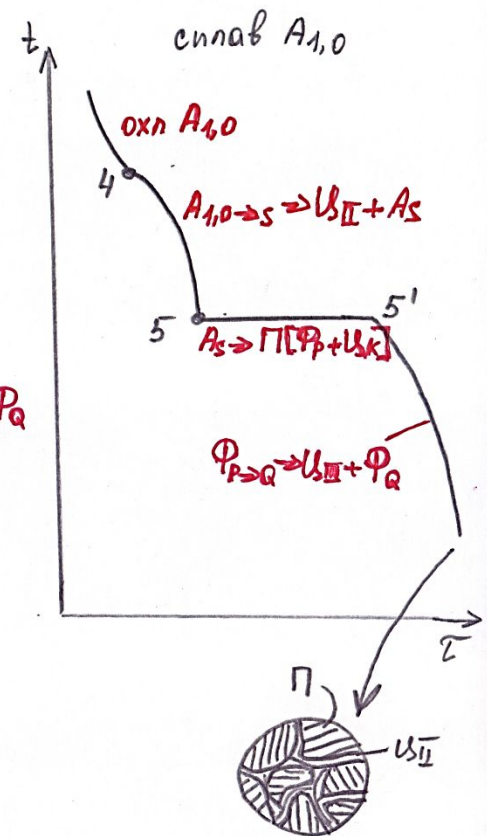
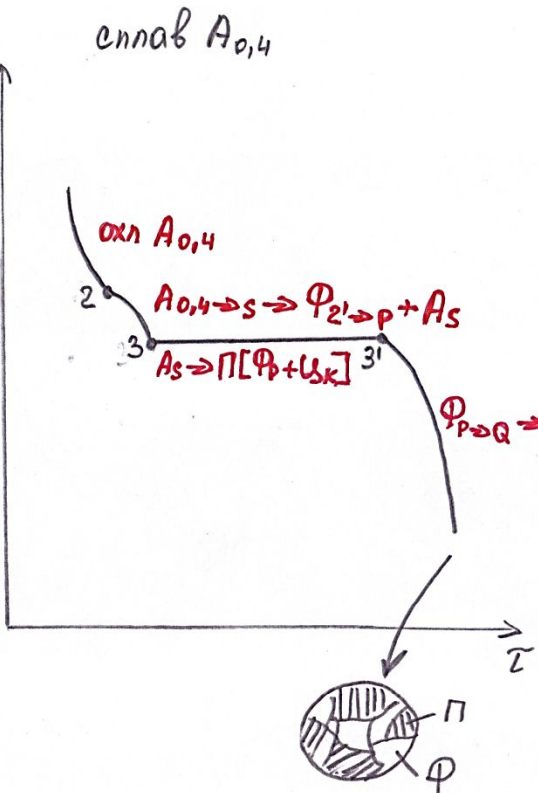
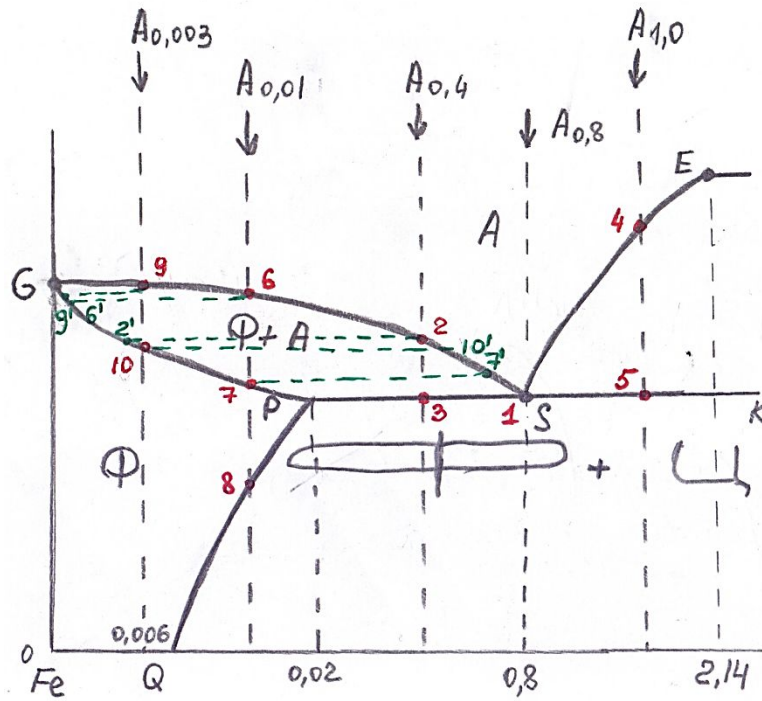
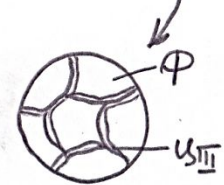
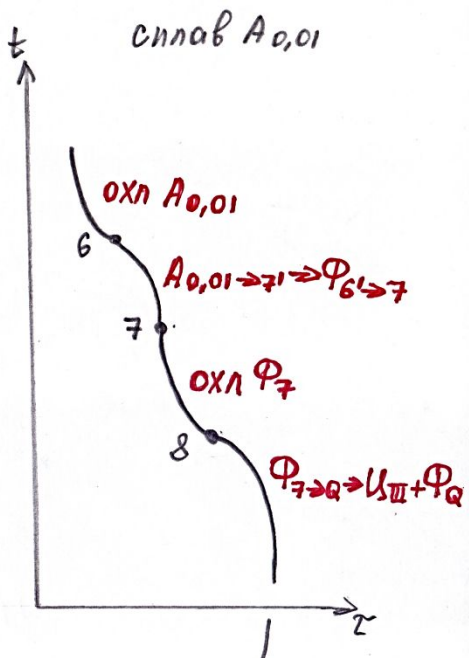
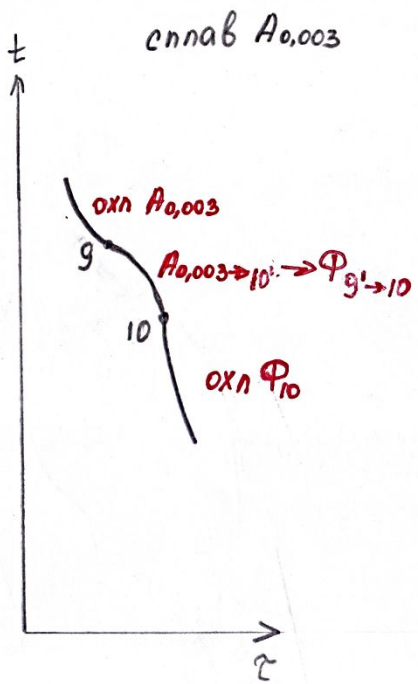
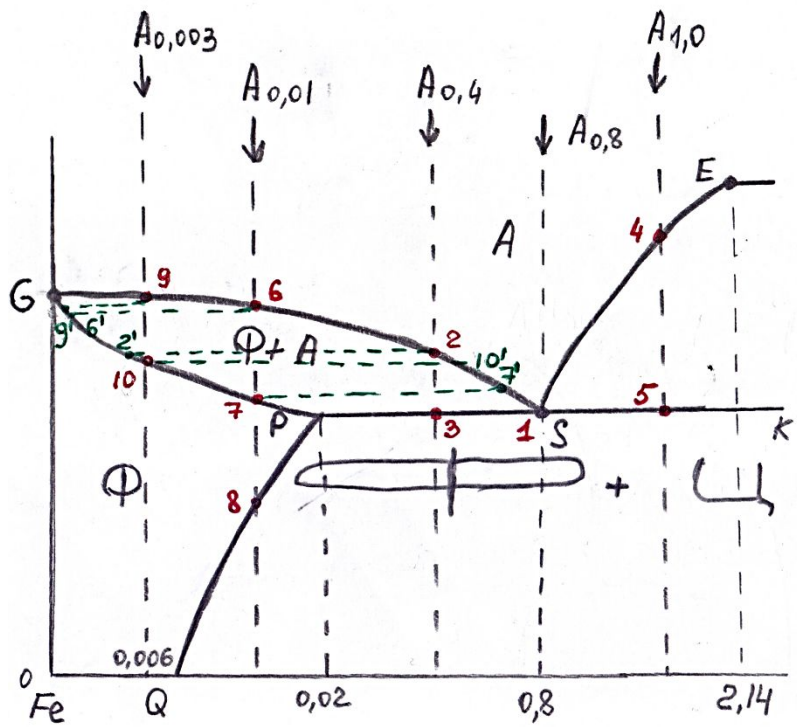
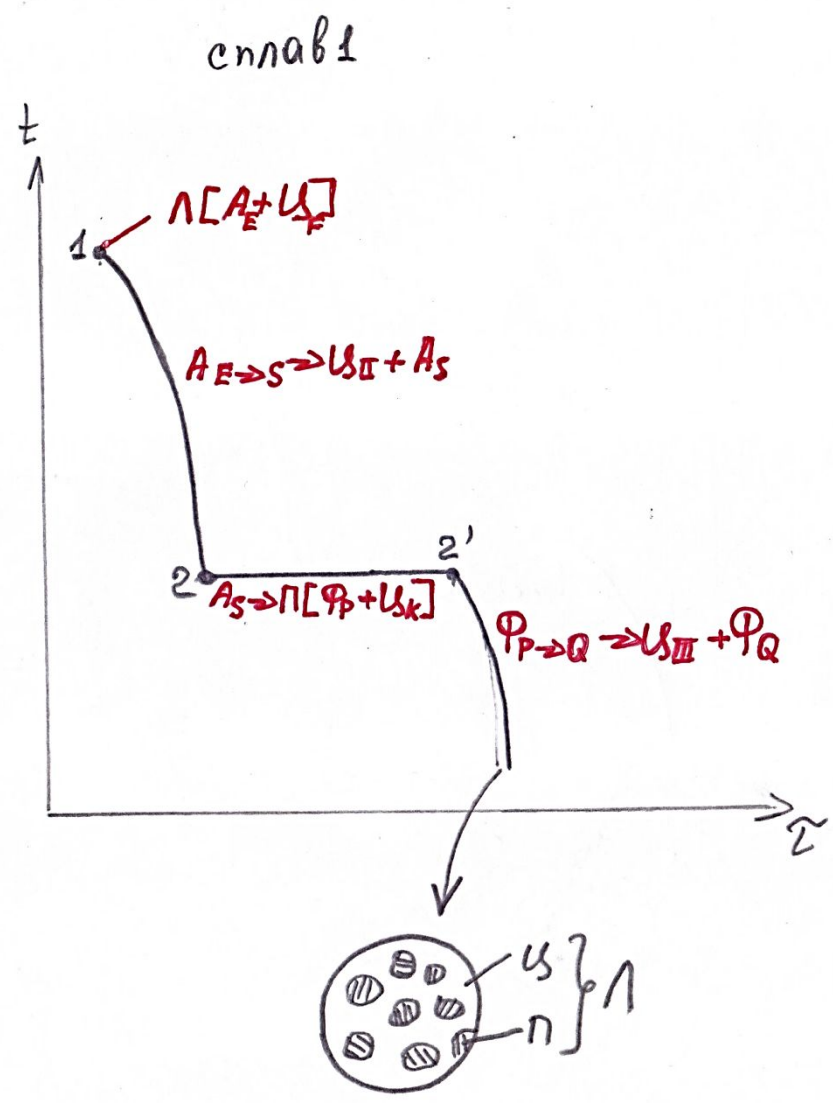
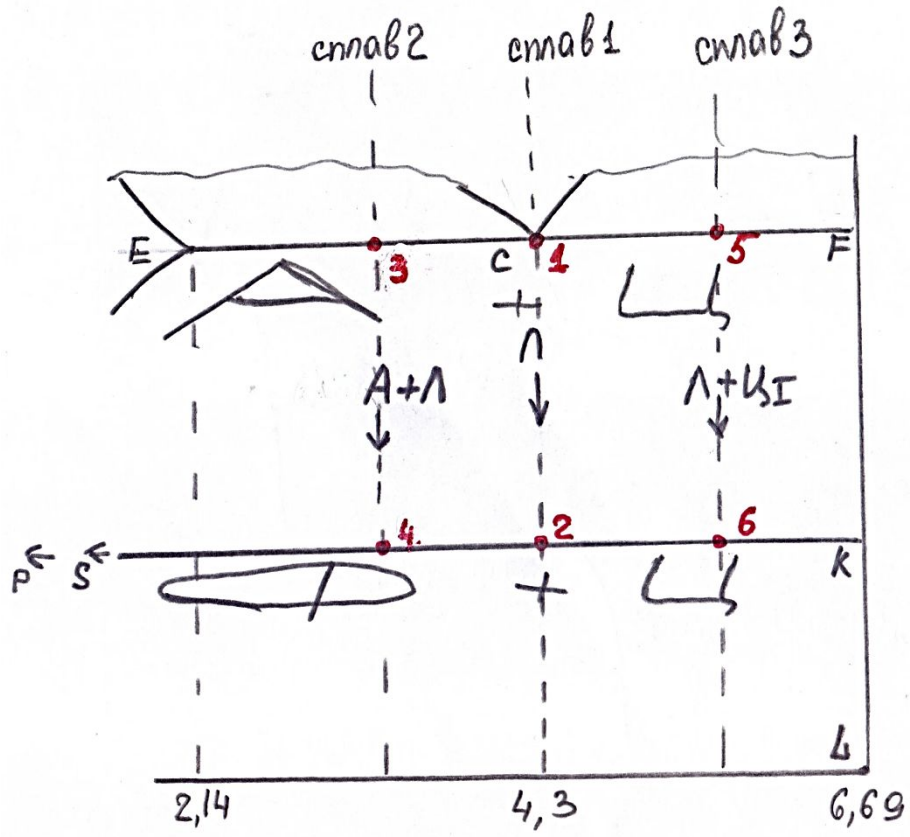
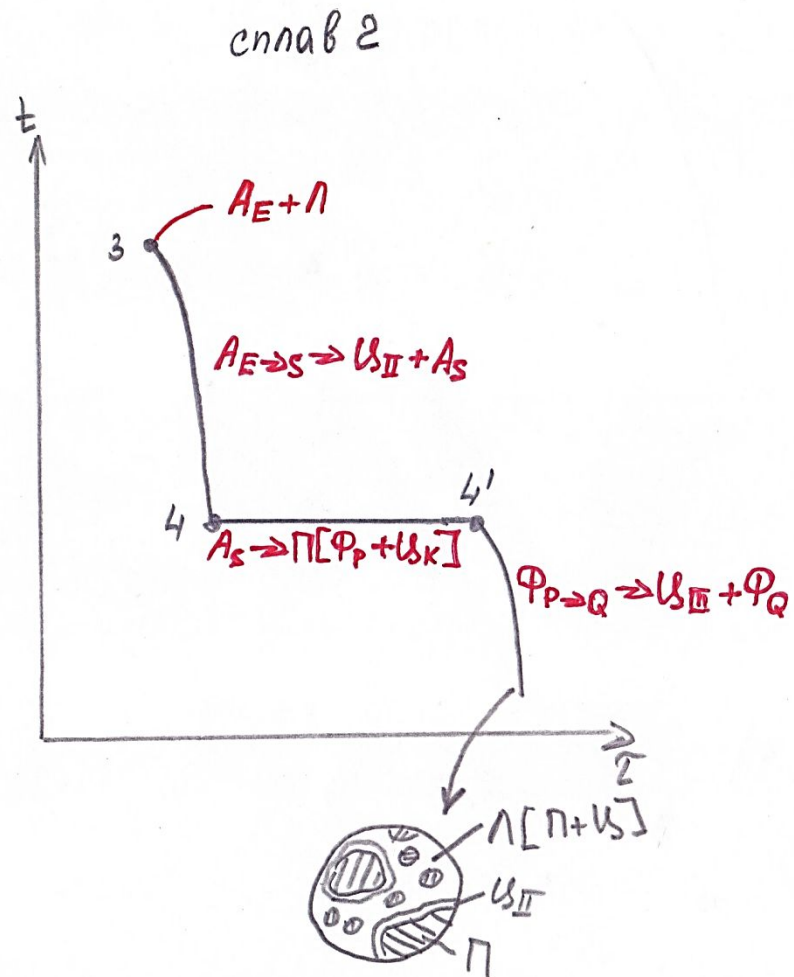
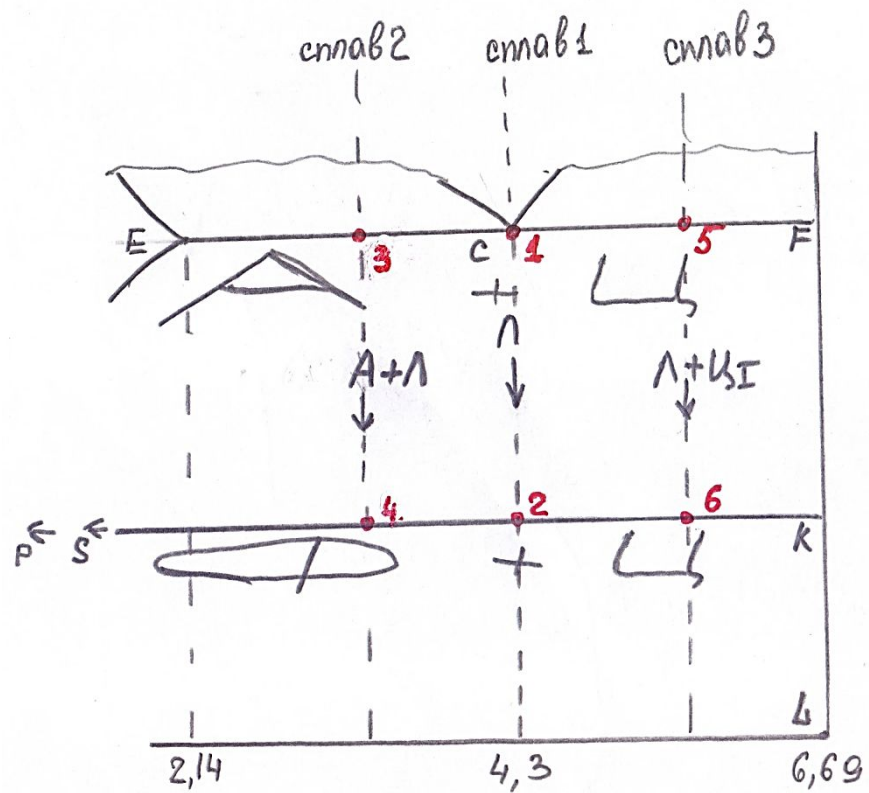


