

**Аспирантка 1 года обучения Постовалова Ксения Андреевна
лаборатории физики высоких давлений**

Научный руководитель – к.ф.-м.н. Пилюгин Виталий Прокофьевич

Специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Тема работы – Деформационная нанокристаллическая структура и свойства тугоплавких металлов ниобий и вольфрама

Задача текущего года

Исследование процессов структурных превращений и измерение механических свойств монокристаллического вольфрама после интенсивной пластической деформации под давлением с нагревом

Результаты, полученные в текущем году

В результате интенсивной пластической деформации под давлением 12 ГПа с нагревом до температуры выше точки хладноломкости (350 °С) получены цельные образцы вольфрама. Продеформированные с нагревом образцы вольфрама по данным методов рентгеноструктурного анализа и сканирующей электронной микроскопии имеют высокофрагментированную (субмикрокристаллическую) структуру с размером кристаллитов менее 100 нм. Пластическая деформация монокристаллических образцов вольфрама вызвала его фрагментацию со значительным деформационным упрочнением. По данным измерениям микротвердость образцов вольфрама выросла от значения 3,5 ГПа монокристаллических образцов до 12,2 ГПа продеформированных образцов

**Аспирантка 1 года обучения Постовалова Ксения Андреевна
лаборатории физики высоких давлений**

Апробация работы

Тезисы докладов на международных конференциях

1. LXIV Международная конференция «Актуальные проблемы прочности» (АПП-2022), Екатеринбург
2. ЗНЧ-2023 (Забабахинские научные чтения, Снежинск, Чел. обл., 29.05.2023. – 02.06.2023. Сборник тезисов)

**Аспирантка 1 года обучения Постовалова Ксения Андреевна
лаборатории физики высоких давлений**

Экзамены

Экзамен по философии

Сдан – «Хорошо»

Выступления на конференциях

Сделано докладов

стендовых – 2

**Аспирантка 1 года обучения Постовалова Ксения Андреевна
лаборатории физики высоких давлений**

Таблица показателей

Показатель	Баллы	Кол-во	Сумма
публикации в изданиях ВАК (вышедшие из печати)	20	0	0
публикации в изданиях ВАК (принятые в печать)	5	0	0
свидетельство о программах для ЭВМ, зарегистрированных в установленном порядке	20	0	0
патент	20	0	0
соавторство в монографии	5	0	0
оформленное ноу-хау	5	0	0
публикации в других изданиях (не тезисы)	2	0	0
тезисы доклада на международной конференции	5	2	10
тезисы доклада на российской конференции	3	0	0
участие в конференции с устным докладом	2	0	0
участие в конференции со стендовым докладом	1	2	2
сданный на «отлично» кандидатский экзамен	20	0	0
сданный на «хорошо» кандидатский экзамен	15	1	15
сданный на «удовлетворительно» кандидатский экзамен	10	0	0
участие в грантах в качестве: исполнителя	5	0	0
участие в грантах в качестве: руководителя	10	0	0
Общая сумма			27

Формирование нанокристаллической структуры и механические свойства вольфрама при интенсивной деформации под давлением с нагревом

Цель:

- Исследование процессов структурных превращений и измерение механических свойств монокристаллического вольфрама после интенсивной пластической деформации под давлением с нагревом

