



**ИФПМ СО РАН**



ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

# **Повышение механических свойств низкомодульного сплава Ti-40 мас.%Nb за счет измельчения зерен методами интенсивной пластической деформации**

А.М. Майрамбекова

Научный руководитель: И.А. Глухов  
Научный консультант: Ю.П. Шаркеев

Томск - 2015

# Требования к материалам для имплантатов



Биосовместимость



Низкий модуль упругости



Высокие механические свойства

# Цели и задачи исследования

В качестве материала для исследований был выбран сплав Ti-40 мас.% Nb

Цель исследования состояла в анализе эволюции свойств сплава Ti-40 мас.%Nb в зависимости от используемых методов термомеханической обработки

## Задачи

- Анализ изменения структуры образцов на различных этапах термомеханической обработки
- Анализ изменения механических свойств на различных этапах термомеханической обработки

# Оборудование и методы исследования

Измерение  
микротвердости

микротвердомер  
ПМТ- 3М



Оптическая  
микроскопия

оптический микроскоп  
Altami MET 1MT

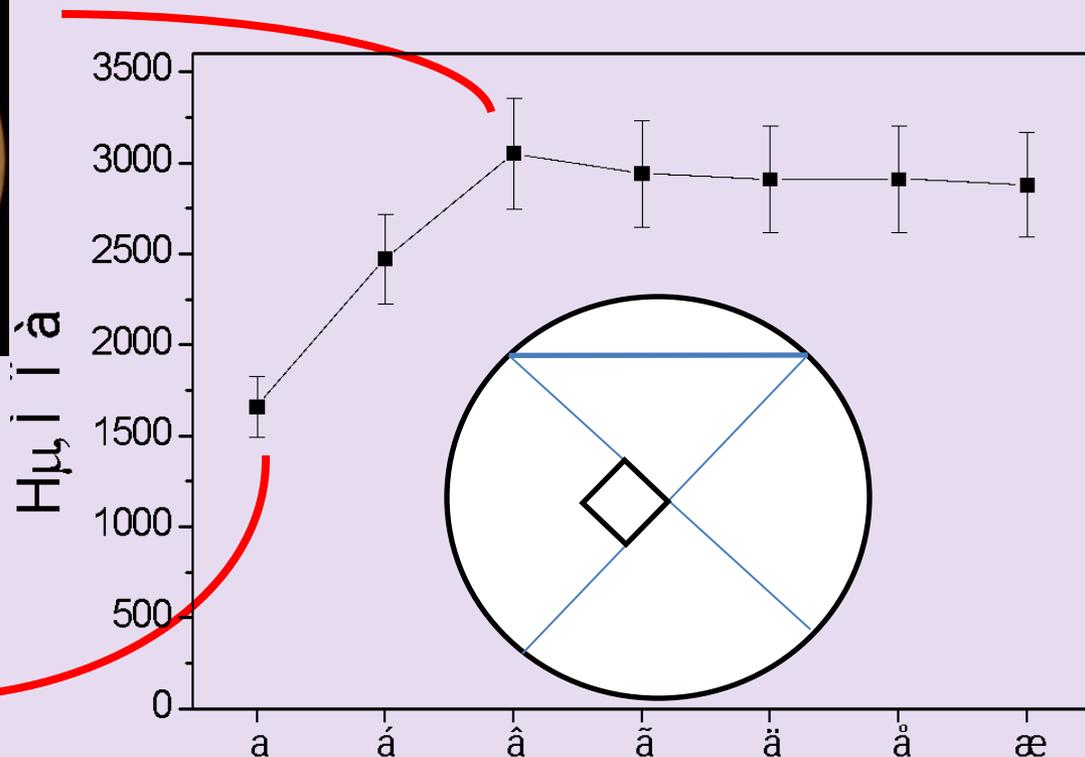
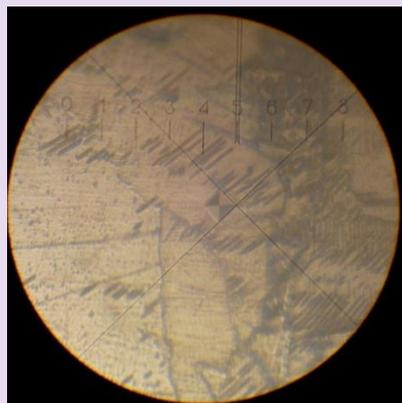
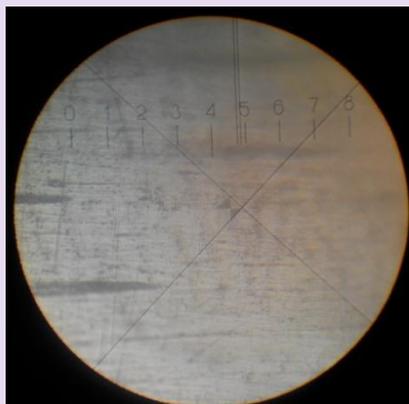


