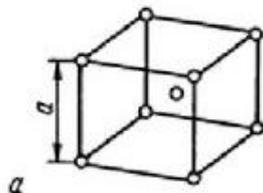
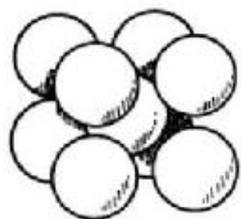
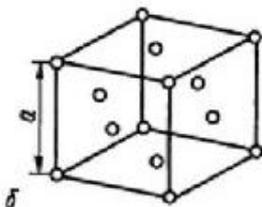
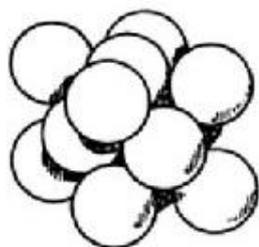


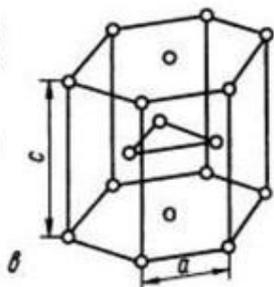
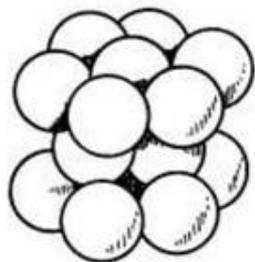
Дефекты кристаллического строения



**ОЦК – объемноцентрированная кубическая, имеют металлы:
W, Mo, Cr, V, K, Na, Li, β -Ti, α -Fe**

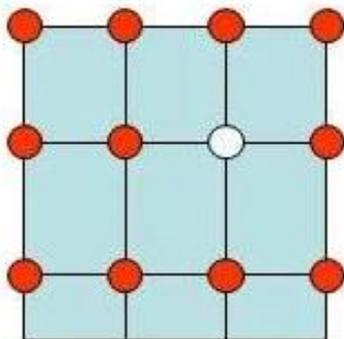


**ГЦК – гранецентрированная кубическая, имеют металлы:
Al, Cu, Ni, Ag, Au, Pb, γ -Fe, Ce**

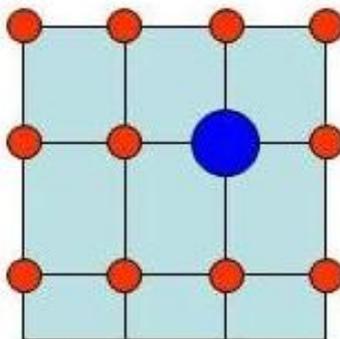


**ГПУ – гексагональная плотно-упакованная, имеют металлы:
Mg, Zn, α -Ti, Cd, Be, α -Zr, Os**

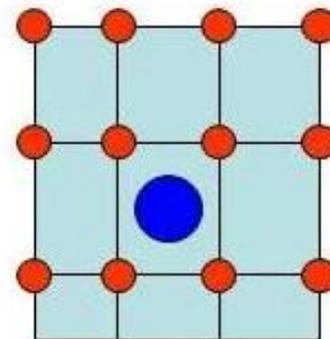
Точечные дефекты кристаллического строения



