

Лабораторна робота № 2

ВИМІРЮВАННЯ МІКРОТВЕРДОСТІ

Мета роботи:

1. Познакомитися з устроєм приладу ПМТ-3.
2. Виміряти мікротвердість кристалів при різних навантаженнях.
3. Вивчити дислокаційну структуру, що утворюється при локальному навантаженні на кристал.

Обладнання:

ПМТ-3, металографічний мікроскоп, реактиви для виявлення дислокацій методом травлення, монокристали LiF або NaCl, KCl.

Загальні відомості.

Твердість – являє собою більш технічну ніж фізичну характеристику речовини.

Твердість відображає як пружну, так і пластичну деформації речовини. Тому одержані експериментальним шляхом значення твердості залежать від границі текучості, границі пружності, міцності, крихкості тощо.

В залежності від величини навантаження, що діє на індентор, відрізняють мікротвердість, яка визначається при навантаженнях більших за 5 кг, і мікротвердість, яка визначається при навантаженнях від 5 г до 500 г. Між ними знаходиться проміжковий область – твердість при середніх навантаженнях. Її зараз використовують дуже рідко.

Широке розповсюдження має метод мікротвердості, як метод дослідження механічних властивостей кристала. Існує чимало методів визначення мікротвердості матеріалів. Найбільш поширеним є метод вдавлювання алмазного індентора на поверхню кристалу та метод склерометрії (випробування дряпанням). Для цього використовується прибор ПМТ-3 (рис.1).

Мікротвердість при вдавлюванні алмазної піраміди, яка в основі має квадрат і кут 136° між протилежними гранями, розраховується так:

$$H = \frac{1.854P}{d^2},$$

де H - мікротвердість по вдавлюванню $[H] = \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$; P - навантаження в кг; d - діагональ відбитка індентора на поверхні кристалу в мм.

Принцип дії ПМТ-3 (рис.2).

Прилад ПМТ-3 (рис.2) складається з штатива 1 вертикального мікроскопа з тубусом, що переміщається вгору і вниз за допомогою мікрометричного гвинта 2 і мікрометричного гвинта 3. На верхній кінець тубуса 5 з алмазною пірамідою надіті опакілюмінатор 6 і об'єктиви 7. В опакілюмінаторі є лампочка напругою 6 В, що живиться від електромережі через трансформатор. Прилад забезпечений двома об'єктивами для проглядання кристала при збільшеннях в 478 і 135 разів. Окуляр збільшує в 15 разів. Окулярний мікрометр має нерухому сітку, залишковий мікрометричний барабанчик і каретку з рухомою сіткою. На

нерухомій сітці завдовжки 5 мм нанесені штрихи з цифрами і косинець з прямим кутом, вершина якого співпадає з цифрою 0.



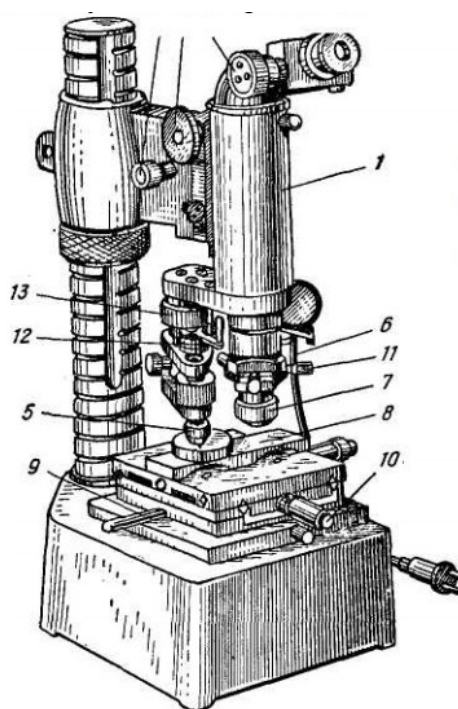
Рис 1. ПМТ-3 зовнішній вигляд.