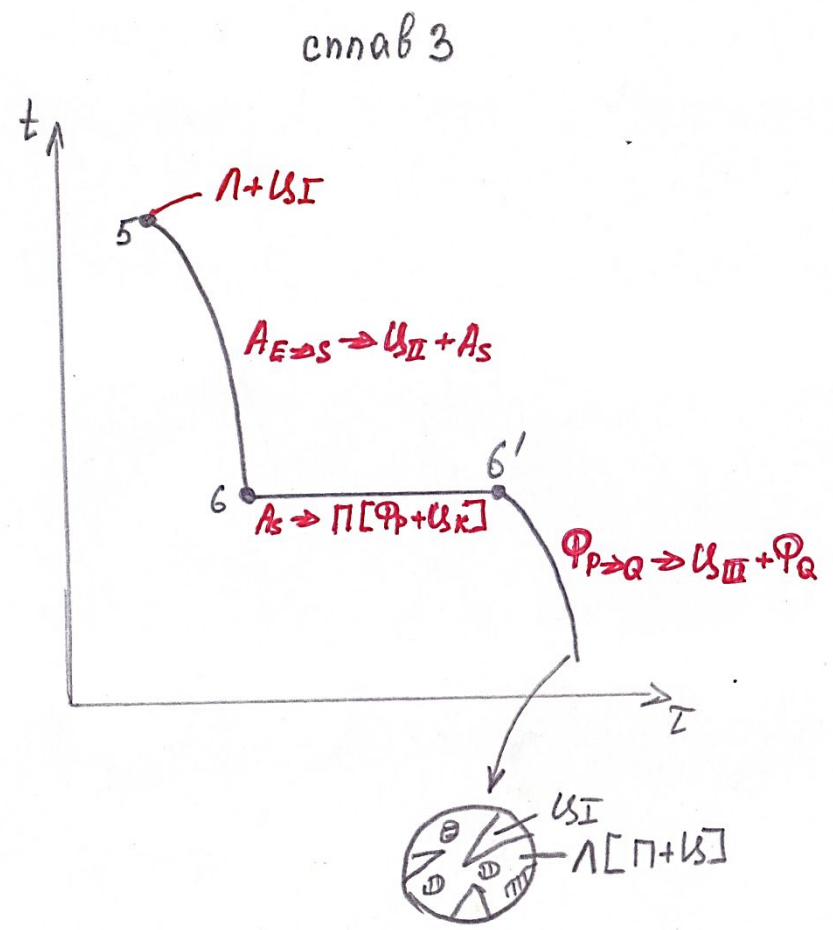
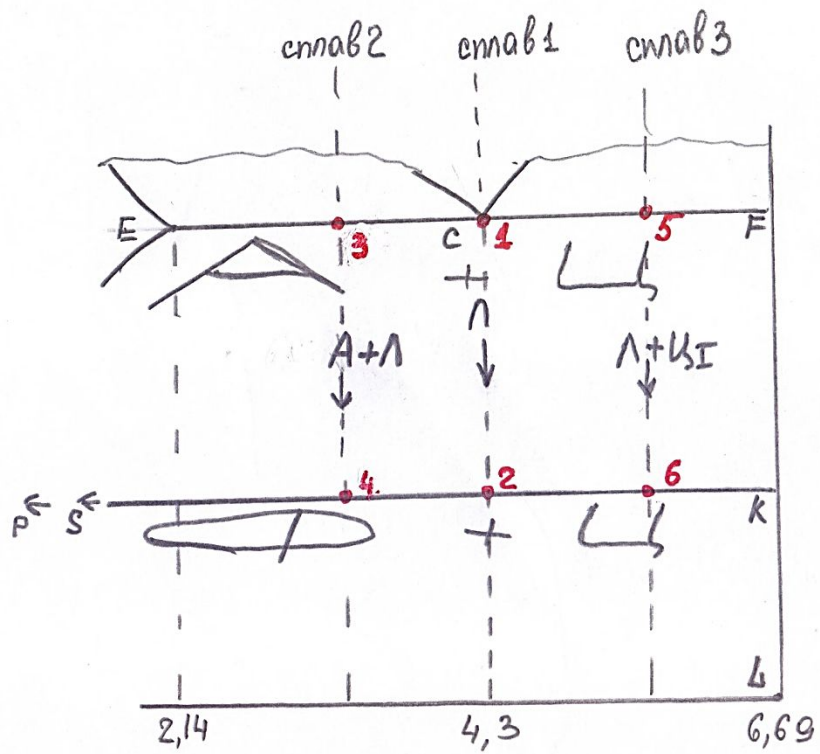
прочная (!отличная!) структурная составляющая





