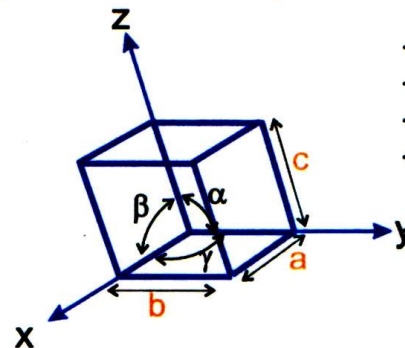


Атомно-кристаллическое строение

Пространственно-кристаллическая решетка



Основные характеристики кристаллической решетки

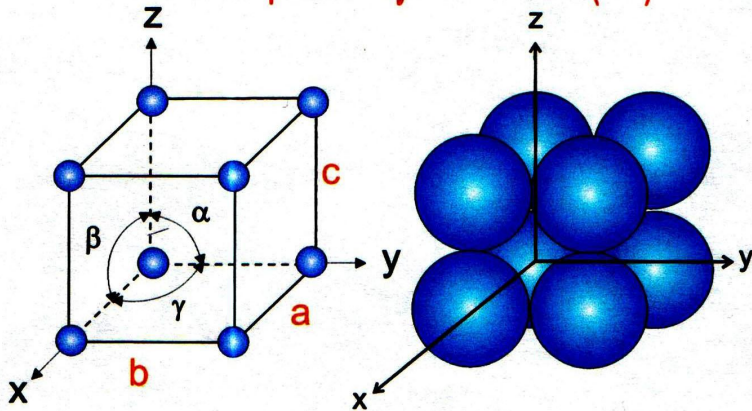


- углы между осями α, β, γ ;
- периоды решетки a, b, c ;
- число атомов, приходящееся на ячейку n ;
- координационное число Z , равное числу ближайших равноудаленных атомов ;
- коэффициент компактности K , равный доле объема ячейки, занятой атомами :

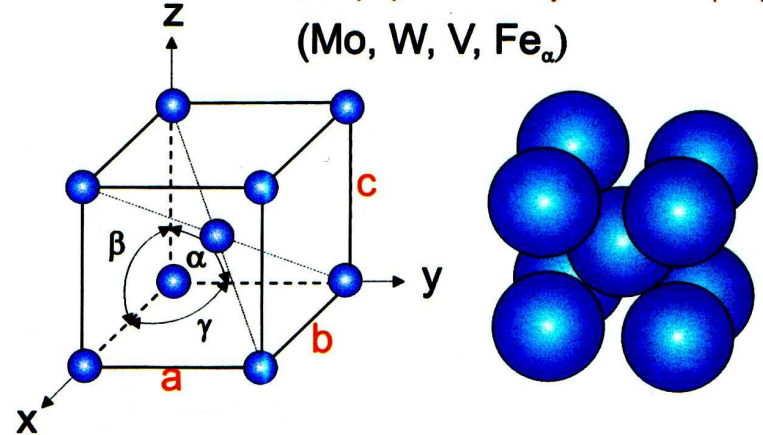
$$K = \frac{n \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{V_{\text{яч.}}}$$

Кристаллические решетки

Решетка простая кубическая (ПК)

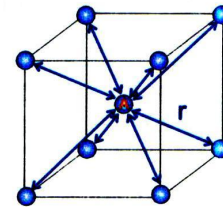


Решетка объемноцентрированная кубическая (ОЦК)



Характеристики решетки

Углы между осями	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Период решетки	$a = b = c$
Число атомов на ячейку	$n = 1$
Координационное число	$Z = 6$
Коэффициент компактности	$K = 0,52$



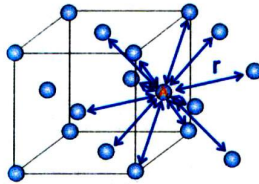
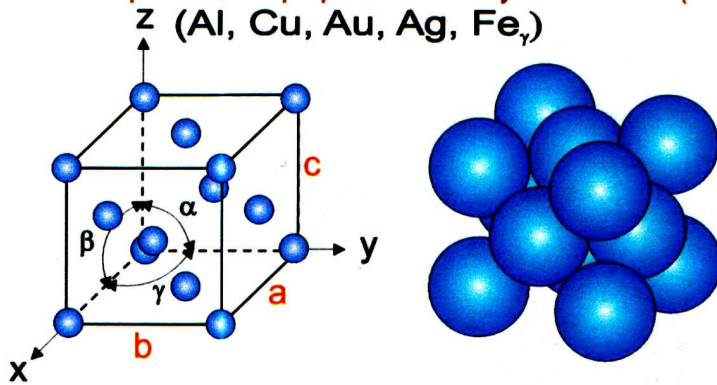
r – наименьшее расстояние до соседних атомов.