Встановлений кристал проглядають через окуляр. За допомогою двох гвинтів столик переміщається в двох перпендикулярних напрямках, що дозволяє переміщати кристал і вибрати на ньому ділянку, в якій необхідно зміряти твердість. Цю ділянку слід розмістити в середині поля зору мікроскопа – точно у вершині кута нерухомої сітки. Потім встановлюють вантажі, повертають за допомогою ручки столик 9 на 180° (від одного упора до іншого) для підведення вибраної ділянки зразка під алмазну піраміду. Після цього повільним поворотом ручки 13 приблизно на 180° опускають шток з алмазною пірамідою так, щоб алмаз торкнувся зразка. В цьому положенні витримують зразок під навантаженням 5 – 10с, після чого, повертаючи ручку 13 в початкове положення, піднімають шток з алмазом. Потім повертають столик 8 на 180° і повертають зразок в початкове положення під об'єктив мікроскопа для вимірювання діагоналі відбитка. Якщо прилад правильно центрований, то зображення відбитка виявиться в полі зору мікроскопа або буде близьким до вершини кута нерухомої сітки.

Вимірювання діагоналі відбитка.

Обертанням гвинтів 11 підводять відбиток до косинця нерухомої сітки так, щоб вершина косинця співпала з лівим кутом відбитка (рис. 3-а), а пунктирні лінії косинця співпали з гранями лівої частини відбитка. Після цього обертанням мікрометричного барабана окуляра підводять вершину косинця рухомої сітки до протилежного кута відбитка (рис. 3-б); тоді пунктирні лінії косинця рухомої сітки поєднуються з гранями правої частини відбитка. При такому положенні сіток розташування мікрометричного барабанчика визначають довжину діагоналі відбитка. Повертаючи окуляр на 90° , визначають також довжину другої діагоналі

і обчислюють середню довжину діагоналі. Різниця двох показань, помножена на значення ціни поділки, дає справжню величину діагоналі відбитка.



- 1 – мікроскоп;
- 4 – окулярний мікрометр;
- 5 – шток з алмазною пірамідкою;
- 6 – опаклюмінатор;
- 7 – об'єктив;
- 8 – стіл для установки кристала;
- 9 – ручка столу;
- 10 – гвинт столу;
- 11 – регулювальні гвинти;
- 12 – вантажі;
- 13 – ручка навантаження.

Рис.2 ПМТ-3 для вимірювання мікротвердості (загальний вид).

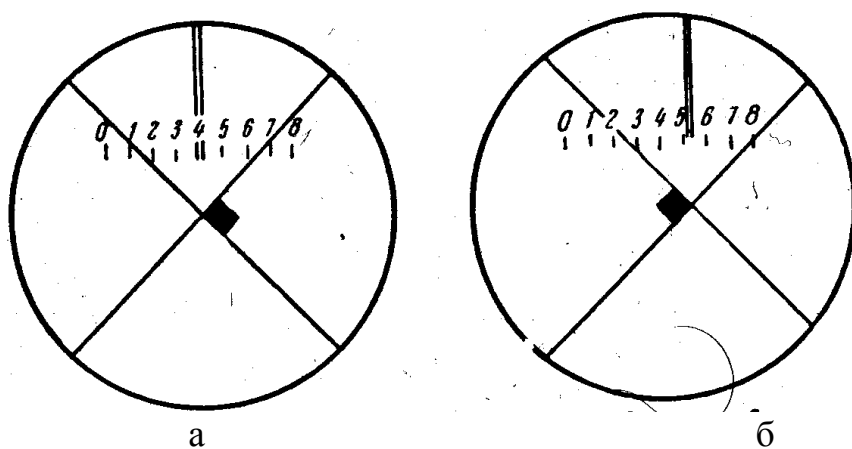


Рис.3. Вимірювання діагоналі відбитка.

Дослідження пластичної деформації навколо відбитка індентора.

Дислокації, що виникли при вирощуванні кристала, часто не приймають участі в пластичній деформації. Іноді легше утворити в кристалі нові (свіжі) дислокації, ніж зсунути з місця старі, які блоковані домішками. Пластична деформація навколо відбитка індентора, часто призводить до утворення дислокаційних петель в кристалографічних площинах, що являються площинами ковзання. В зв'язку із тим, що площинами ковзання в кристалах типу NaCl є площини $\{110\}$, то такі дислокації можна виявити у вигляді ямок травлення вздовж напрямків типу $\langle 100 \rangle$ та $\langle 110 \rangle$ при надавлюванні індентором на площину (100). Ці ямки утворюють характерну розетку – зірку фігур травлення (рис.4). Щоб виявити зірку фігур травлення дислокацій біля відбитка індентора, кристал

слід протравити. Довжина променів зірки фігур травлення пов'язана із межею текучості кристала і дозволяє мати інформацію про міцність і пластичність.

