектоидные** (более 0,8  
% С) и **ледебуритные**,  
которые представляют собой  
высоколегированные сплавы,  
в структуре которых  
имеются первичные  
карбиды.

# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО РАВНОВЕСНОМУ СОСТОЯНИЮ.



# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ. УГЛЕРОДИСТАЯ СТАЛЬ



Углеродистая сталь наряду с Fe и C содержит Mn (0,1—1,0%) и Si (до 0,4%), а также вредные примеси — S и P.

# УГЛЕРОДИСТАЯ СТАЛЬ



В зависимости от содержания С различают **низкоуглеродистую** (до 0,25% С), **среднеуглеродистую** (0,25—0,6% С) и **высокоуглеродистую** (более 0,6% С) С.

# ЛЕГИРОВАННАЯ СТАЛЬ



В состав легированных сталей, помимо указанных компонентов, входят легирующие элементы (Cr, Ni, Mo, W, V, Ti, Nb, Zr, Co и др.).

# ЛЕГИРОВАННАЯ СТАЛЬ



По суммарному содержанию легирующих элементов различают **низколегированные** (менее 2,5%), **среднелегированные** (2,5—10%) и **высоколегированные** (более 10%) стали.

# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО СТЕПЕНИ РАСКИСЛЕННОСТИ

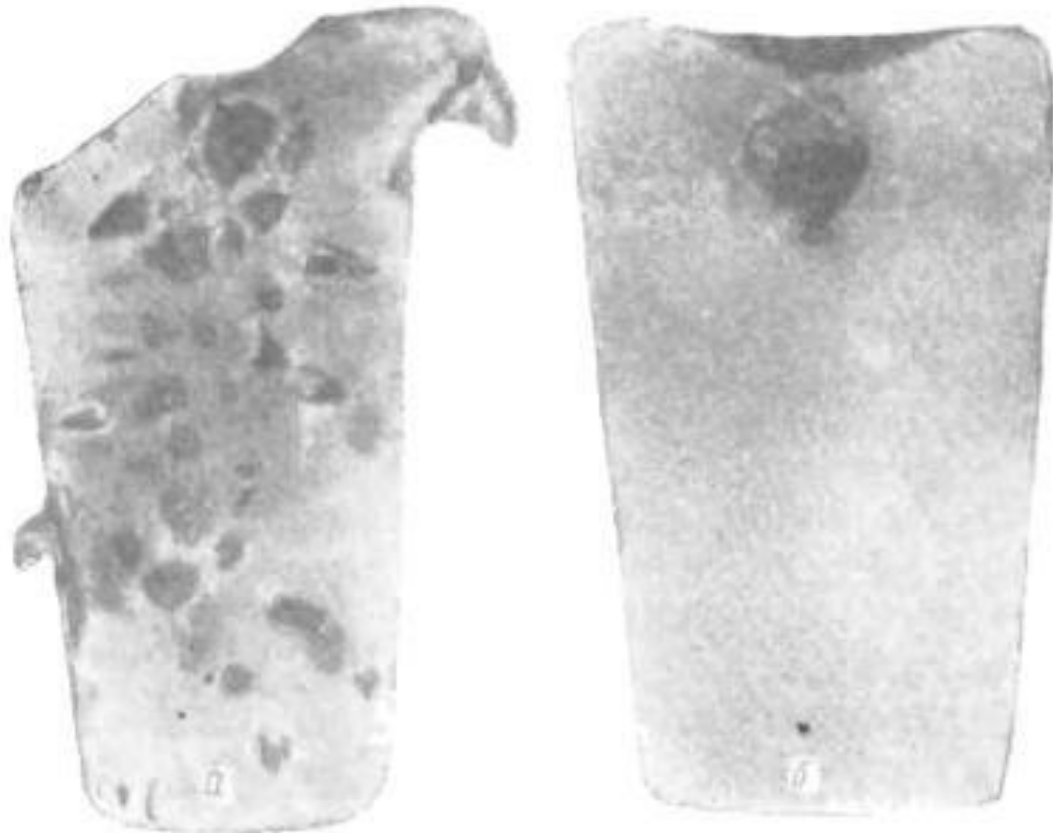


Рис. 26. Разрезы проб нераскисленного металла (а) и раскисленного (б)

Раскисление металлов – процесс удаления из расплавленных металлов растворённого в них кислорода, который является вредной примесью, ухудшающей механические свойства металла.

# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО СТЕПЕНИ РАСКИСЛЕННОСТИ

**Раскисляющие добавки** решают следующие задачи:

1. Снижают негативное влияние свободного кислорода на формирующуюся структуру слитка.
2. Поддерживают в течение длительного периода высокую температуру стали, что обеспечивает максимальное шлако- и газоудаление.
3. Способствуют получению металла мелкозернистой, однородной структуры, поскольку образующиеся силикаты и алюминаты повышают число центров кристаллизации. Это обуславливает измельчение зерен и улучшает качество и механические характеристики металла.



# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО СТЕПЕНИ РАСКИСЛЕННОСТИ



**Кипящая сталь** (раскисленная только марганцем) - малораскисленная сталь, интенсивно выделяющая газы в во время застывания.

Образующиеся газы: до 90% CO, углекислый газ, азот, водород, метан.

# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО СТЕПЕНИ РАСКИСЛЕННОСТИ



**Спокойная сталь**  
(раскисленные марганцем,  
кремнием и алюминием) -  
сталь, которая  
затвердевает после  
разливки практически без  
выделения газов.

# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО СТЕПЕНИ РАСКИСЛЕННОСТИ



**Полуспокойная сталь**  
(раскисленная марганцем и кремнием).  
По техническим характеристикам полуспокойная сталь занимает промежуточное положение между спокойной и кипящей.