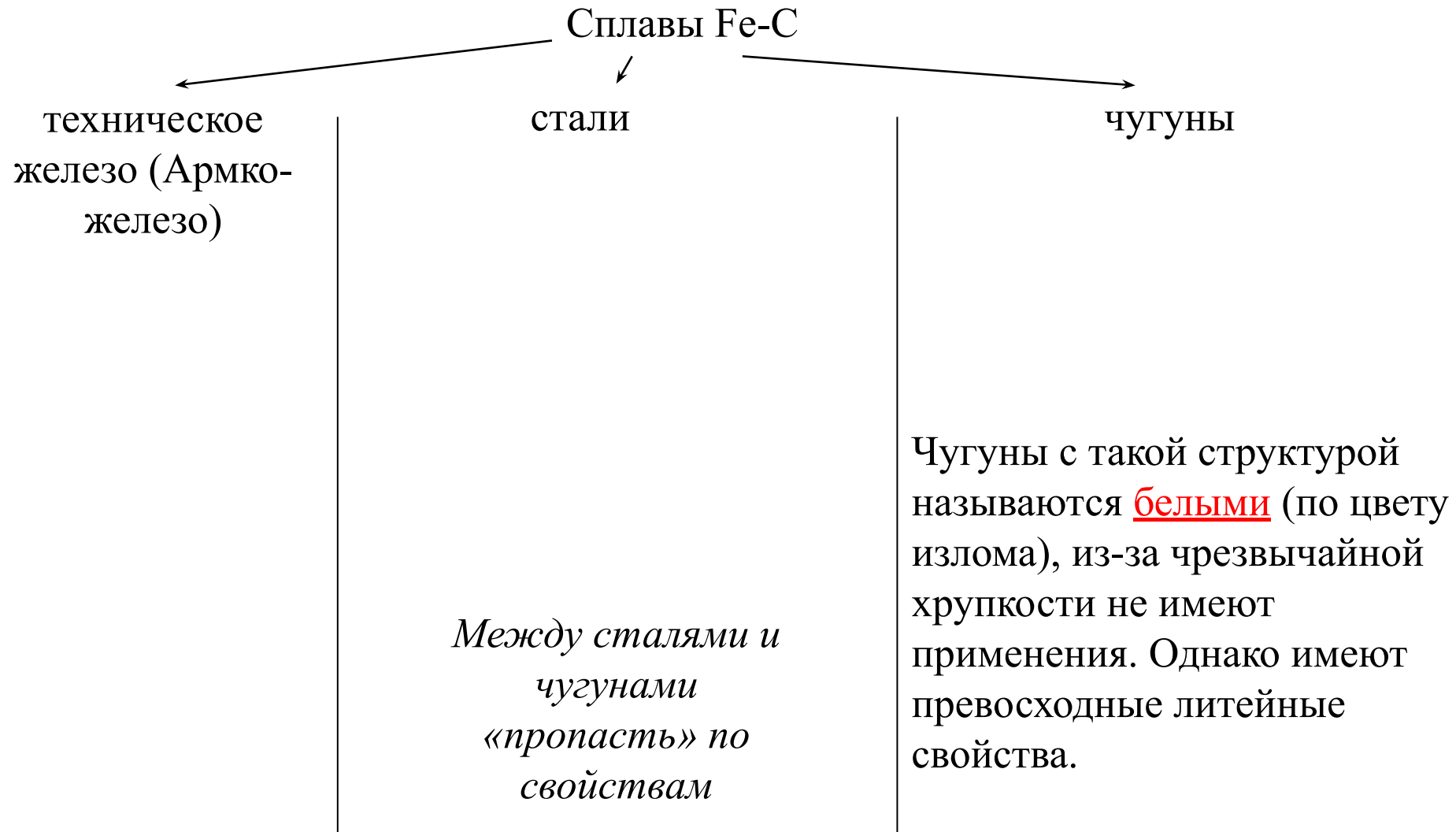


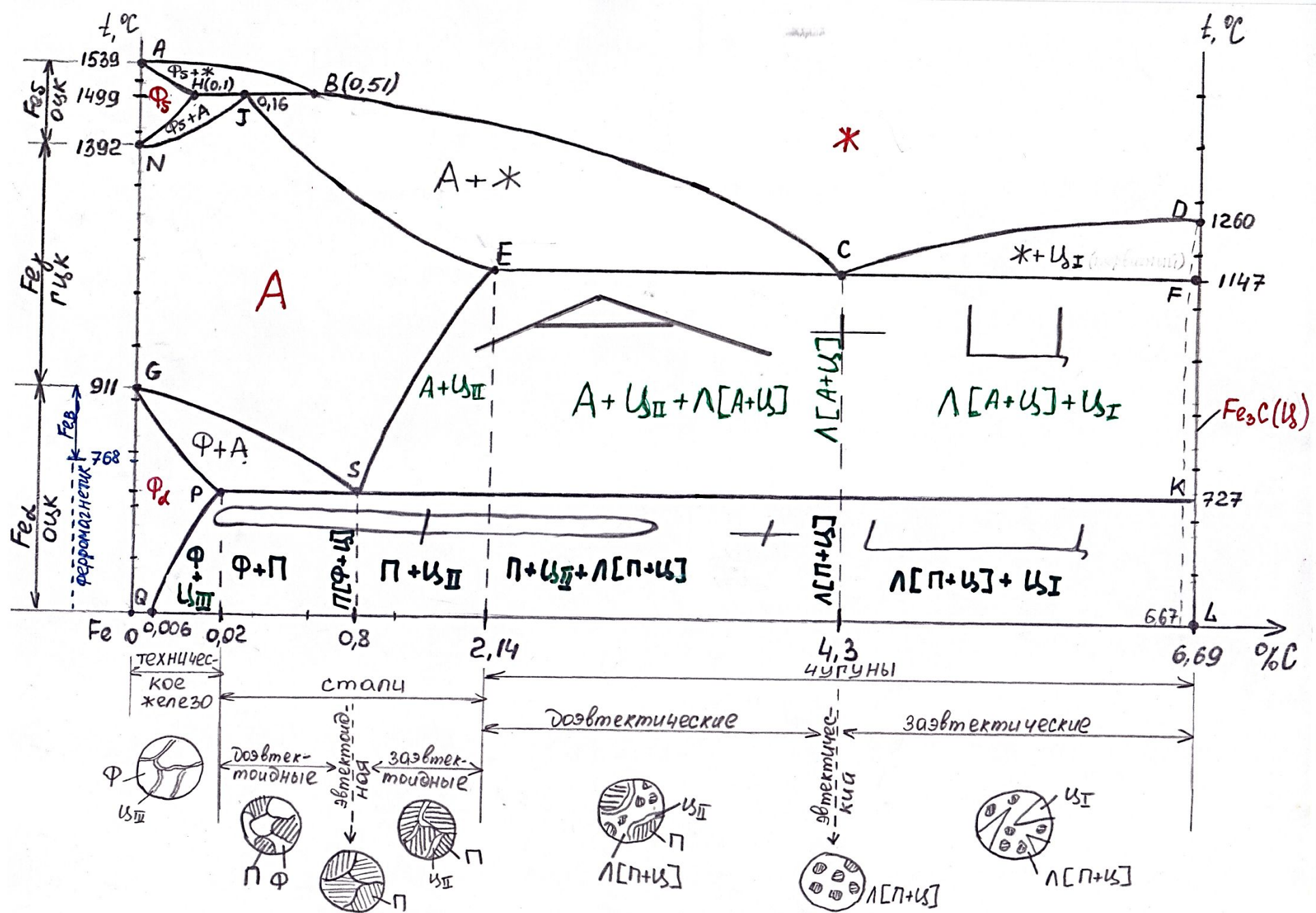


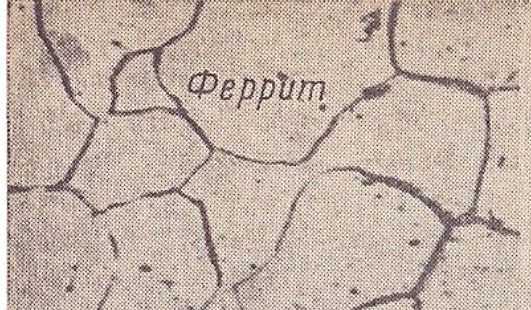


Итог

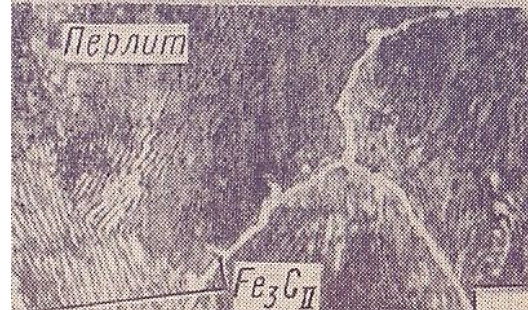
Все сплавы (кроме технического железа) Fe-C после окончания вторичной кристаллизации имеют одинаковый фазовый состав – феррит+цементит, однако структуры у сплавов разные (по-разному смотрятся в микроскоп). Принято делить сплавы Fe-C следующим образом:



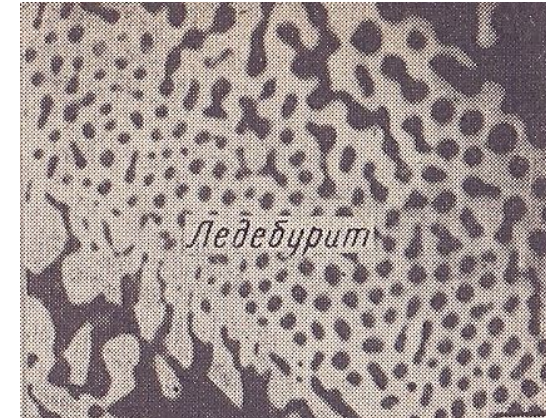




техническое железо
(0,01 % C), x450



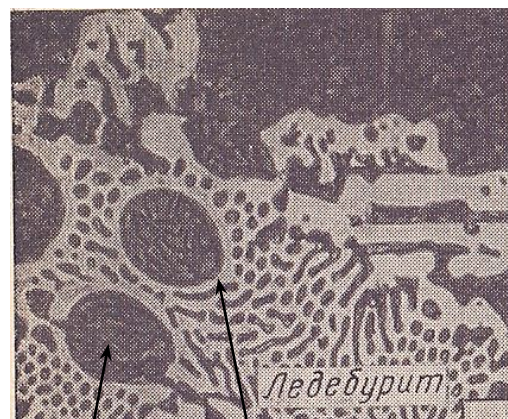
заэвтектоидная сталь
(1,3 % C), x450



эвтектический чугун
(4,3 % C), x450



доэвтектоидная сталь
(0,3 % C), x450

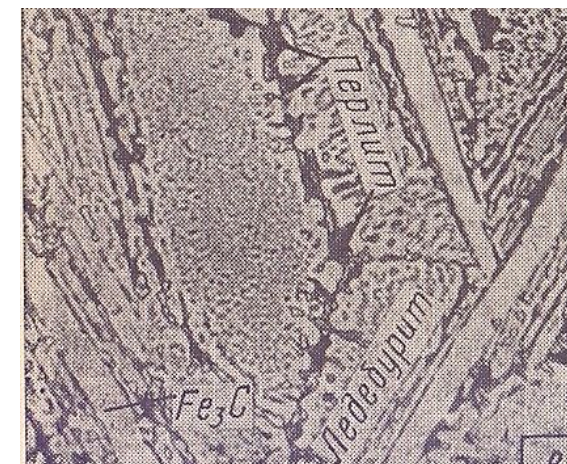


перлит цементит
вторичный

доэвтектический
чугун (3,0 % C),
x450

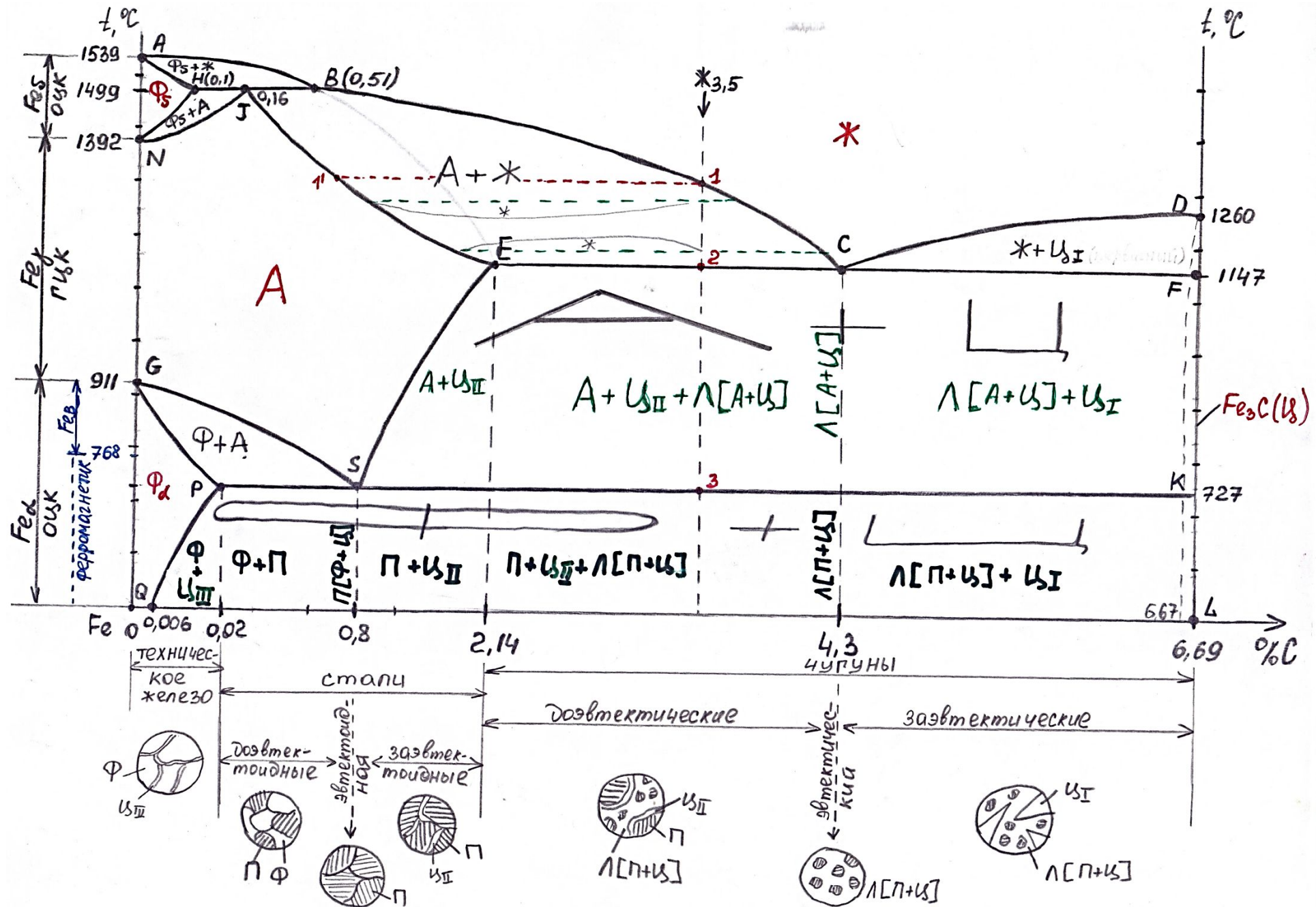


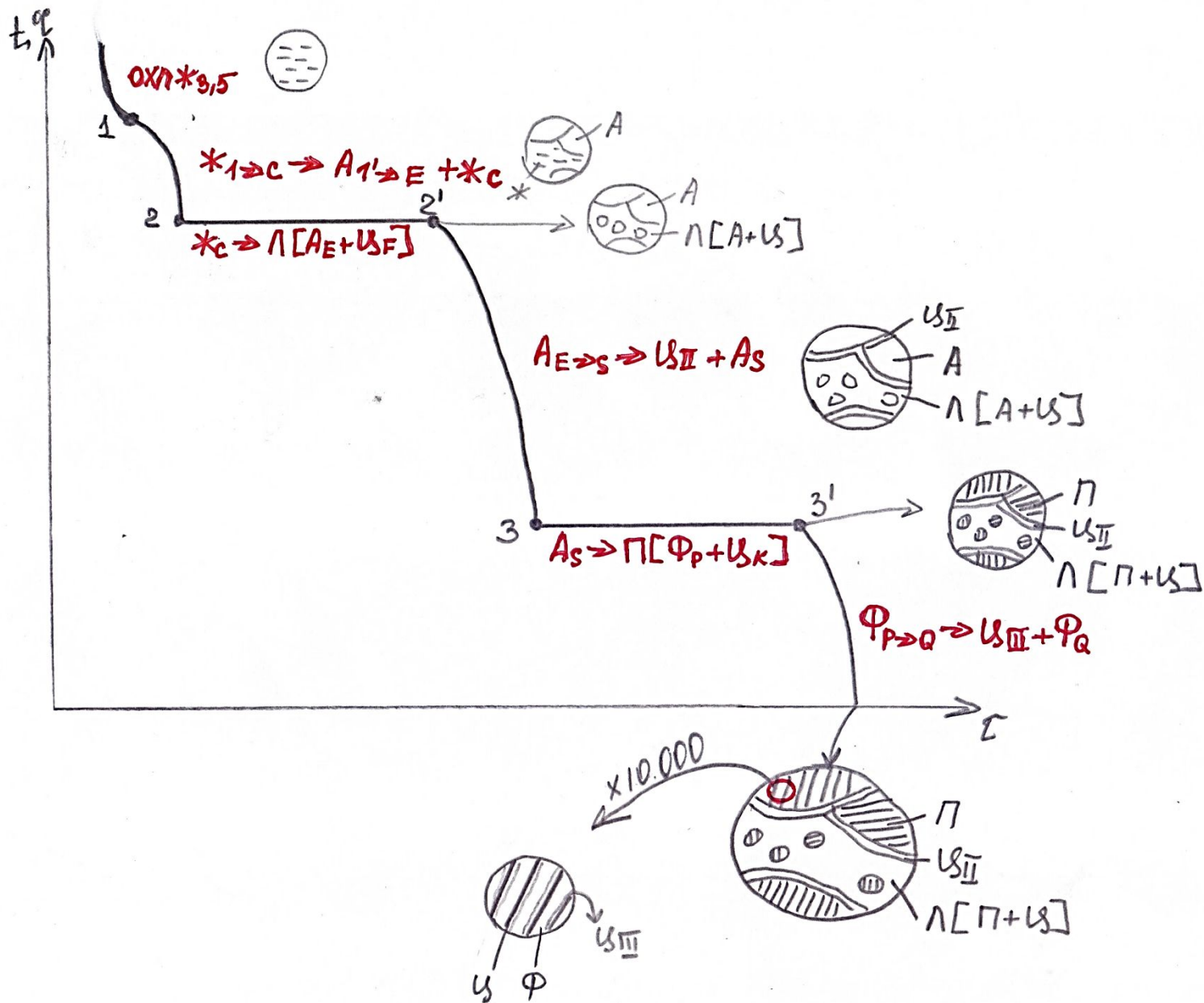
эвтектоидная сталь
(0,8 % C), x450



заэвтектический чугун
(5,0 % C), x450

Пример построения кривой охлаждения на сплаве 3,5 % С.



