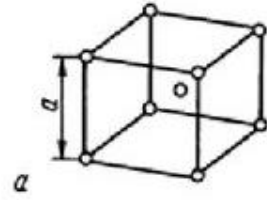
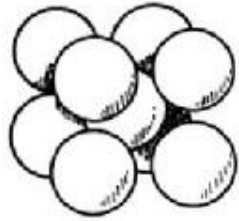
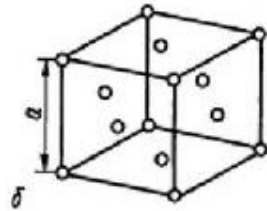
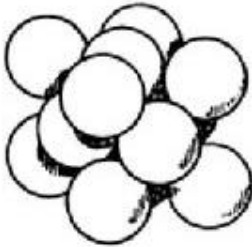


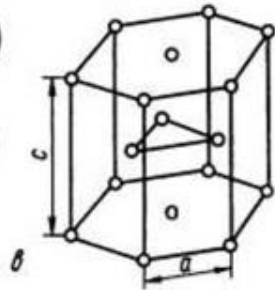
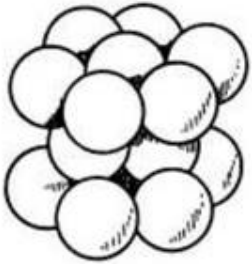
Дефекты кристаллического строения



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



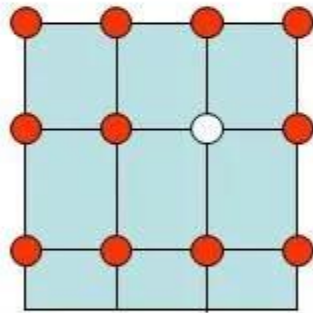
**ГЦК – гранецентрированная кубическая, имеют металлы:
Al, Cu, Ni, Ag, Au, Pb, γ -Fe, Ce**



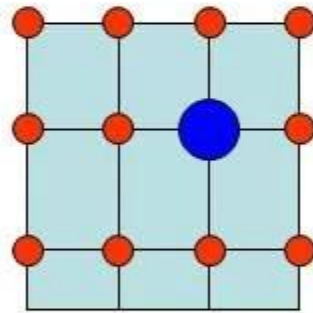
**ГПУ – гексагональная плотноупакованная, имеют металлы:
Mg, Zn, α -Ti, Cd, Be, α -Zr, Os**

Реальное строение металлических кристаллов

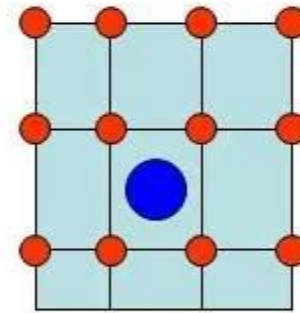
- Точечные дефекты кристаллического строения:



вакансия



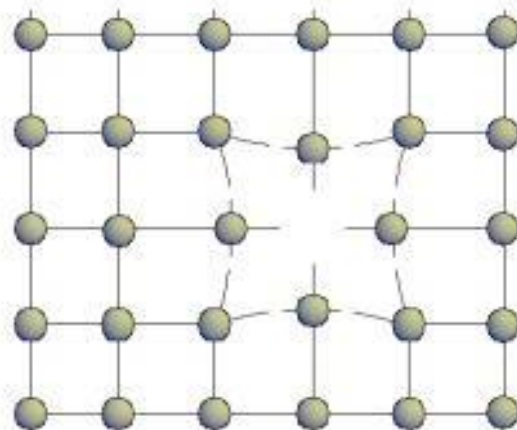
**замещенный
атом**



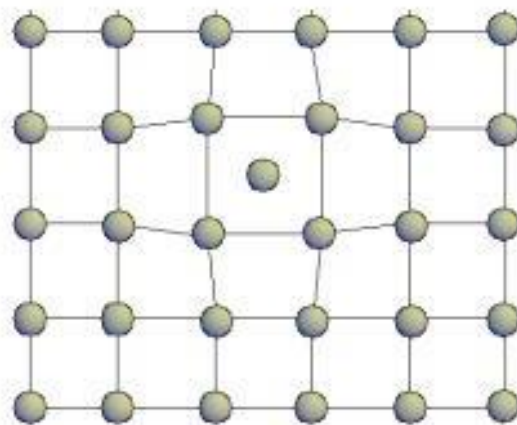
**внедренный
атом**

Точечные дефекты

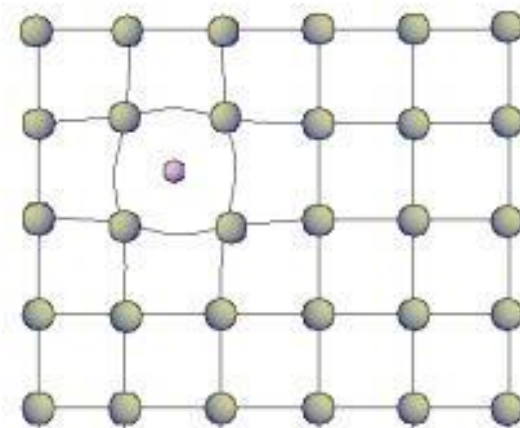
1. Вакансия



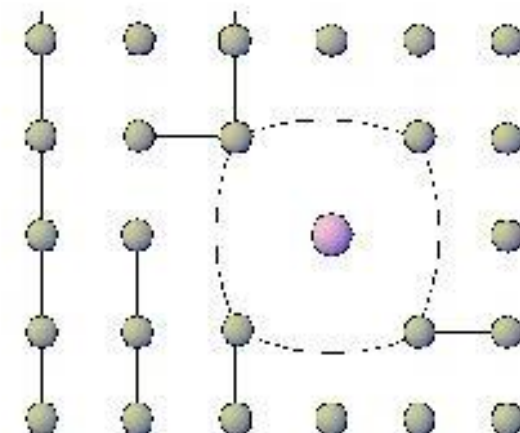
2. Межузельный атом



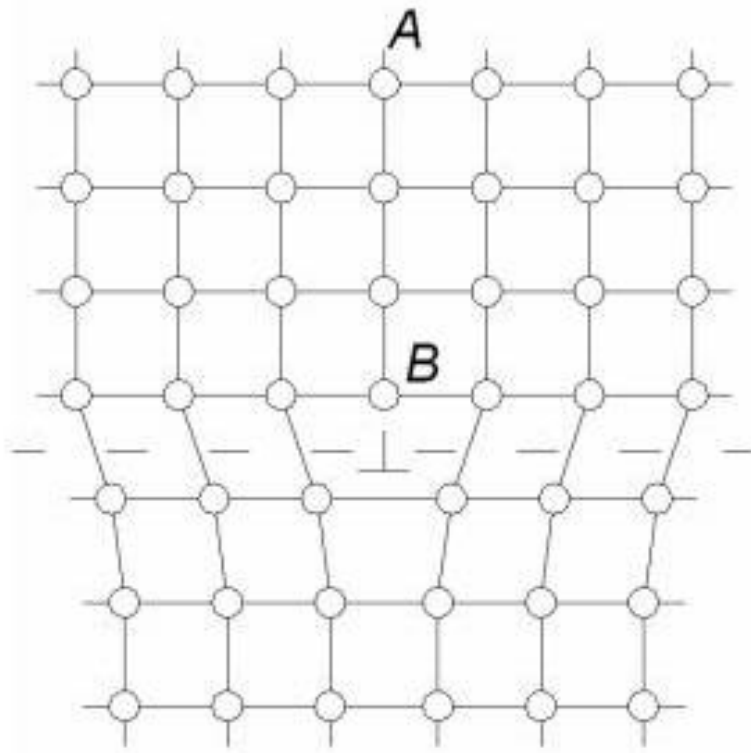
3. Атом внедрения



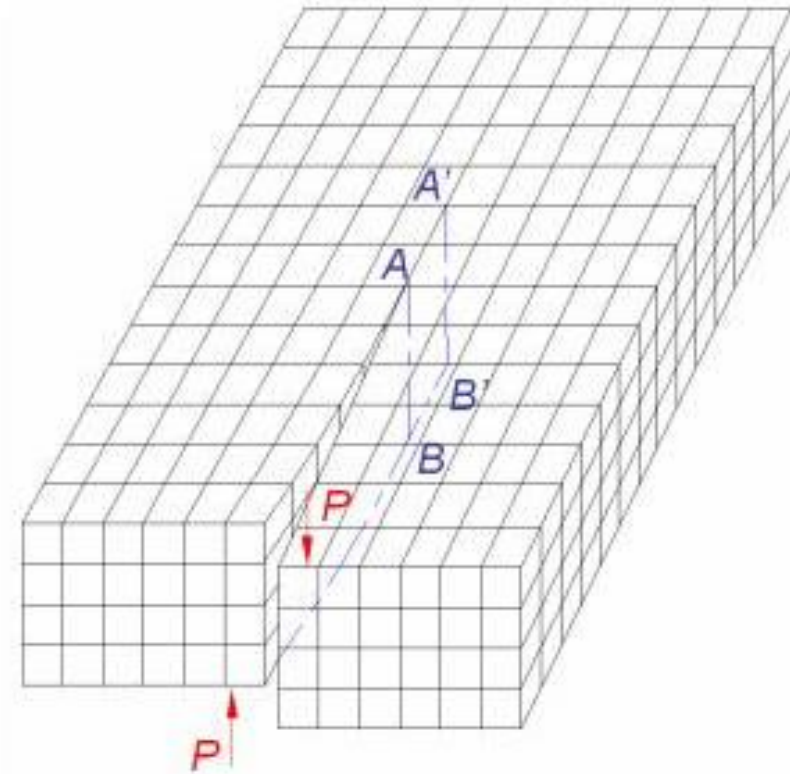
4. Атом замещения



Линейные дефекты

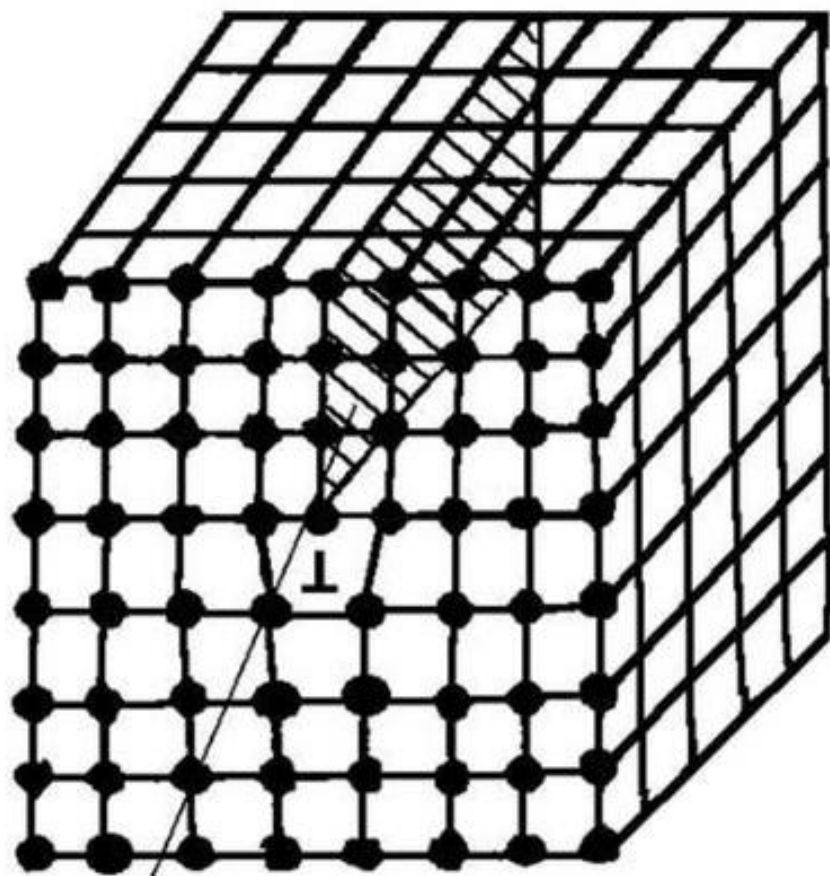


Краевая дислокация

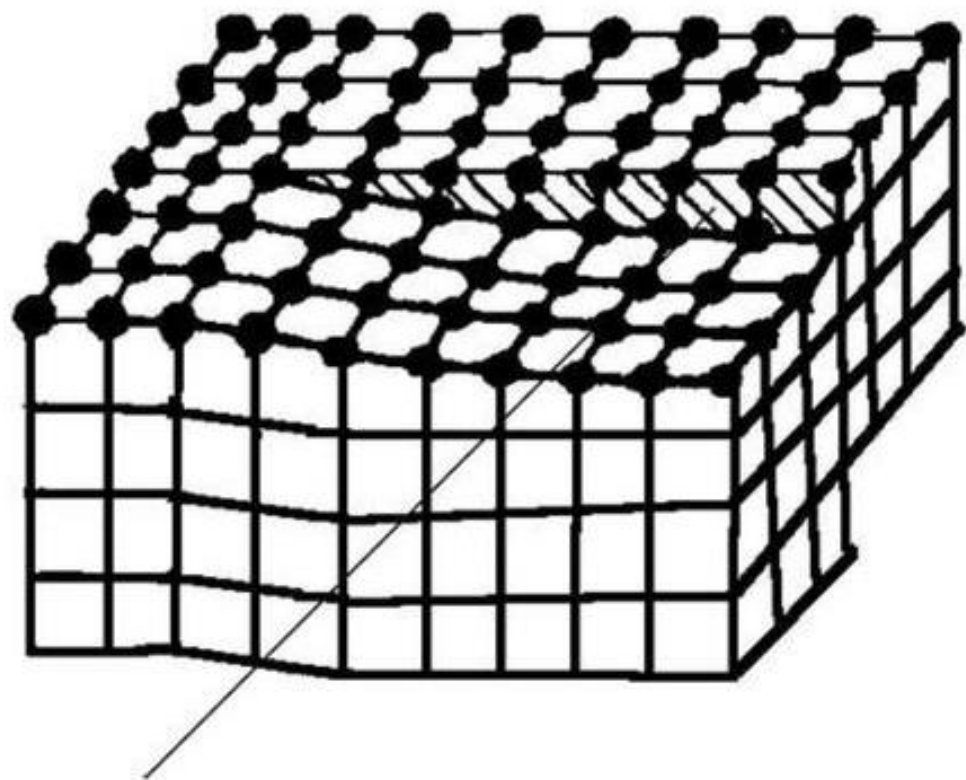


Винтовая дислокация

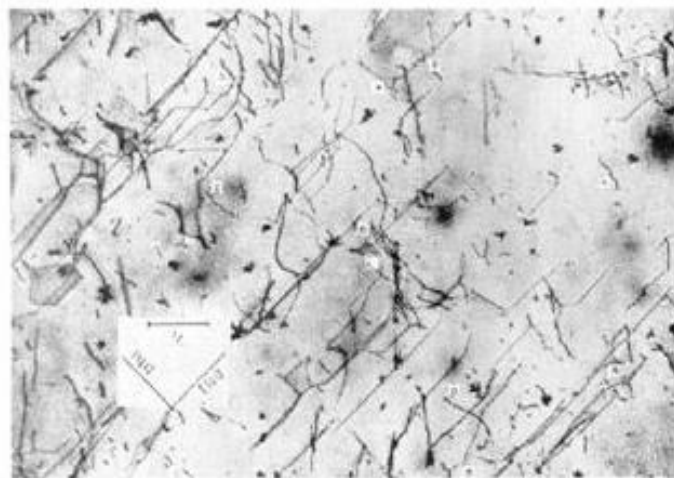
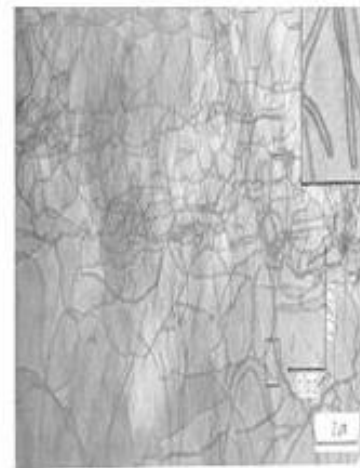
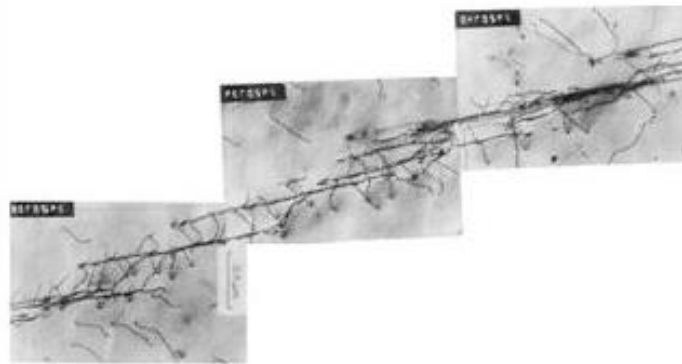
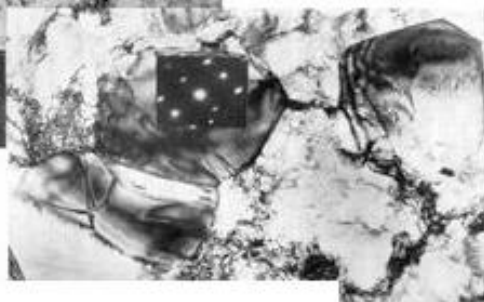
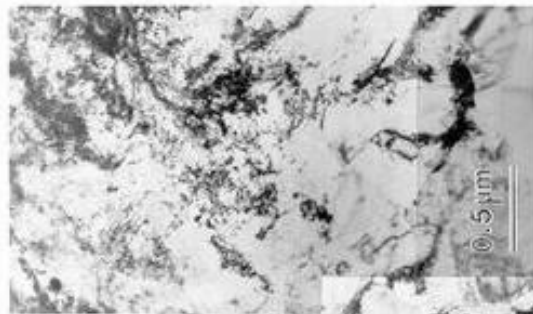
$AA'BB'$ – экстраплоскость; P – приложенное усилие