вакансия



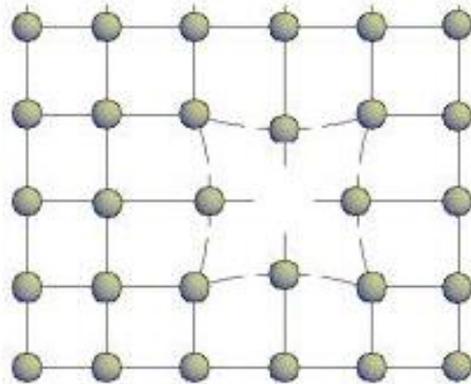
**замещенный
атом**



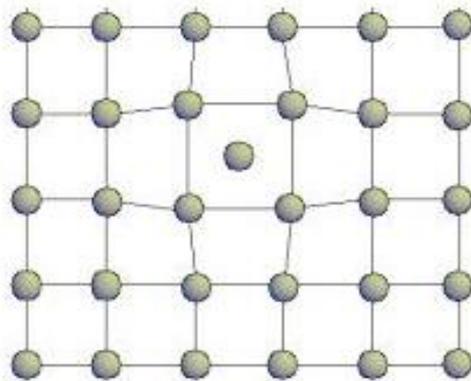
**внедренный
атом**

Точечные дефекты кристаллического строения

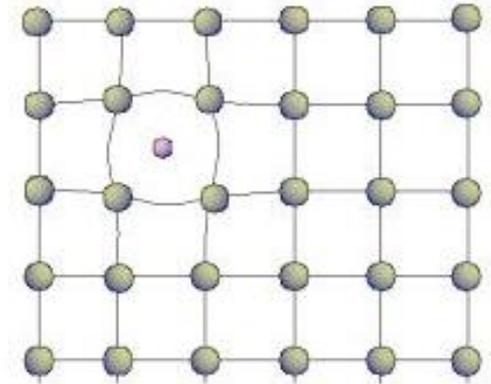
1. Вакансия



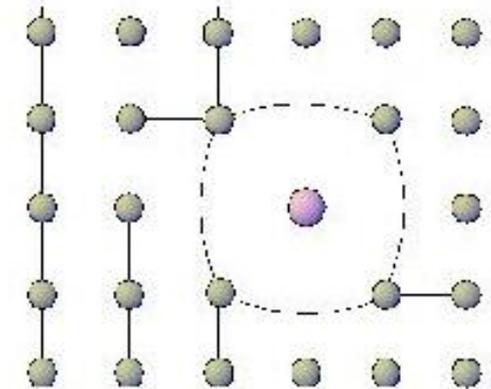
2. Межузельный атом



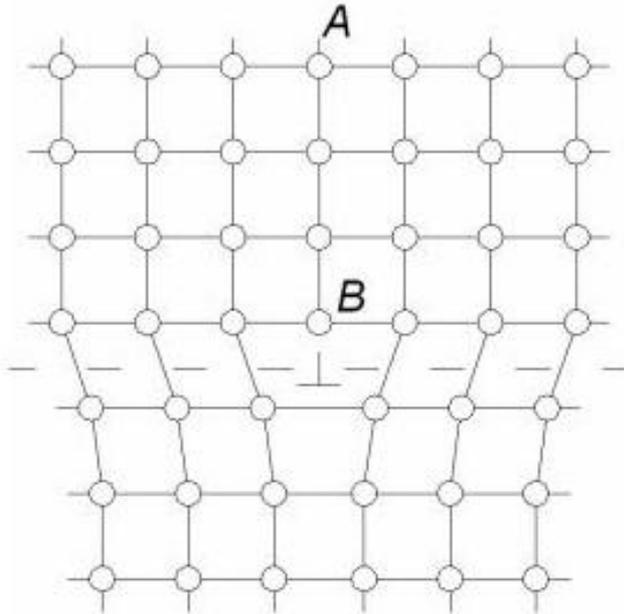
3. Атом внедрения



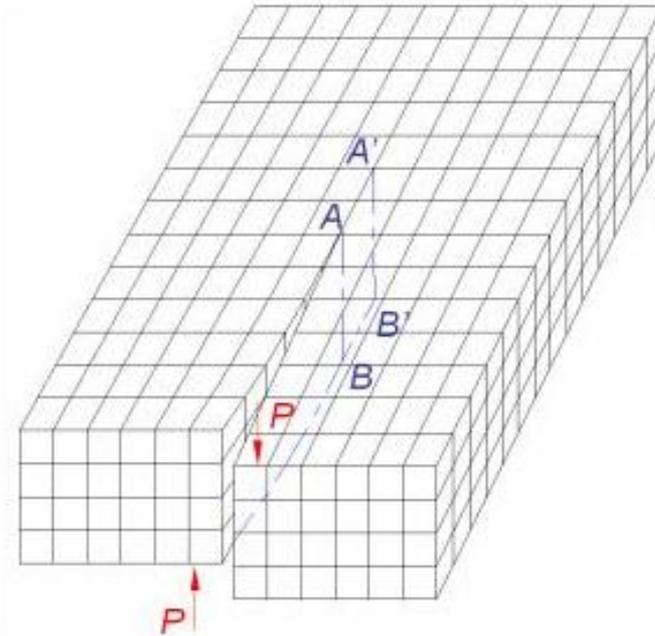
4. Атом замещения



Линейные дефекты кристаллического строения



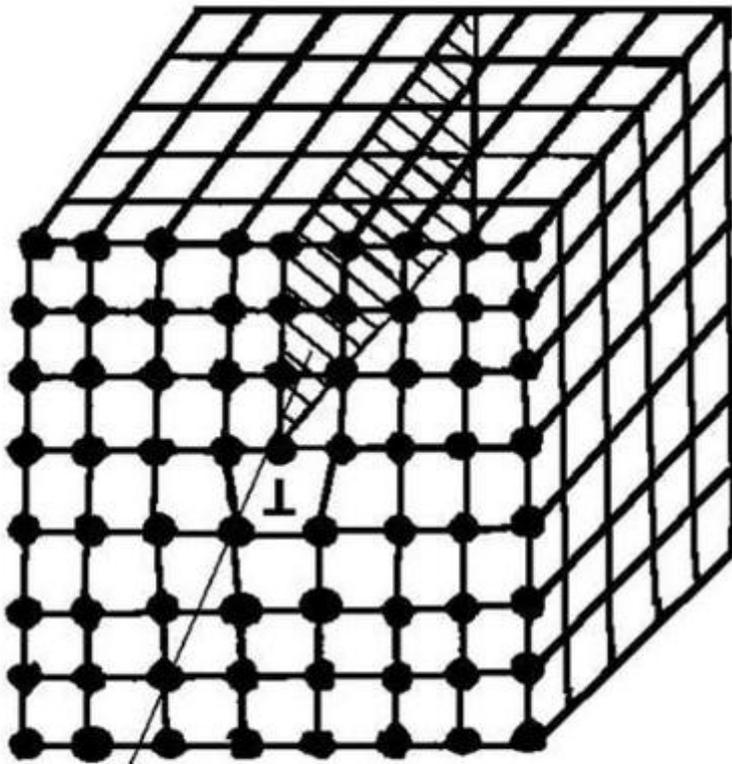
Краевая дислокация



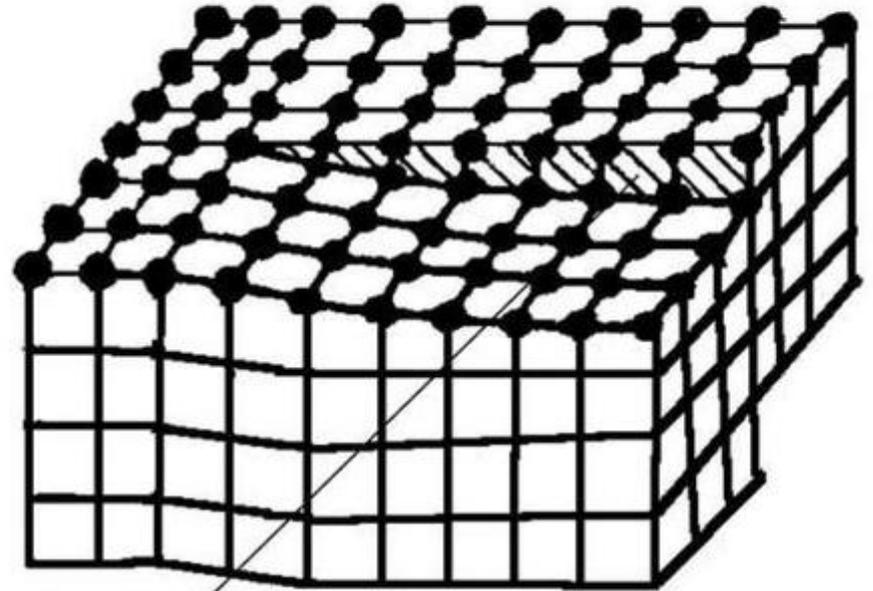
Винтовая дислокация

AA'BB' – экстраплоскость; P – приложенное усилие

Линейные дефекты кристаллического строения

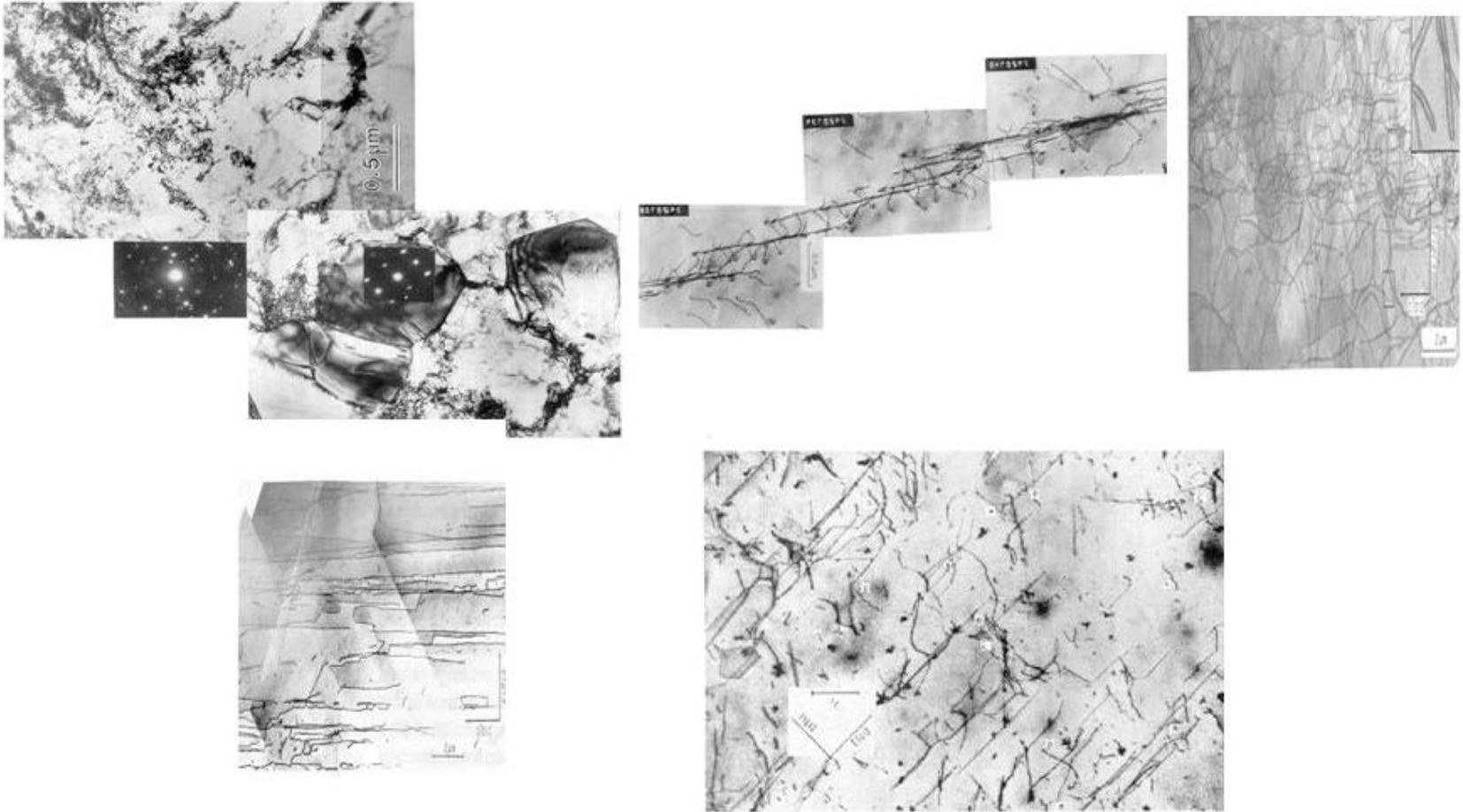


Экстраплоскость



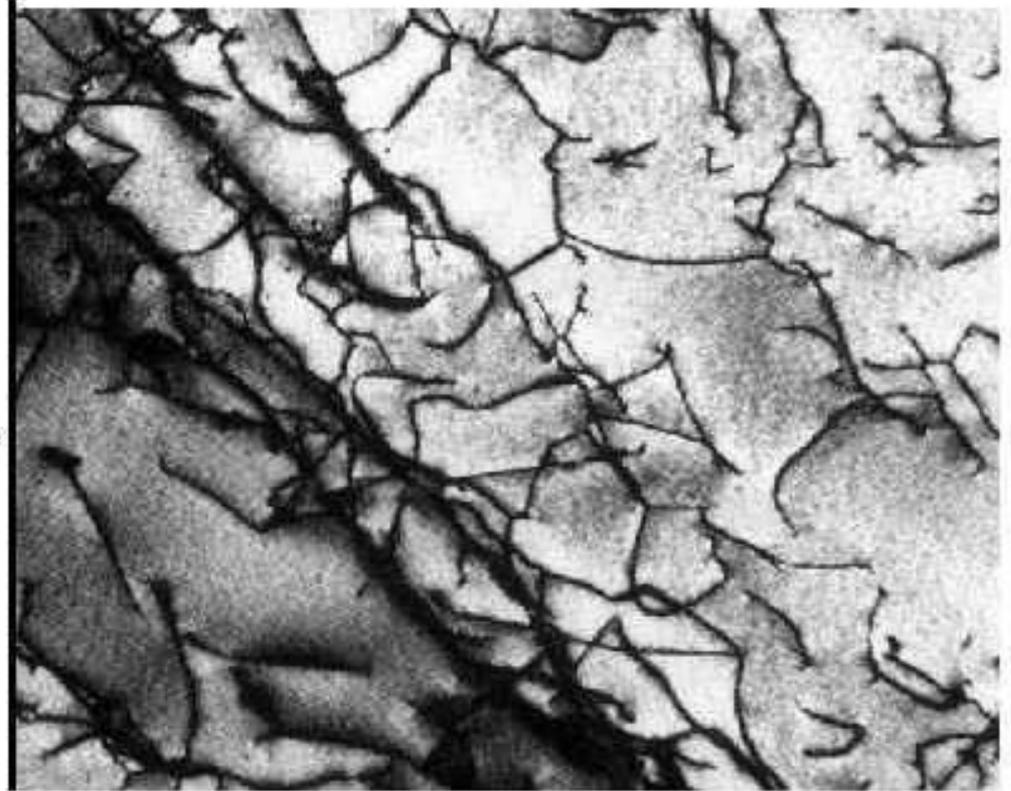
Плоскость сдвига

Изображения дислокационных структур в просвечивающем электронном микроскопе



Изображение дислокационной сетчатой субструктуры в просвечивающем электронном микроскопе

- **Дислокационная
структура металла**
(просвечивающая
электронная микроскопия,
x 32 000)



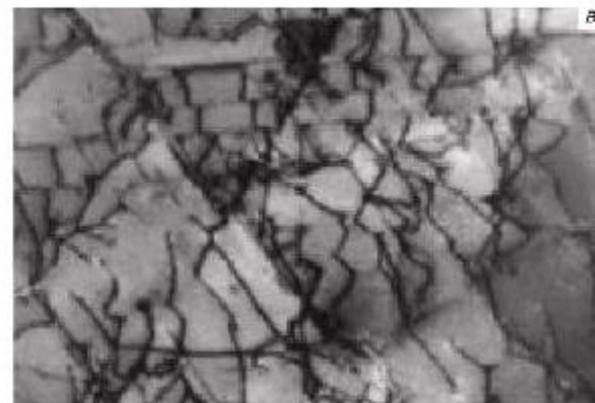
Самоорганизация дислокационных субструктур при активной деформации металлов и сплавов (Конева Н.А.)