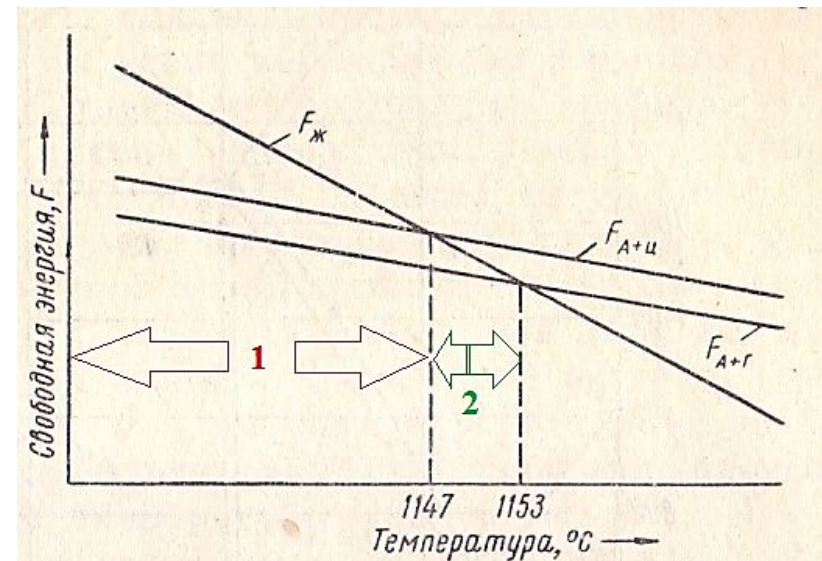


§ 4.2. Чугуны

Графитизация

В области «1» идёт образование цементита, т.к. в этой области работа, требуемая на образование зародыша Ц и диффузионные изменения меньше, чем Гр.

В области «2» идёт образование Гр, т.к. Гр – более устойчивая фаза по сравнению с Ц.

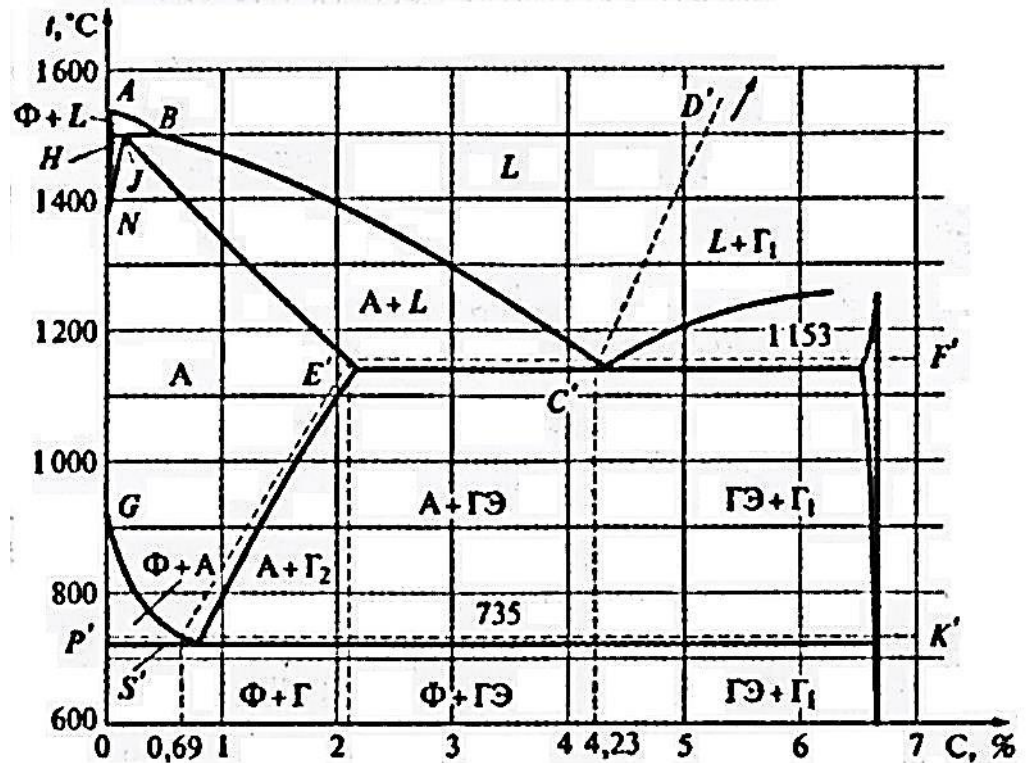


изменение свободной энергии системы

Образование Γ_r происходит в узком интервале температур, т.е. при малой степени переохлаждения. Этот процесс очень медленный, и на практике не наблюдается.

Вопрос: Как? – Два способа.

- 1) добавление химических элементов (графитизаторов), способствующих образованию Γ_r и варьирование скорости охлаждения при кристаллизации;
- 2) распад цементита при достаточной диффузии углерода к центрам кристаллизации Γ_r и самодиффузии Fe от мест, где выделился Γ_r , осуществляемый в процессе отжига белого чугуна.

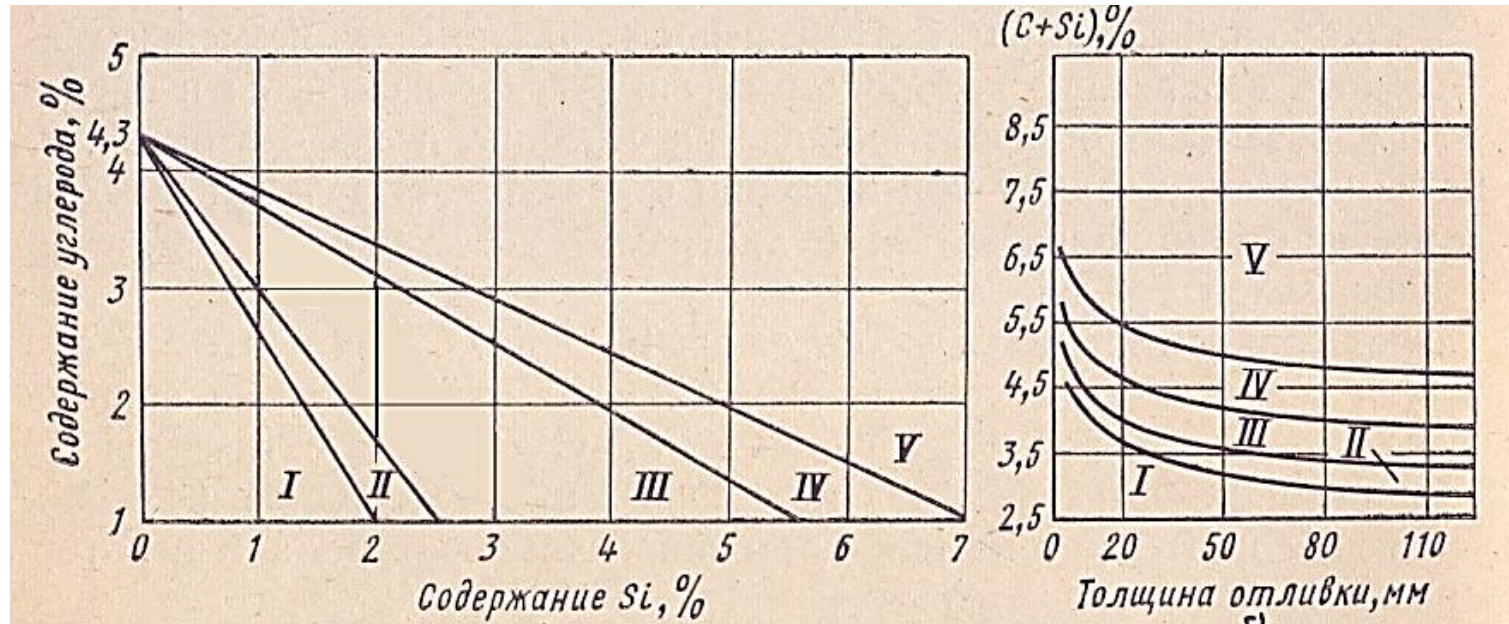


1-ый способ – введение графитизаторов при кристаллизации и регулирование скорости охлаждения

Графитизатором является кремний Si.

Вопрос - Сколько добавить кремния и как охладить? *Ответ* – посмотреть в структурную диаграмму для чугунов.




влияние Si



Для серых чугунов (названы так из-за цвета излома - тёмный) и для высокопрочных (т.к. имеют наибольшую прочность)

Графит в серых чугунах имеет пластинчатую форму.

В микроструктуре помимо графитовых включений различать и металлическую матрицу (П или Ф+П, или Ф)

Металлическая основа	Форма графитных включений	Маркировка (ГОСТ 1412-85)
	Пластинчатая	
Феррит		СЧ10, СЧ15
Феррит + Перлит		СЧ20, СЧ25
Перлит		СЧ30, СЧ45



внешний вид Гр в виде лепестков

микроструктура серого чугуна (без травления), x100

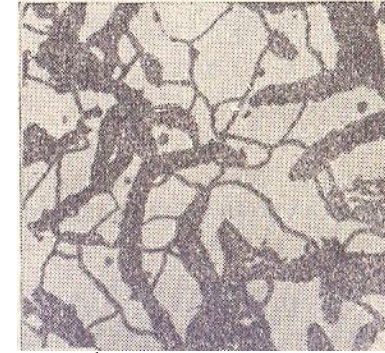
Свойства серых чугунов зависят от:
структуры металлической матрицы (чем больше Si в сером чугуне, тем

интенсивнее прошла графитизация, тем прочность меньше); формы и размеров графитовых включений (чем больше Si, тем больше образуется пластинок Гр, играющих роль «надрезов» и ослабляющих металлическую матрицу).

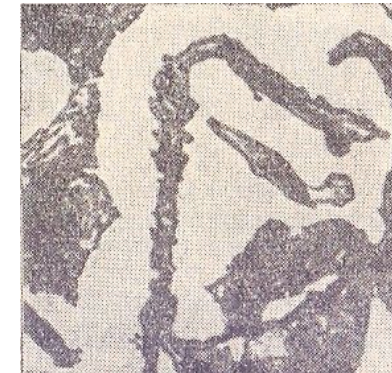
Серые чугуны используют для изготовления:

- ферритные и феррито-перлитные – фундаментные плиты, малонагруженные детали, станины станков, арматура);
- перлитные – поршни, цилиндры, детали, работающие на износ, блоки двигателей (только после модифицирования ферросилицием с 0,6 % [для уменьшения пластинок графита]);
- антифрикционные (АЧС: АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3) – подшипников скольжения, втулок, работающих при трении.