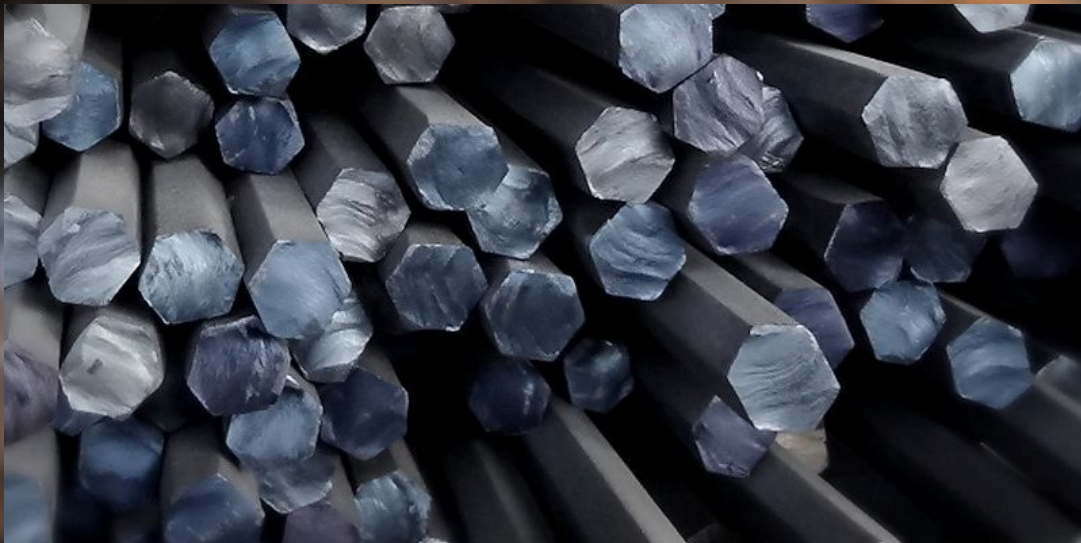
# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО КАЧЕСТВУ.



1. Обыкновенные
2. Качественные
3. Высококачественные
4. Особовысококачественные.

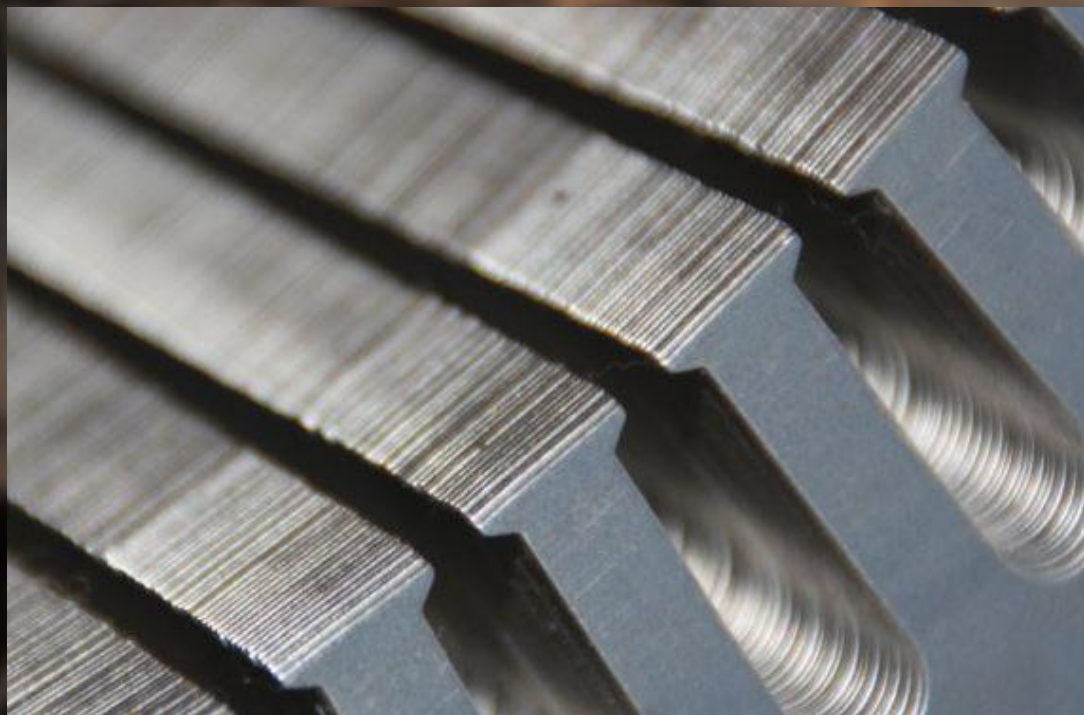
Основным критерием качества является содержание в стали вредных примесей: серы и фосфора.

# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО НАЗНАЧЕНИЮ.



По **назначению** стали классифицируют на **конструкционные**, **инструментальные** и стали с **особыми свойствами**.

# ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ СТАЛЬ



Разновидность стали с улучшенными электромагнитными свойствами.

Электротехническая сталь представляет собой сплав железа с кремнием, содержание которого составляет 0.8 – 4.8%.

# ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ СТАЛЬ



Легирование производится не чистым элементом кремнием, а ферросилицием. Это вещество представляет собой сплав  $\text{FeSi}$  с железом.

# ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ СТАЛЬ

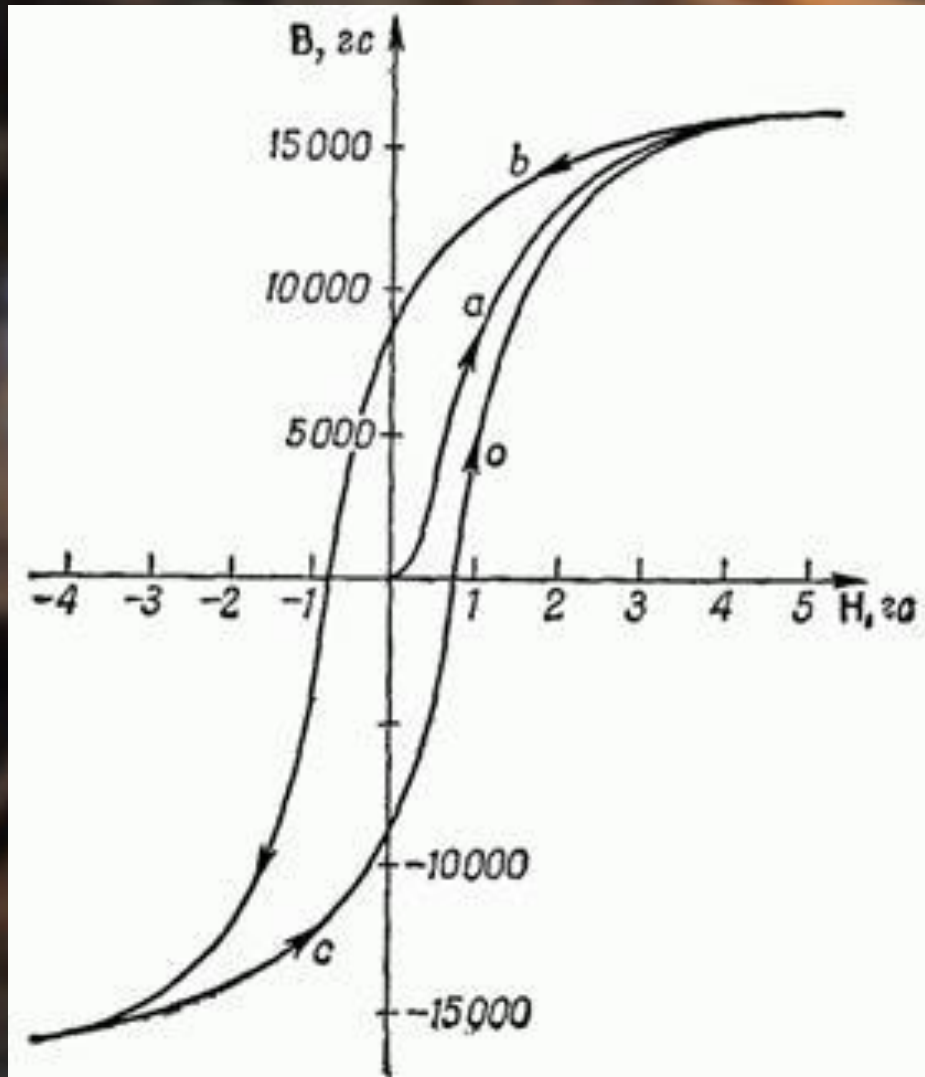


Исходя из содержания кремния электротехническую сталь разделяют на две категории:

**динамная** (0.8 – 2.5% Si),  
**трансформаторная** (3.0 – 4.5% Si).



# СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ



Улучшенные электромагнитные характеристики возникают в результате уменьшения коэрцитивной силы и остаточной индукции при циклическом перемагничивании, что ведет к минимизации потери энергии на гистерезис.

# ЧУГУН



**Чугун** – твердый раствор  $\alpha$ -железа и углерода, содержание которого составляет 2,14 – 6,67%. Последний элемент может входить в чугун в виде графита или цементита.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ЧУГУНА. СЕРЫЙ ЧУГУН



**Серый чугун** – твердый раствор  $\alpha$ -железа и углерода, который представлен в виде включений графита *пластинчатой формы*, и процентное содержание которого 2,14 – 6,67%.