Электронная  
микроскопия

электронный  
микроскоп JEOL  
JEM-2100



# Механические свойства



а – закалка;

б – закалка+3 ⊥ ;

в – закалка+3 ⊥ +прокатка;

г – закалка+3 ⊥ +прокатка+отжиг 350С, 2ч;

д – закалка+3 ⊥ +прокатка+отжиг 350С, 5ч;

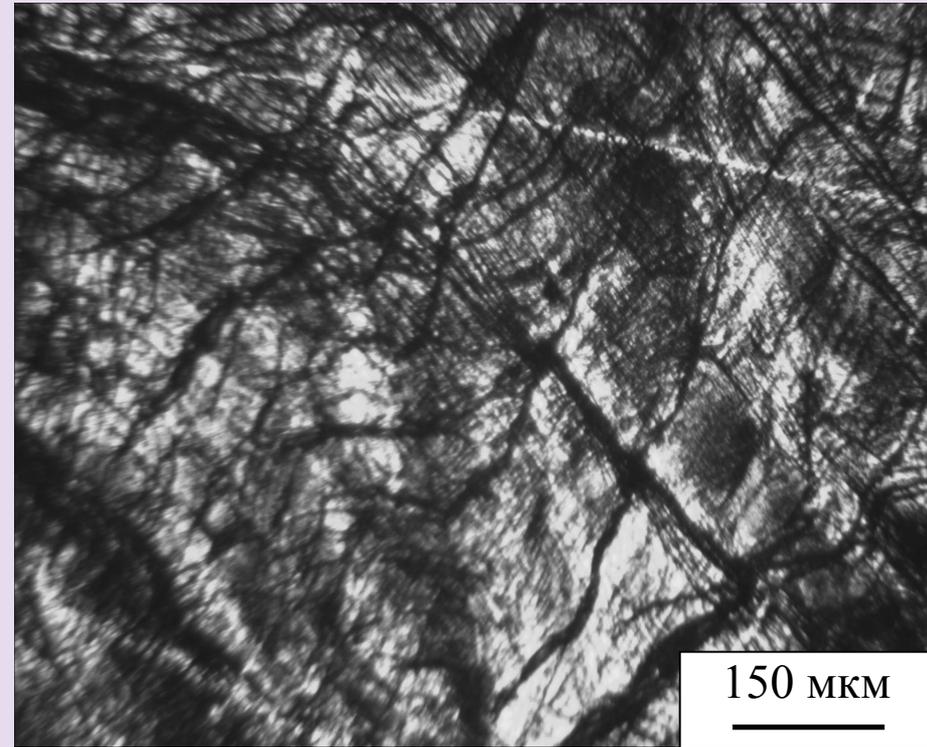
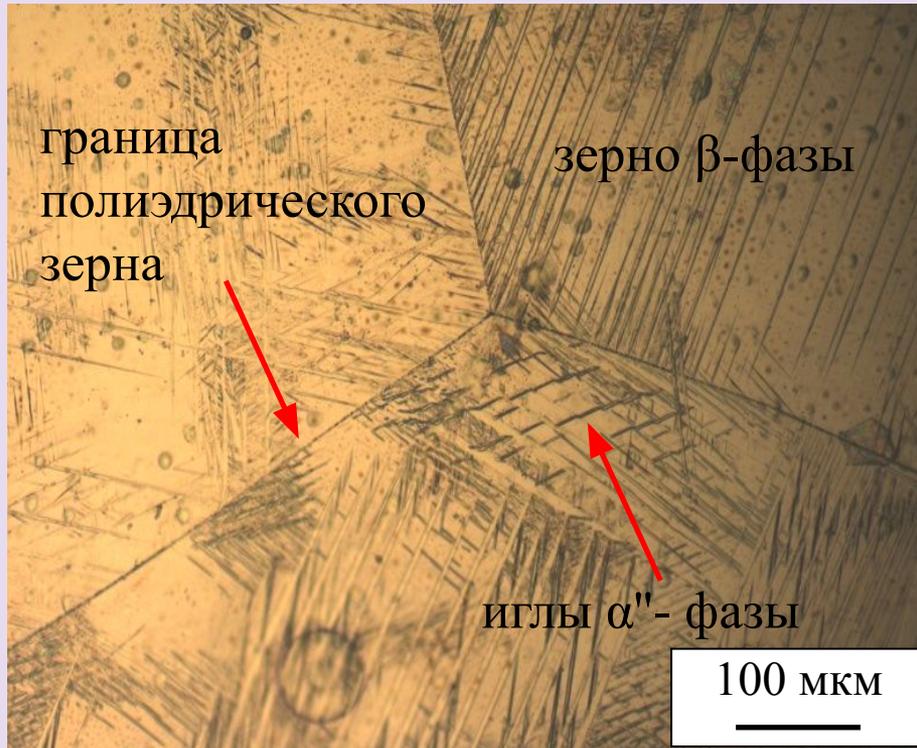
е – закалка+3 ⊥ +прокатка+отжиг 350С, 10ч;