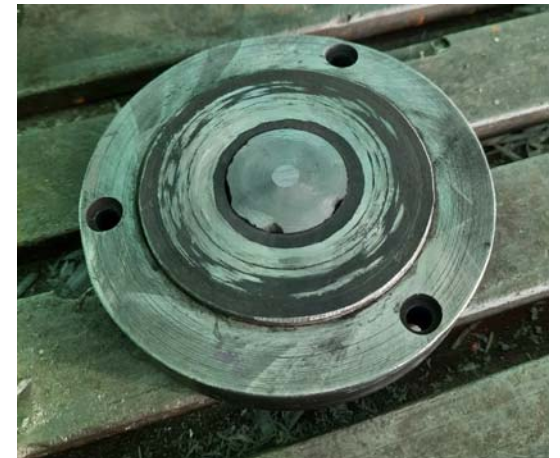
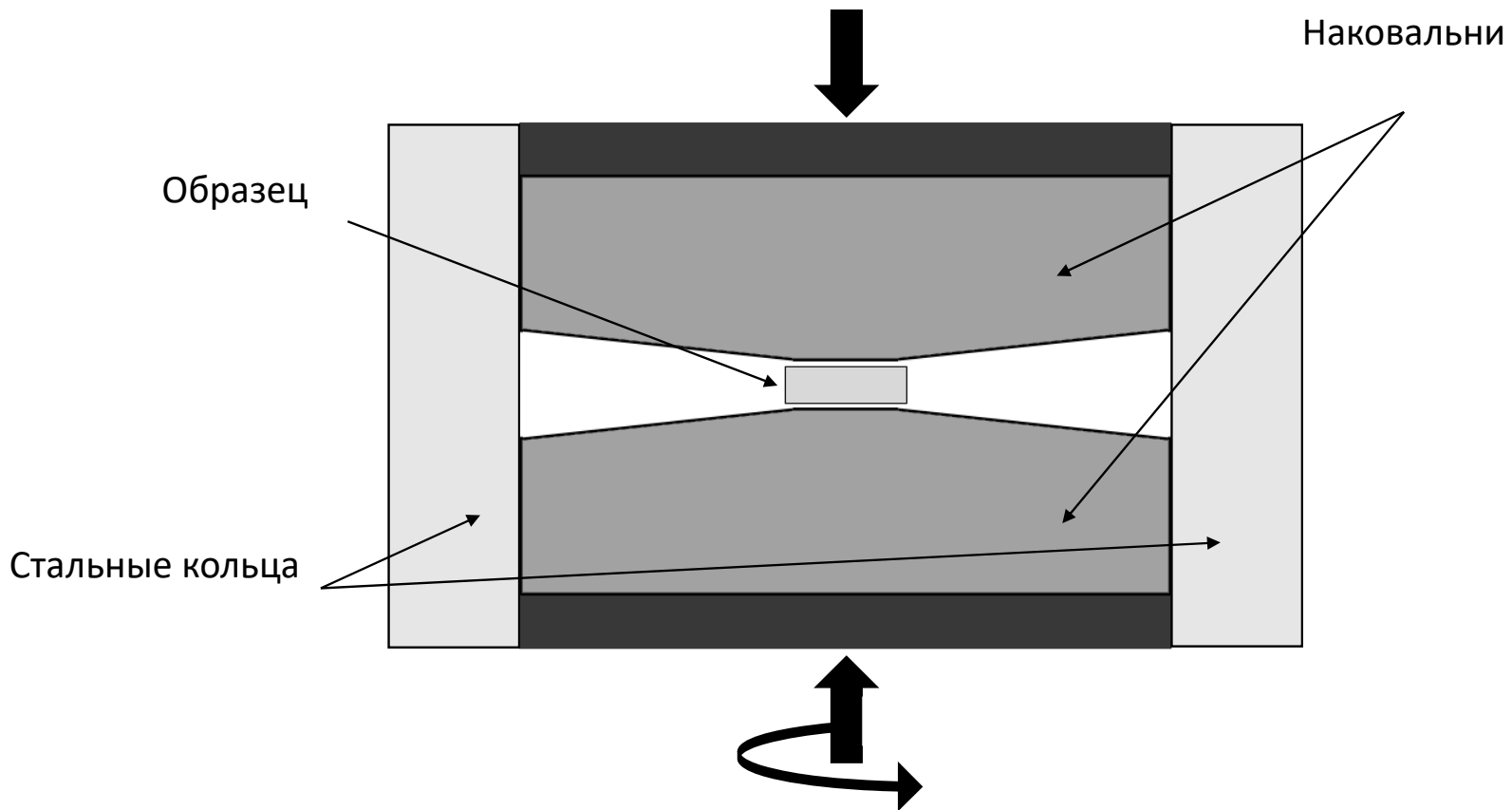
Задачи:

- Провести исследование структурных превращений вольфрама до и после интенсивной деформации;
- Провести измерения механических свойств сильно деформированного вольфрама



Исходные крупнокристаллический образцы вольфрама. 1 - из Усть-Каменогорска, ТУ 48-0531-220-80, 2 – ИФМ УрО РАН

Методика эксперимента



Поверхность наковальни из
VK-6 (WC – 6%Co)

Принцип работы камеры Бриджмена



Гидравлический пресс с камерой Бриджмена в кювете с жидким азотом



Гидравлический пресс с камерой Бриджмена в цилиндрической электропечи с нихромовой спиралью