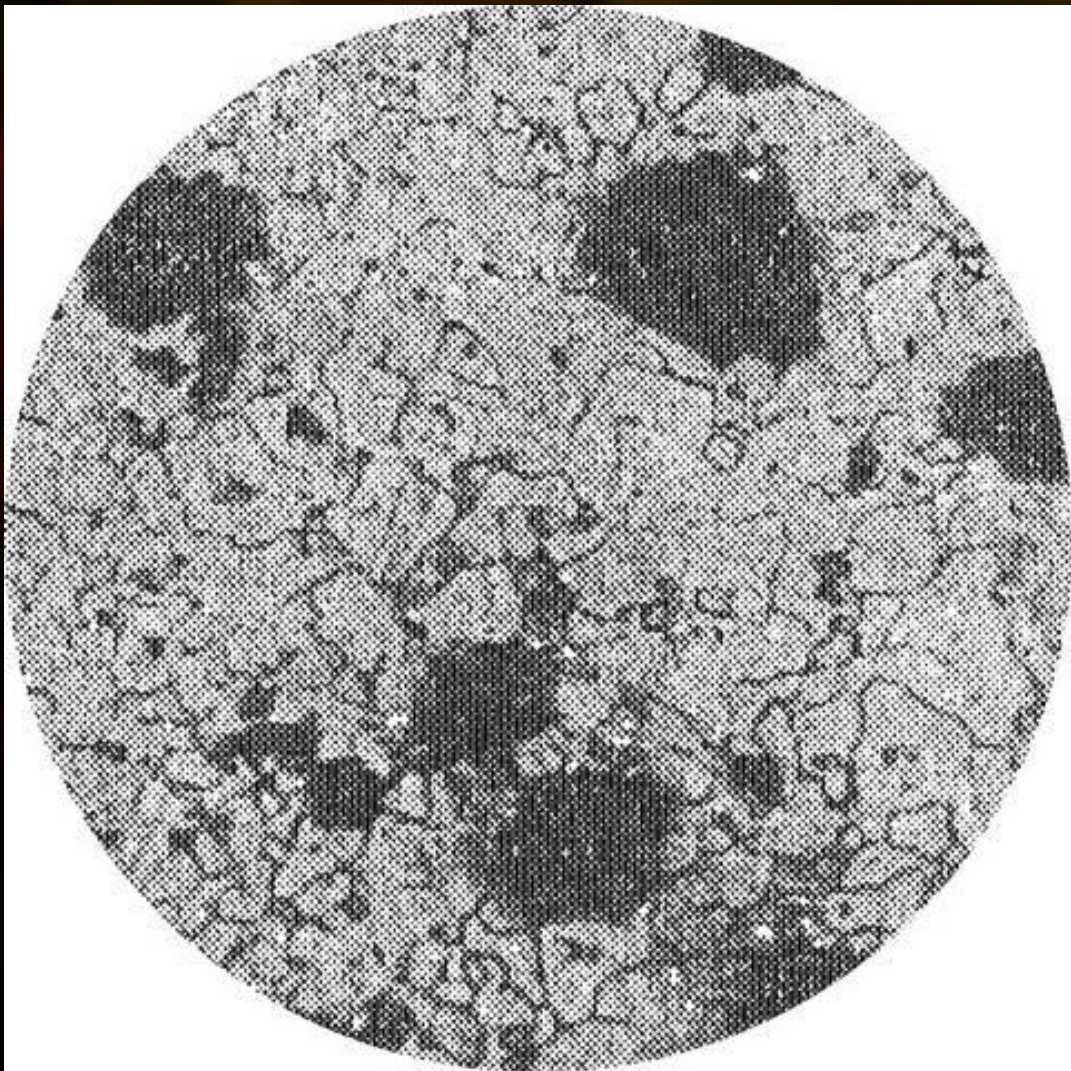
# СЕРЫЙ ЧУГУН



Свойства:

- Обладает хорошими литейными свойствами;
- Высокий коэффициент поглощения колебаний;
- Высокие прочностные свойства
- Хорошо обрабатывается режущим инструментом

# БЕЛЫЙ ЧУГУН



**Белый чугун** – твердый раствор  $\alpha$ -железа и углерода, который присутствует в связанном состоянии в виде карбида железа  $\text{Fe}_3\text{C}$  (цементита), и процентное содержание которого 2,14 – 6,67%.

# БЕЛЫЙ ЧУГУН



Свойства:

- Высокая износостойкость и твердость, поэтому, плохо обрабатывается резанием;
- Хрупок;

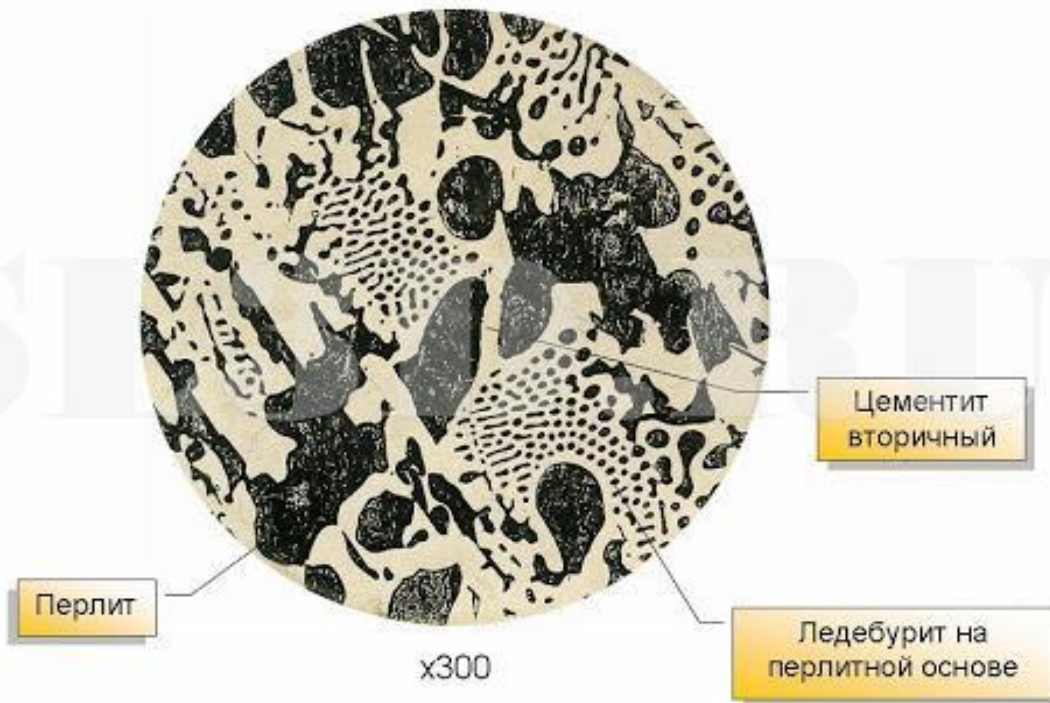
Идет, в основном, в передел на сталь.