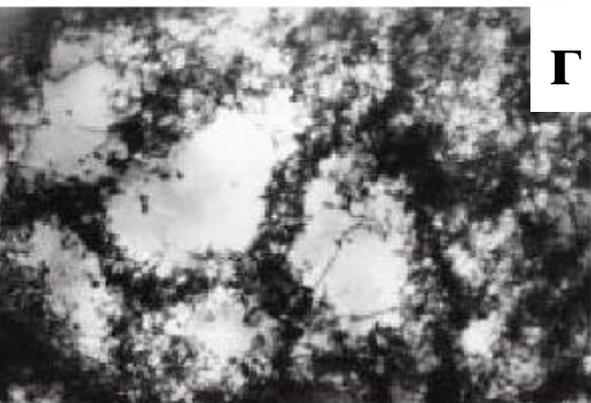
а



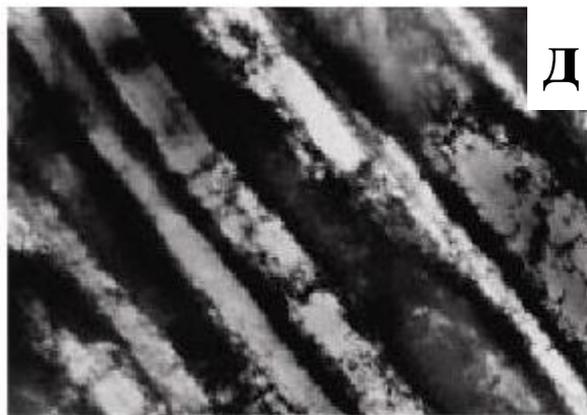
б



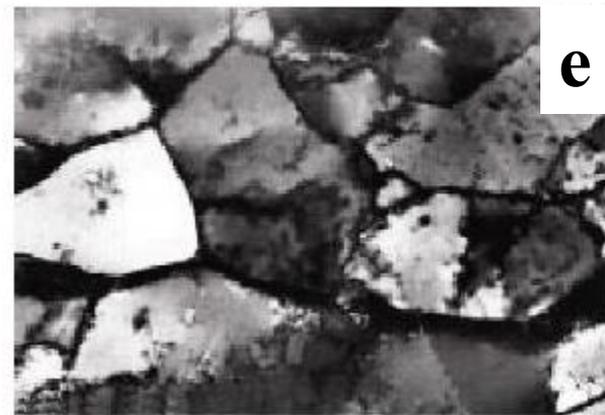
в



г



д

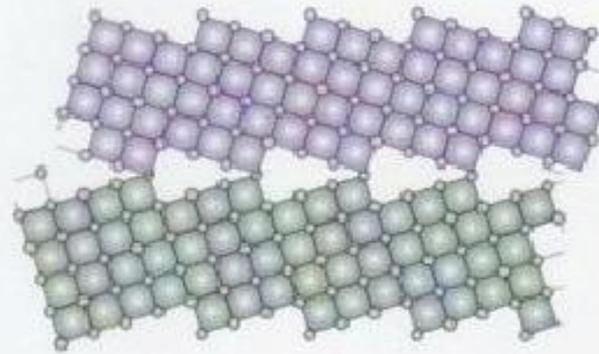
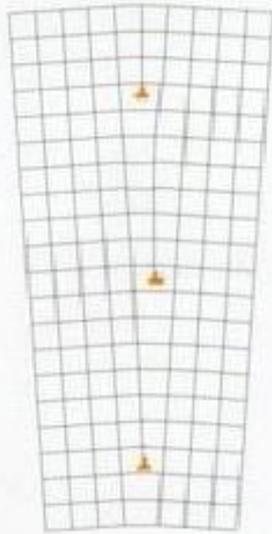


е

- а) хаотическое распределение дислокаций
- б) скопления дислокаций
- в) сетчатая субструктура

- г) неразориентированные ячейки
- д) микрополосовая субструктура
- е) фрагментированная субструктура

Малоугловая и большеугловая границы



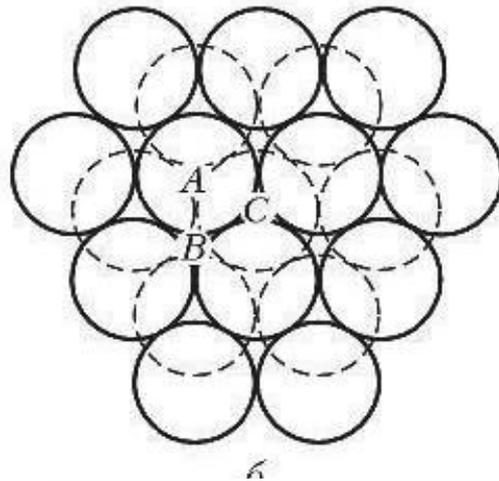
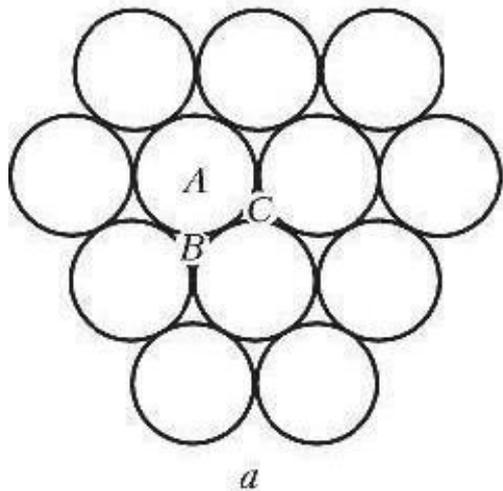
x 10000



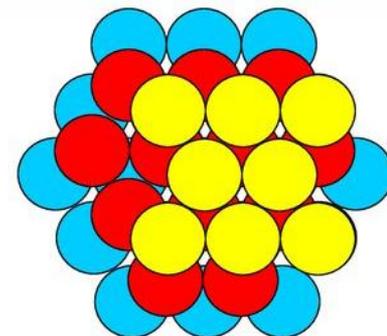
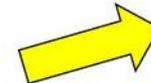
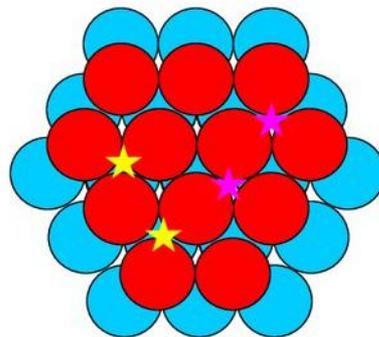
x 250

Малоугловые и большеугловые границы в Fe_α

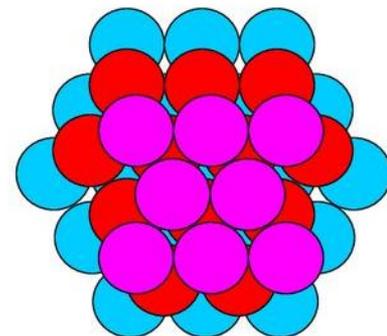
Плотная упаковка в кристаллах



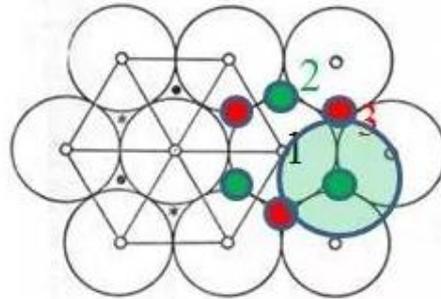
1-2-1-2....
ГПУ(гексагональная)



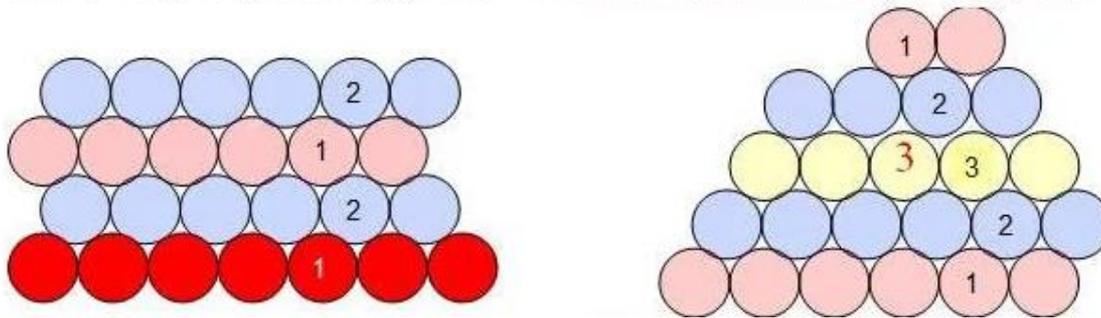
1-2-3-1-2-3...
КПУ(кубическая)



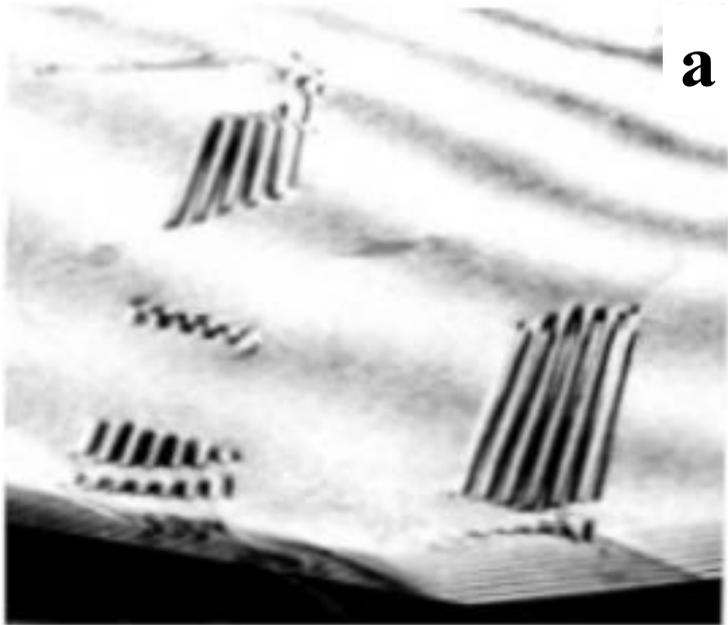
Моделирование дефекта упаковки



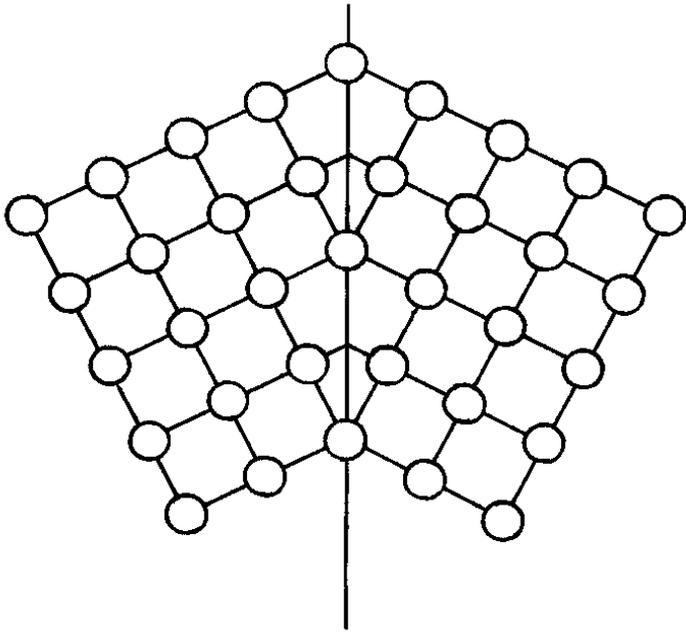
Расположение атомов в плотноупакованных кристаллических решетках. Светлые кружки- положения типа 1; Черные кружки – положения типа 2; Звездочки – положения типа- 3.