Термопара



Вольтметр

Цилиндрическая
электропечь с
нихромовой
спиралью

Амперметр

ЛАТР

**Камера Бриджмена с цилиндрической
электропечью для нагрева блока наковален**



**Термопара, помещённая в
зону бойков наковален**



**Для теплоизоляции
используем асбест**

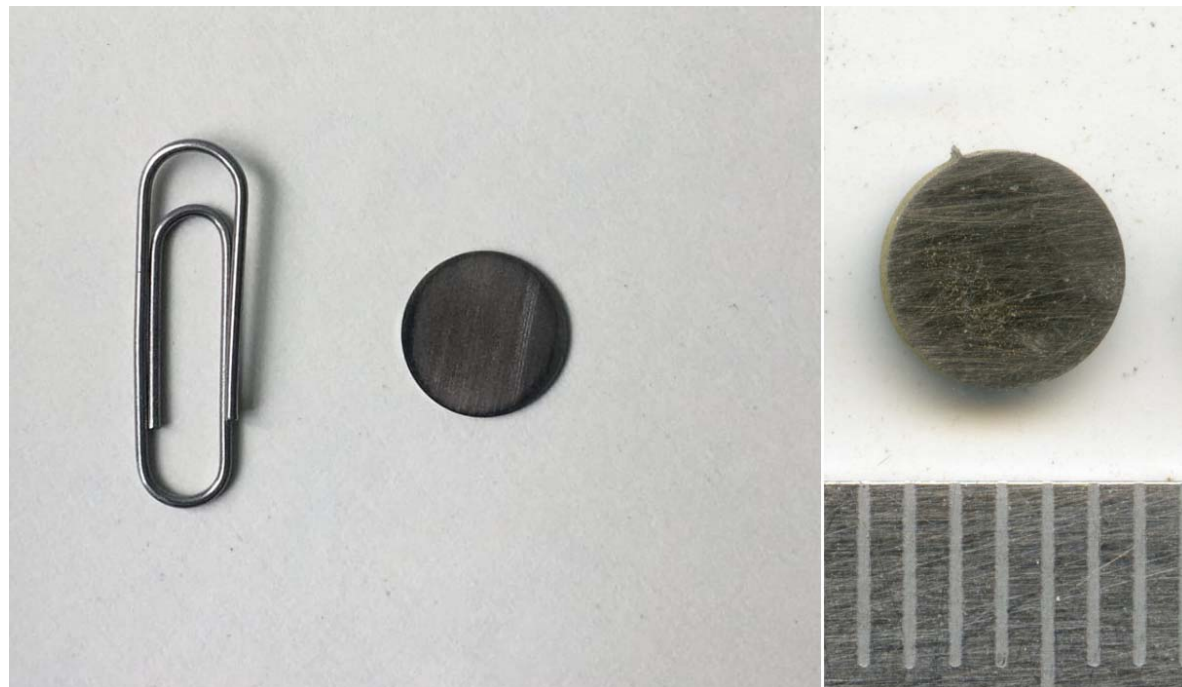


**Обработанный образец
монокристаллического вольфрама**



**Продеформированный
образец вольфрама**

**Образцы монокристаллов вольфрама,
порезанные на электроэрозионном станке**



**Подготовленные образцы вольфрама для
интенсивной деформации под высоким давлением**

Результаты и их обсуждение

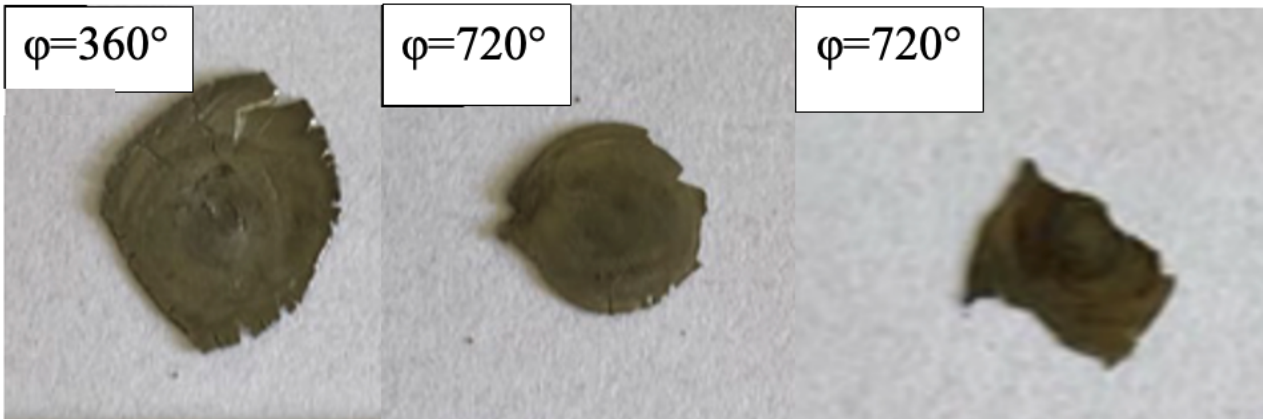
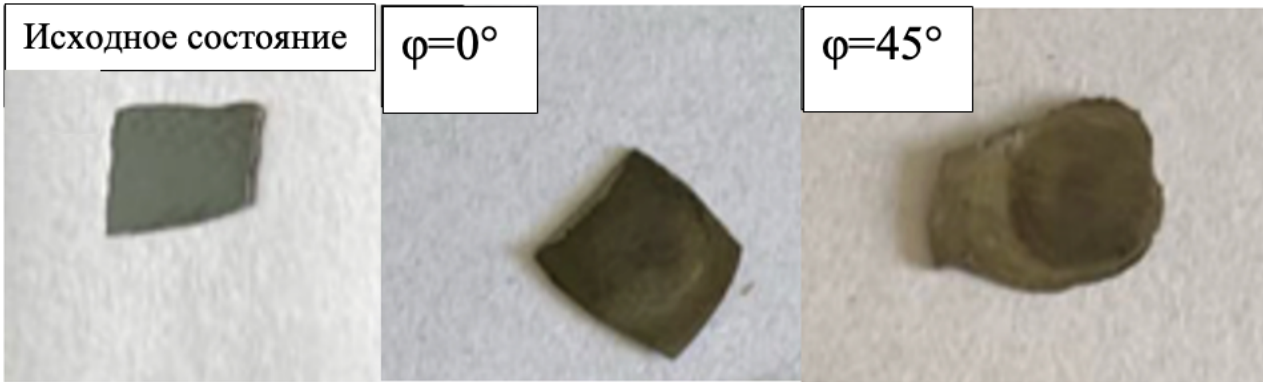


