

Лекция 6

Микроструктура материала.

Алексей Янилкин

План лекции

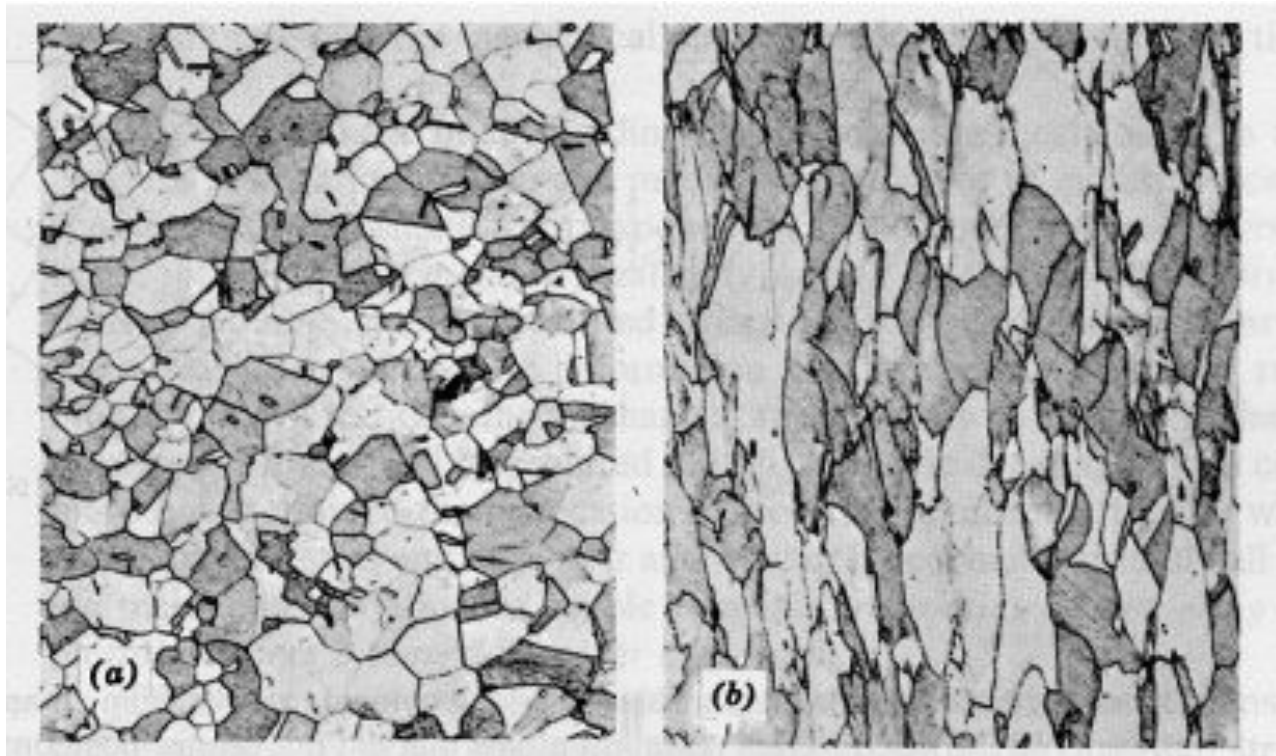
- Поликристаллические материалы
- Композиты
- Коллоидные материалы
- Список литературы

Микроструктура

- Микроструктура – распределение составных частей материала, т.е. пространственное распределение элементов, фаз, их ориентация, а также дефектов.
- Основная характеристика микроструктуры – размеры структурных блоков.