Характеристики решетки:

Углы между осями	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Период решетки	$a = b = c$
Число атомов на ячейку	$n = 2$
Координационное число	$Z = 8$
Коэффициент компактности	$K = 0,68$

Кристаллические решетки

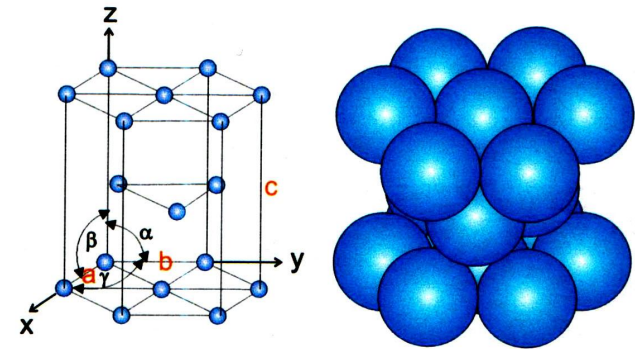
Решетка гранецентрированная кубическая (ГЦК)



Характеристики решетки:

Углы между осями	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Период решетки	$a = b = c$
Число атомов на ячейку	$n = 4$
Координационное число	$Z = 12$
Коэффициент компактности	$K = 0,74$

Решетка гексагональная плотноупакованная (ГП) (Mg, Co_α, Zn, Ti_α, Cd)



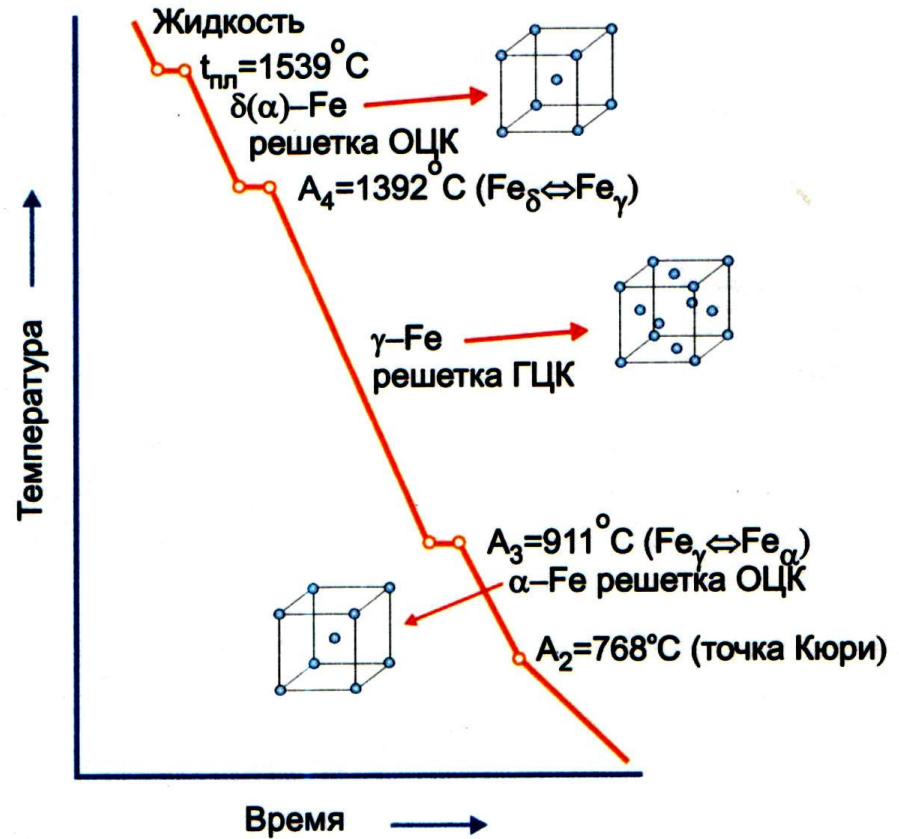
Характеристики решетки:

Углы между осями	$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$
Период решетки	$a = b \quad c/a = 1,633$
Число атомов на ячейку	$n = 6$
Координационное число	$Z = 12$
Коэффициент компактности	$K = 0,74$

Полиморфные превращения

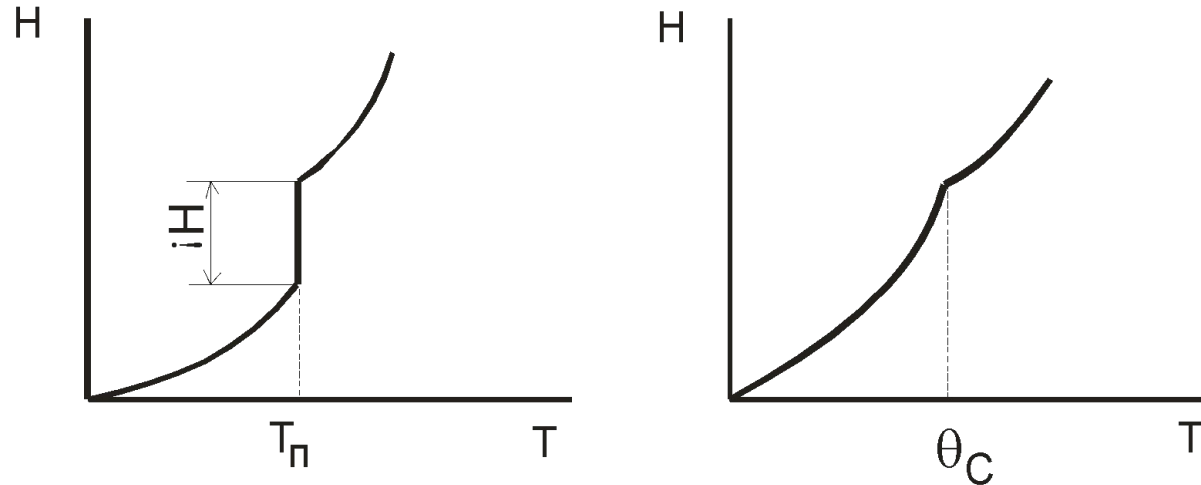
- **Полиморфизм** – это способность некоторых веществ иметь разную кристаллическую решетку в зависимости от внешних условий (Т и Р). Разные кристаллические формы вещества называются полиморфными модификациями. Разные модификации обозначаются буквами греческого алфавита: α , β , γ . На диаграмме состояния каждая модификация существует в своем интервале температур.
- Полиморфные превращения в металлических системах относятся фазовым переходам I рода.

Температурный полиморфизм железа



Железо имеет две модификации: α (ОЦК) и γ (ГЦК).