Образец вольфрама, подверженный интенсивной деформации при высоком давлении при температуре 80 К (-193 °С)



Образец вольфрама, подверженный интенсивной деформации при высоком давлении при температуре 570 К (297 °С)

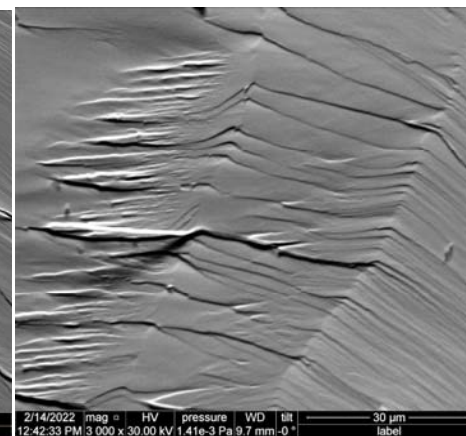
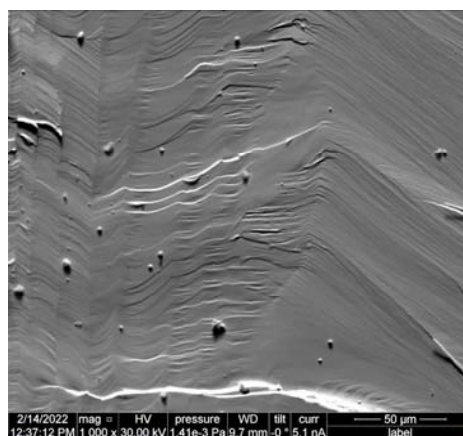
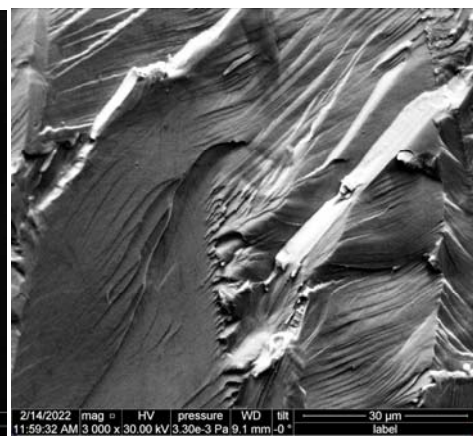
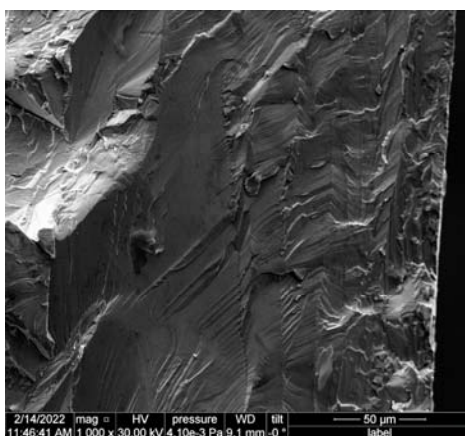
**Образцы вольфрама после сдвига под давлением до 12 ГПа
с нагревом до 400 °С:**



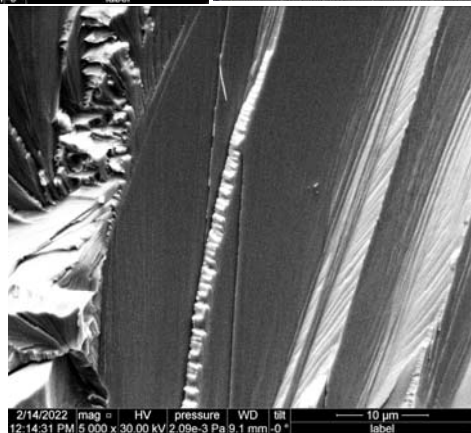
5 мм

$\varphi, ^\circ$	t, °C	P, ГПа	h_0 , мм	$h_{\text{кон}}$, мм
0	340	10	0,31	0,23
45	340	10	0,35	0,27
360	350	12	0,32	0,16
720	400	10	0,35	0,21
3*360	350	12	0,35	Несколько фрагментов