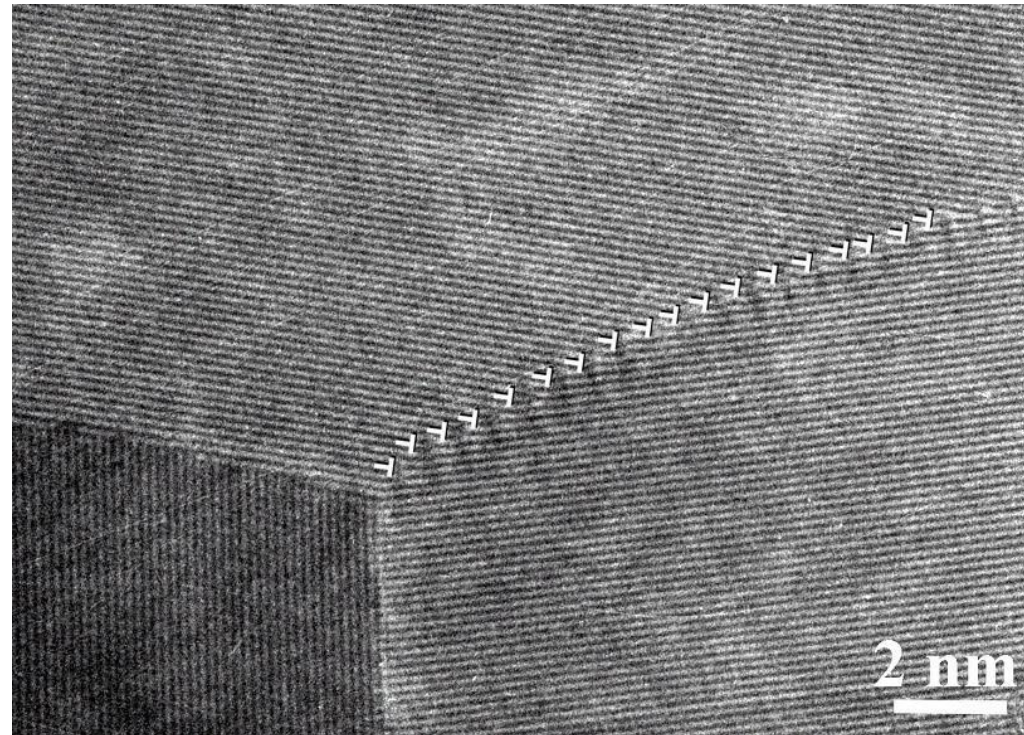
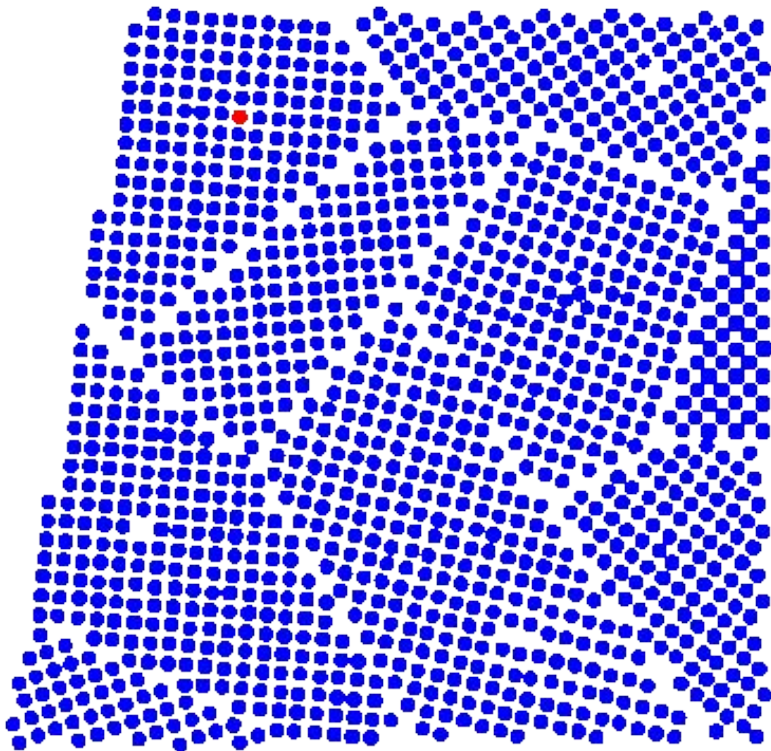
Поликристалл

- Поликристалл – твердый материал, который состоит из множества кристаллитов различных размеров и ориентаций.