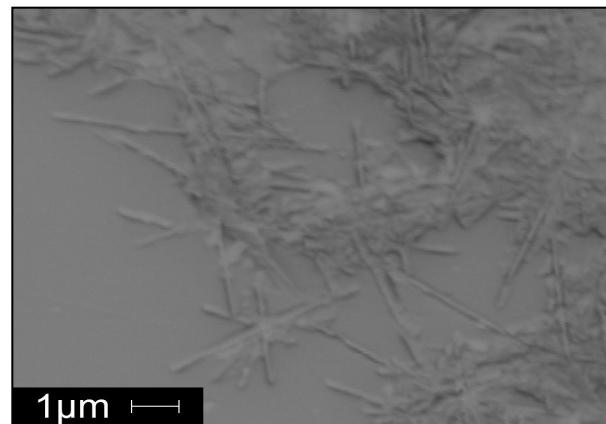
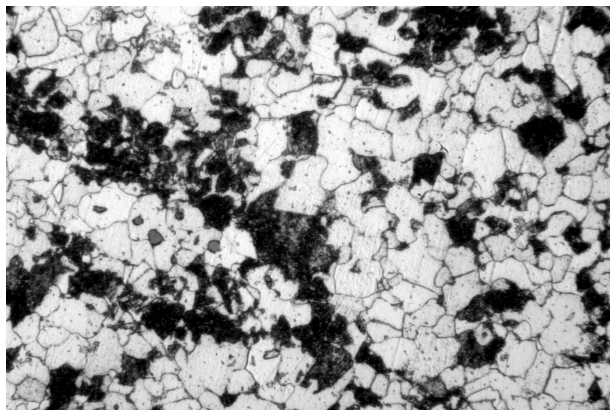
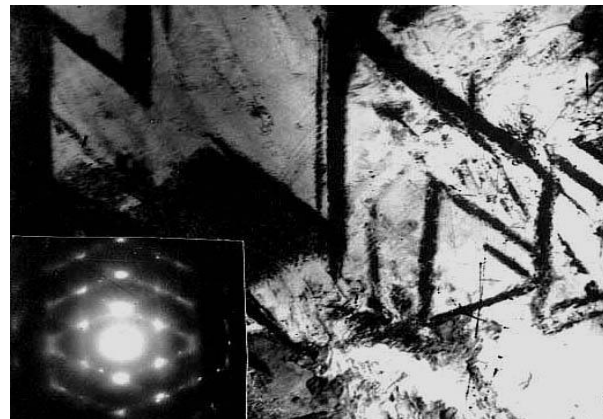
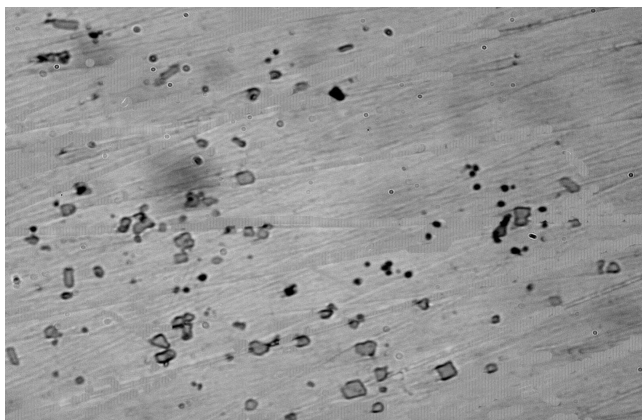
Фазовые переходы



- **I рода** – энтальпия (H) и удельный объем изменяются скачками при температуре перехода T_p . Разница в энтальпии двух фаз (ΔH) при температуре перехода – теплота фазового превращения. Фазовые переходы I рода – плавление, кристаллизация и полиморфные превращения.
- **II рода** – без скачкообразного изменения энтальпии и удельного объема. Фазовый переход II рода – магнитное превращение. Температура перехода – точка Кюри θ_c . При переходе через точку Кюри тип решетки не меняется.
- Если говорят о фазовых переходах, не указывая, какого они рода, то имеют ввиду фазовые переходы I рода.

Методы изучения строения металлов и сплавов

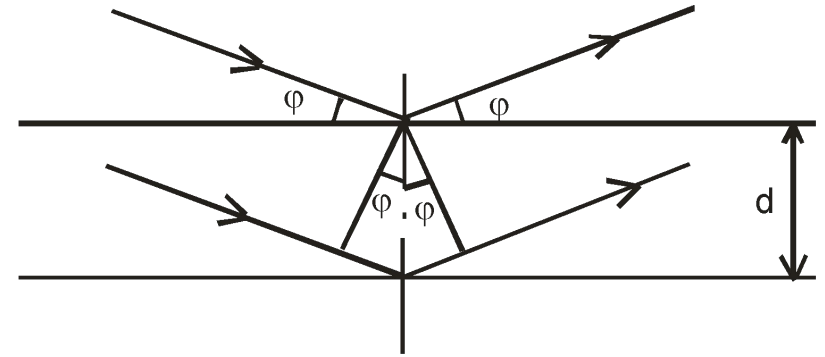
Металлографический анализ



Рентгеноструктурный анализ (РСА)

РСА дает возможность определения характера взаимного расположения атомов в кристаллических телах, т.е. определить порядок расположения атомов и расстояние между соседними атомами.

В основе лежит взаимодействие между рентгеновскими лучами и лежащими на их пути атомами исследуемого тела, благодаря которому последние становятся как бы новыми источниками рентгеновских лучей, являясь центрами их рассеяния.