Исследование образцов вольфрама методом сканирующей микроскопии в ИСХОДНОМ СОСТОЯНИИ

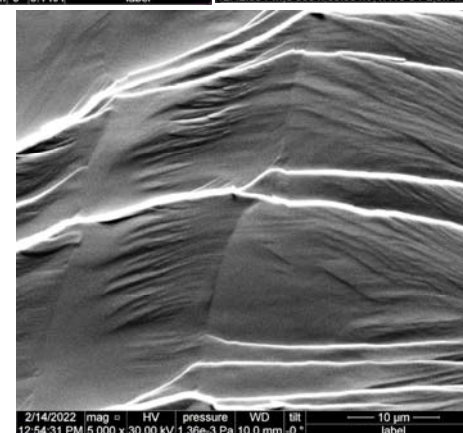


W1



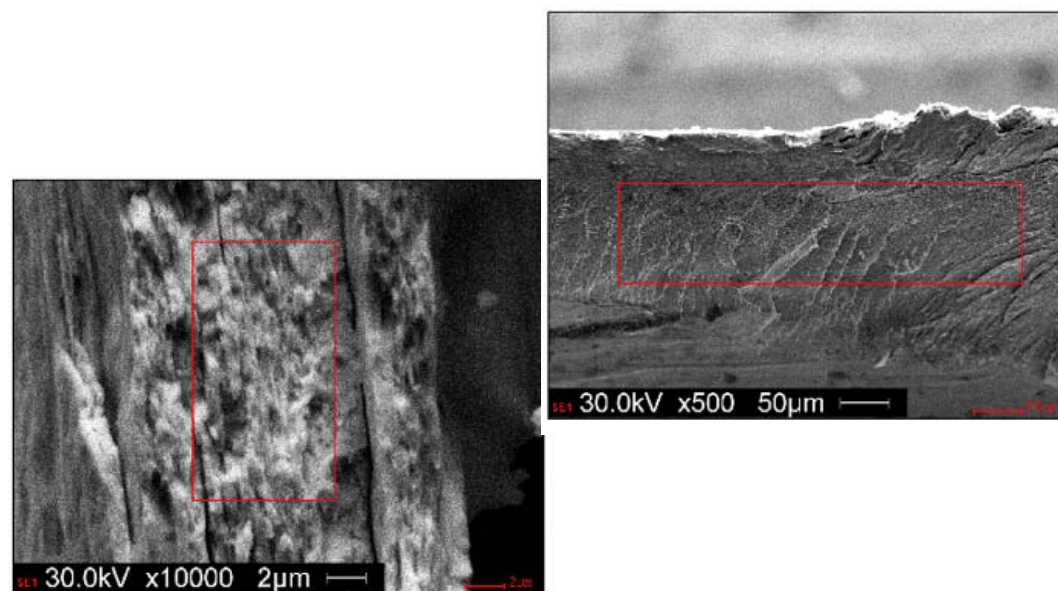
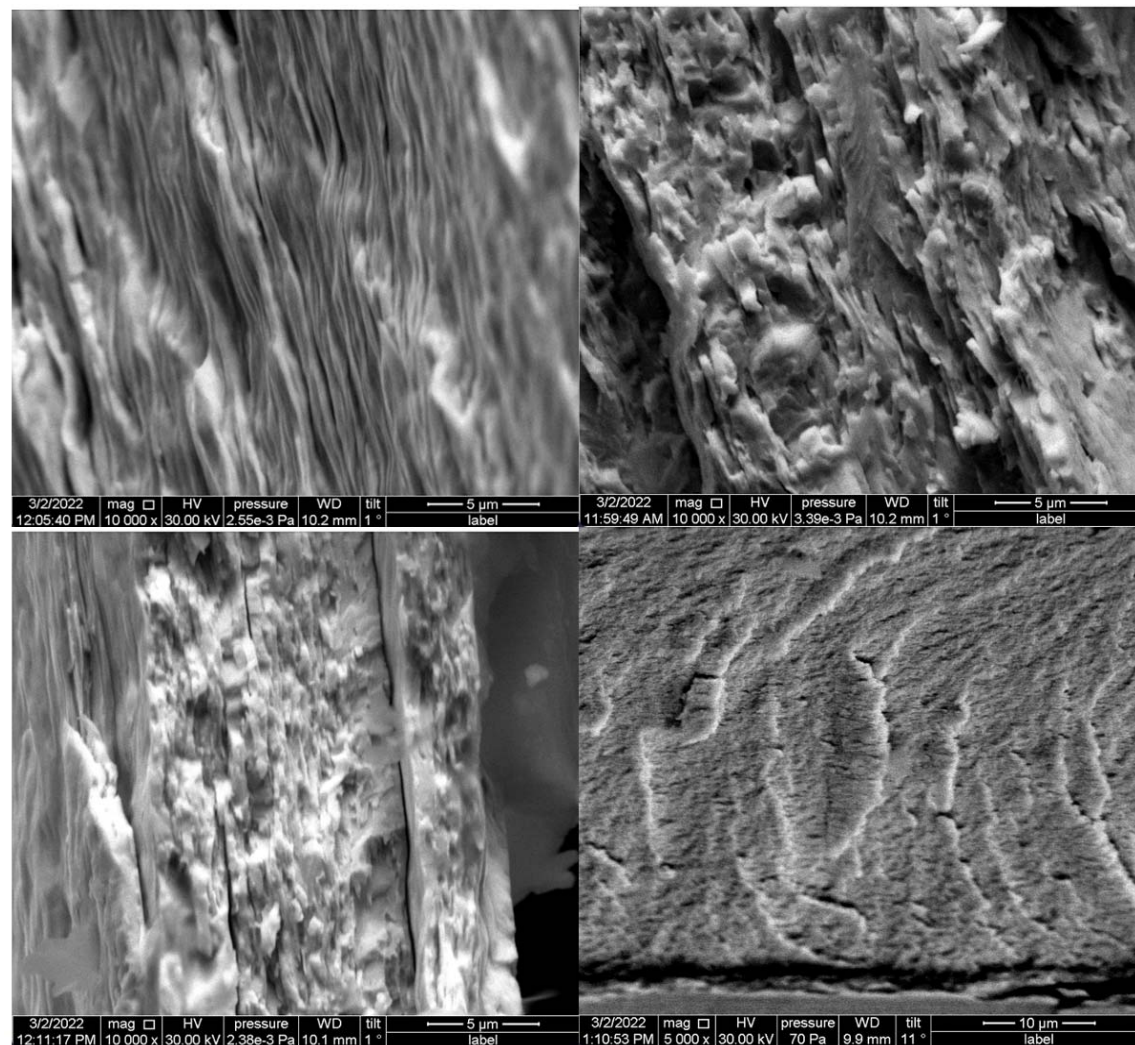
Сканирующий электронный
микроскоп QUANTA-200