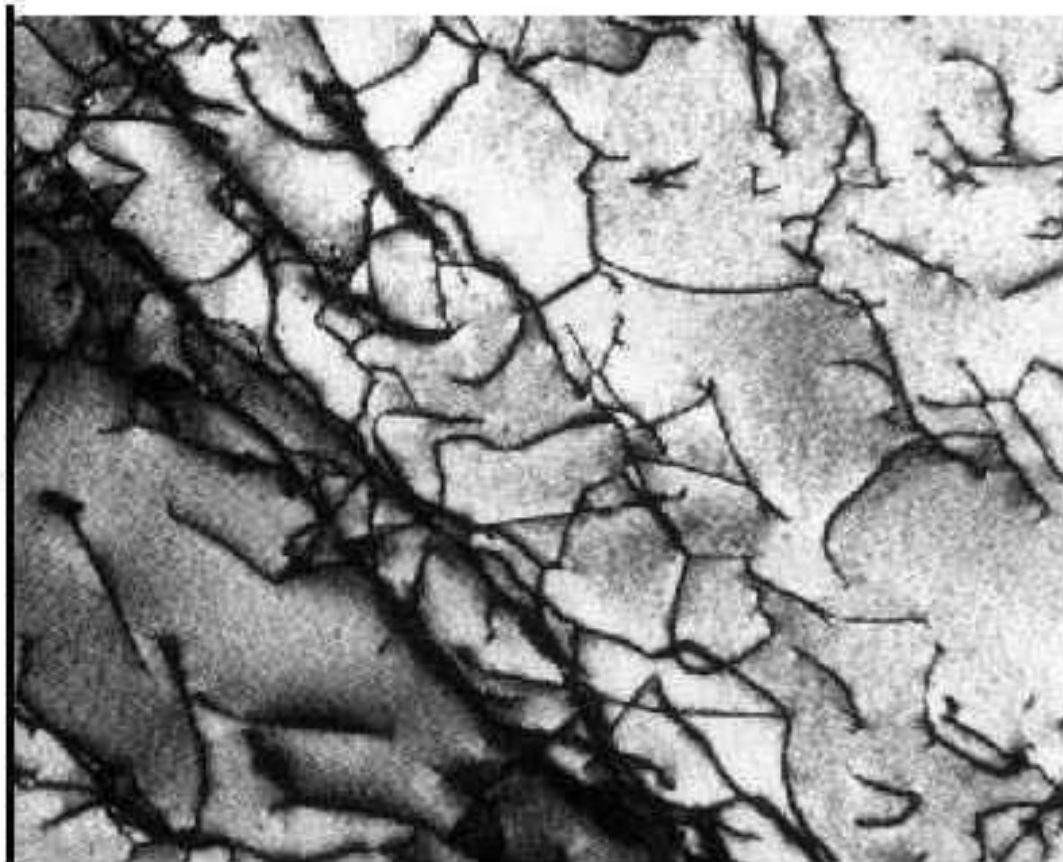
Экстраплоскость



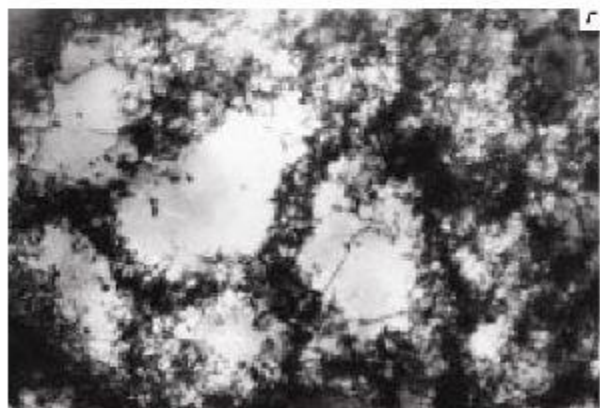
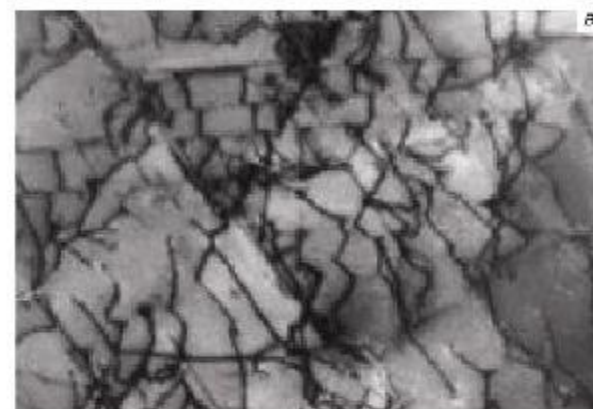
Плоскость сдвига



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



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



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

- г) незориентированные ячейки;
- д) микрополосовая субструктура;
- е) фрагментированная.

Поверхностные дефекты

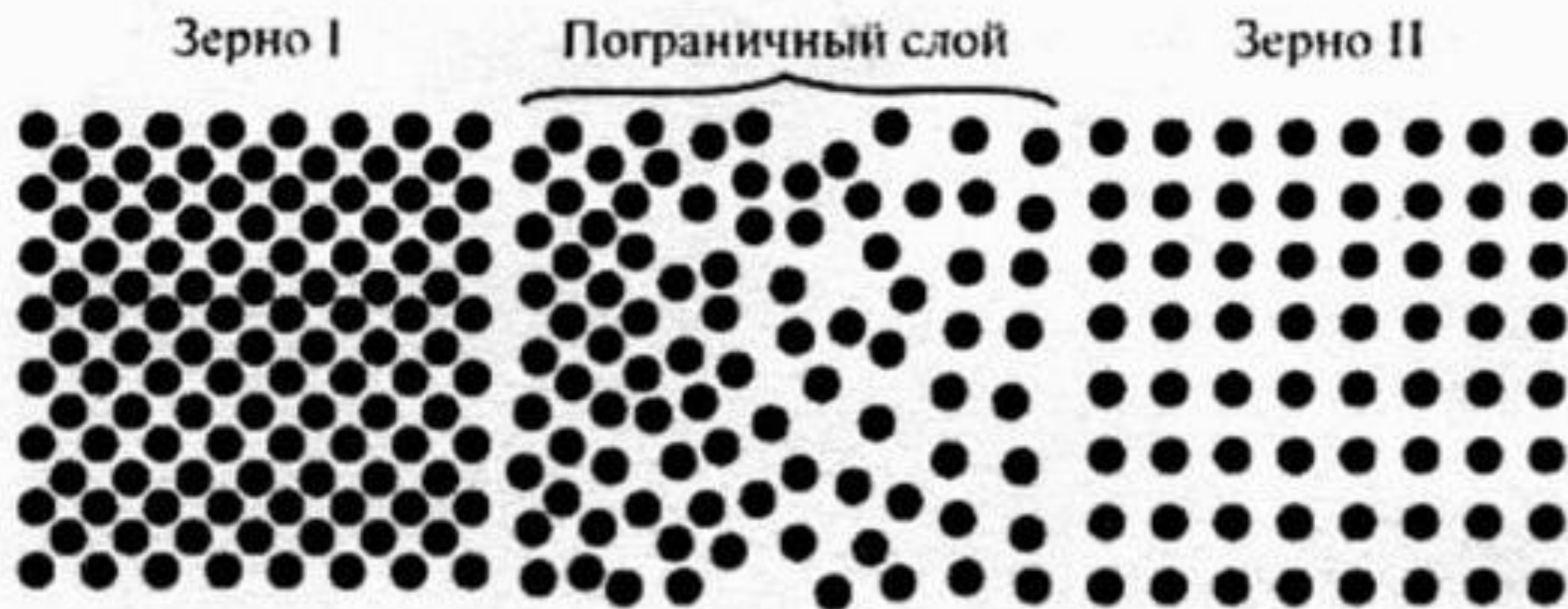
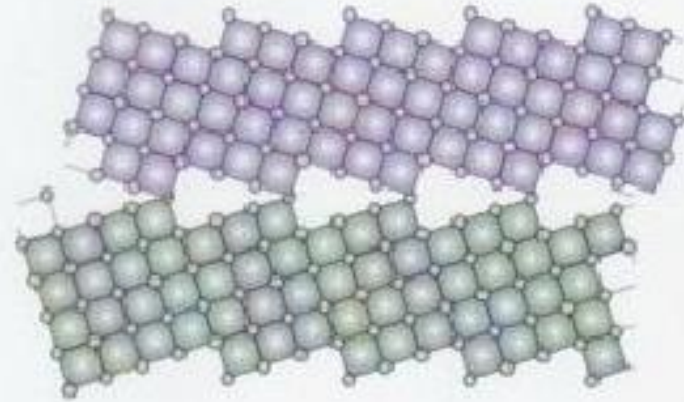


Схема границы двух зёрен

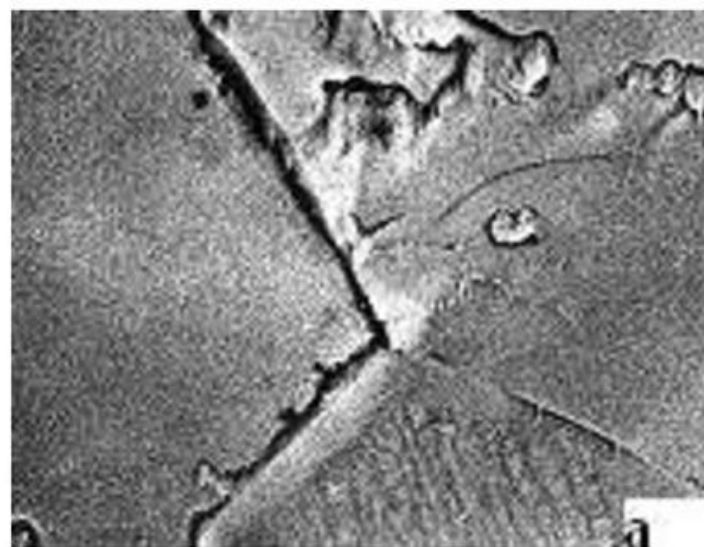
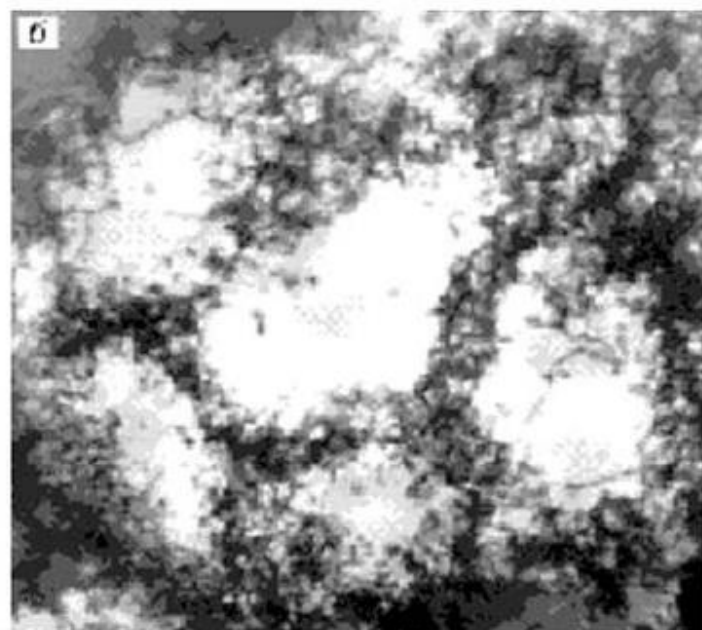
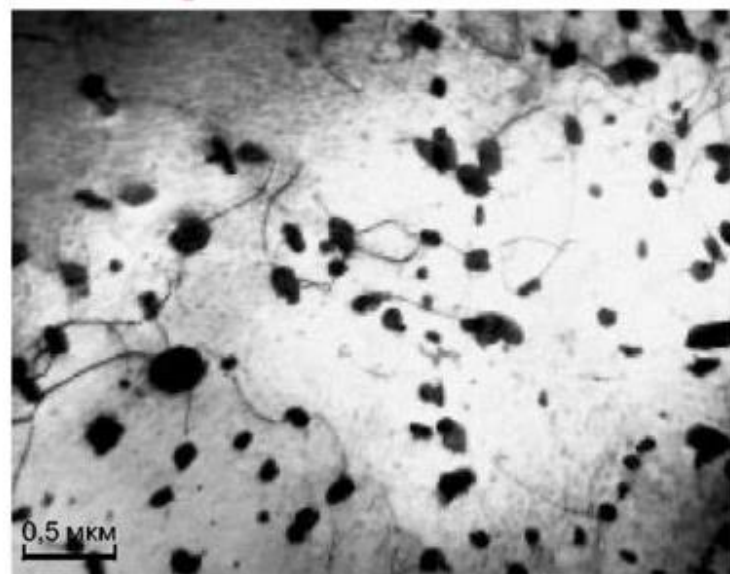