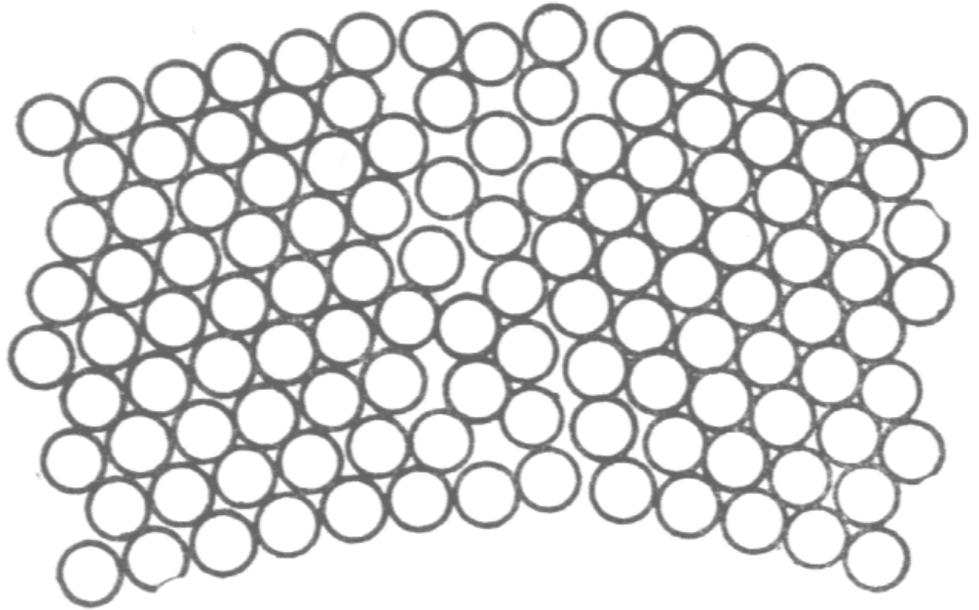
Изображения дефектов упаковки в просвечивающем электронном микроскопе



Двойниковая структура

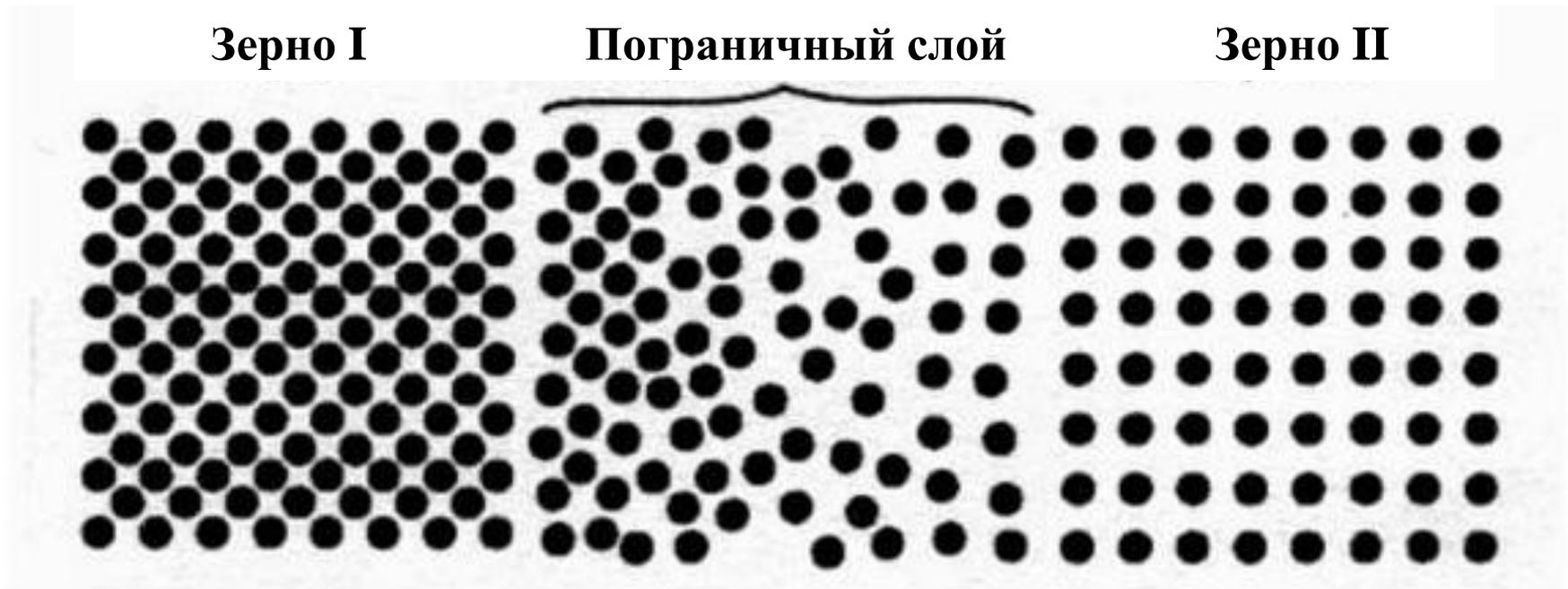


Кристаллическая решетка



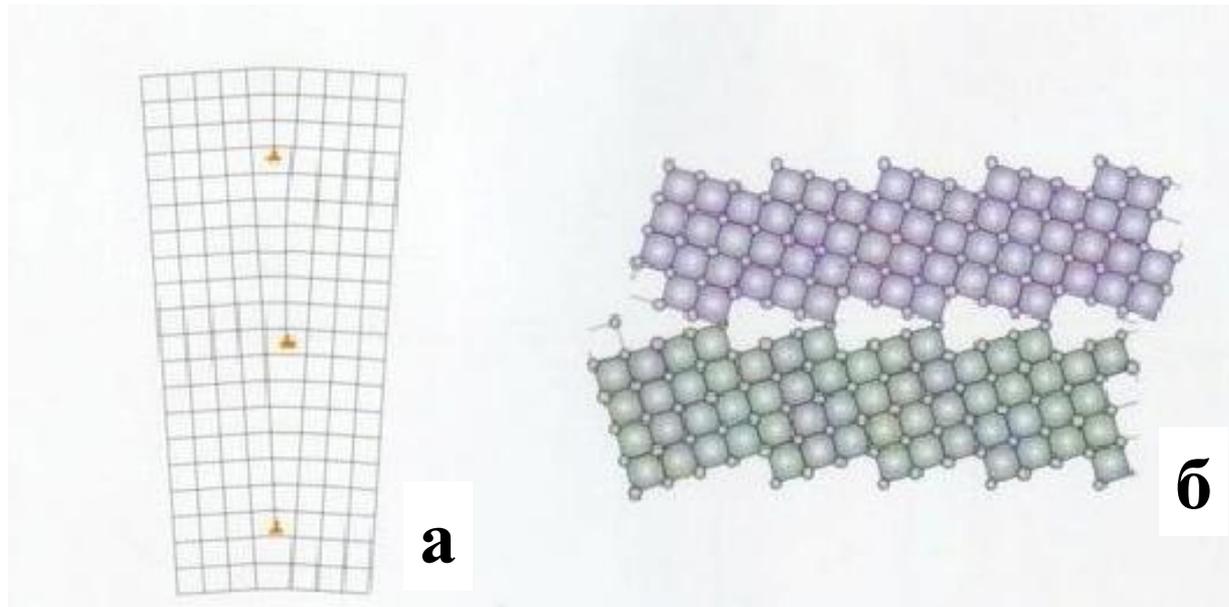
Кристаллическое строение

Поверхностные дефекты

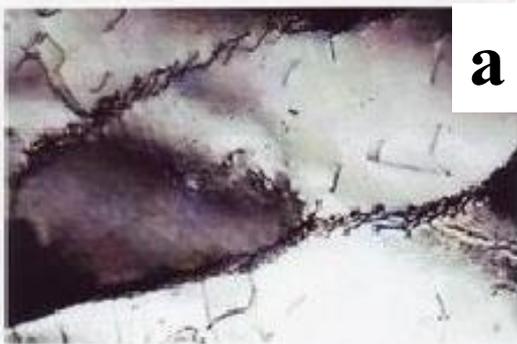


Кристаллическая схема двух зерен

Малоугловая (а) и большеугловая (а) границы



Кристаллическая решетка



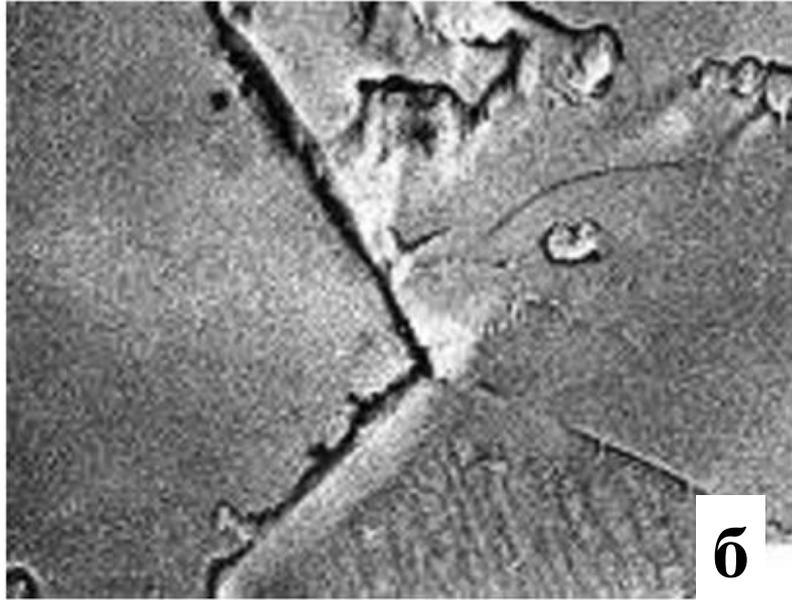
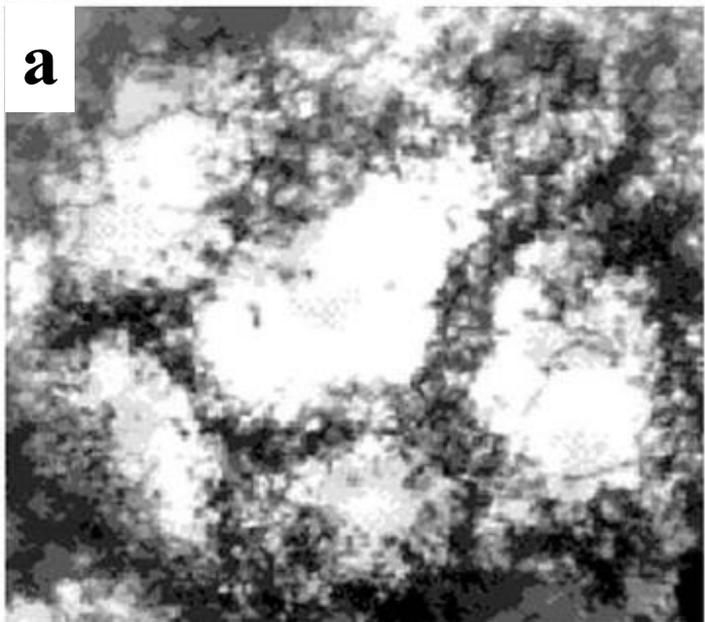
а