Уравнение Вульфа-Брегга

$$2d \cdot \sin \varphi = n\lambda, \text{ где}$$

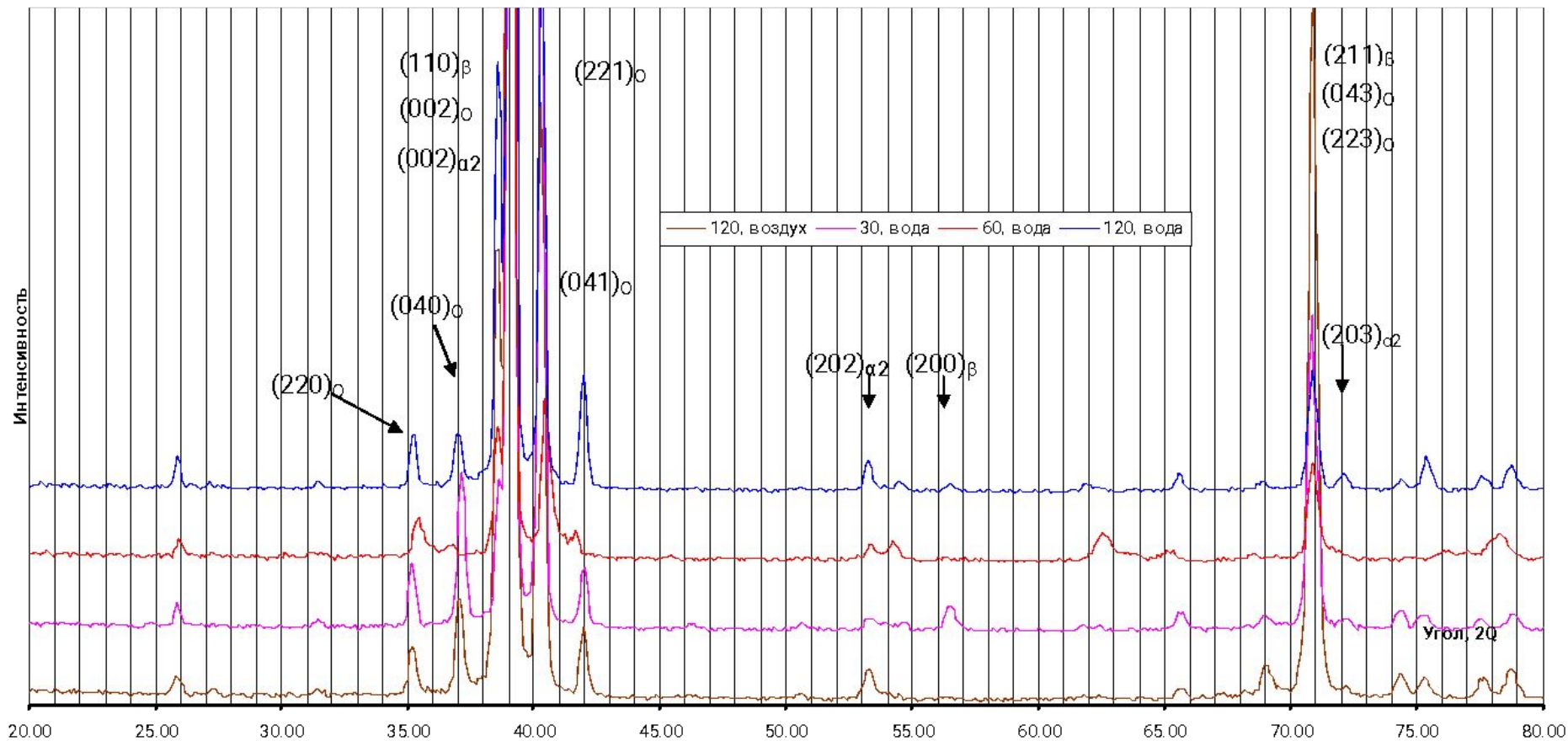
λ – длина волны,

n – простое число,

d – межплоскостное расстояние

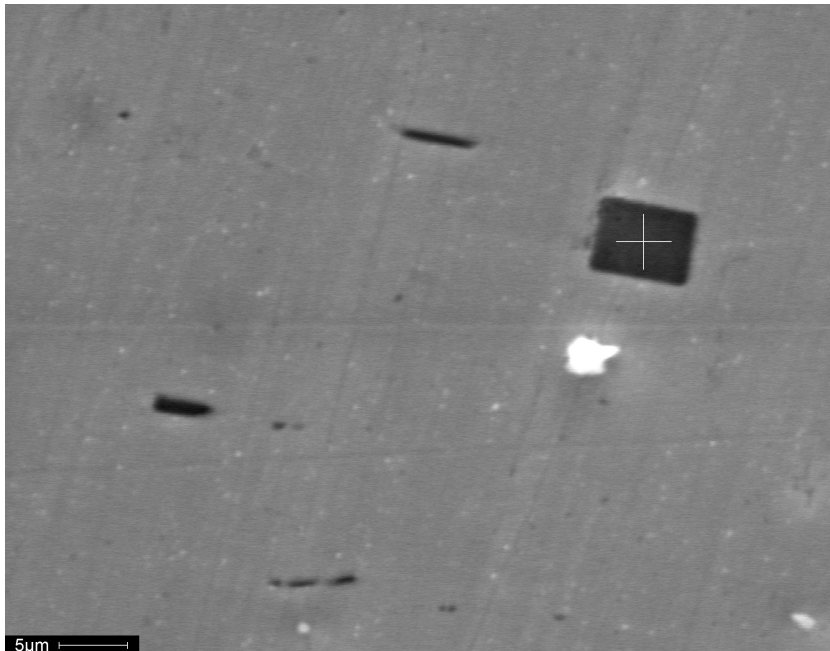
φ – угол падения луча на плоскость

Дифрактограммы сплава