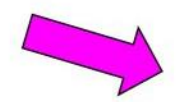
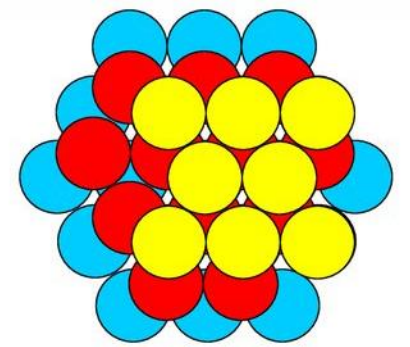
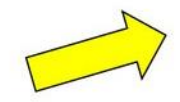
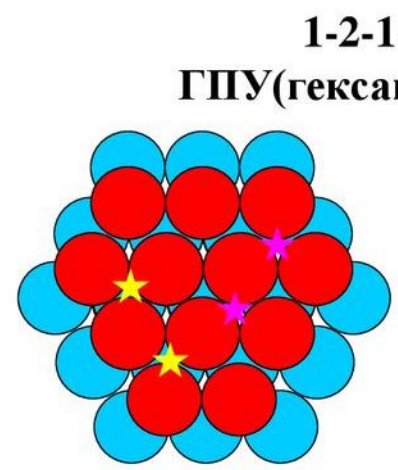
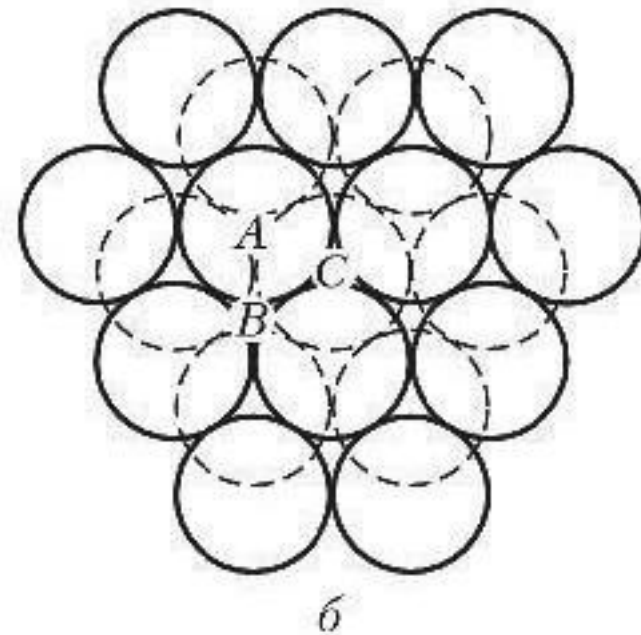
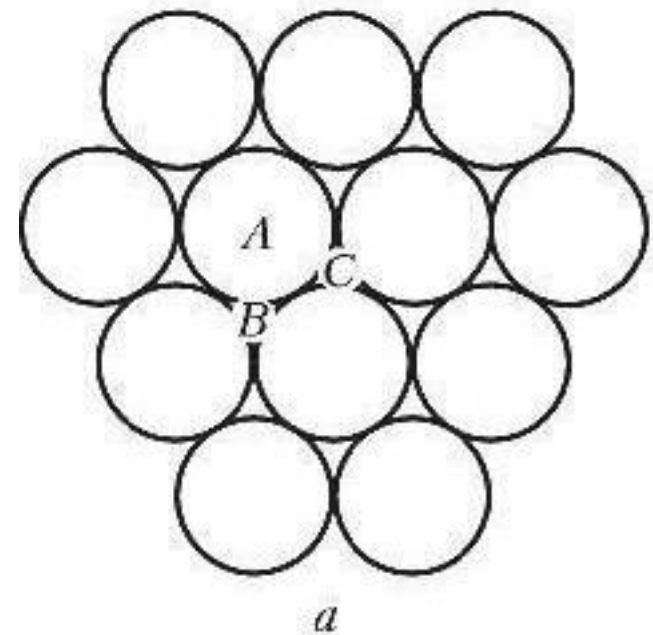
x 10000



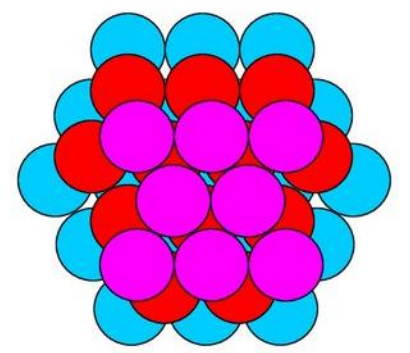
x 250

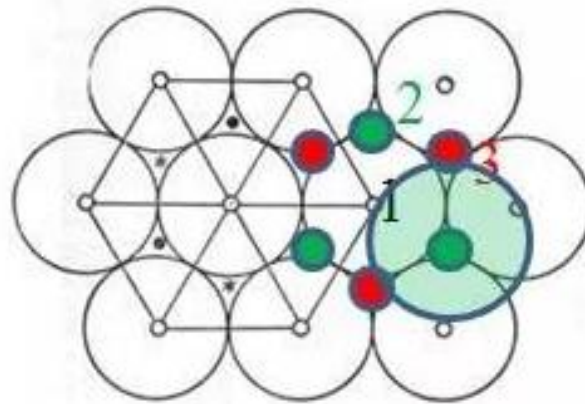
Малоугловые и большеугловые границы в Fe_{α}



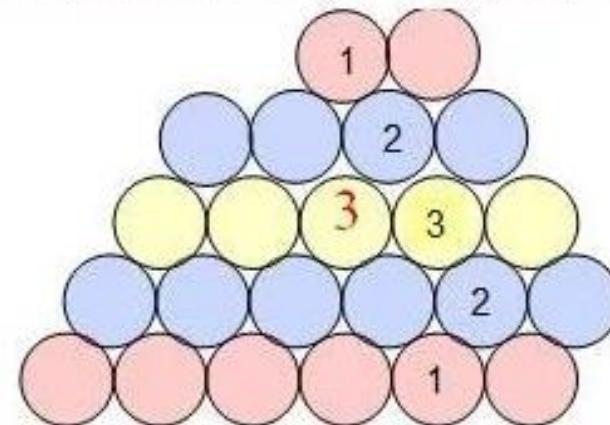
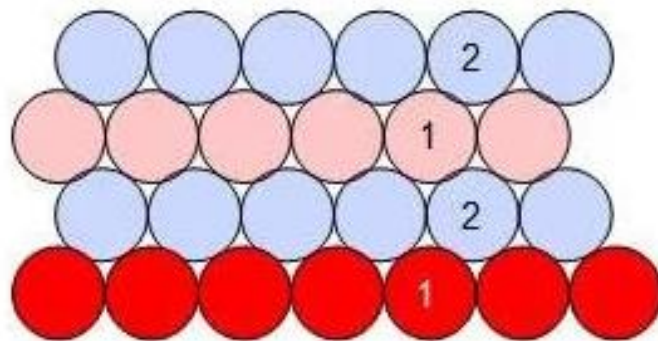


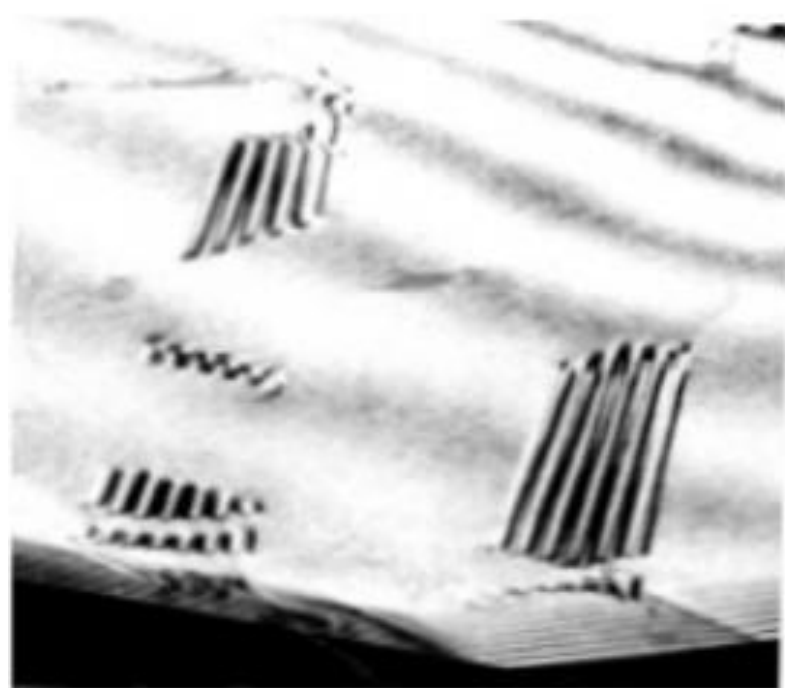
1-2-3-1-2-3...
КПУ(кубическая)