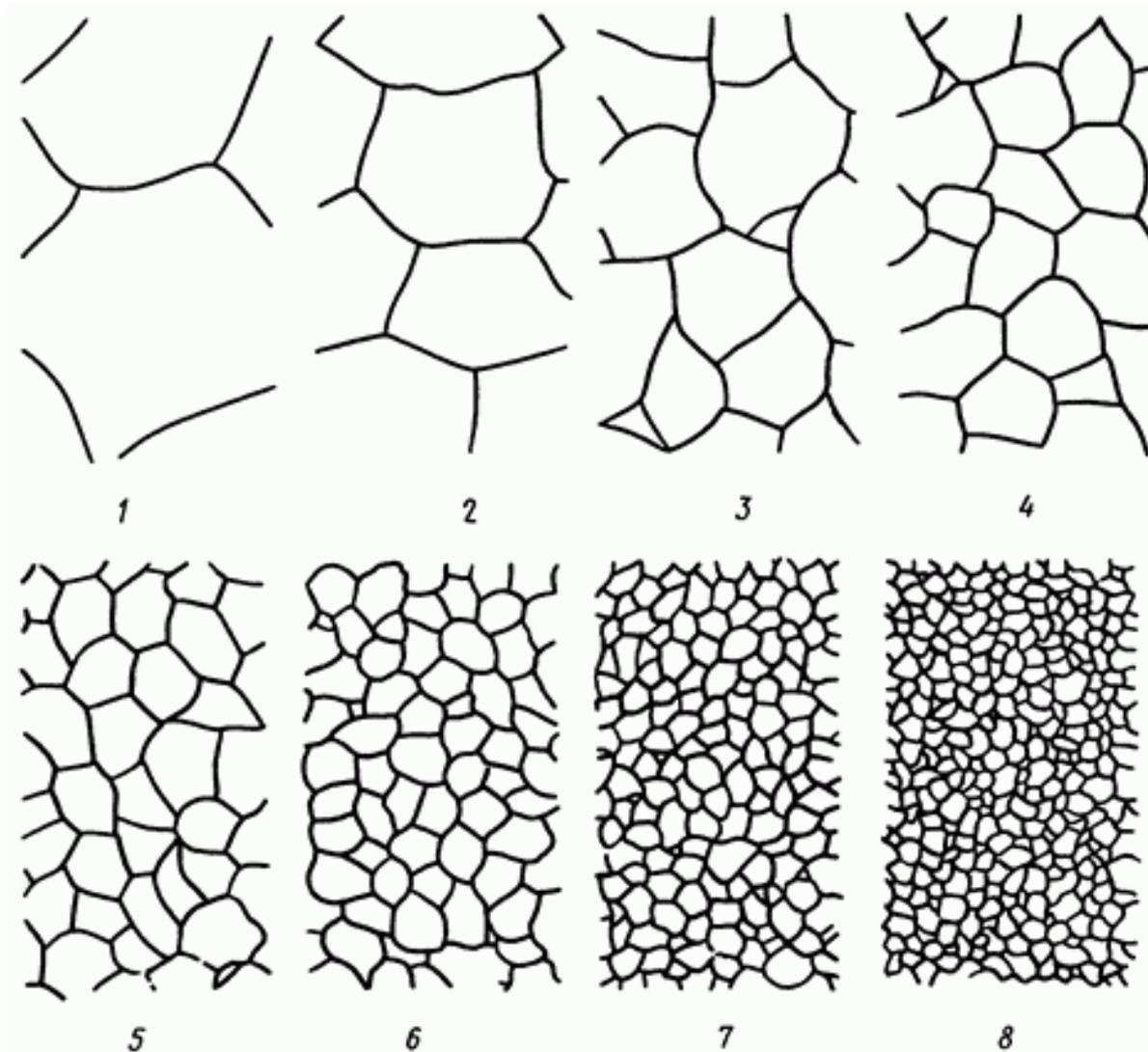
б

Изображения малоугловых (а) и большеугловых границ (б) в просвечивающем электронном микроскопе

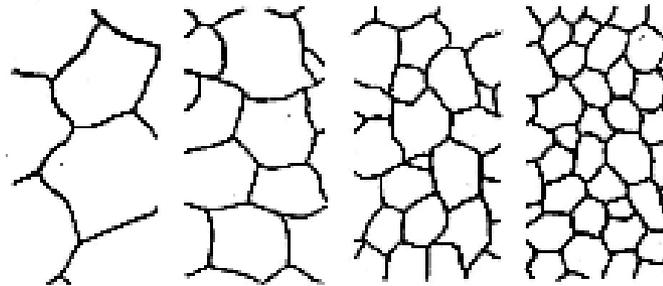
**Изображения малоугловых (а) и большеугловых границ (б)
в просвечивающем электронном микроскопе**



Поликристаллическая структура, разный размер зерна



Поликристаллическая структура, разный размер зерна

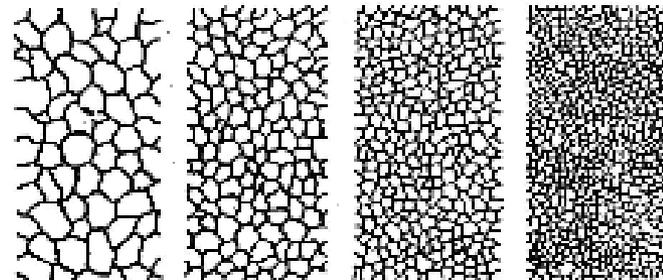
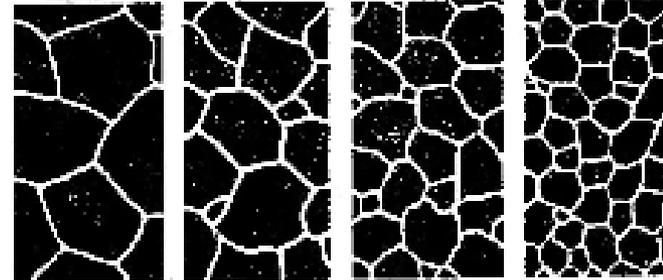