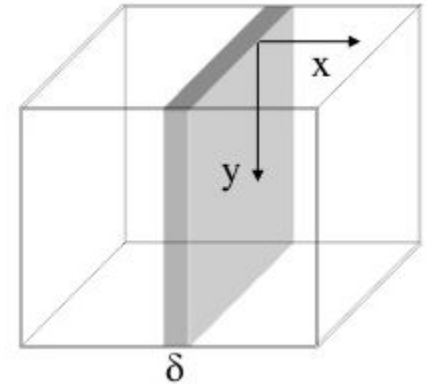
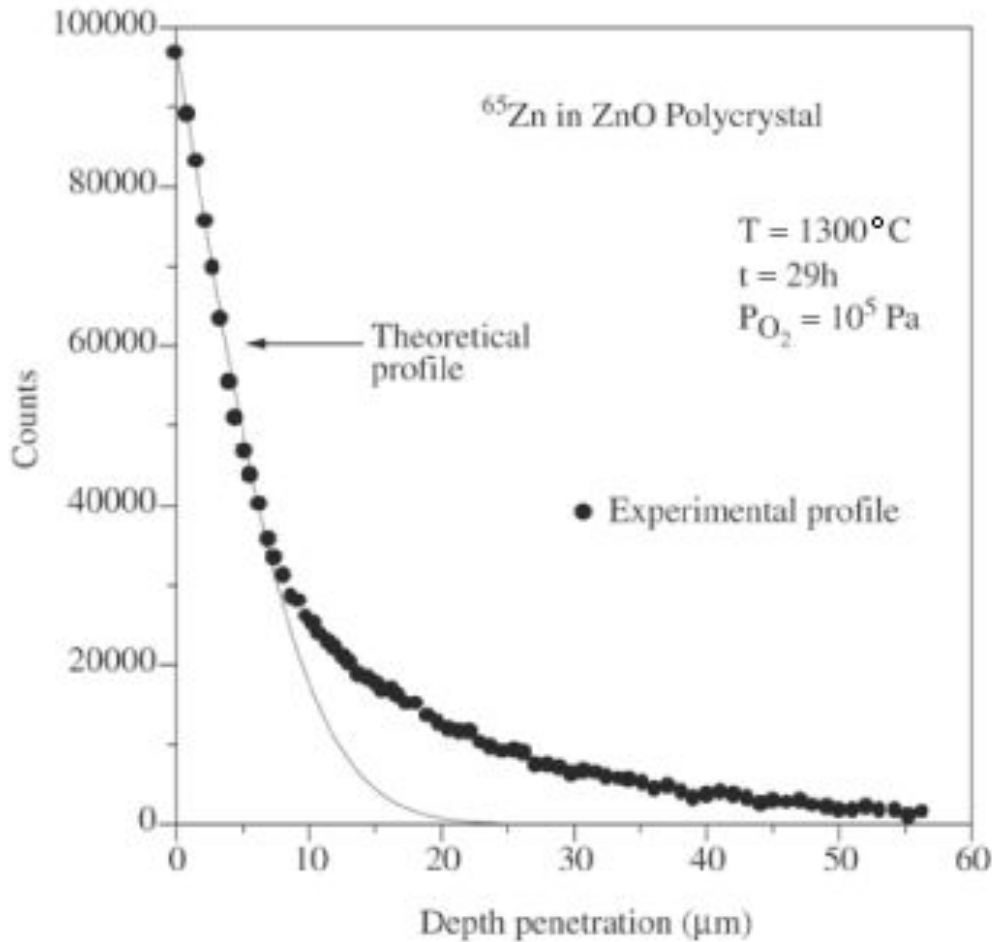


Поликристаллы: атомная структура

- Граница раздела кристаллитов – высокоугловые и малоугловые границы.



Поликристаллы: диффузия



$$\frac{\partial C^B}{\partial t} = D^B \frac{\partial^2 C^B}{\partial y^2} + \frac{2}{\delta} D^{XL} \left(\frac{\partial C^{XL}}{\partial x} \right)_{x=0}$$

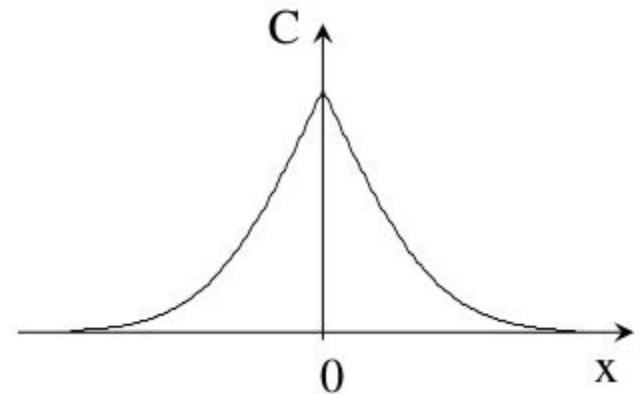


Figure 2. Diffusion profile for the isotope ^{65}Zn in ZnO polycrystal at 1300°C .