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



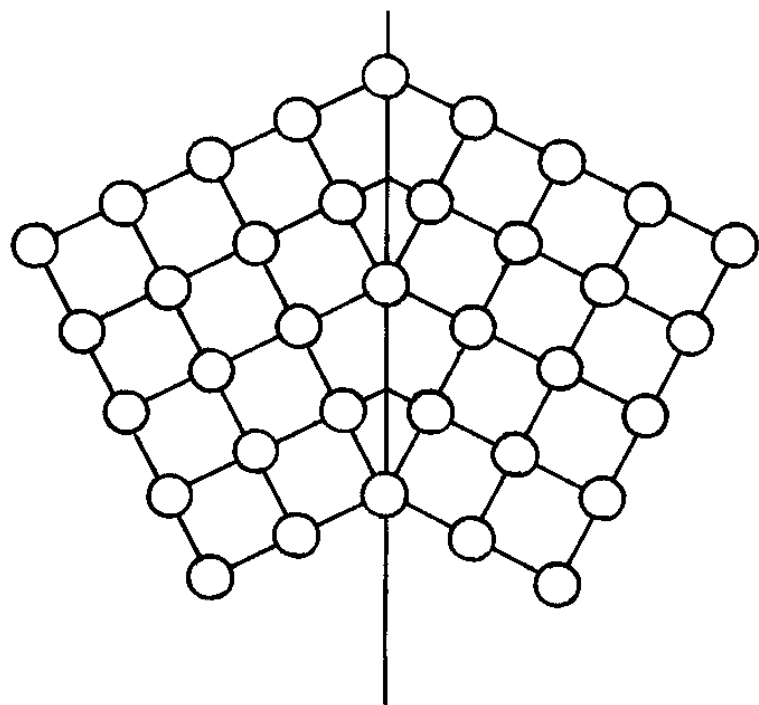


a

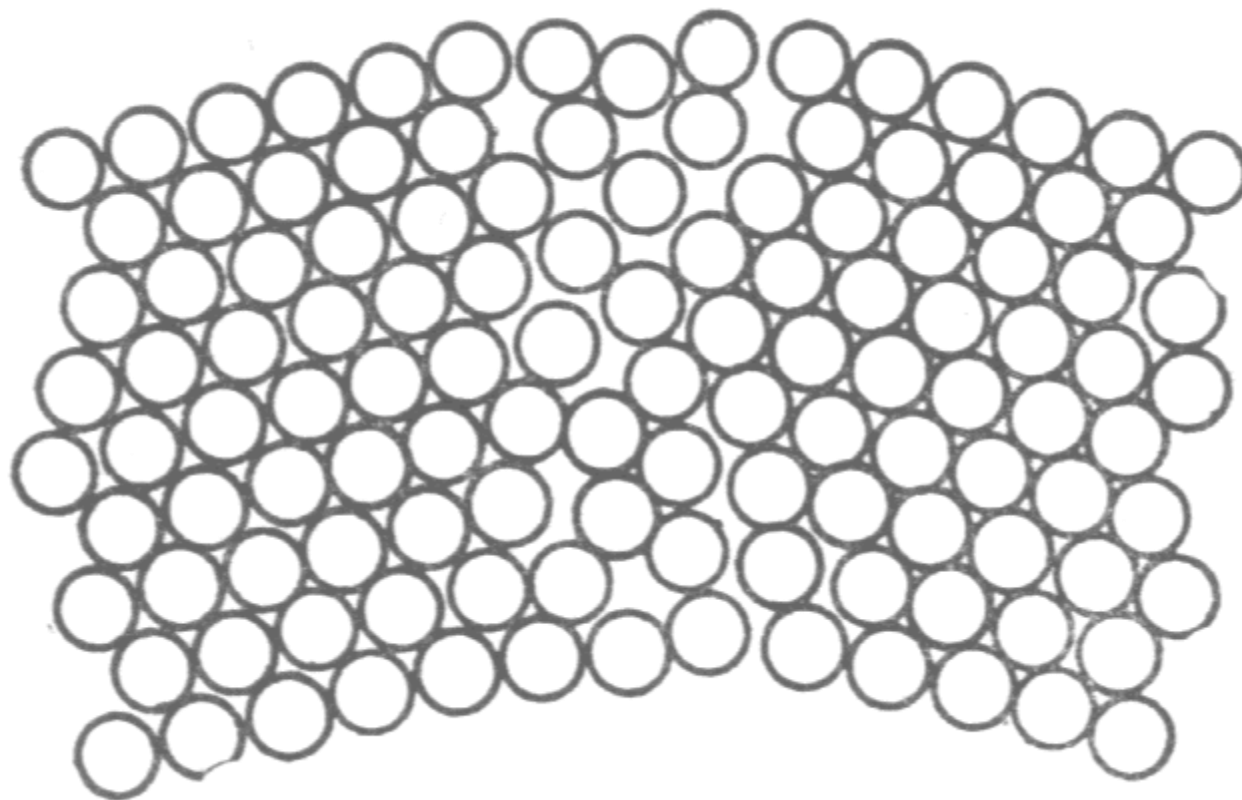


б

Двойник

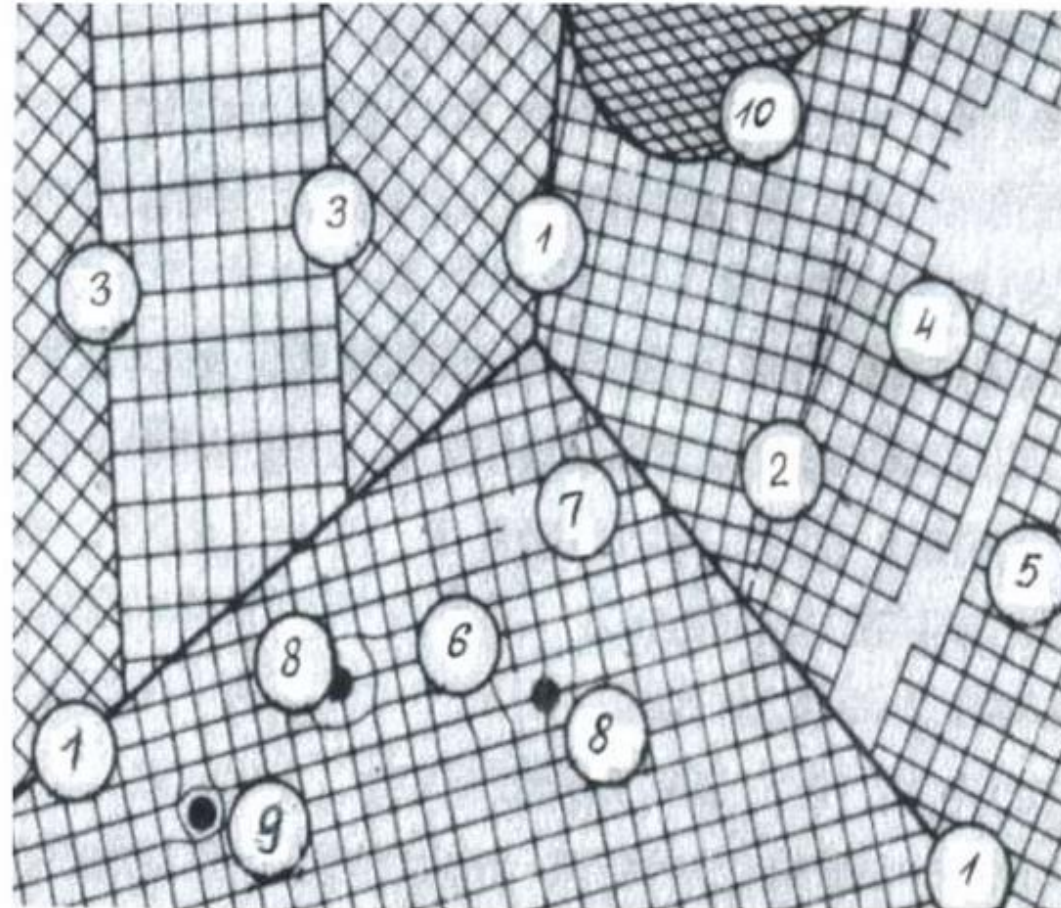


Двойник

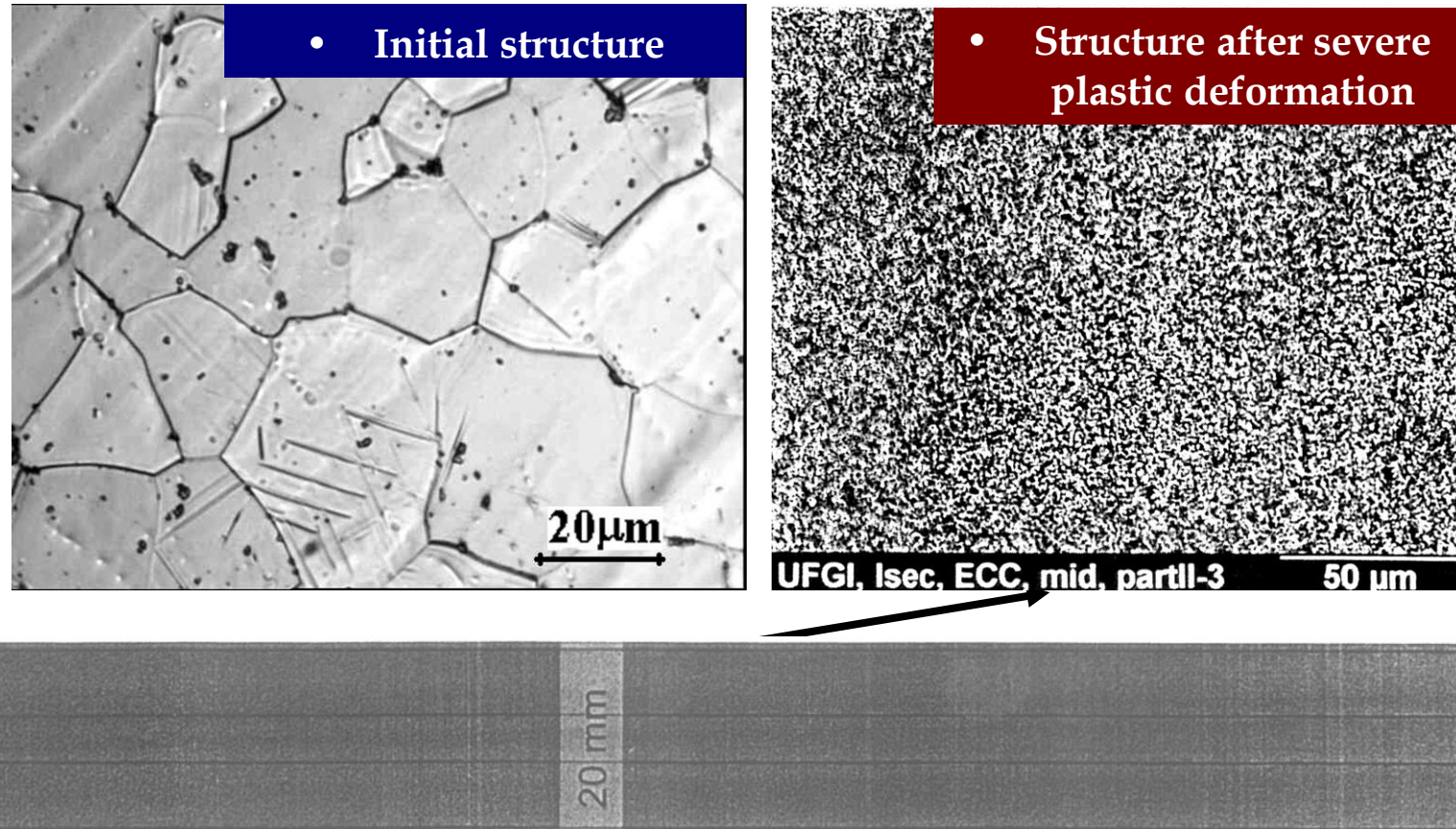


Дефекты кристаллического строения

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 УМЗ состояния

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 – многократная прокатка в ручьевых валках при комнатной температуре.