W2

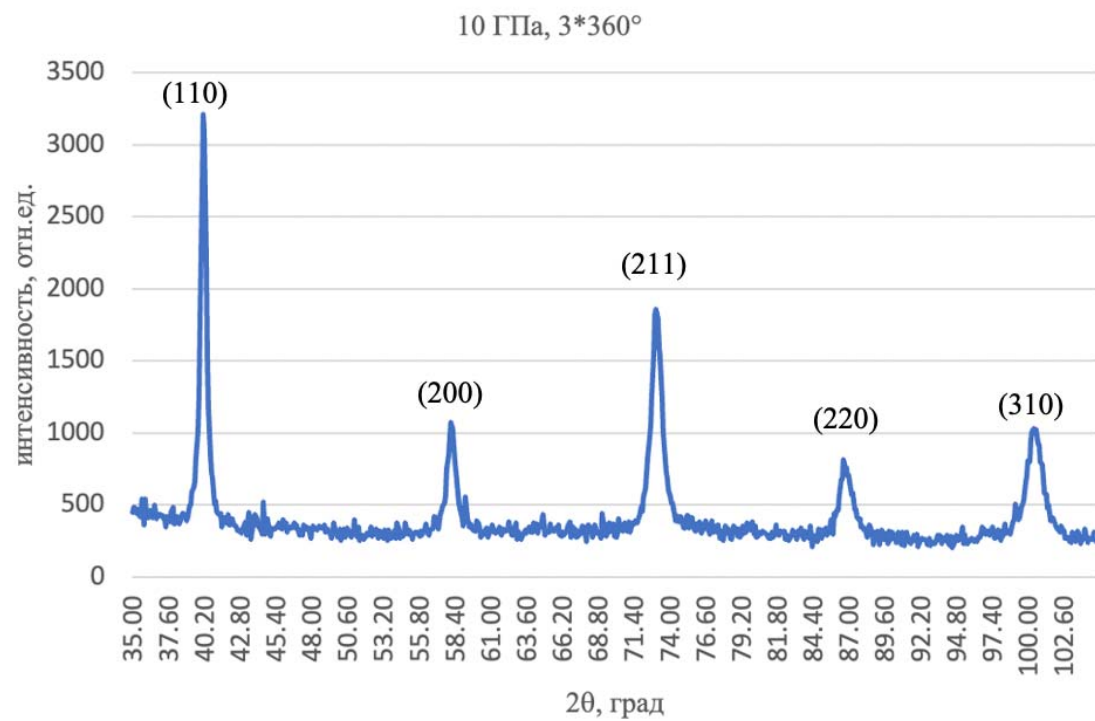
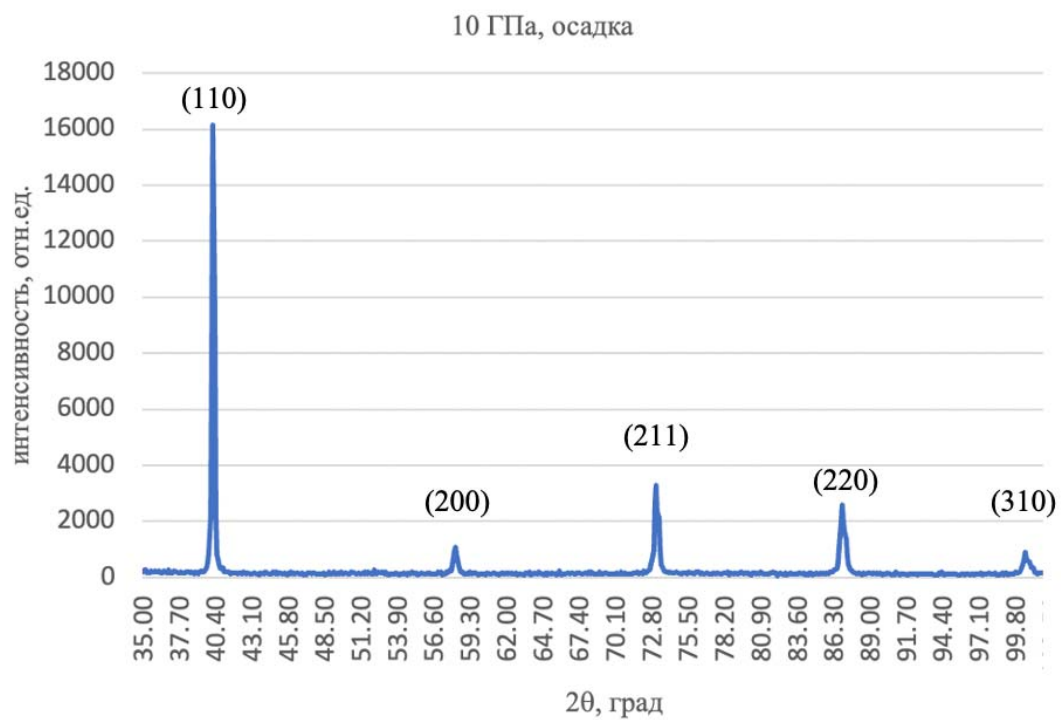