Получение поликристаллов: кристаллизация из расплава

- Зародышеобразование твердой фазы. Энергия зародыша новой фазы в зависимости от радиуса r :

$$\Delta G(r) = -\frac{4\pi}{3}r^3 \Delta g_u + 4\pi r^2 \gamma$$

где $\Delta g_u = (\Delta G_l - \Delta G_s)/V$ – свободная энергия на единицу объема, γ – удельная энергия поверхности раздела жидкость-твердая фаза.

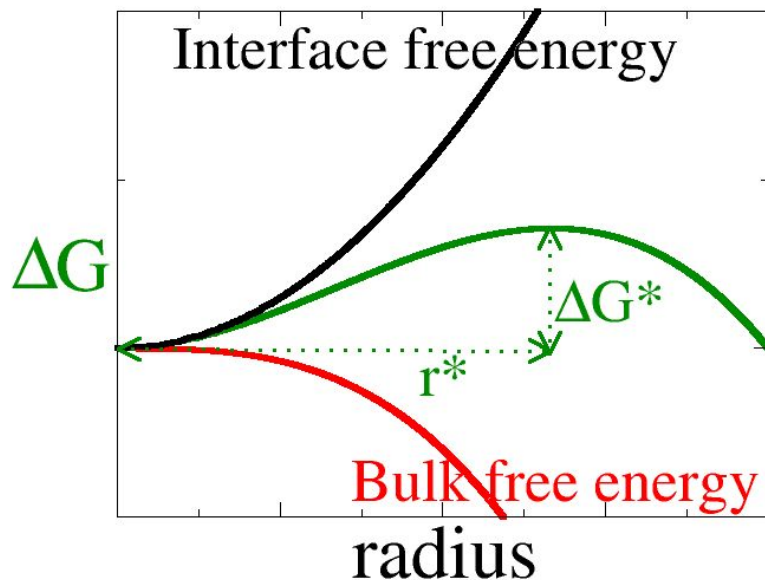
Получение поликристаллов: кристаллизация из расплава

- Радиус критического зародыша r_0 :

$$r_0 = 2\gamma/\Delta g_u$$

- Работа зародышеобразования:

$$\Delta G_0 = \frac{1}{3} A_0 \gamma$$



**Гетерогенное
зарождение**



Получение поликристаллов: кристаллизация из расплава

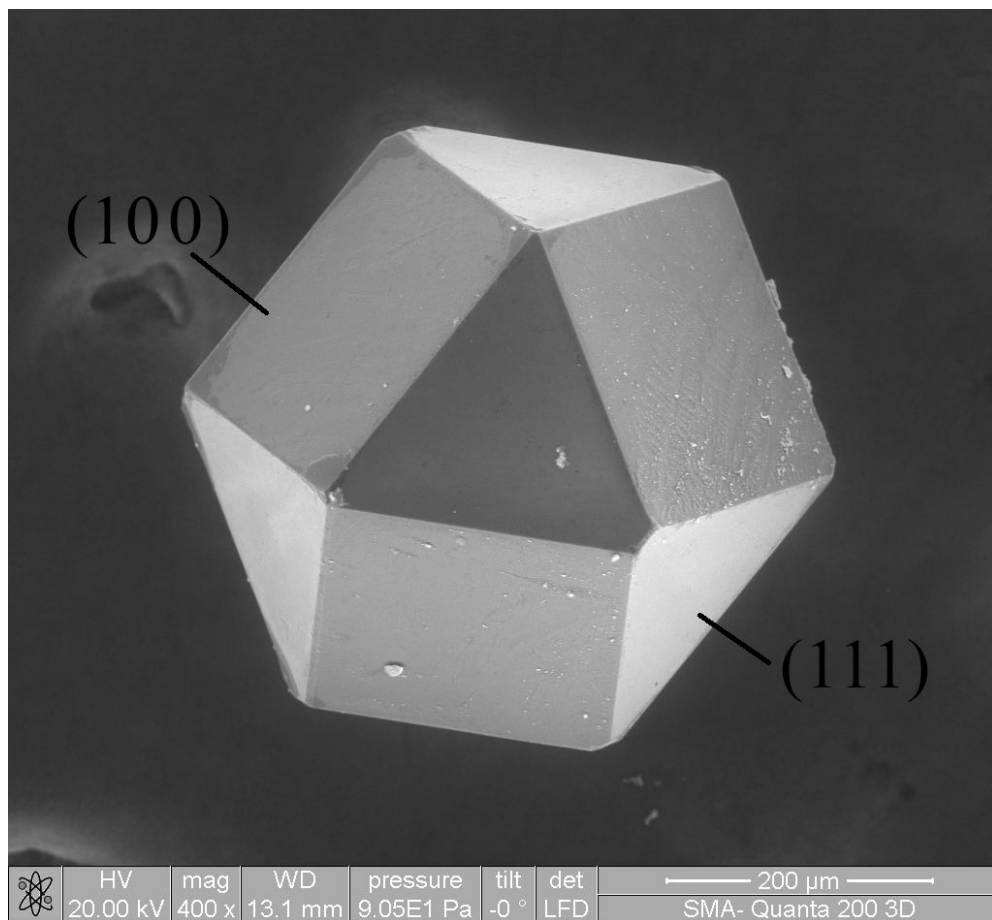
- Форма кристалла. Считается, что форма кристалла должна быть сферической, поскольку площадь при этом минимальна. Справедливо только для поверхностей с одинаковой поверхностной энергией. Кристалл стремится уменьшить долю поверхности с наименьшей энергией. Теорема Вульфа:

$$\frac{2\gamma_i}{\lambda_i} = K_w$$

γ_i - удельная поверхностная энергия, λ_i - расстояние от поверхности до центра кристалла, K_w - постоянная Вульфа.

Иллюстрация Теоремы Вульфа

Кристалл
алмаза

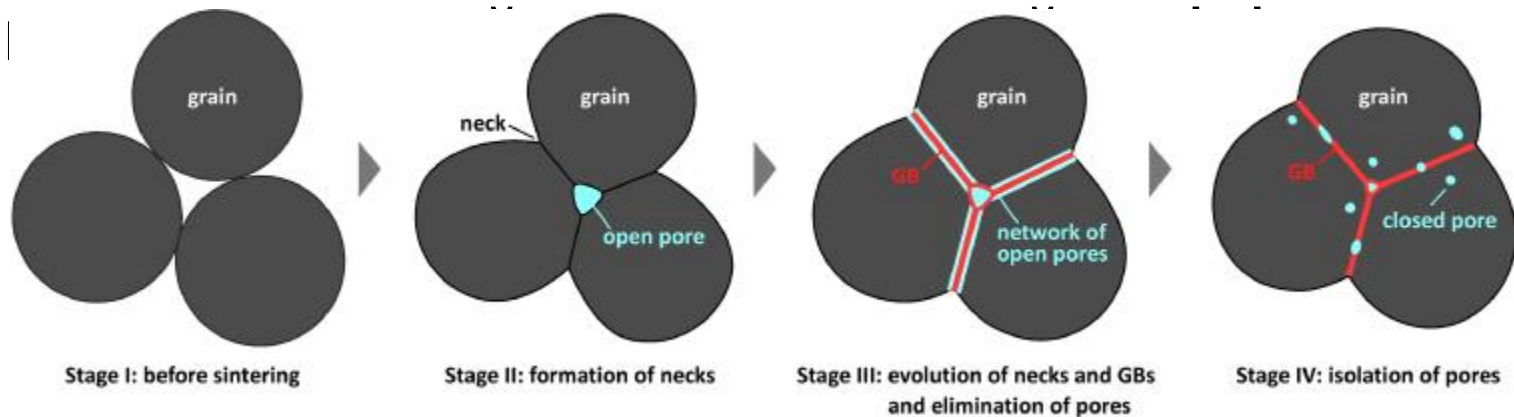


Получение поликристаллов: кристаллизация из расплава

- Форма кристалла. Из-за малой величины движущих сил и медленной кинетики процесса изменения формы равновесная форма может быть достигнута только при длительном отжиге при высоких температурах.
- Форма кристаллов, наблюдающаяся при затвердевании обычно неравновесна, а скорее определяется кинетикой роста. Образуются многогранники с наиболее медленно растущими плоскостями.