ж – закалка+3 ⊥ +прокатка+отжиг 350С, 24ч.

Учәи û çäðî î ì äõäí è:-äñēî é î áõääí çèè



# Структура сплава (оптическая микроскопия)

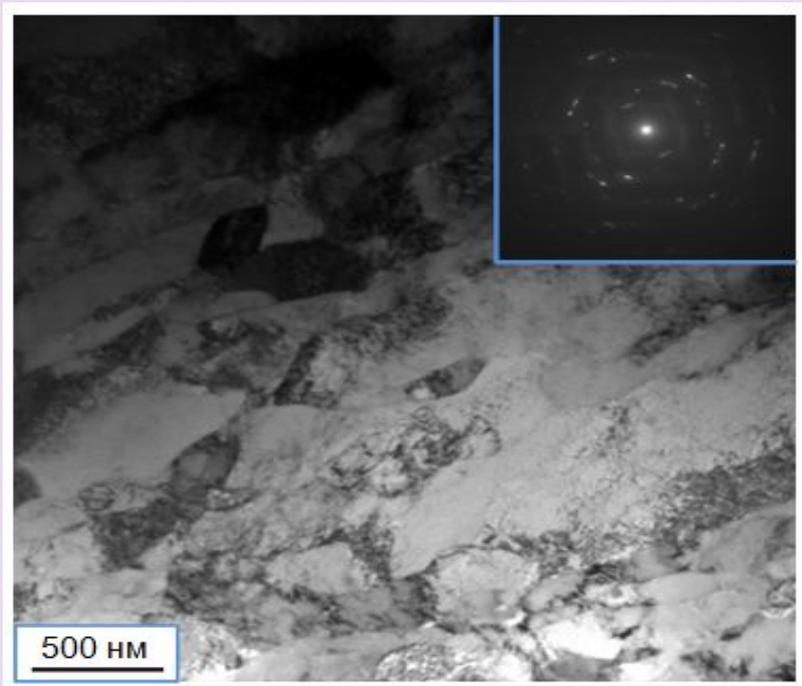


Закалка (исходное состояние)