Исследование образцов вольфрама методом сканирующей микроскопии в деформированном состоянии

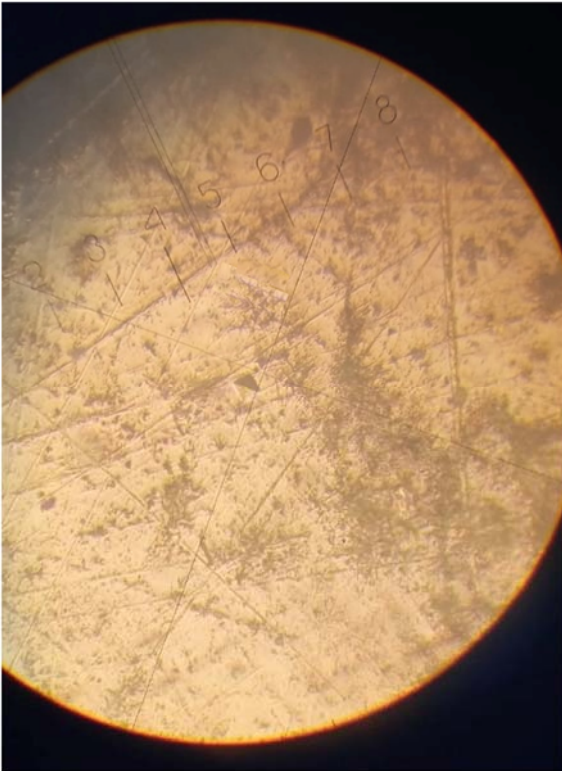
$t = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ $P = 12\text{ ГПа}$ $\varphi = 360\text{ }^{\circ}$