микроструктуры
серых чугунов, x250



ферритный






феррито-перлитный

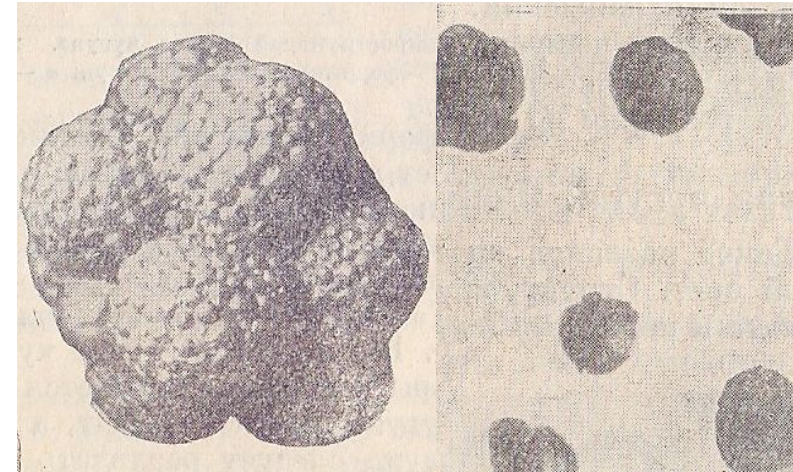


перлитный

решение проблемы № 1 – в жидкий расплав добавлять присадки Mg (0,03-0,08 %)

Под действием Mg графит приобретает шаровидную форму

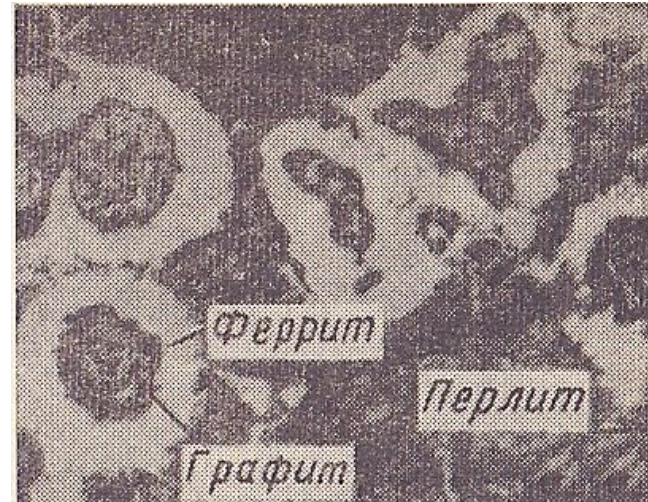
Металлическая основа	Форма графитных включений	Маркировка (ГОСТ 7293-85)
	Шаровидная	
Феррит		ВЧ40, ВЧ35
Феррит + Перлит		ВЧ45
Перлит		ВЧ50, ВЧ60



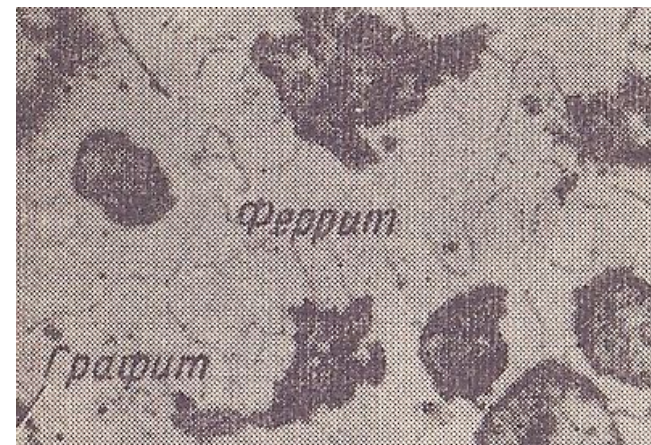
шаровидный Гр

микроструктура высокопрочного чугуна (без травления), x250

микроструктуры высокопрочных чугунов,
x150



перлитный



ферритный

решение проблемы № 2 - 2-ой способ – отжиг белого чугуна на ковкий.

В результате выдержек при отжиге Ц
распадается на Гр

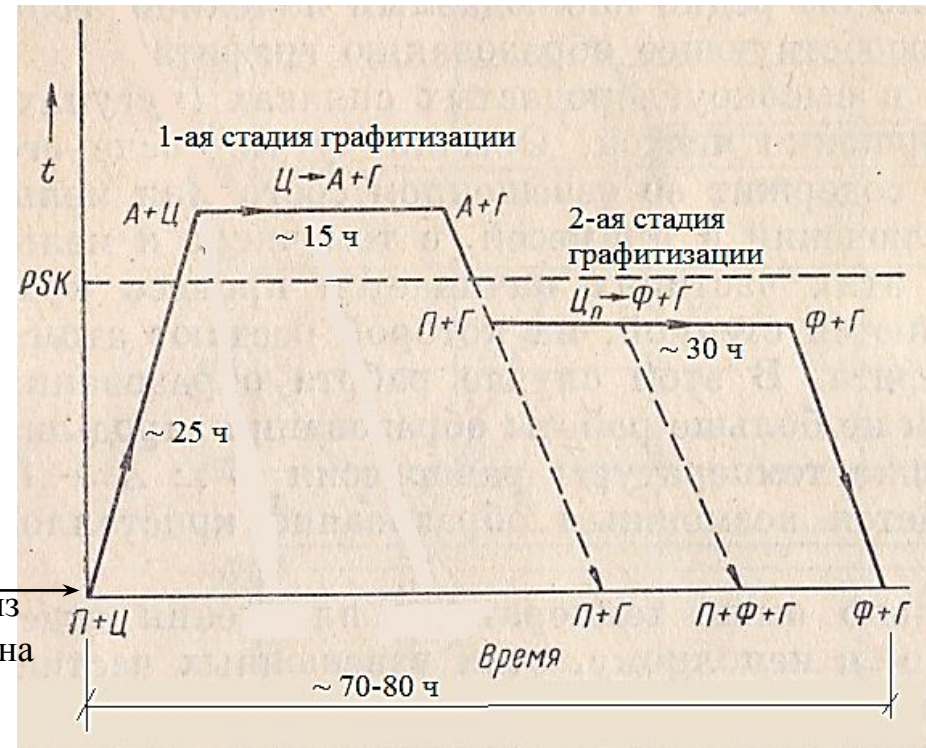
Металлическая основа	Форма графитных включений
	хлопьевидная
Феррит	
Феррит + Перлит	
Перлит	

Маркировка
(ГОСТ 7293-85)

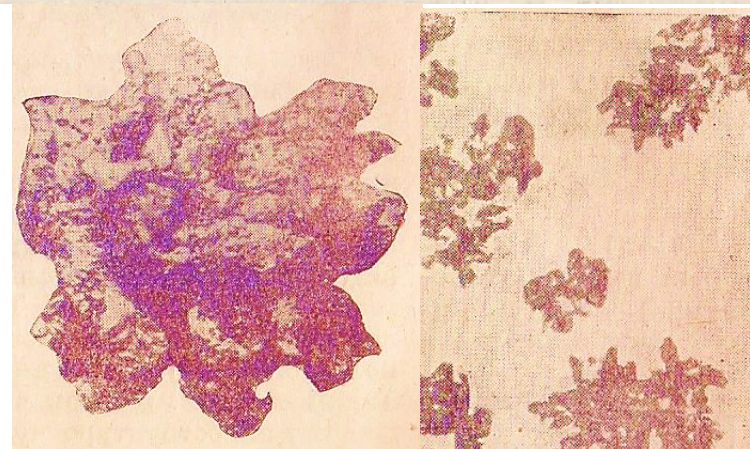
КЧ35-10,
КЧ37-12

КЧ45-7

КЧ50-5, КЧ70-2



заготовка из
белого чугуна



хлопьевидный Гр
микроструктура
ковкого чугуна (без
травления), x250

микроструктуры ковких чугунов,
x150

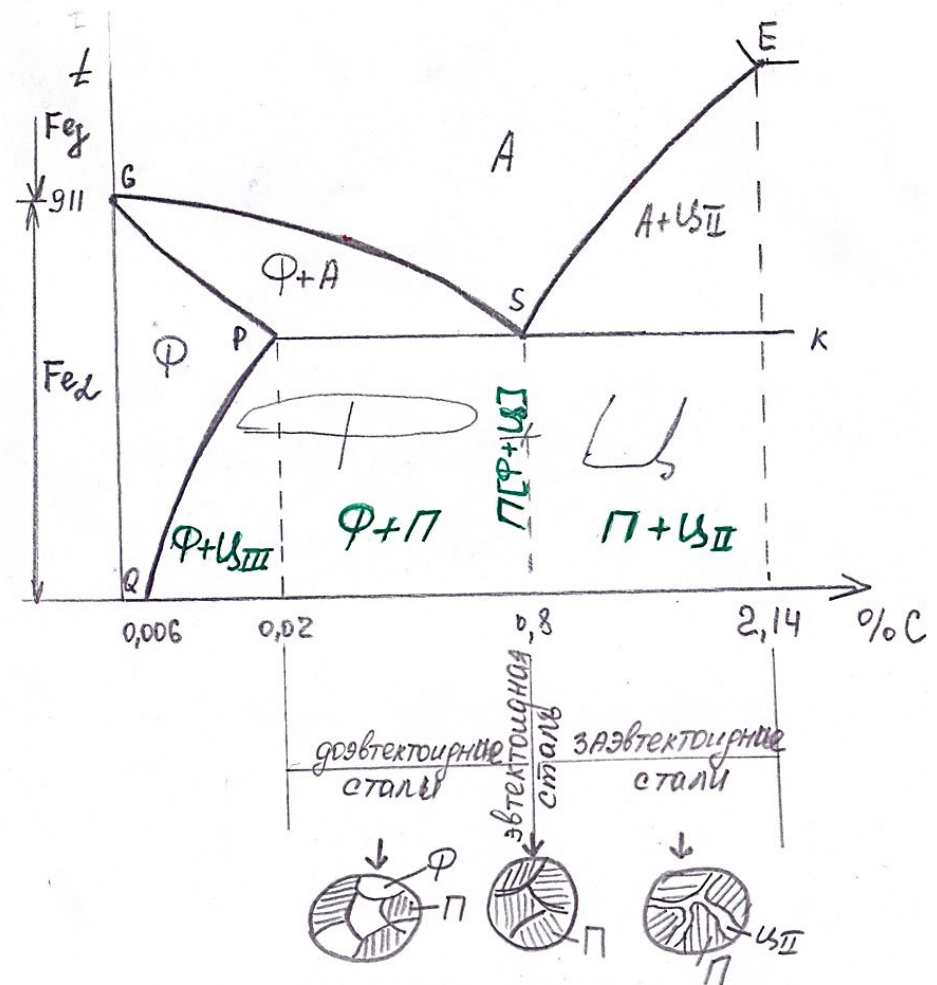
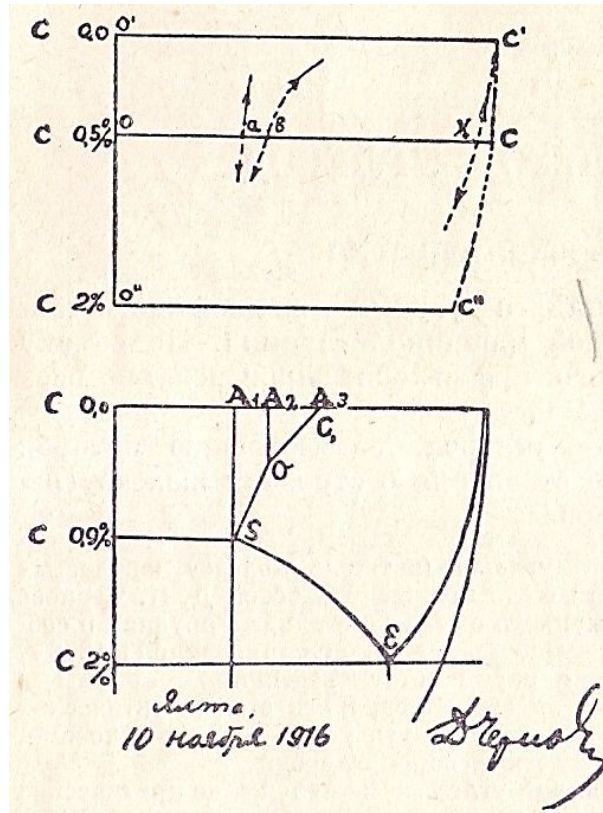