# БЕЛЫЙ ЧУГУН

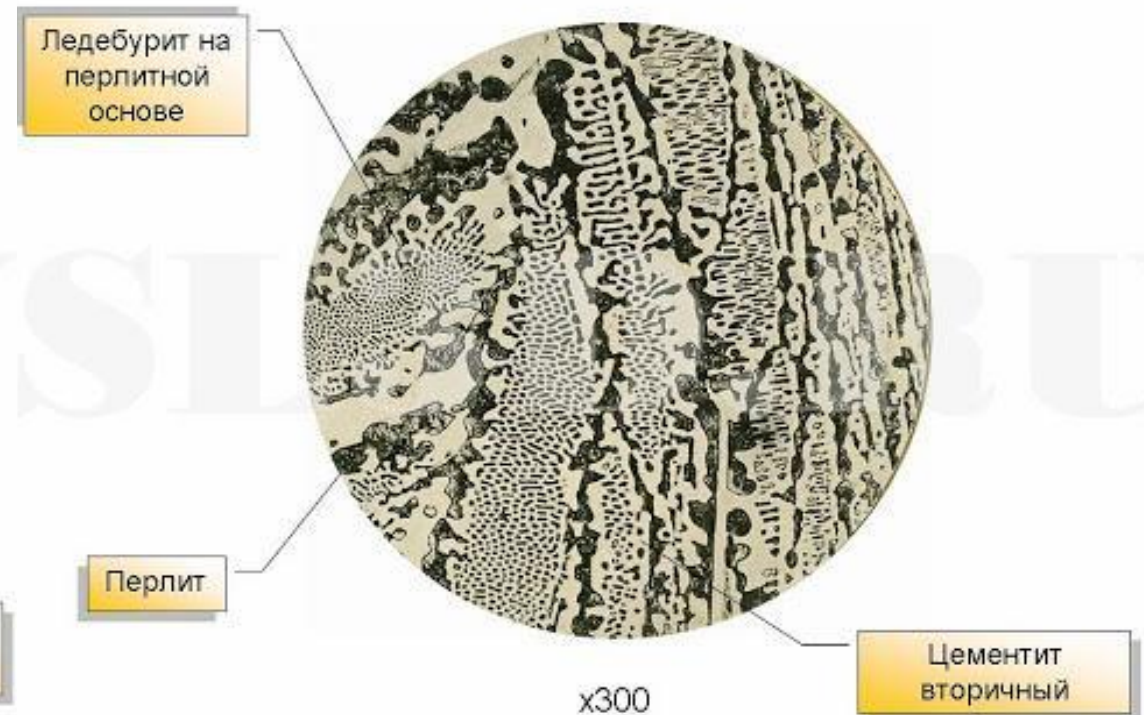
Белый чугун делится на

- доэвтектический (2,14% до 4,3% углерода);
- эвтектический (4,3 % углерода);
- заэвтектический (4,3—6,67 % углерода)

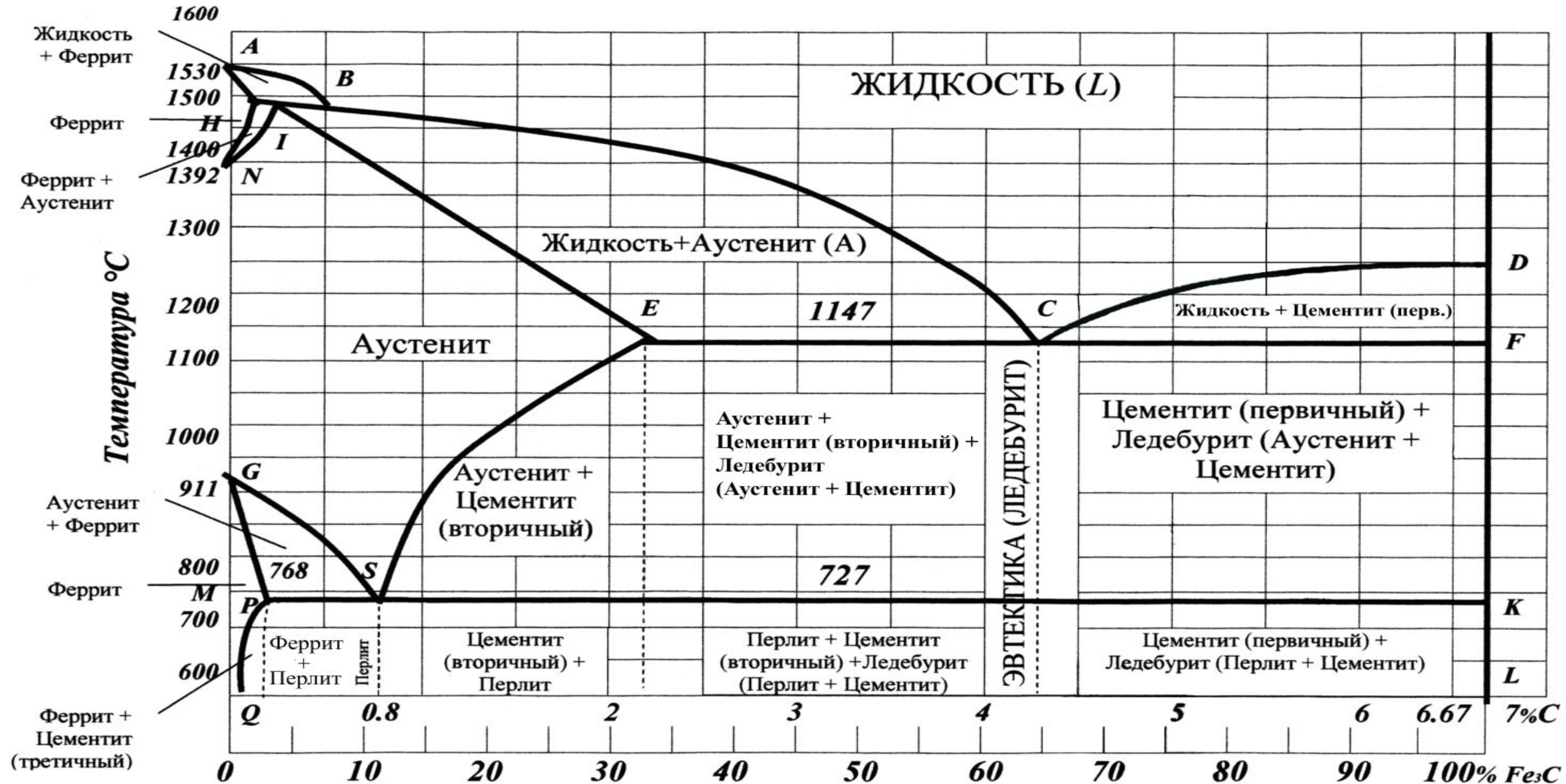
Микроструктура доэвтектического белого чугуна (3,5% С)