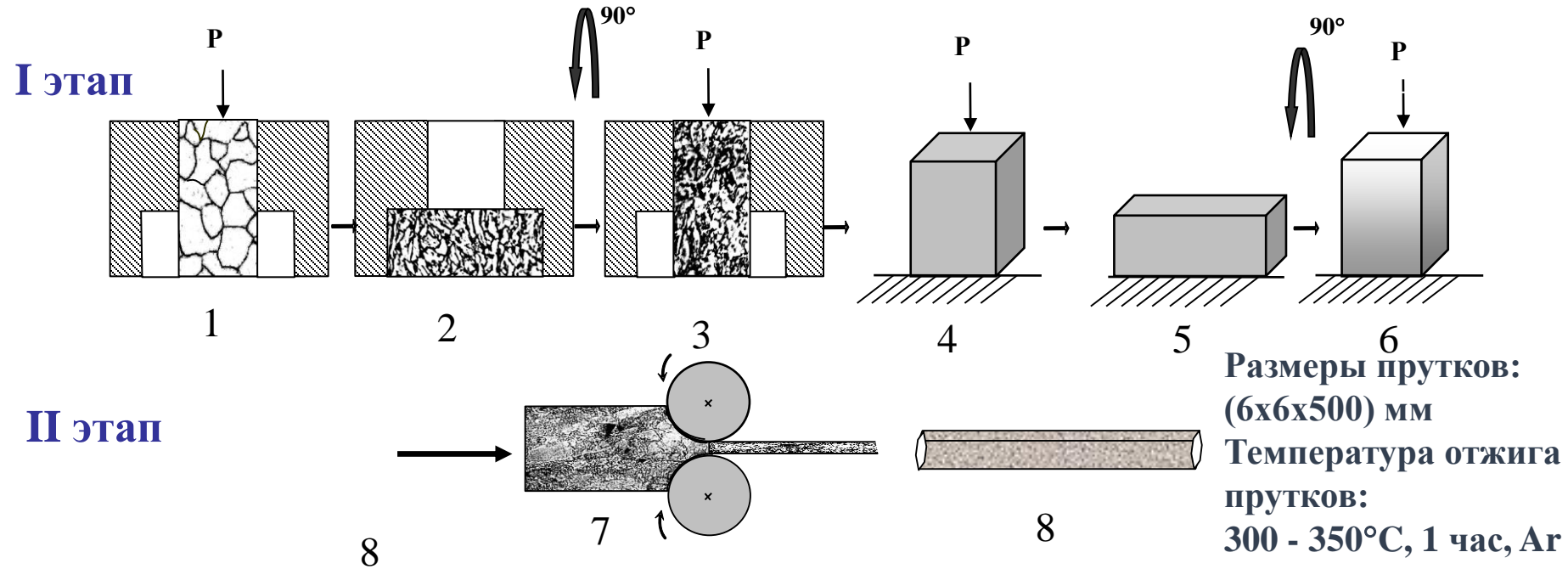
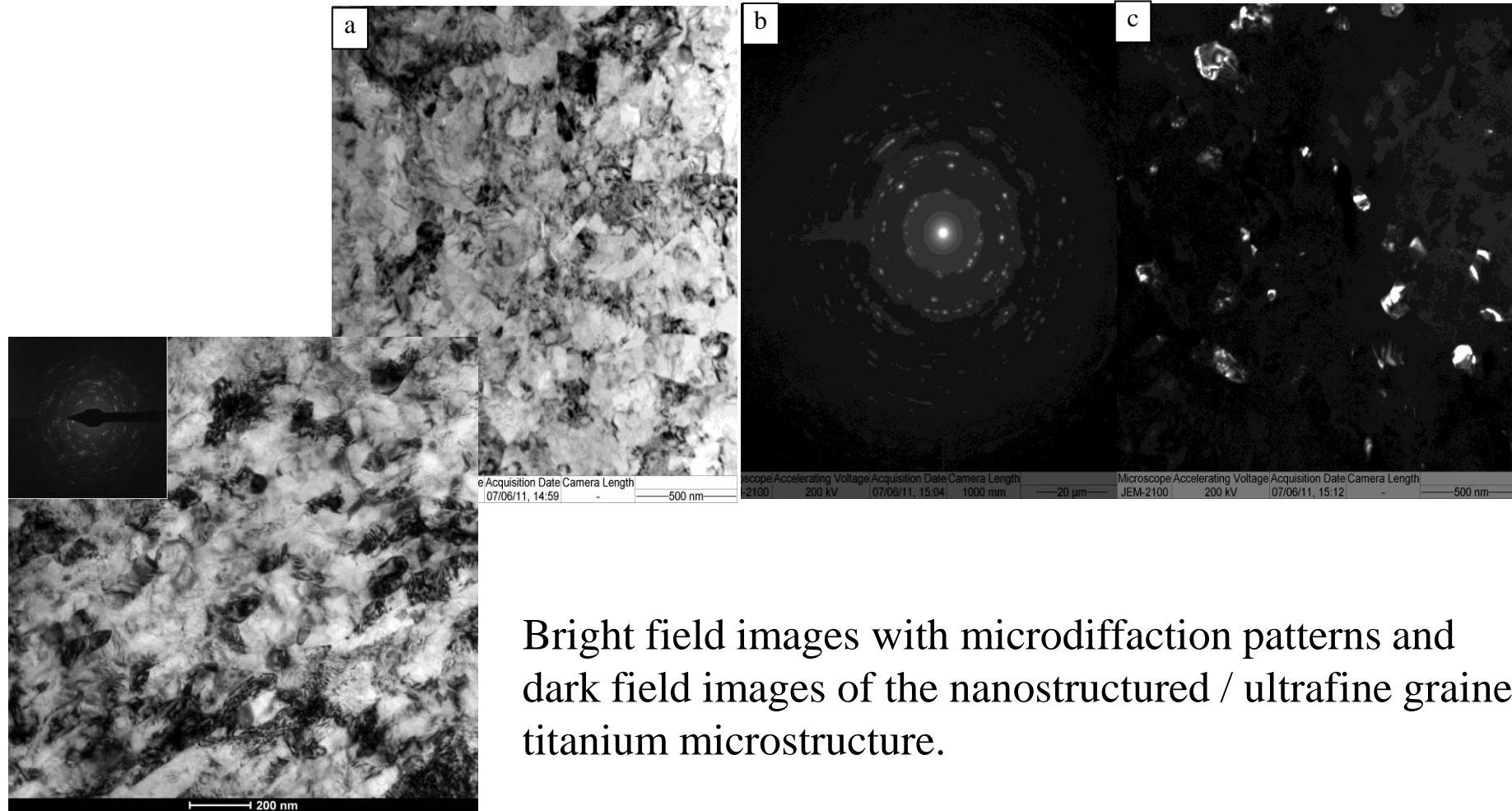


Схема авс-прессования и последующей прокатки образцов: 1 – исходный образец; 2,3– повторение последующих циклов прессования образца в пресс-форме; 4, 5 – повторение последующих циклов прессования со сменой оси деформации без пресс-формы; 6 – образец после первого цикла прессования без пресс-формы; 8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

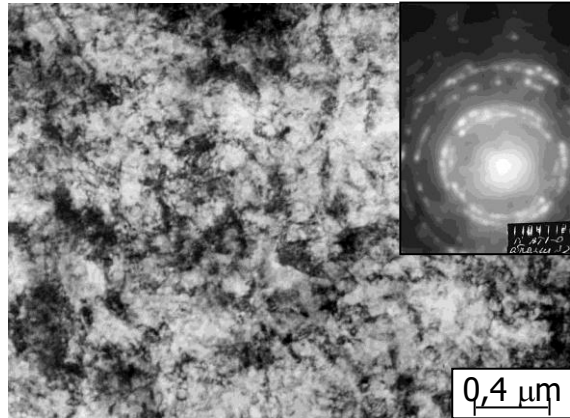
Microstructure of nanostructured titanium



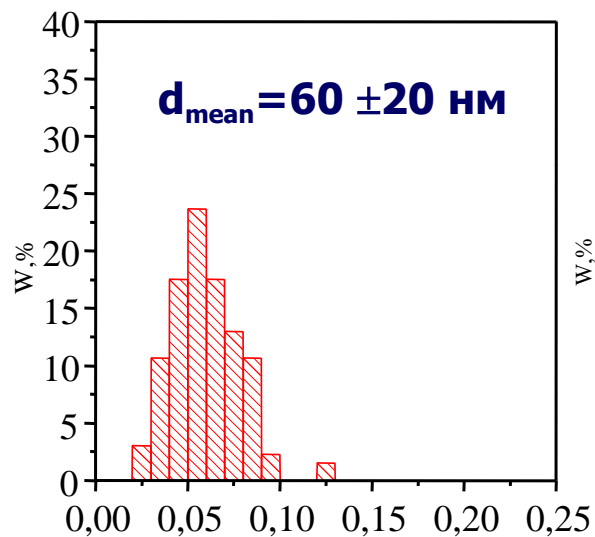
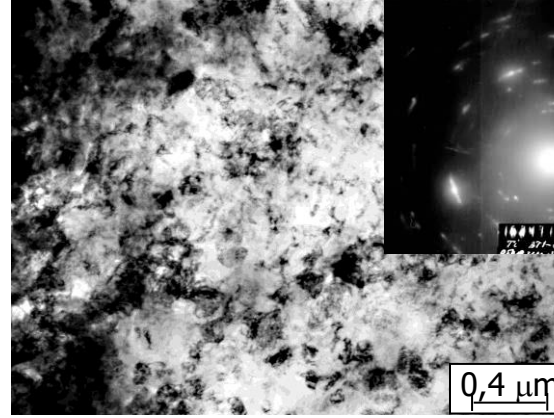
Bright field images with microdiffraction patterns and dark field images of the nanostructured / ultrafine grained titanium microstructure.