ферритный



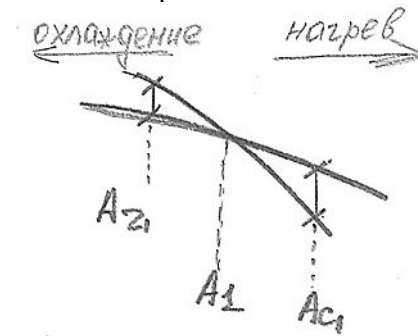
перлитный

§ 4.3. Критические точки стали

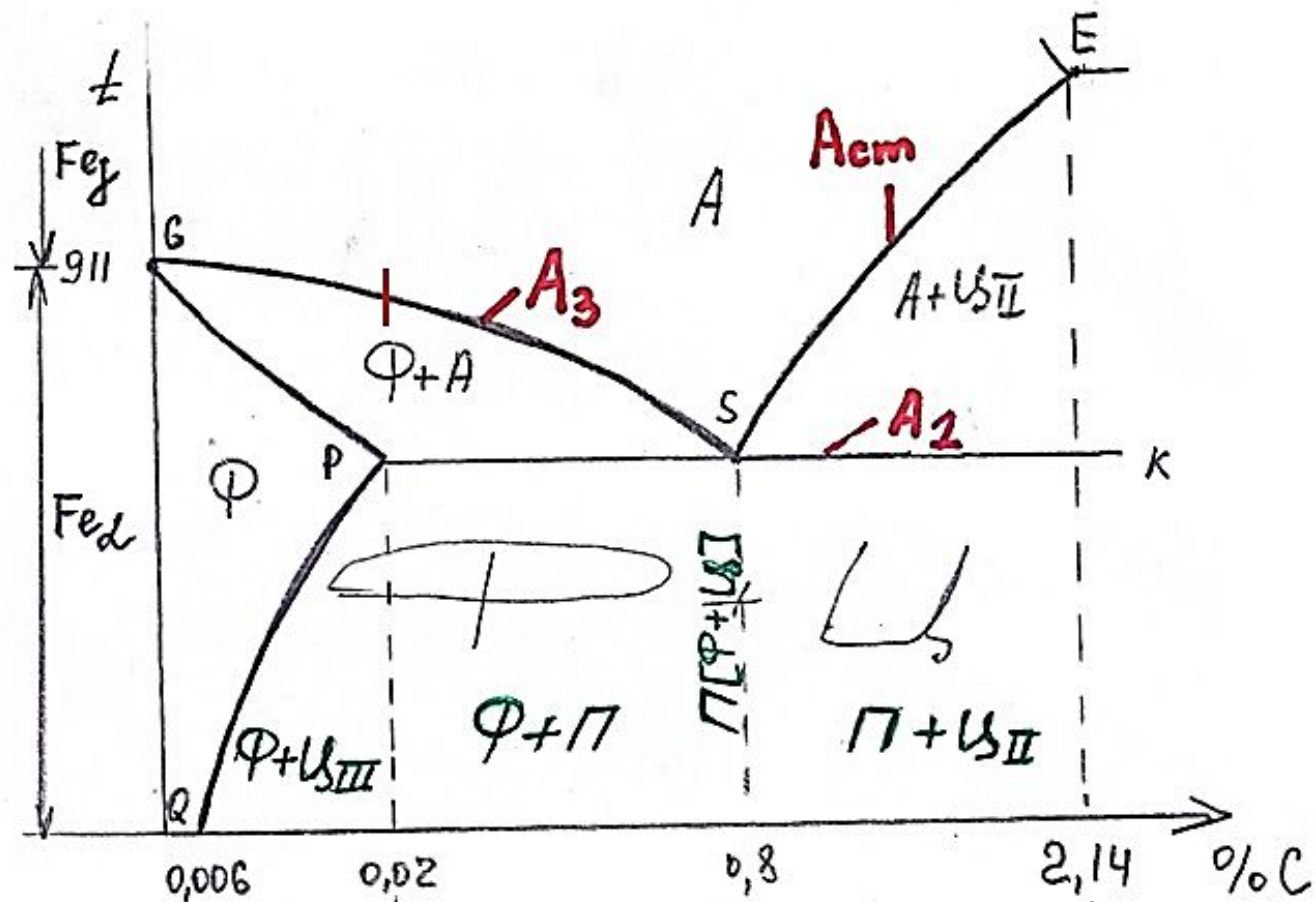


Обозначения критических точек

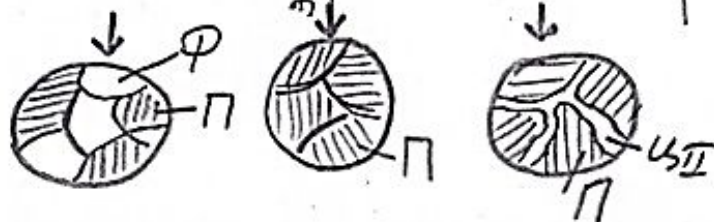
линия	превращение	критическая точка
PSK (эвтектоидного превращения)		
GS (полиморфного превращения)		



Индексы при букве А: - с – от франз. *chauffage* – нагрев;
 - r – от франз. *refroidissement* – охлаждение;
 - cm - от латин. *cementite* – цементит.



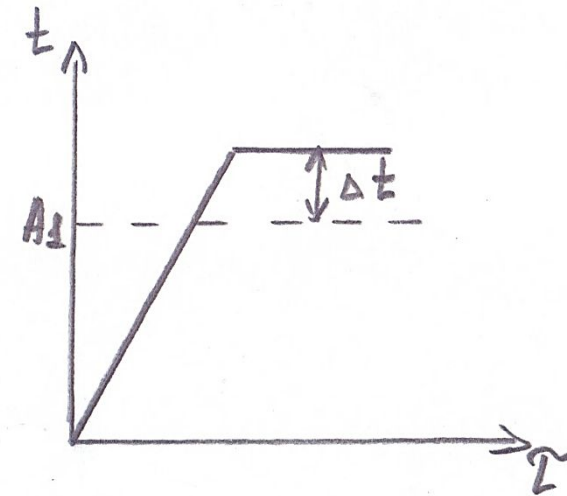
доэвтектоидные стали стали заэвтектоидные стали



§ 4.4. Превращения в стали при нагреве

□ эвтектоидная сталь (0,8 % С)

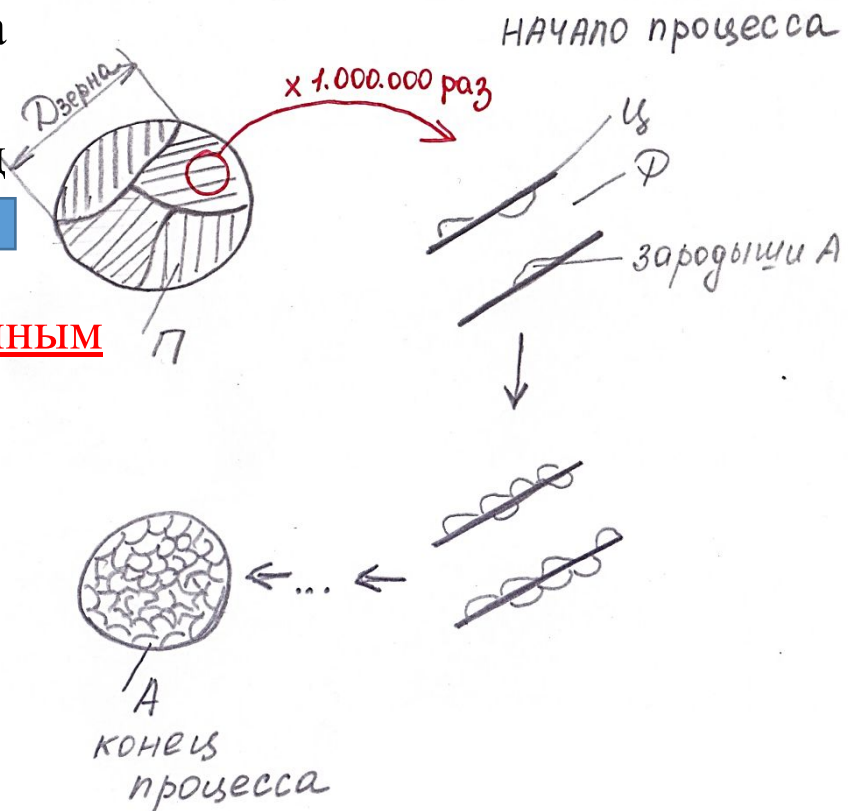
КР	ОЦК	ромби- ческая	ГЦК
% С	0,02	6,69	0,8



при нагреве: - из двух фаз образуется одна
новая и изменяется тип КР
- перераспределяется углерод



Такое превращение называется диффузионным



→ доэвтектоидная сталь x_n

процесс идёт в два этапа: 1) выше A_1 $\text{П} + \Phi_{0,02} \rightarrow A_{0,8} + \Phi_{0,02}$