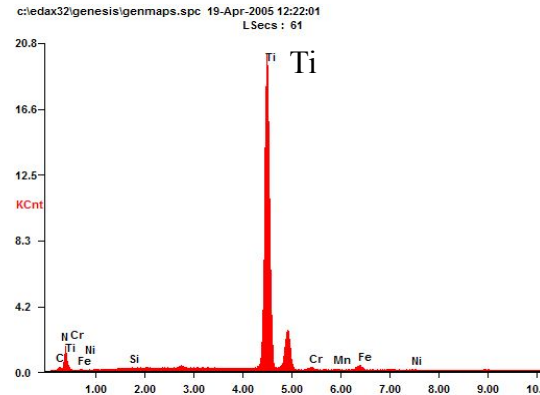


Качественный и количественный микрорентгеноспектральный анализ (МРСА)

Применяется для изучения распределения примесей и легирующих элементов. Определяют химический состав микрообластей на шлифе.

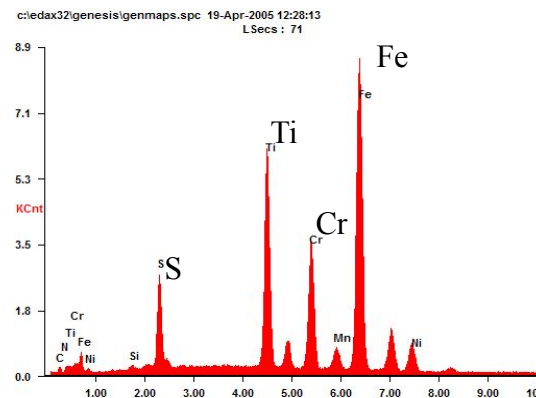


Ti(C,N)