Получение поликристаллов: спекание

- Спекание - процесс получения твердых и пористых материалов из мелких порошкообразных или пылевидных материалов при повышенных температурах и/или давлении.
- Температура спекания ниже температуры плавления. Спекания происходит за счет



Получение поликристаллов: спекание

- Преимущества спекания:
 - Высокий уровень чистоты и равномерности исходных материалов
 - Возможность создания материалов с контролируемой пористостью
 - Возможность создания материалов с заданными формами
 - Создание высокопрочных материалов

Рекристаллизация и возврат

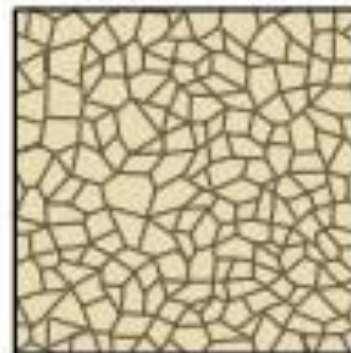
- Рекристаллизация представляет собой перестройку структуры зерен в деформированных металлах в процессе отжига. Это происходит из-за возникновения и движения высокоугловых межзеренных



(a)



(b)



(c)



(d)

Рекристаллизация и возврат

- Возврат включает в себя все явления, связанные с перегруппировкой и исчезновением дислокаций. Возвращение энергии без образования новых зерен.

Композитные материалы

- Композитные материалы - неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов с чёткой границей раздела между ними.
- В большинстве композитов (за исключением слоистых) компоненты можно разделить на матрицу (или связующее) и включенные в нее армирующие элементы (или нап



Композитные материалы: ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ

- Армирующие элементы – необходимые механические свойства (прочность, жесткость)
- Матрица – совместная работа армирующих элементов и защита их от механических повреждений и агрессивной химической среды.
- Большинство композитов определяется необходимыми свойствами для конкретной задачи.

Композитные материалы: классификация

- Волокнистые
- Слоистые
- Наполненные

- композиты с полимерной матрицей,
- композиты с керамической матрицей,
- композиты с металлической матрицей,
- КОМПОЗИТЫ ОКСИД-ОКСИД.

Композитные материалы: преимущества и применение

- высокая удельная прочность (прочность 3500 МПа)
- высокая жѐсткость (модуль упругости 130...140 — 240 ГПа)
- высокая износостойкость
- высокая усталостная прочность
- легкость

Композитные материалы: недостатки

- Высокая стоимость
- Анизотропия свойств
- Низкая ударная вязкость
- Высокий удельный объём
- Гигроскопичность
- Токсичность
- Низкая эксплуатационная технологичность

Коллоидные материалы

- Коллоидные системы – дисперсные системы, промежуточные между истинными растворами и
- Дисперсионная фаза – фаза, в которой растворены частицы
- Дисперсная фаза – растворенная фаза
- Размер частиц дисперсной фазы – 1-1000 нм.

Основные виды

- дым — взвесь твёрдых частиц в газе.
- туман — взвесь жидких частиц в газе.
- аэрозоль — состоит из мелких твёрдых или жидких частиц, взвешенных в газовой среде
- пена — взвесь газа в жидкости или твёрдом теле.
- эмульсия — взвесь жидких частиц в жидкости.
- золь — ультрамикроретерогенная дисперсная система, лиозоль — золь с жидкостью в качестве дисперсионной среды.
- гель — взвесь из двух компонентов, один из которых образует трёхмерный каркас, пустоты в котором заполнены низкомолекулярным растворителем (обладает некоторыми свойствами твёрдого тела).

Свойства

- Коллоидные частицы не препятствуют прохождению света
- Наблюдается рассеяние светового луча
- Дисперсные частицы не выпадают в осадок – Броуновское движение поддерживает их во взвешенном состоянии, но в отличие от броуновского движения частиц.

Взаимодействие между частицами

- Отталкивание в результате исключения объема.
- Электростатическое взаимодействие (обычно частицы заряжена).
- Силы Ван-дер-Ваальса (существующий или наведенный дипольный момент).
- Силы, связанные с изменением энтропии.
- Стерические силы (связаны со стерическим эффектом при взаимодействии).

Получение

- Размельчение больших частиц до небольших размеров
- Конденсация растворенных атомов и молекул в коллоидные частицы

Список литературы

- Физико-химический основы материаловедения. // Г. Готтштайн (2009).
- Материаловедение. // Адаскин, Седов, Онегина, Климов (2005).