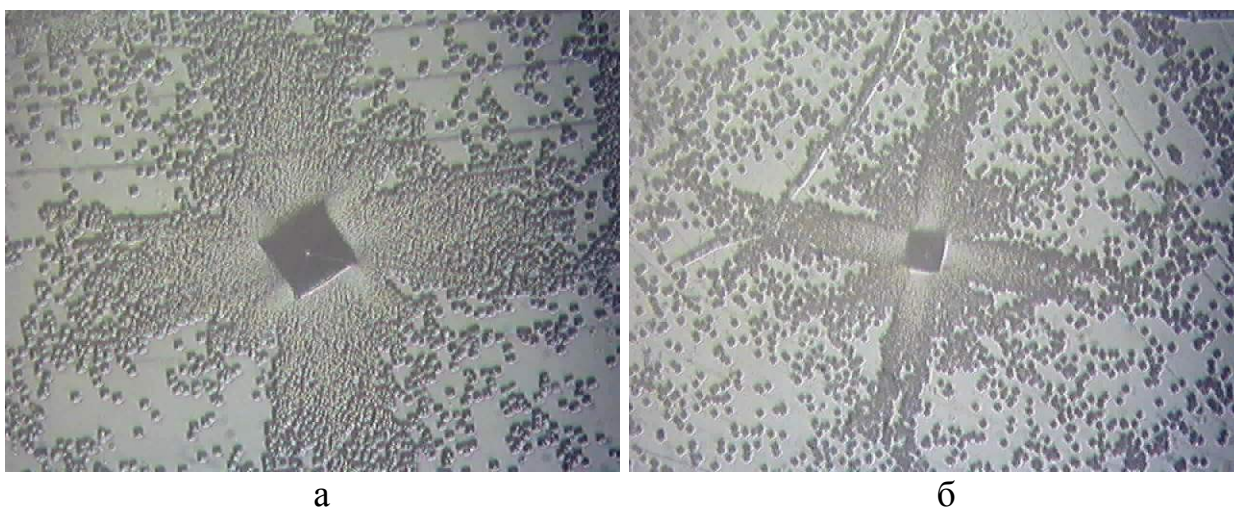


Рис.4. Зірка фігур травлення біля відбитку індентора: а) KCl, б) LiF.

Порядок виконання роботи.

1. Вивчити принциповий устрій та режим роботи ПМТ-3.
2. Виміряти мікротвердість кристалів при різних навантаженнях (10, 20, 30, 50, 100) г. При кожному навантаженні провести декілька вимірів. Побудувати графік залежності мікротвердості від навантаження в координатах $H - P$.

3 Протравити кристал для виявлення пластичної деформації навколо відбитка індентора при різних навантаженнях. Виміряти довжину пробігу l дислокацій в напрямках $\langle 100 \rangle$ (l_1) та $\langle 110 \rangle$ (l_2) по відстані головної дислокації від центра відбитка індентора. Результати вимірів занести в таблицю.

Таблиця.

Кристал	Навантаження P	(l_1)	(l_2)

Звіт

Звіт про виконану роботу повинен вміщувати:

1. Результати вимірювання мікротвердості кристалів зведені до таблиці.
2. Графіки залежності мікротвердості від навантаження для різних кристалів.
3. Графіки залежності довжини пробігу головної дислокації в напрямках $\langle 100 \rangle$ (l_1) та $\langle 110 \rangle$ (l_2) від навантаження.
4. Фотографії характерних дислокаційних структур.

Контрольні питання:

1. Для чого призначений метод мікротвердості?
2. Що дозволяє оцінити мікротвердість?
3. Як визначають мікротвердість?
4. Яким чином підготовлюють поверхню зразка для вимірювання мікротвердості?
5. Який індентор використовують при визначенні мікротвердості?
6. Який порядок роботи на приладі ПМТ-3?

Література.

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. - М.: Наука, 1978, с.691-716.
2. Рид Дж. Дислокации в кристаллах. М.: Металлургия, 1958.
3. Фридель Дж. Дислокации. М.: Мир, 1967.