Микроструктура эвтектического белого чугуна (4,2% С)

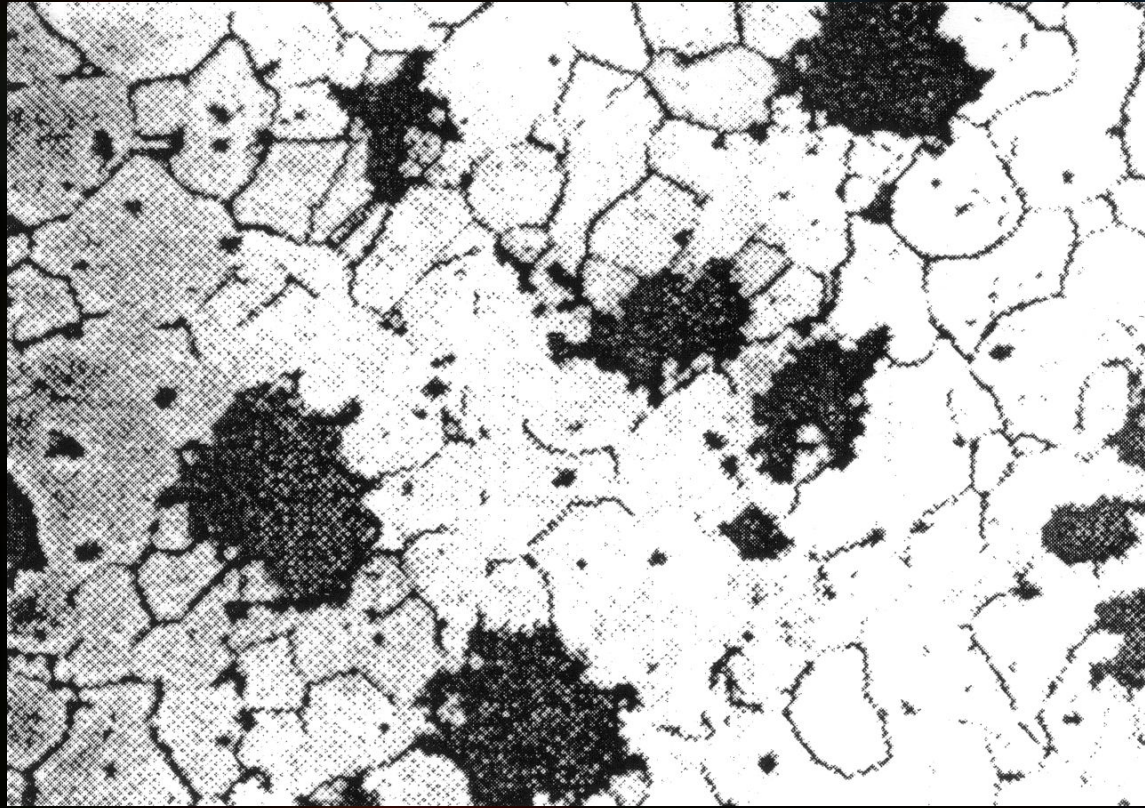


# ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД





# КЛАССИФИКАЦИЯ ЧУГУНА. КОВКИЙ ЧУГУН



**Ковкий чугун** получают длительным отжигом белого чугуна, в результате которого цементит распадается, а образующийся графит приобретает форму хлопьев.

# КОВКИЙ ЧУГУН

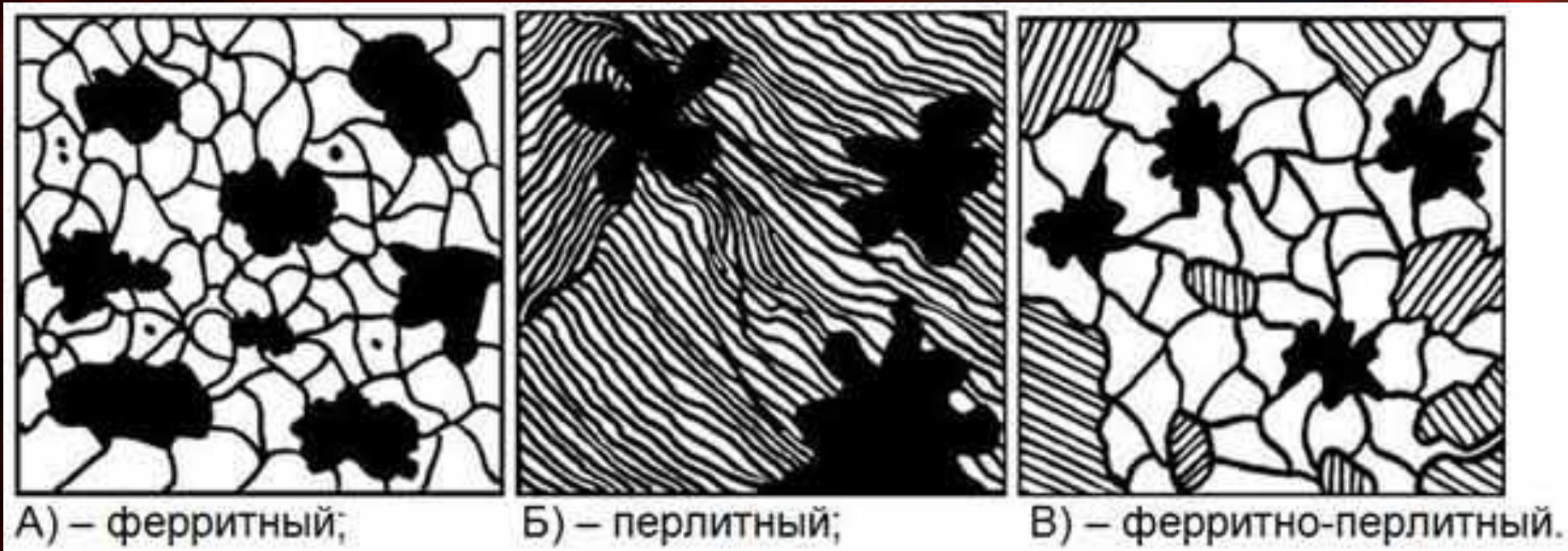


Свойства:

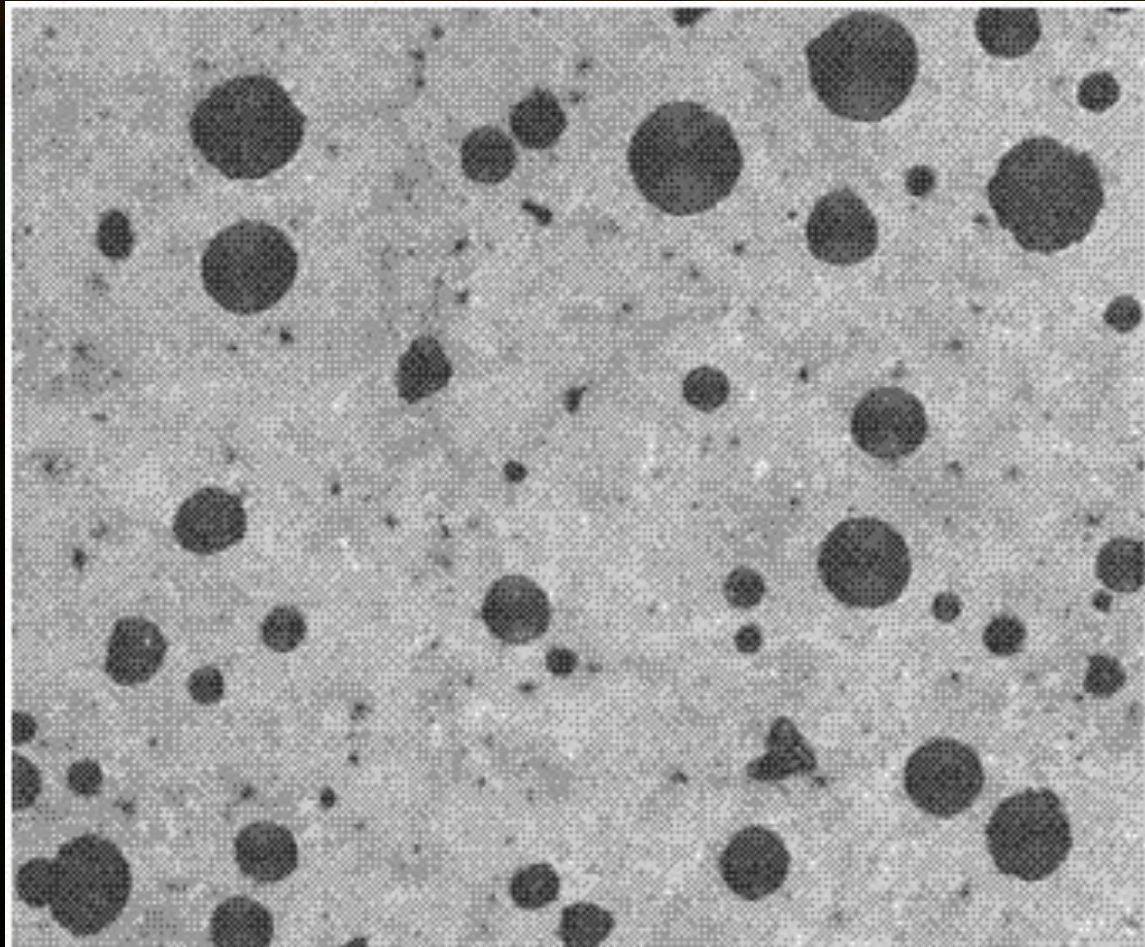
- Практически отсутствуют концентраторы напряжений;
- Хлопьевидные графитные включения придают изделиям высокую прочность при достаточно хорошей пластичности ;
- Поглощают вибраций при периодически повторяющихся нагрузках

# КОВКИЙ ЧУГУН

*Металлическая основа ковкого чугуна (как и серого, и высокопрочного) может быть перлитной, ферритной и ферритно-перлитной.*