Дифрактограммы вольфрама

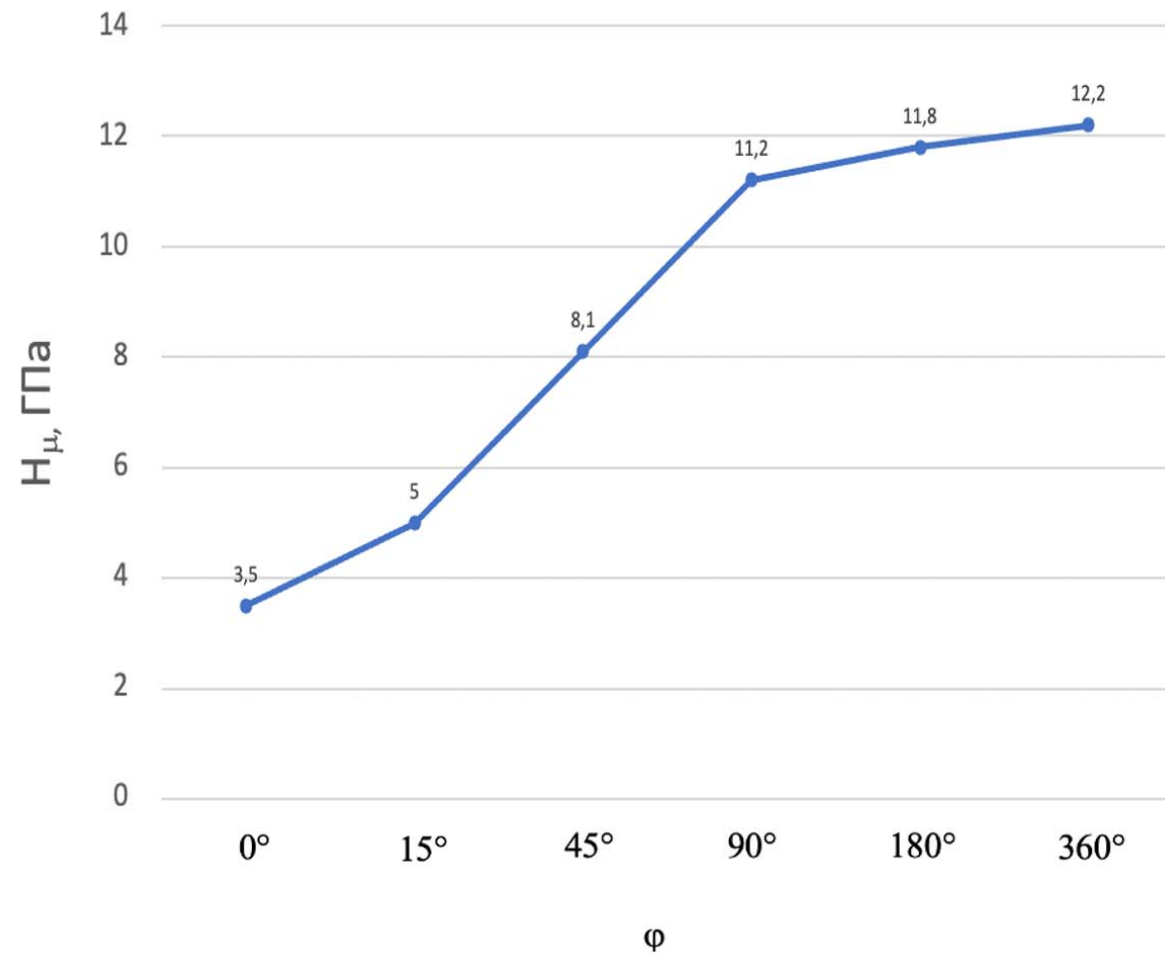


Измерение микротвердости вольфрама



$$H = \frac{1854 \cdot P}{d^2}$$

$$d = n_{\text{cp}} \cdot 0,223$$



t = 400 °C
P = 12 ГПа

Выводы

- В результате интенсивной пластической деформации под давлением 12 ГПа с нагревом до температуры выше точки хладноломкости (350 °С) получены цельные образцы вольфрама.
- Продеформированные с нагревом образцы вольфрама по данным методов рентгеноструктурного анализа и сканирующей электронной микроскопии имеют высокофрагментированную (субмикроструктурную) структуру с размером кристаллитов менее 100 нм.
- По данным метода рентгеновской дифрактометрии образцы вольфрама имели ОЦК монокристаллическую структуру и после пластической деформации под давлением перешли в ОЦК нанокристаллическое состояние.
- Пластическая деформация монокристаллических образцов вольфрама вызвала его фрагментацию со значительным деформационным упрочнением. По данным измерениям микротвердость образцов вольфрама выросла от значения 3,5 ГПа монокристаллических образцов до 12,2 ГПа продеформированных образцов.
- Переход образцов вольфрама от монокристаллического к нанокристаллическому повлиял на изменение характера изломов от хрупкого в монокристаллах к вязко-подобному в нанокристаллических образцах.

Результаты опубликованы в тезисах:

1. LXIV Международная конференция «Актуальные проблемы прочности» (АПП-2022), Екатеринбург
2. ЗНЧ-2023 (Забабахинские научные чтения, Снежинск, Чел. обл., 29.05.2023. – 02.06.2023. Сборник тезисов)
3. Подготовлена статья в журналы «International Journal of Refractory Metals and Hard Materials» и ФММ

Спасибо за внимание!