Microstructure of nanostructured titanium and histogram of the structural elements size

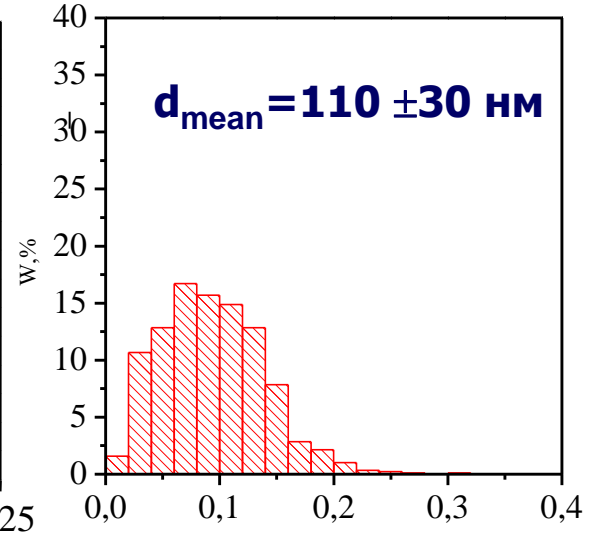
Before annealing



After annealing at 300°C



Size of structural elements, μm



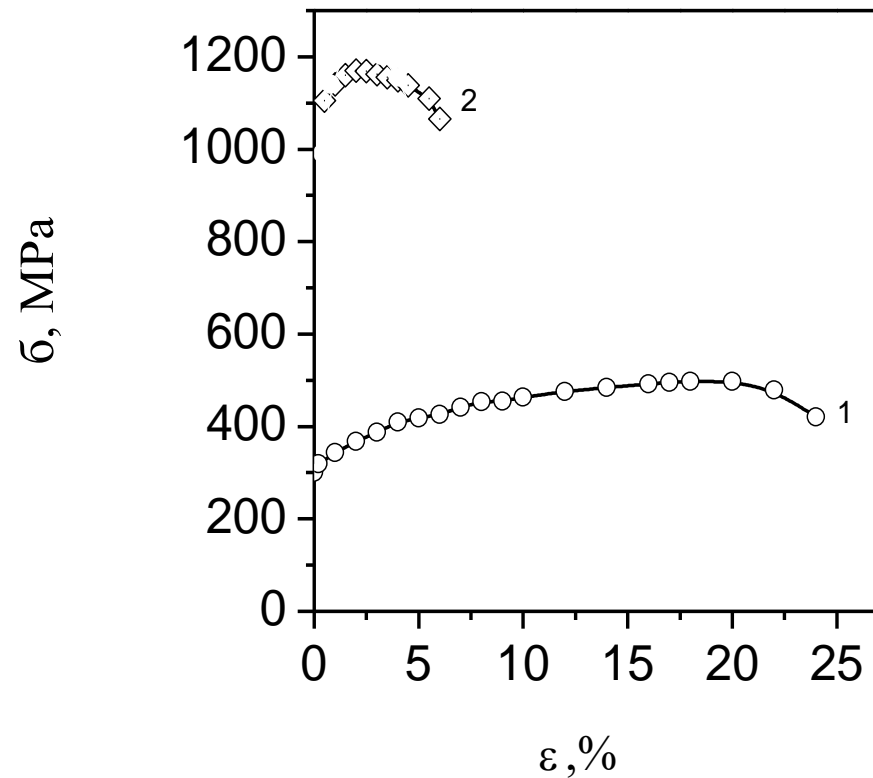
Size of structural elements, μm

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.

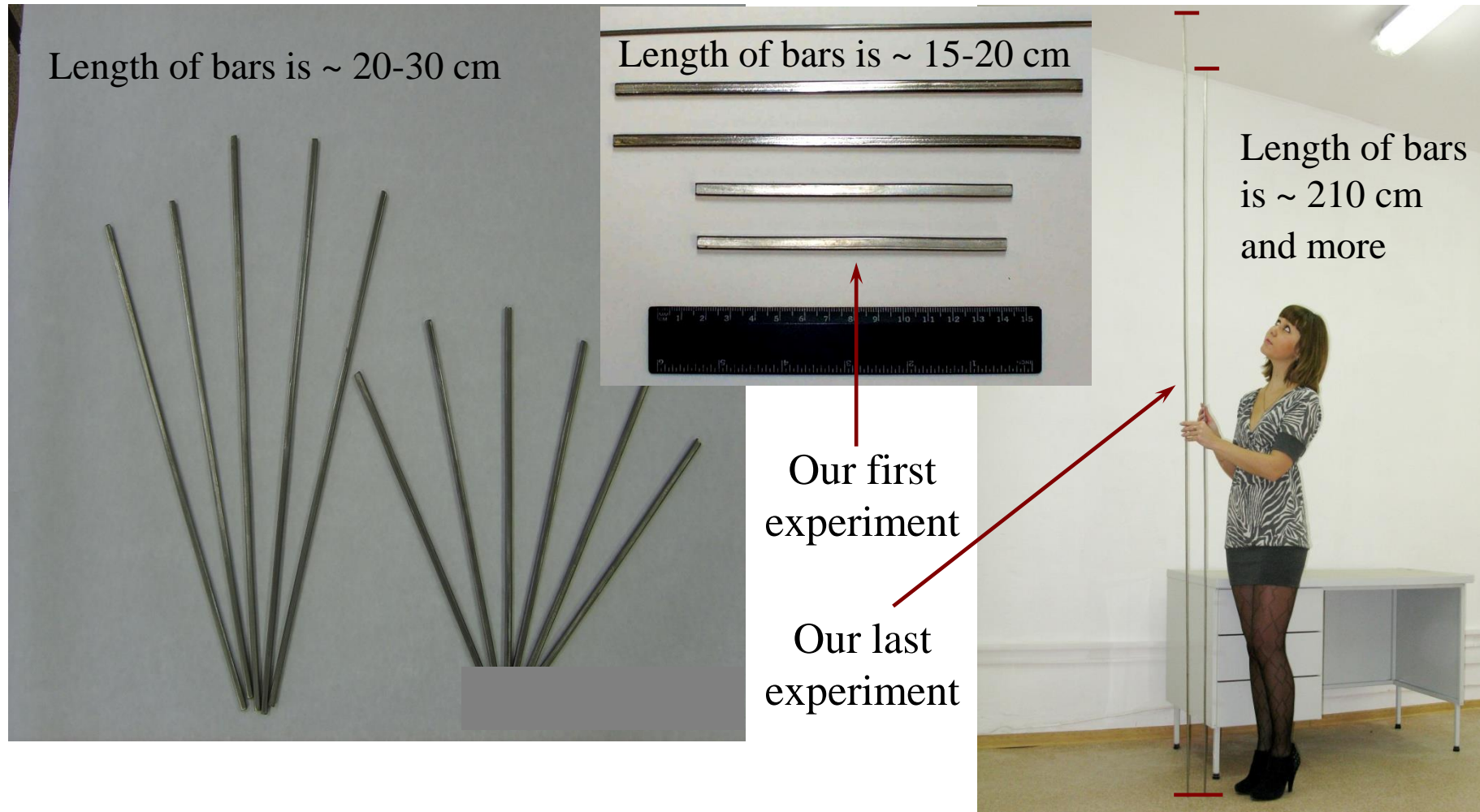
The titanium billets with this microstructure have low ductility under tension, not exceeding 1-2%. The annealing at the temperatures of 300°C increases the plasticity while preserving the type of titanium structure with the small increase in the size of the structural elements till 110 nm.

Mechanical behavior of nanostructured titanium at tension



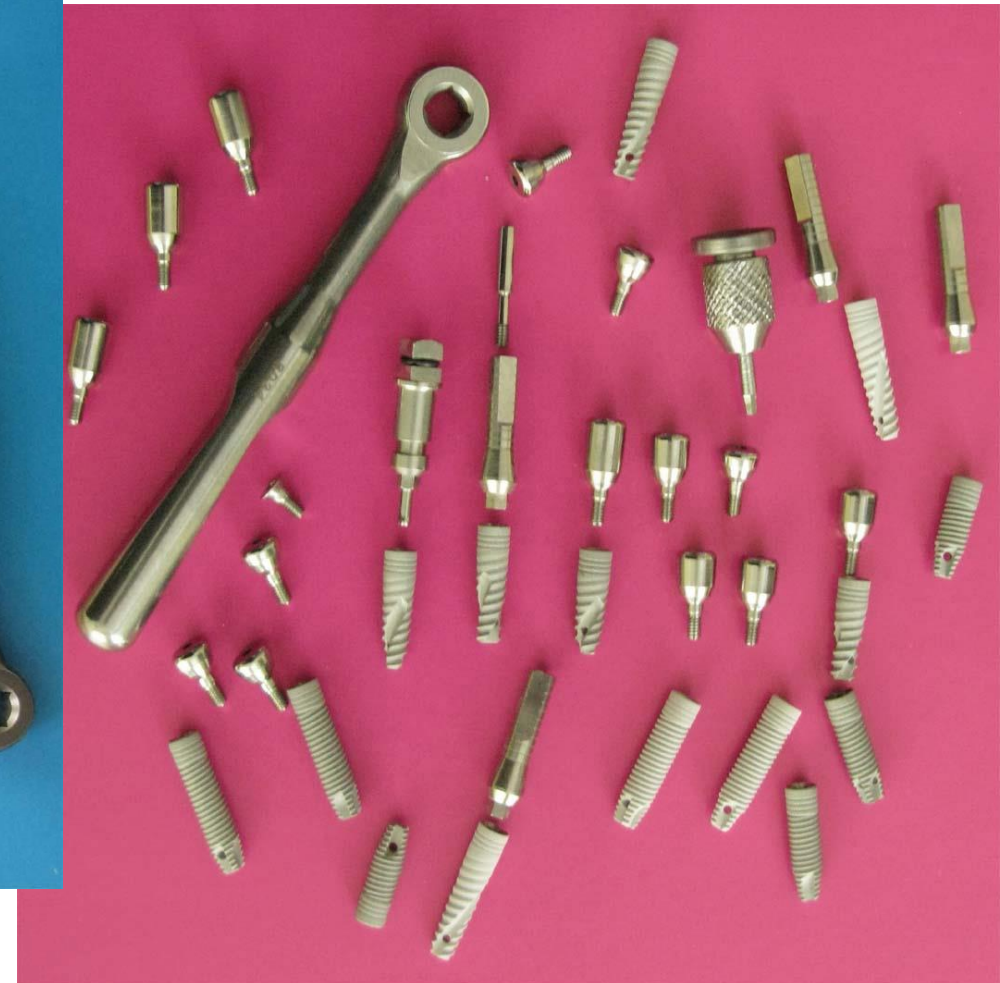
The results of uniaxial tension tests of nanostructural titanium samples are presented in the deformation diagram. The curve 1 is for the initial coarse-grained titanium (yield point is 270 MPa, ultimate strength is 400 MPa, plasticity is 25%). Formed nanostructured state (curve 2) ensures the considerable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

Billets from Nanostructured / Ultrafine Grained Titanium




The images of nanostructured titanium billets are represented. Billets have the square or round section and length of 0.5 - 1 m and more.