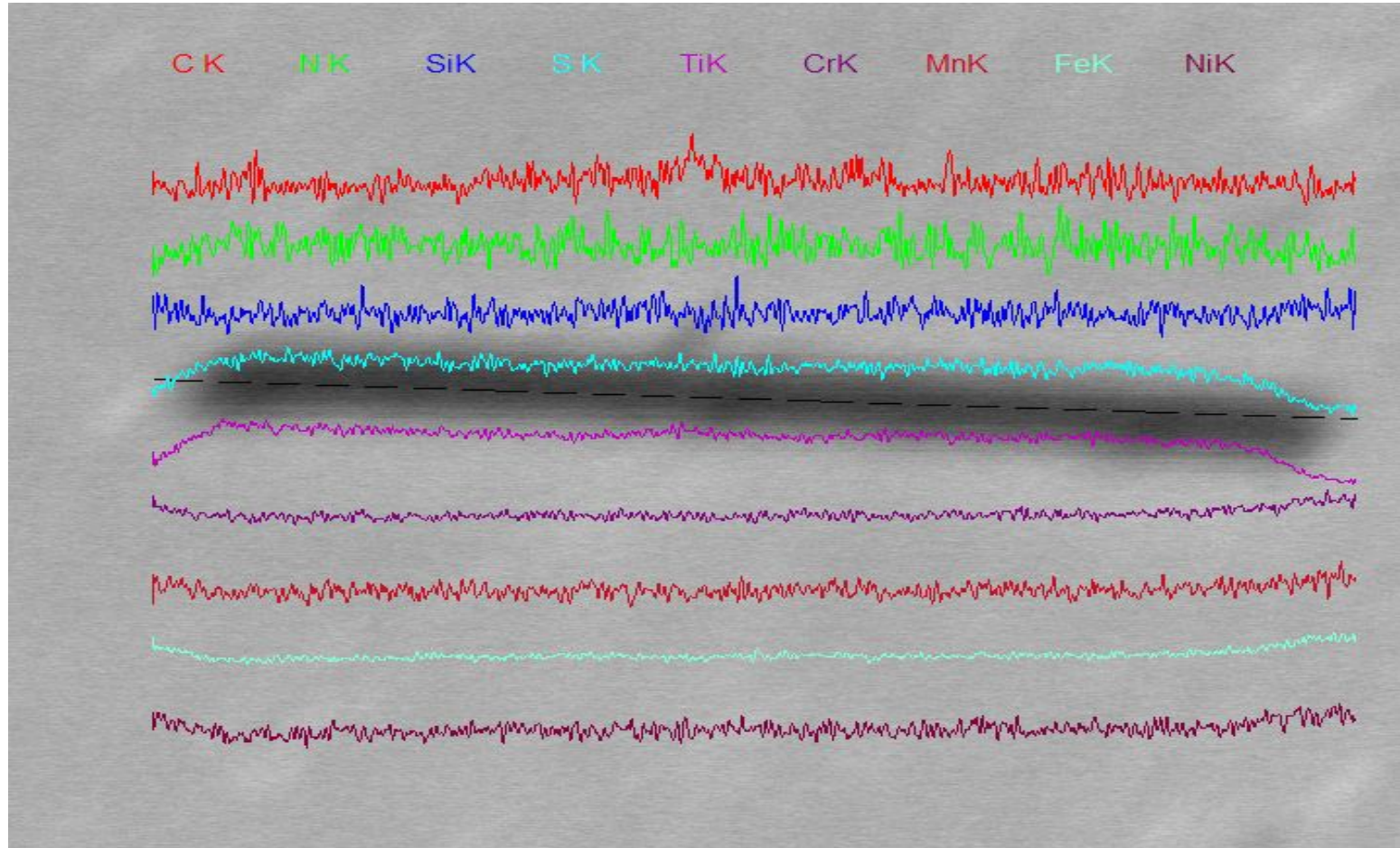
Element	Wt %	At %
C K	4.41	10.89
N K	20.04	42.44
Si K	0.16	0.17
Ti K	72.88	45.14
Cr K	0.62	0.35
Mn K	0.00	0.00
Fe K	1.77	0.94
Ni K	0.13	0.07

Ti₂S



Element	Wt %	At %
C K	6.29	21.97
N K	0.00	0.00
Si K	0.44	0.66
S K	7.74	10.13
Ti K	18.91	16.57
Cr K	13.97	11.27
Mn K	1.89	1.45
Fe K	45.47	34.17
Ni K	5.29	3.78

Распределение химических элементов в частице по линии



Фрактография

Фрактография - область знаний о строении изломов, характеризующих механизм разрушения.

Излом – поверхность, образуемая в результате разрушения металла.

Излом бывает: 1. зернистый, кристаллический.

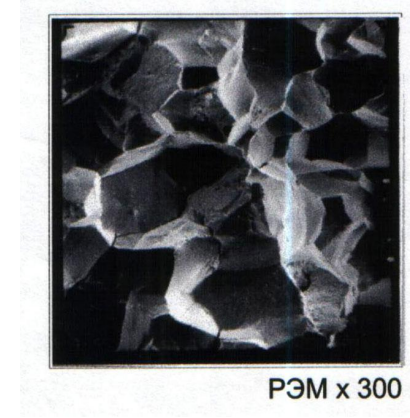
Показывает размеры и форму зерна металла.

Может быть межкристаллическим (проходит по границам) и транскристаллическим (пересекает зерна).

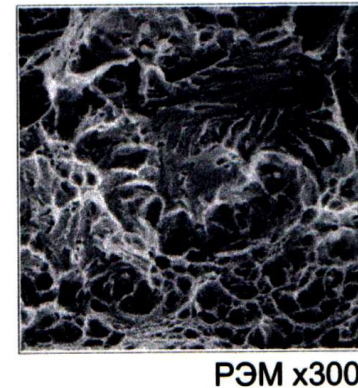
2. волокнистый, «аморфный». Структура металла не обнаруживается, т.к. излому предшествует пластическая деформация, искажающая форму зерна.