Зерно 1

Зерно 2

Зерно 3

Зерно 4

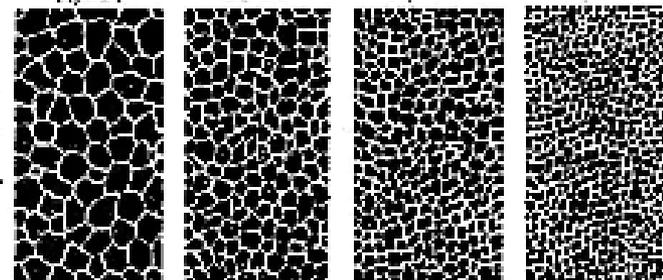


Зерно 5

Зерно 6

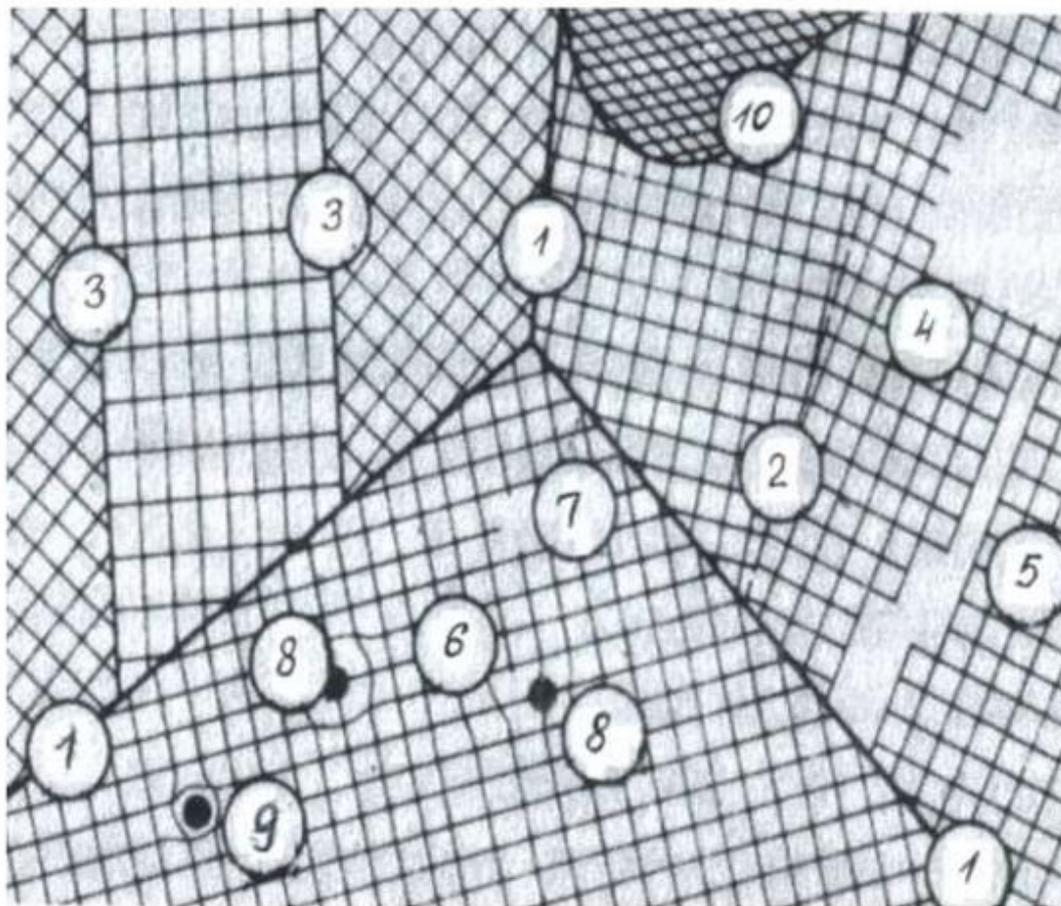
Зерно 7

Зерно 8

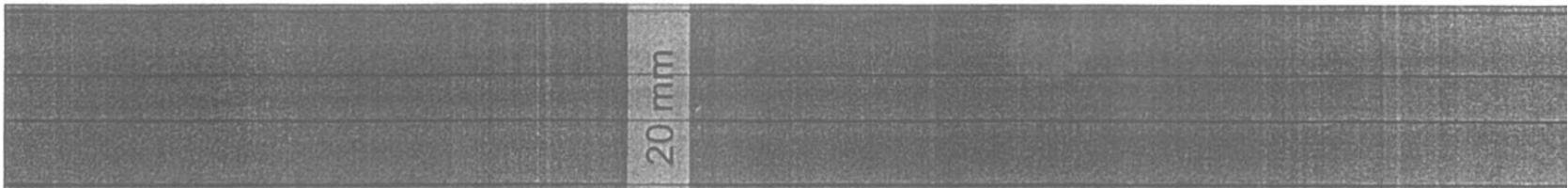
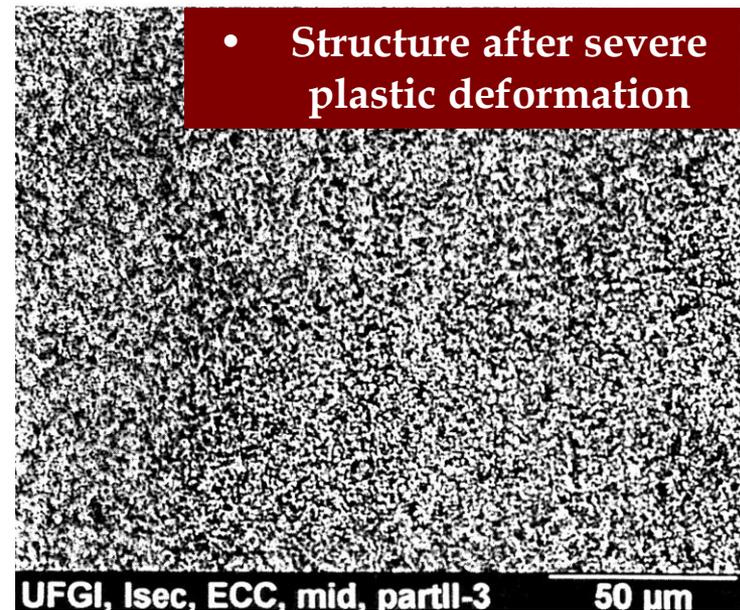
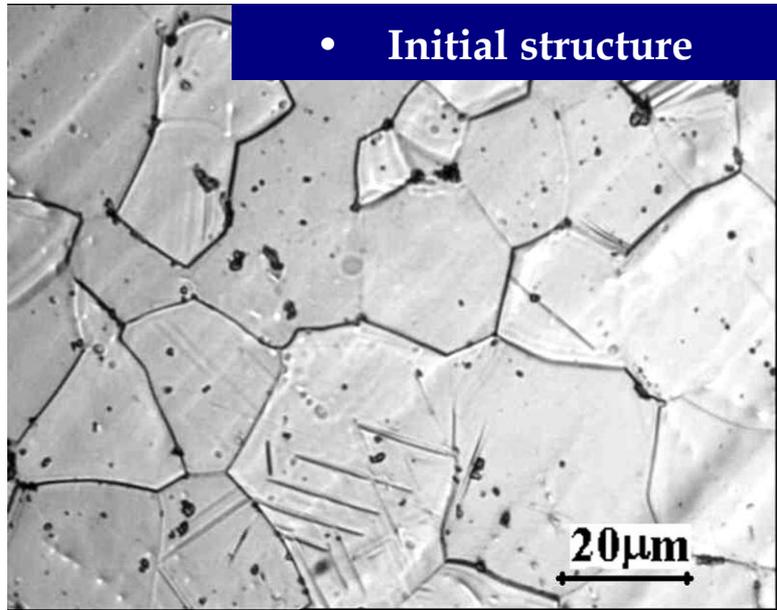


Дефекты кристаллического строения

1- большеугольная граница, 2- малоугольная граница, 3 - двойниковая граница, 4 - микропора, 5 - микротрещина, 6 - краевая дислокация, 7 - вакансия, 8 - атом замещения, 9 – атом внедрения, 10 - межфазная граница.



Ultrafine grained / nanostructured state in bulk of metal



The first paper reported about nanostructure formed in the bulk of metal (copper) with severe plastic deformation method

Ufa, Russia, 1991-1993

R.Z. Valiev, N.K. Tsenev, N.A. Krasilnikov, Mater. Sci. Eng., 1991

R.Z. Valiev, A.V. Korznikov, R.R. Mulyukov, Mater. Sci. Eng., 1993

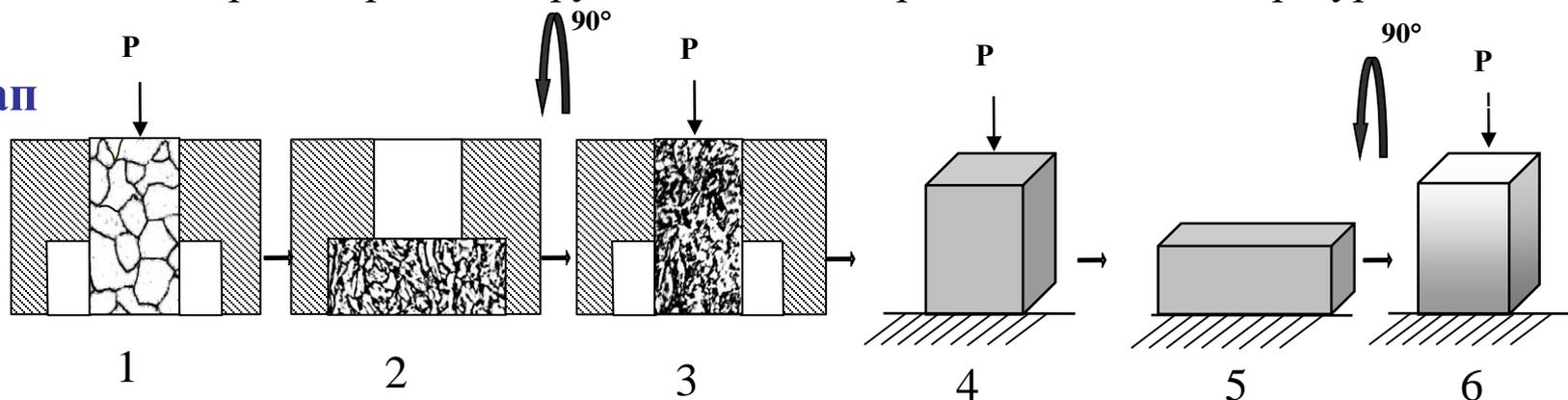
Метод интенсивной пластической деформации для получения нанокристаллического, ультрамелкозернистого состояний

Пластическое воздействие состоит из двух этапов.

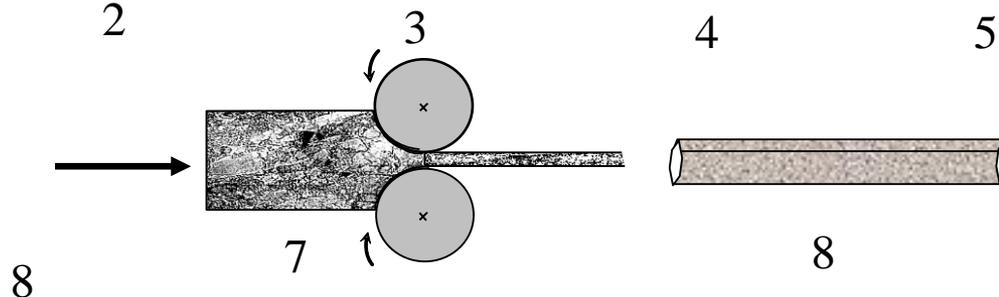
I этап – многократное одноосное прессование в пресс-форме (или/и свободное прессование) с поворотом оси деформации на 90° после каждого прессования и постоянной температуре. Температура понижается ступенчато в интервале $500-400^\circ\text{C}$.

II этап – многократна прокатка в ручьевых валках при комнатной температуре.