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



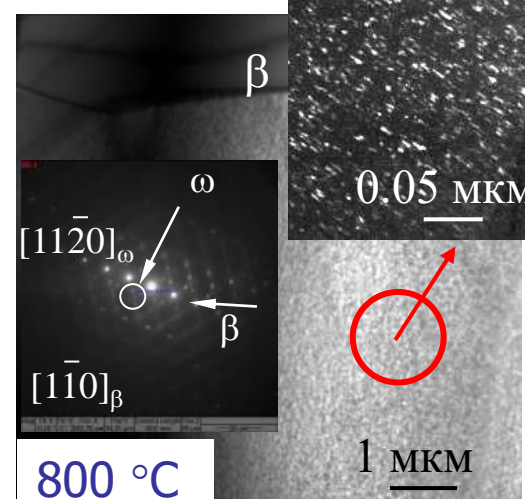
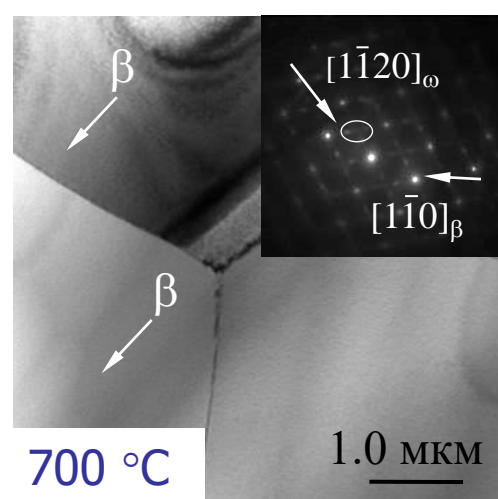
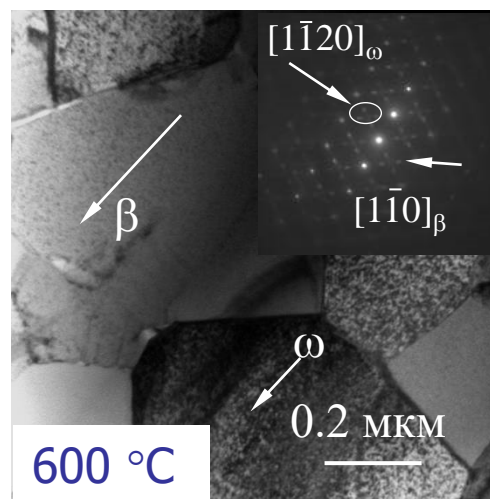
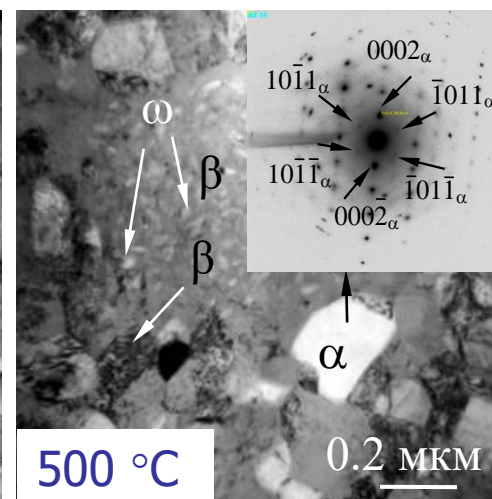
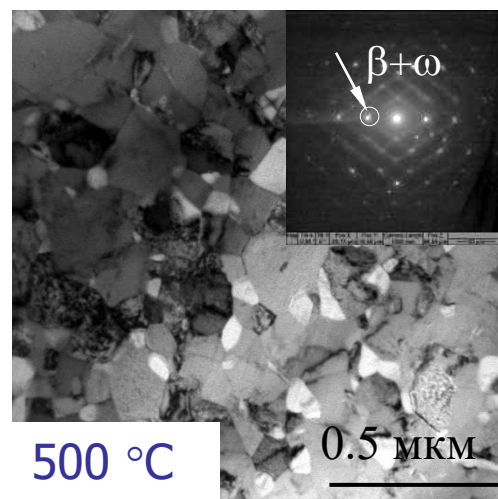
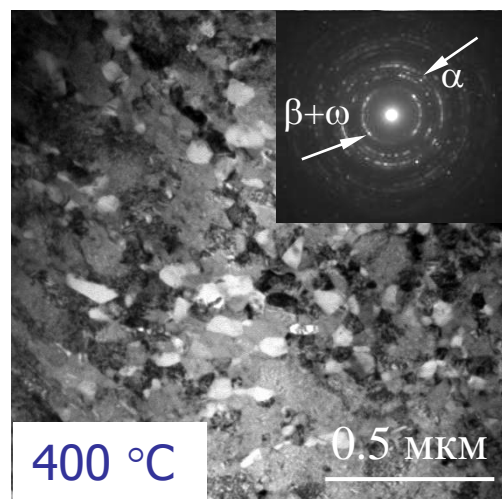
The dental implants from nanostructured titanium have been tested in clinics of Moscow, Novosibirsk, Novokuznetsk and Tomsk. The results are positive.

Сравнение с аналогами

Модуль упругости (модуль Юнга), ГПа			
КОСТЬ 	Ti – Nb 	22 Ti ТИТАН 47,90 3d ² 4s ² 2 10 8 2	керамика 
≤ 50	50-60	120	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 др. странах.

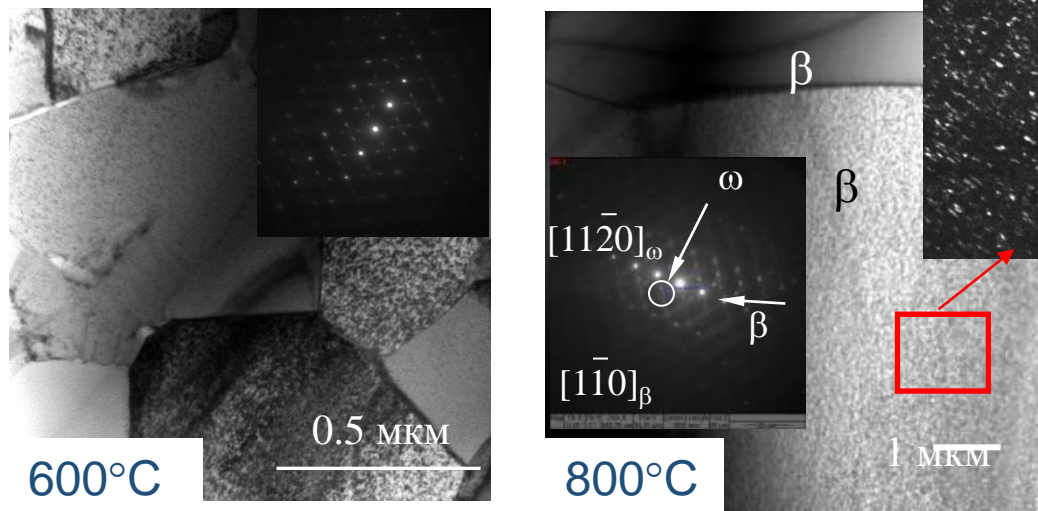
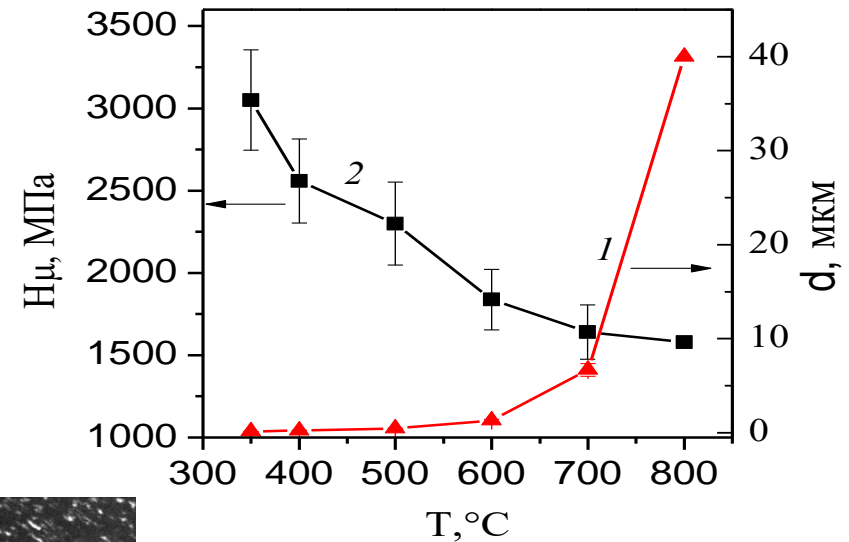
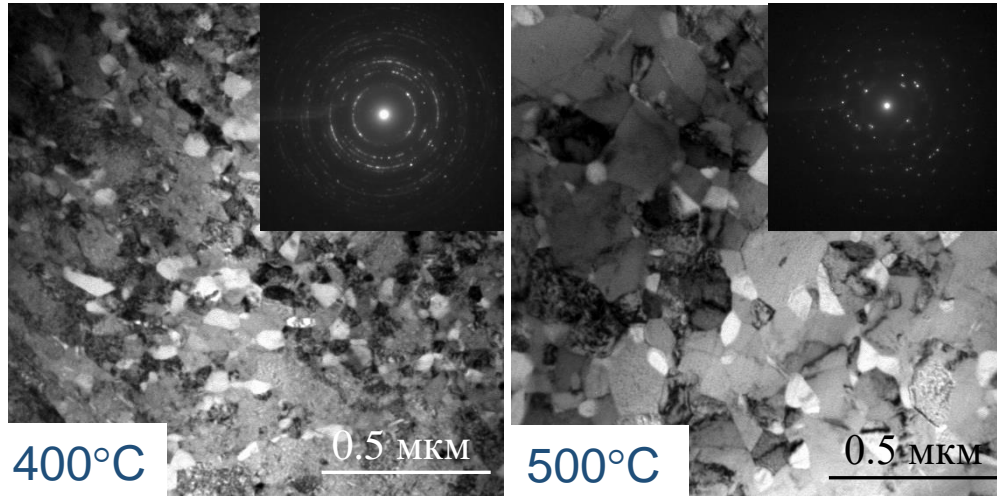
Микроструктура УМЗ сплава Ti-45 мас.% Nb после отжигов



Ерошенко А.Ю.

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

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.