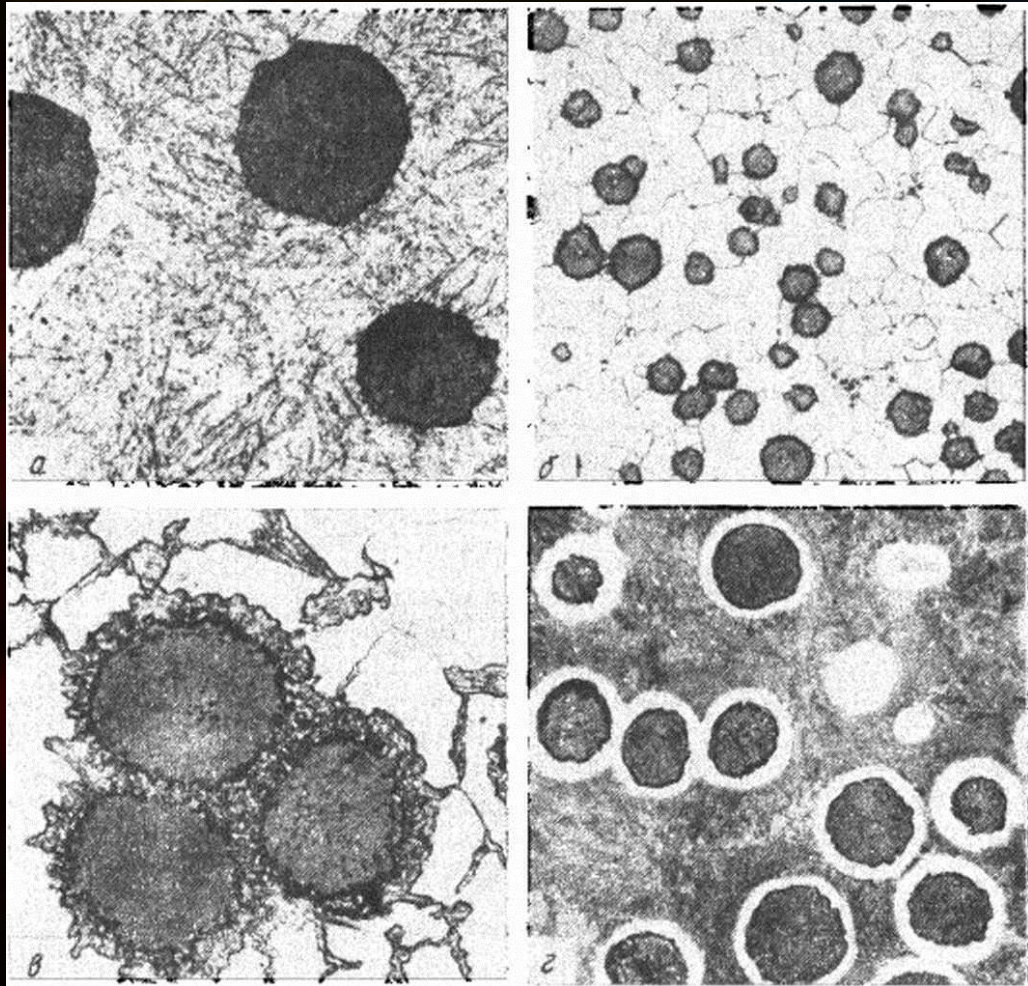


# КЛАССИФИКАЦИЯ ЧУГУНА. ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН



**Высокопрочный** чугун - чугун, в котором графит имеет шаровидную форму. Его получают путем добавления магния в жидкий чугун в количестве 0,02-0,08%.

# ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН



*Шаровидный графит - менее сильный концентратор напряжений, чем пластинчатый графит, и потому меньше снижает механические свойства металлической основы.*

# ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН



Свойства:

- Высокие прочностные характеристики;
- Подходит для литья;
- Легко подвергается механической обработке.

# ФЕРРОСПЛАВЫ



Ферротитан



Феррохром



Ферромарганец



Ферросилиций

**Ферросплавы** – сплавы железа с другими элементами (Cr, Si, Mn, Ti и др.), применяемые для раскисления и легирования стали.

# АЛЬНИКО



**Альнико** - сплав железа (53 %), алюминия (10 %), никеля (19 %) и кобальта (18 %).

Сплав обладает высокой остаточной намагниченностью, применяется для изготовления постоянных магнитов.



# ФЕХРАЛЬ



**Фехраль** - Cr (12-27%), Al (3,5-5,5%), Si (1%), Mn (0,7%) ; остальное - Fe.

# ФЕХРАЛЬ



Устойчив к окислению на воздухе при высокой температуре. Представляет собой твёрдый, хрупкий сплав, с трудом поддающийся механической обработке, обладает высоким удельным электрическим сопротивлением 1,2-1,3 мкОм·м.

# ФЕХРАЛЬ



Применяется для изготовления нагревательных элементов мощных электронагревательных устройств промышленных и технологических печей, тормозных резисторов электровозов.

# ССЫЛКИ

<https://heattreatment.ru/diagramma-sostoyaniya-zhelezo-uglerod>

<https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/105/727.htm>

<http://stroyres.net/metallicheskie/vidyi/chyornyye/zhelezo/stal.html>

<https://vi-pole.ru/fazy-diagrammy-zhelezo-uglerod.html>

<https://www.masterovoi.ru/stroy-mat/alfa-beta-sigma-gamma-zhelezo>

[https://dic.academic.ru/dic.nsf/dic\\_fwords/43586/%D0%B1%D0%B5%D1%82%D0%B0](https://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_fwords/43586/%D0%B1%D0%B5%D1%82%D0%B0)

<http://www.modificator.ru/terms/austenit.html>

<https://studfile.net/preview/2953313/page:6/>

[https://metallz.ru/articles/poluspokojnaya\\_stal/](https://metallz.ru/articles/poluspokojnaya_stal/)

[http://steelcast.ru/steel\\_classification](http://steelcast.ru/steel_classification)

<https://xlom.ru/spravochnik/elektrotexnicheskaya-stal-transformatornaya-svojstva-i-primenenie>

<http://stroyres.net/metallicheskie/vidyi/chyornyye/chugun/ponyatie-osobennosti.html>

<http://weldzone.info/technology/materials/121-iron/661-klassifikacziya-chugunov>

<https://www.ngpedia.ru/id223058p1.html>

<http://www.neksova.ru/inside/vch2.html>

<https://stankiexpert.ru/spravochnik/materialovedenie/beliy-chugun.html>

<http://rimoyt.com/materialovedenie/chuguny-belyi-seryi-kovkii-vysokoprochnyi.php>

[https://specstali.ru/catalog/Chernyj\\_metalloprokat/chugun-s-sharovidnym-grafitom/](https://specstali.ru/catalog/Chernyj_metalloprokat/chugun-s-sharovidnym-grafitom/)

[https://msun.ru/dir/kaf\\_tm/educate/Mal\\_tar13/Labor7/Labor7\\_Chugun/L7\\_4.htm](https://msun.ru/dir/kaf_tm/educate/Mal_tar13/Labor7/Labor7_Chugun/L7_4.htm)