I этап



II этап



Размеры прутков:
(6x6x500) мм
Температура отжига прутков:
300 - 350°C, 1 час, Ar

Схема авс-прессования и последующей прокатки образцов: 1 – исходный образец; 2,3– повторение последующих циклов прессования образца в пресс-форме; 4, 5 –повторение последующих циклов прессования со сменой оси деформации без пресс-формы; 6 – образец после первого цикла прессования без пресс-формы; 8 – прокатка в ручьевых валках; 9 – образец в виде прутка после прокатки

Оборудование для получения ультрамелкозернистого состояния в титановых сплавах. Прессование в пресс – форме на прессе и прокатка в ручьевых валках



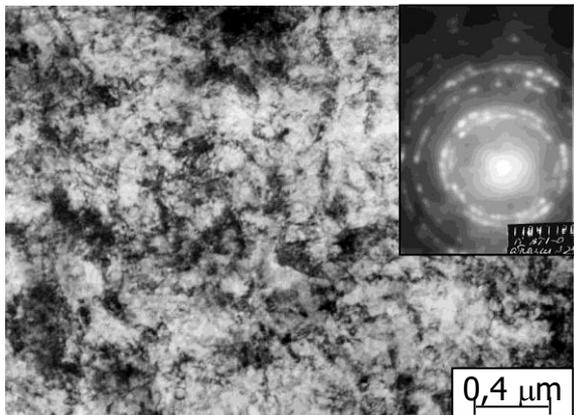
Изображение ультрамелкозернистого состояния в титане BT1-0 в просвечивающем электронном микроскопе



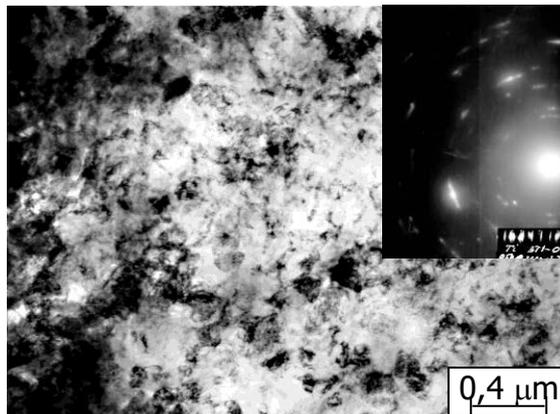
Светлопольные изображения с
микродифракционной картиной и темнопольным
изображением ультрамелкозернистой
микроструктуры в титане

Изображения нанокристаллического состояния в титане ВТ1-0 в просвечивающем электронном микроскопе

Before annealing



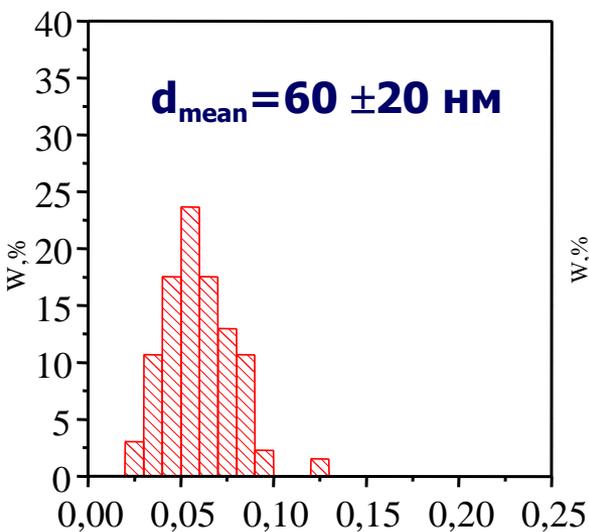
After annealing at 300°C



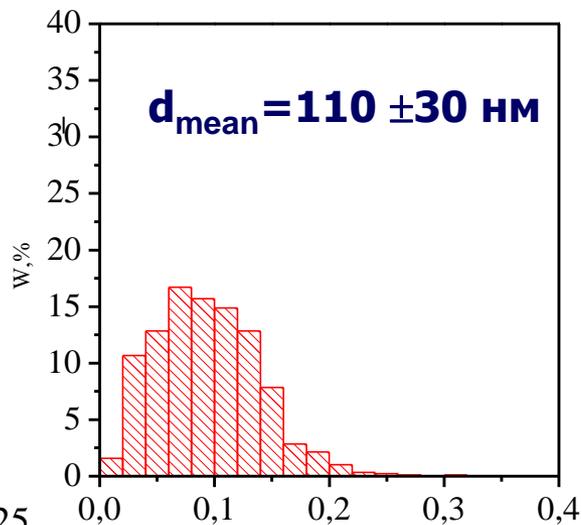
The microstructure of the samples was analyzed using transmission electron microscopy. The sizes of structural elements were measured in the TEM dark field images.

The rolling during the second stage moulds nanostructured state homogeneous by volume, with the average size of the structure elements equaling 60 nm.

The titanium billets with this microstructure have low ductility under tension, not exceeding 1-2%. The annealing at the temperatures of 300°C increases the plasticity while preserving the type of titanium structure with the small increase in the size of the structural elements till 110 nm.

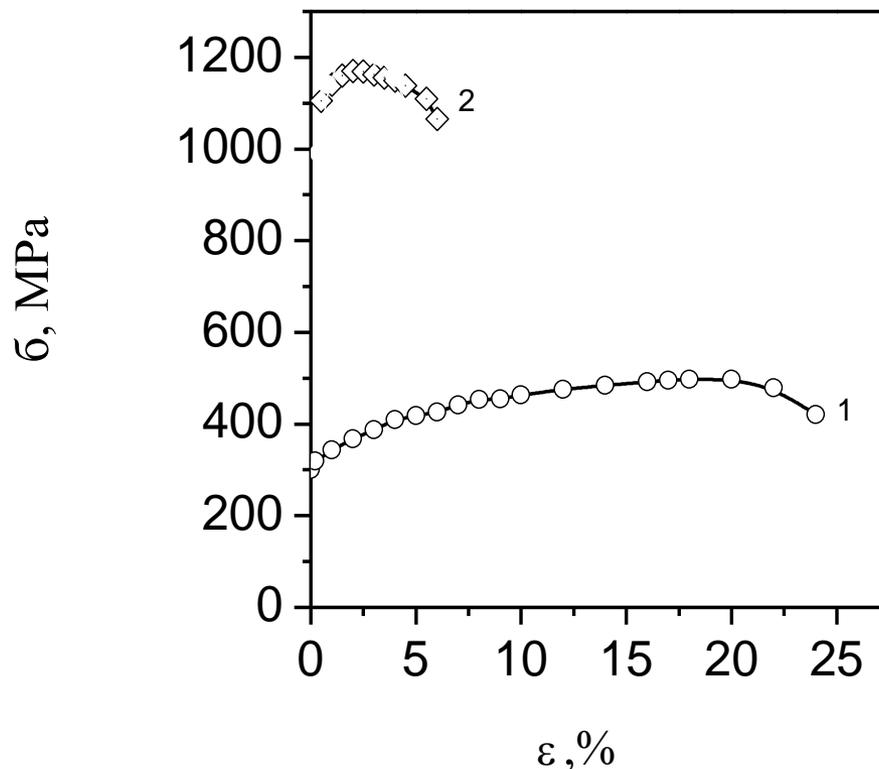


Size of structural elements, μm



Size of structural elements, μm

Механические свойства нанокристаллического титана ВТ1-0



The results of uniaxial tension tests of nanostructural titanium samples are presented in the deformation diagram. The curve 1 is for the initial coarse-grained titanium (yield point is 270 MPa, ultimate strength is 400 MPa, plasticity is 25%). Formed nanostructured state (curve 2) ensures the considerable growth of the mechanical properties of titanium under satisfactory ductility (yield point is 1000-1100 MPa, ultimate strength is 1100-1200 MPa, plasticity is 6 %).

Прутки ультрамелкозернистого титана ВТ1-0

Length of bars is ~ 20-30 cm



Length of bars is ~ 15-20 cm



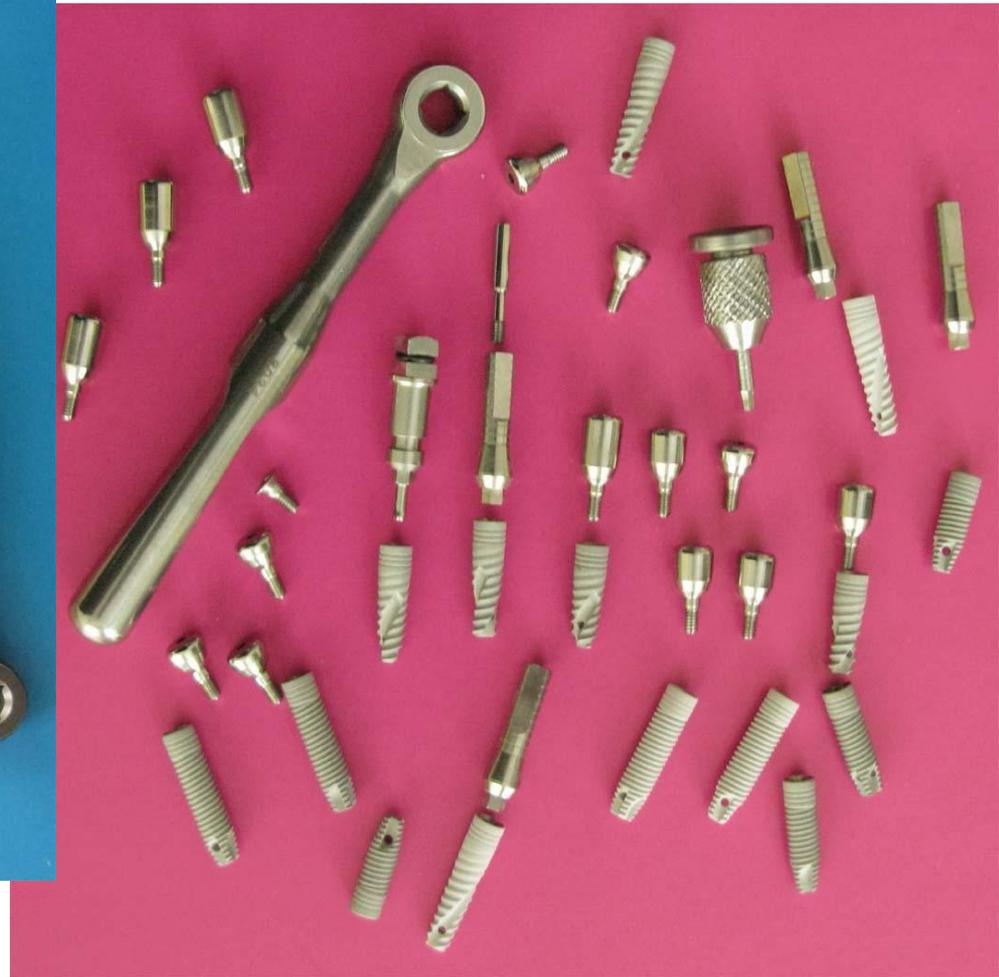
Length of bars is ~ 210 cm and more



Our first
experiment

Our last
experiment

Set of dental intraosteal screw implants from nanostructured titanium with tools and accessories



The dental implants from nanostructured titanium have been tested in clinics of Moscow, Novosibirsk, Novokuznetsk and Tomsk. The results are positive.