Аморфное тело, не имеющее кристаллического строения, дает раковистый излом.

Кристаллический излом

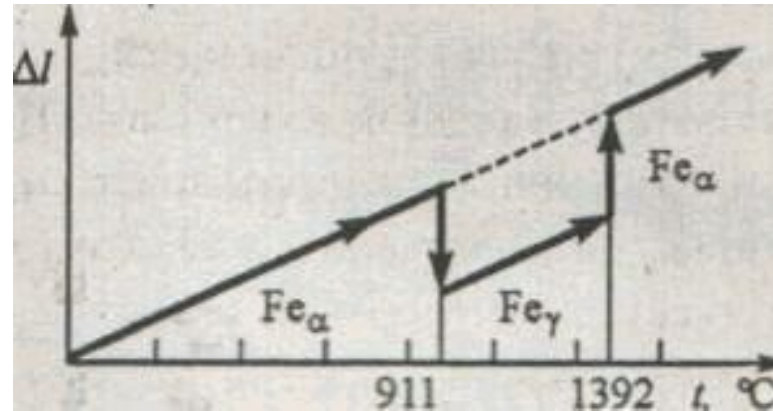


Волокнистый излом



Физические методы исследования

1. Дилатометрический метод

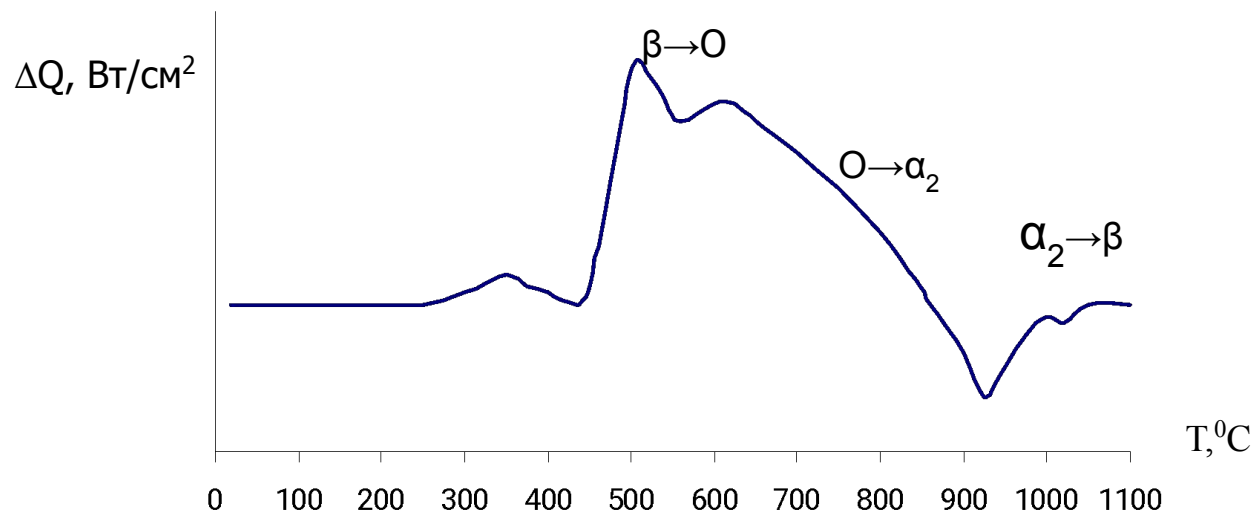


При нагреве металлов и сплавов происходит изменение объема и линейных размеров – тепловое расширение. Если изменения обусловлены только увеличением энергии колебаний атомов, то при охлаждении размеры восстанавливаются. При фазовых превращениях изменения размеров – необратимы.

Метод позволяет определить критические точки сплавов, температурные интервалы существования фаз, а также изучать процессы распада твердых растворов.

2. Метод термического анализа

Термический анализ основан на явлении теплового эффекта. Фазовые превращения в сплавах сопровождаются тепловым эффектом, в результате на кривых охлаждения сплавов при температурах фазовых превращений наблюдаются точки перегиба или температурные остановки. Данный метод позволяет определить критические точки.



Кривая ДТА сплава

3. Магнитный анализ

Используется для исследования процессов, связанных с переходом из парамагнитного состояния в ферромагнитное (и наоборот), причем возможна количественная оценка этих процессов.