2) выше A_3 $A_{0,8} + \Phi_{0,02} \rightarrow A_{x_n}$

→ заэвтектоидная сталь x_m

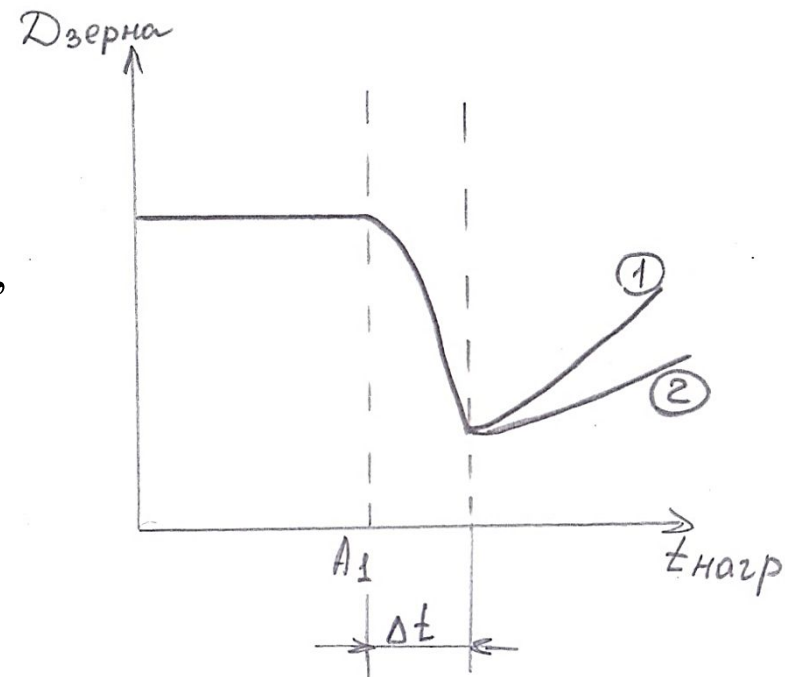
процесс идёт в два этапа: 1) выше A_1 $\text{П} + \text{Ц}_{II} \rightarrow A_{0,8} + \text{Ц}_{II}$

2) выше A_{cm} $A_{0,8} + \text{Ц}_{II} \rightarrow A_{x_m}$

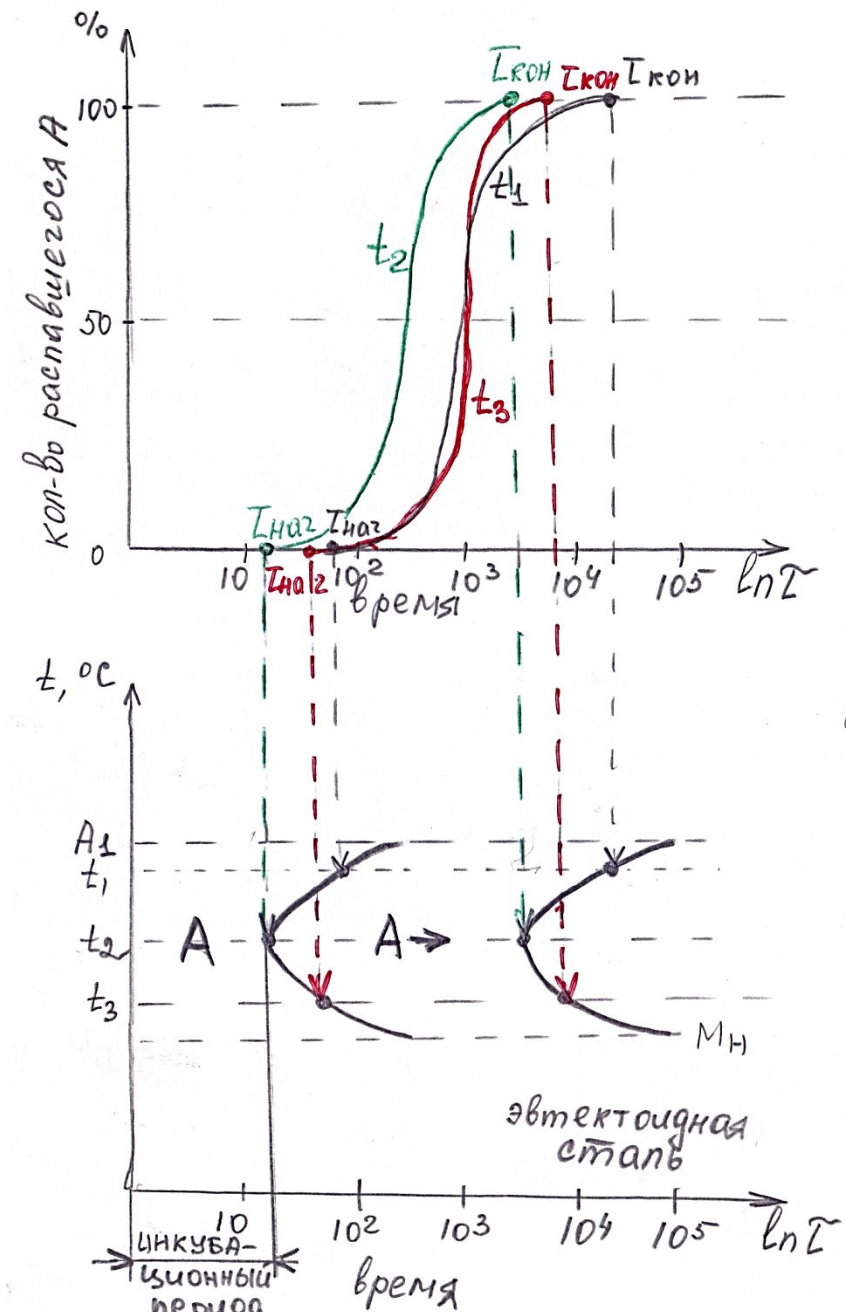
Итог: во всех сталях при нагреве превращение заканчивается образованием одной фазы – аустенит, превращение – диффузионное и сопровождается измельчением зерна (!)

1 – природно крупнозернистые стали;
2 – природно мелкозернистые стали (имеют в своём составе специальные добавки [например, алюминий], которые задерживают рост зерна).

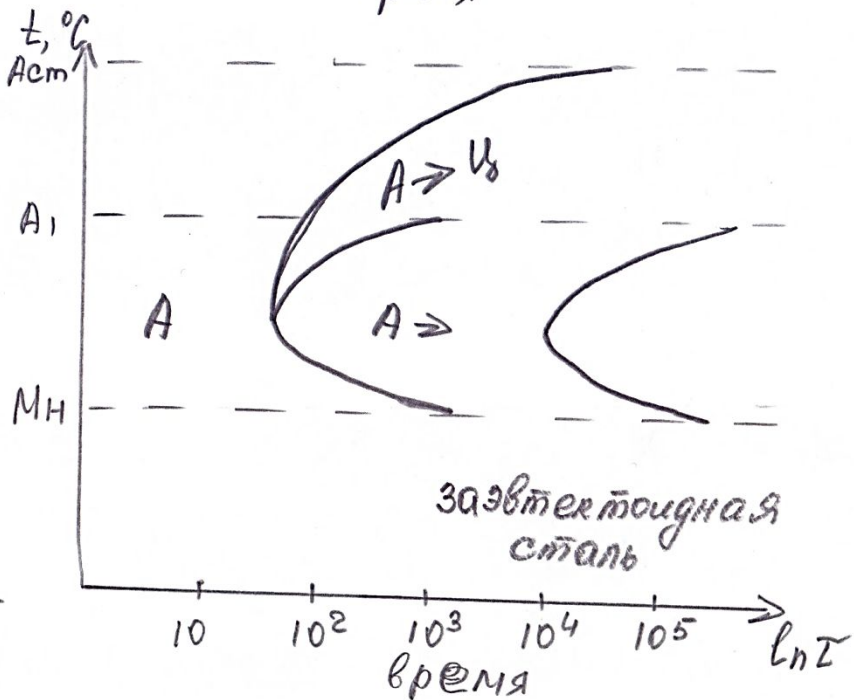
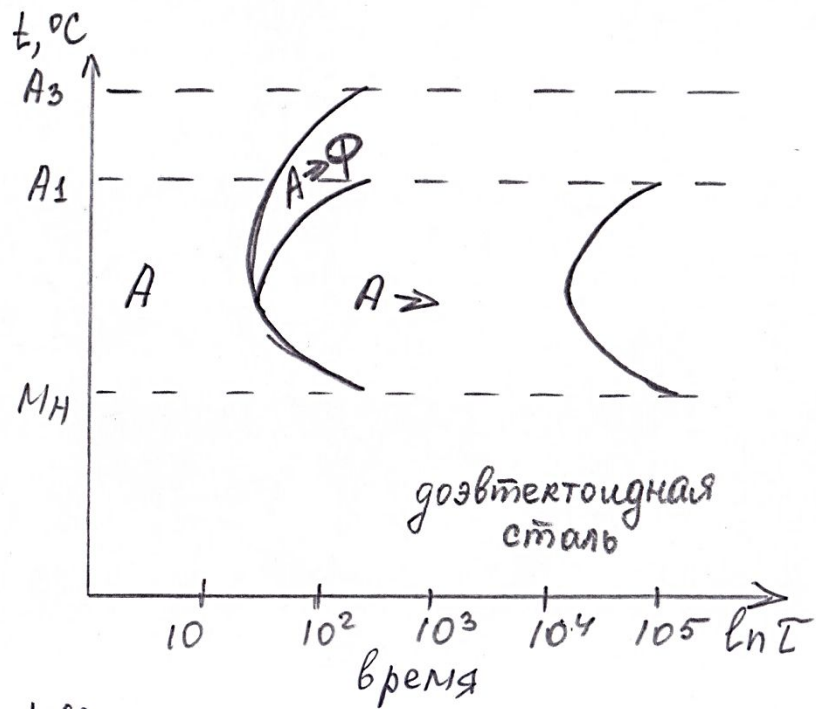
Крупное зерно отрицательно сказывается на ударной вязкости, повышает порог хладноломкости, склонность к закалочным трещинам и деформациям.



§ 4.5. Превращения в стали при охлаждении



* В зарубежной литературе диаграммы ССТ - continuous cooling transformation.



Изучение возможных превращений в переохлаждённом аустените важно практически, т.к. эти превращения происходят при отжиге, закалке, изотермической закалке.

А сколько вариантов таких превращений?

В зависимости от степени переохлаждения аустенита возможны три варианта его превращения:

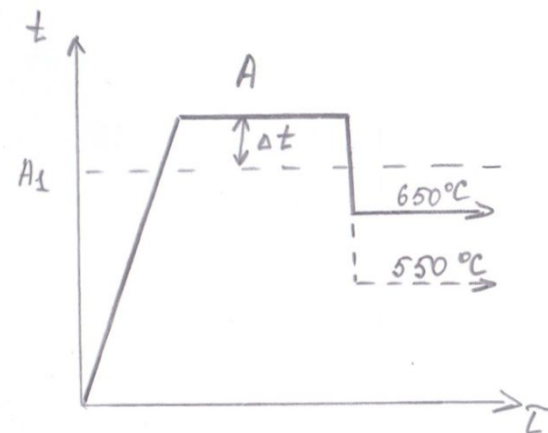
- перлитное ;
- мартенситное;
- бейнитное (промежуточное);

От чего зависят варианты?

- от процессов диффузии

А. Перлитное превращение

КР	ГЦК	ОЦК	ромби- ческая
% С	0,8	0,02	6,69



Перлитное превращение по механизму является **диффузионным** (т.к. происходит перераспределение углерода и смена КР);

При таком превращении из А образуется две новые фазы – пластинчатая смесь Ф и Ц (происходит смена КР).

Продукты перлитного превращения (пластинчатая смесь Ф и Ц) зависят от скорости медленного охлаждения (или температуры изотермической выдержки).