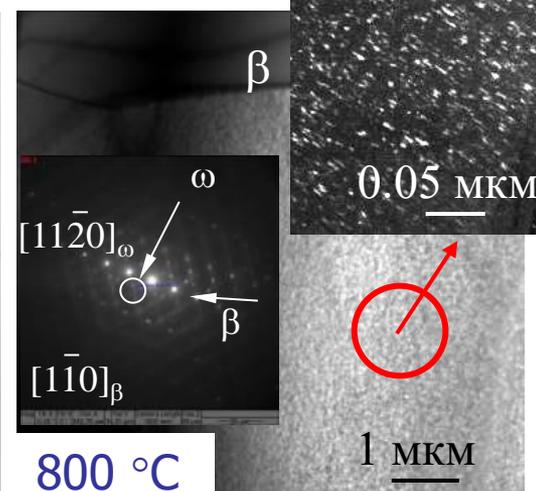
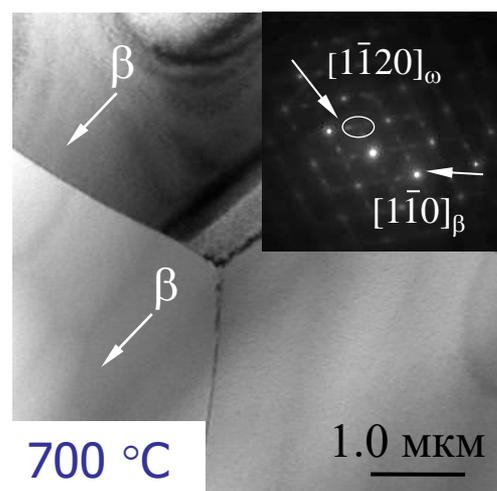
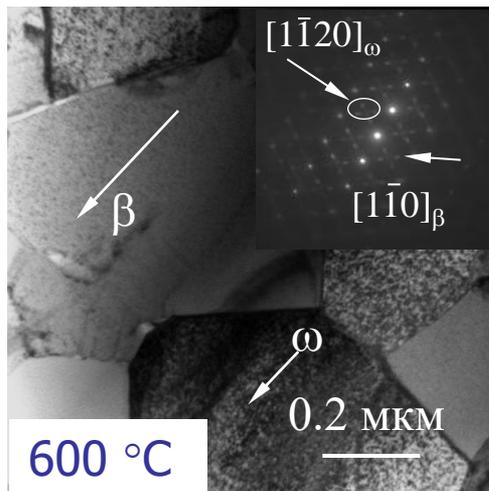
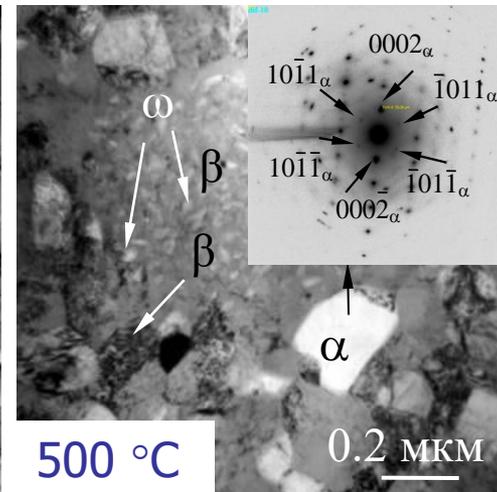
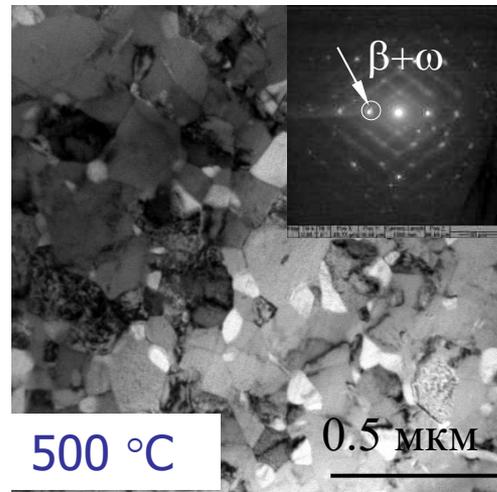
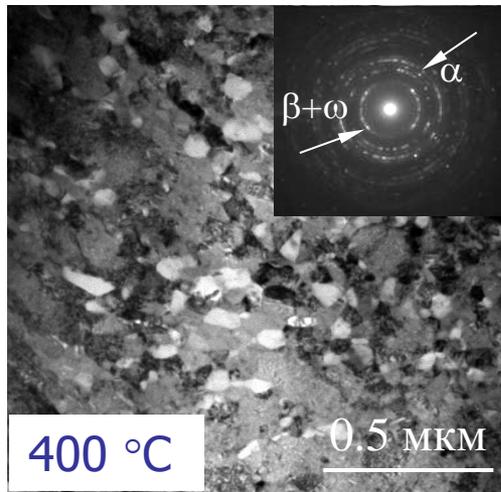
Сравнение с аналогами

Модуль упругости (модуль Юнга), ГПа

КОСТЬ 	Ti – 45 Nb 	22 Ti ТИТАН 47,90 3d ² 4s ² 2 10 8 2	керамика 
≤ 30	50-60	100-110	> 200
Легкость обработки	+	+	-

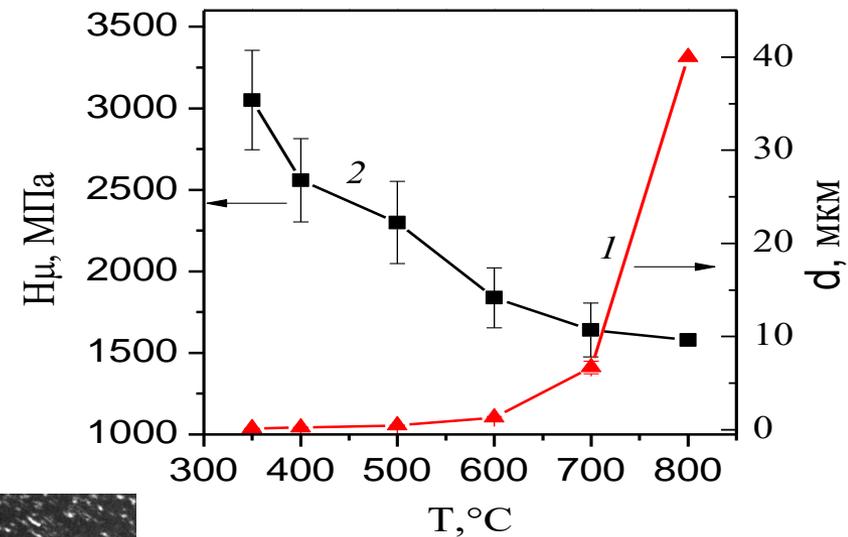
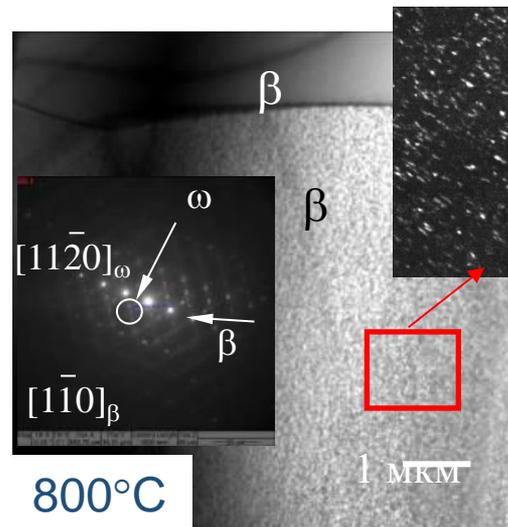
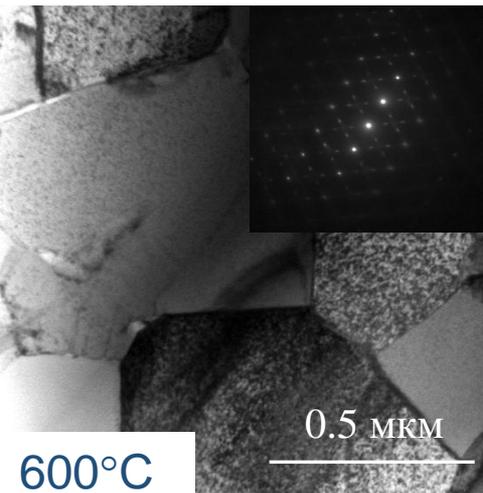
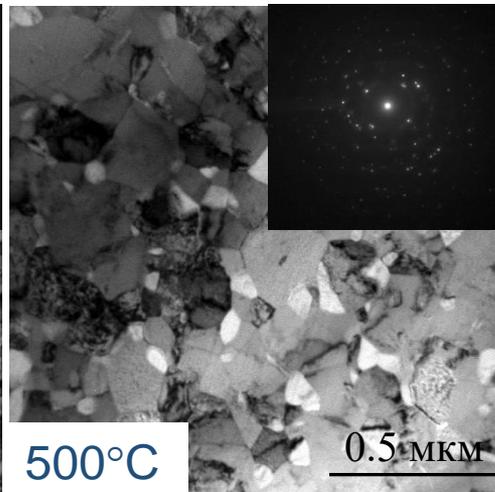
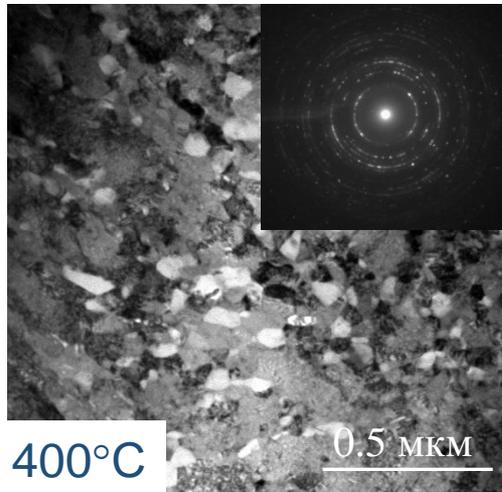
Исследование сплавов системы титан-ниобий для применения в медицине проводятся в РФ (ИФПМ СО РАН, «МИСиС», УГАТУ), в Китае, США, Японии и других странах

Микроструктуры УМЗ сплава Ti-45 мас.% Nb после отжигов



Термостабильность микроструктуры и механических свойств УМЗ сплава Ti-Nb

Рекристаллизационные изохронные отжиги, 1 час



Зависимости среднего размера элементов структуры (кривая 1) и микротвердости (кривая 2) от температуры отжига