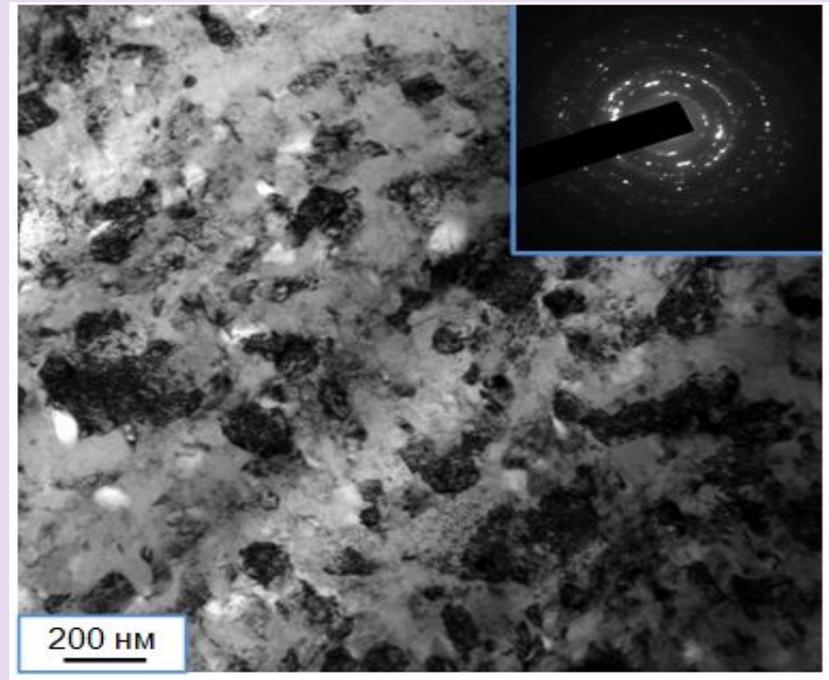
3D-прессование



# Микроструктура сплава (электронная микроскопия)



З ⊥ - прессование



З ⊥ - прессование +  
прокатка



# Заключение

Выбранный комбинированный метод двухэтапной интенсивной пластической деформации в сплаве Ti – 40 масс.% Nb:

- формирует ультрамелкозернистую структуру со средним размером элементов 0,2 мкм;

# Заключение

Выбранный комбинированный метод двухэтапной интенсивной пластической деформации в сплаве Ti – 40 масс.% Nb:

- формирует ультрамелкозернистую структуру со средним размером элементов 0,2 мкм;

# Заключение

Выбранный комбинированный метод двухэтапной интенсивной пластической деформации в сплаве Ti – 40 масс.% Nb:

- формирует ультрамелкозернистую структуру со средним размером элементов 0,2 мкм;
- **увеличивает микротвердость более чем в 1,5 раза;**

# Заключение

Выбранный комбинированный метод двухэтапной интенсивной пластической деформации в сплаве Ti – 40 масс.% Nb:

- формирует ультрамелкозернистую структуру со средним размером элементов 0,2 мкм;
- увеличивает микротвердость более чем в 1,5 раза;

# Заключение

Выбранный комбинированный метод двухэтапной интенсивной пластической деформации в сплаве Ti – 40 масс.% Nb:

- формирует ультрамелкозернистую структуру со средним размером элементов 0,2 мкм;
- увеличивает микротвердость более чем в 1,5 раза;
- **отжиг при температуре 350°C не приводит к существенному изменению микротвердости.**

# Заключение

Выбранный комбинированный метод двухэтапной интенсивной пластической деформации в сплаве Ti – 40 масс.% Nb:

- формирует ультрамелкозернистую структуру со средним размером элементов 0,2 мкм;
- увеличивает микротвердость более чем в 1,5 раза;
- отжиг при температуре 350°C не приводит к существенному изменению микротвердости.

# Заключение

Выбранный комбинированный метод двухэтапной интенсивной пластической деформации в сплаве Ti – 40 масс.% Nb:

- формирует ультрамелкозернистую структуру со средним размером элементов 0,2 мкм;
- увеличивает микротвердость более чем в 1,5 раза;
- отжиг при температуре 350°С не приводит к существенному изменению микротвердости.

**Автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам лаборатории физики наноструктурных биоконпозитов ИФПМ СО РАН :. Шаркееву Ю.П, Глухову И.А за постановку и обсуждение полученных результатов, Толмачеву А.И., Ерошенко А.Ю., Ковалевской Ж.Г. за помощь в проведении экспериментов и участие в подготовке образцов для исследования , внимания к работе и полезные советы, ЦКП НОЦ за предоставление оборудования.**



**ИФПМ СО РАН**



ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

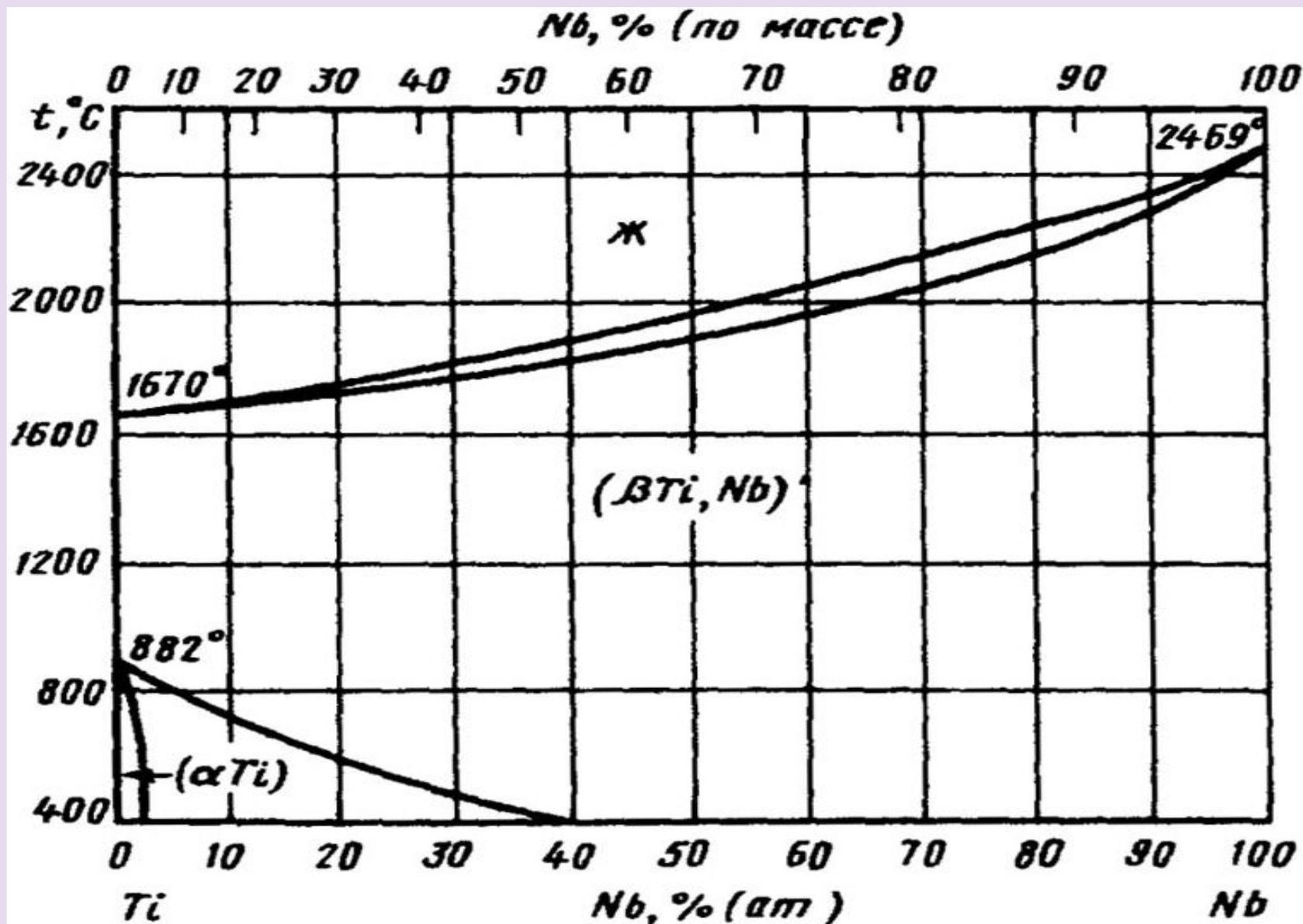
# **Повышение механических свойств низкомодульного сплава Ti-40 мас.%Nb за счет измельчения зерен методами интенсивной пластической деформации**

А.М. Майрамбекова

Научный руководитель: И.А. Глухов  
Научный консультант: Ю.П. Шаркеев

## **Спасибо за внимание !**

# Фазовая диаграмма Ti-Nb



# Оборудования



**ПМТ- 3М**

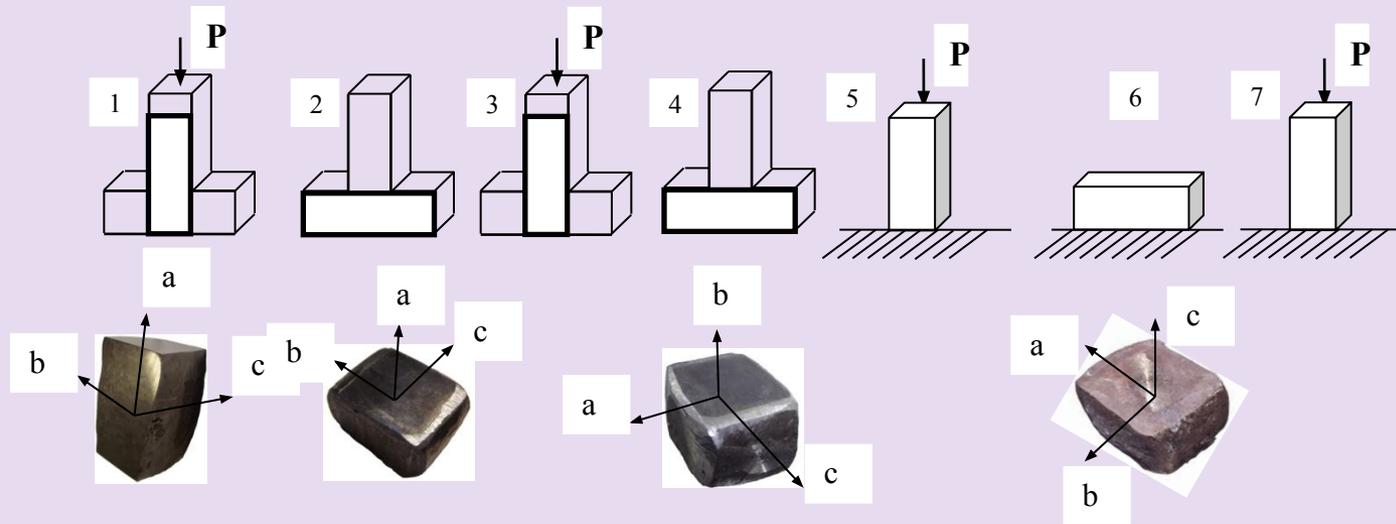


**Altami MET 1MT**

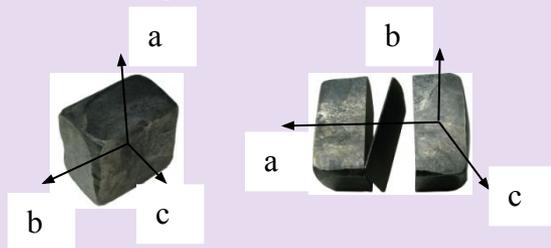


**JEOL JEM-2100**

# Схема прессования образцов



Далее выполняем еще 6 свободных прессований по схеме abc – прессования и получаем следующий образец



# Масштабная классификация кристаллических тел [\*]

Наименование		Размерный интервал
Атомные кластеры и аморфное состояние		0,5-1 нм
Квазикристаллы		2-5 нм
УМЗ	Нанокристаллы	5-10 нм
	Субмикроркристаллы	0,01-0,1 мкм
	Микроркристаллы	0,1-1 мкм
Мелкозернистый, поликристалл		1-10 мкм
Обычный размер зерна		10-100 мкм
Крупные зерна		100 мкм
Монокристаллы		Макроскопический, мм и более

[\*] Э.В. Козлов, Ю.Ф. Иванов, Л.Н. Игнатенко, Н.А. Конева. Масштабная классификация кристаллических тел и ее обоснование // Функционально – механические свойства материалов и их компьютерное моделирование. Материалы 29-го Межреспубликанского семинара “Актуальные проблемы прочности”, 15 – 18 июня 1993 г. Псков. 1993, с 90-99