

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Зетової Тетяни Расімовни «**Субструктурні та орієнтаційні зміни, що здійснюються в ході пластичної деформації двовимірних полікристалів алюмінію і міді при кімнатній температурі**», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла

1. Актуальність теми дисертації.

Як відомо, механічні характеристики полікристалічних матеріалів визначаються їх дефектною структурою, яка включає в себе недосконалості в межах кожного із зерен, а також різні границі розділу з різноманітною структурою. Субзеренна структура полікристалічних зразків, перш за все, характеризується розмірами субзерен та їх дезорієнтацією. Тому для того щоб спрогнозувати механічну поведінку зазначених матеріалів в умовах дії на них зовнішніх навантажень, необхідно отримати дані про їх вихідний структурний стан, а також мати інформацію про закономірності їх змін у процесі деформування, які призводять до появи в зразках субзеренної структури. Для розробки нових полікристалічних матеріалів з необхідними експлуатаційними механічними характеристиками потрібно встановити взаємозв'язок між субструктурними та структурними змінами, що відбуваються в зразках у ході їх пластичної деформації. Оскільки в полікристалічних зразках відбувається узгодження пластичної деформації і структурних та субструктурних змін в окремих зернах полікристалу, то виникає потреба в створенні такої методики, яка б дозволяла проводити дослідження одночасно на всіх його ділянках. Звідси стає очевидним, що проведення надійних прецизійних досліджень можливе лише за наявності такої методики, яка в умовах високого лінійного і кутового розділення забезпечує неперервність у часі отримання інформації про структурні зміни, що відбуваються в ході пластичного плину від усієї робочої поверхні зразка.

Зауважимо, що зазначене питання, яке безпосередньо пов'язане з визначенням структурних і субструктурних характеристик в кристалічних зразків, досить інтенсивно досліджувалось в останні роки. Найбільш поширеними серед методик структурних досліджень, були рентгенівські та електронно-мікроскопічні методики. Як з'ясувалось, зазначені методики були досить локальними і навіть найкращі з них надавали інформацію про характеристики субзеренної структури з площі зразка, яка не перевищує кілька квадратних міліметрів.

У зв'язку з цим, тема кандидатської дисертації Зетової Т.Р., в якій проведено дослідження, спрямовані на встановлення фізичних закономірностей і механізмів субструктурних та орієнтаційних змін, що здійснюються в ході пластичної деформації двовимірних полікристалів алюмінію і міді при кімнатній температурі з використанням методики отримання кольорних орієнтаційних карт, яка заснована на використанні ефекту дифракції білого світла на квазіперіодичній структурі поверхні зразка, є **актуальною**.

Про актуальність, наукову та практичну значимість теми дисертації свідчить і те, що основні наукові результати отримані здобувачкою при виконанні держбюджетної НДР: №0112U005922 «Нелінійні оптичні властивості, спектроскопія фоточутливих і комплексних діелектричних тонкоплівкових систем, оптоелектронні дослідження».

2. Основні наукові і практичні результати дисертації і їх новизна.

У дисертаційній роботі Зетової Т.Р. викладені наукові і практичні результати, які були отримані в результаті проведення комплексних експериментальних досліджень, спрямованих на встановлення фізичних закономірностей та механізмів субструктурних і орієнтаційних змін, що відбуваються в процесі пластичної деформації двовимірних полікристалів алюмінію і міді при температурі $T=293\text{K}$. Серед усіх наукових результатів, які були отримані Зетовою Т.Р. вперше, хочу відзначити такі.

1. Уперше виявлено ефект субструктурних та орієнтаційних змін, які відбуваються на початкових стадіях пластичної області деформації двовимірних полікристалів алюмінію, як спосіб релаксації напруженого стану зразка.
2. За допомогою оригінальної методики візуалізації змін субзеренної структури у процесі активного деформування двовимірного зразка полікристалічного алюмінію здобувачці вперше вдалось виявити ефект "розсіпання" границь зерен та встановити можливий механізм цього явища.
3. Експериментами доведено, що дрібні субзерна з широким спектром дезорієнтацій, що знаходяться поблизу границі, відіграють акомодатійну роль на границі крупного зерна при його пластичному деформуванні.
4. Виявлено, що в двовимірних полікристалічних зразках міді, які містять тільки двійникові границі, що перетинають всю поверхню зразка, у процесі їх пластичної деформації при температурі $T=293\text{K}$ поблизу двійникових границь виникають екструзії та інтрузії, як способи релаксації напруженого стану.
5. Встановлено, що у зразках міді з умовно "дрібнозернистою" мікроструктурою, де в зернах міститься велика кількість двійників при деформації у тілі кожного із зерен відбувається інтенсивне дислокаційне ковзання і розвиваються ротаційні ефекти. Показники пластичності таких зразків зростають одночасно зі збільшенням їх границі міцності.

3. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Для отримання достовірних наукових результатів здобувачка Зетова Т.Р. провела комплексні експериментальні дослідження з використанням нових методів і методик фізичного експерименту.

Дослідження структури поверхні зразків до та після їх деформування проводили за методом оптичної мікроскопії, а при дослідженні двійникових поверхонь двовимірних полікристалічних зразків використовували інтерферометр МП 4М.

Для дослідження субструктурних та орієнтаційних змін, що здійснюються в ході пластичної деформації двовимірних полікристалічних зразків алюмінію та міді, була використана методика отримання кольорних орієнтаційних карт. З метою збільшення лінійного та кутового розділення цієї методики було розроблено метод візуалізації візуально невиразних відтінків кольору на кольорних орієнтаційних картах.

Для визначення кристалографічної орієнтації зерен використовували рентгенографічний метод Лауе.

Крім цього, автором було розроблено комп'ютерну методику автоматичного визначення кристалографічної орієнтації всіх зерен зразка, фактора Шміда для всіх систем ковзання та атестації границь зерен.

Вважаю, що використані в дисертації Зетової Т.Р. теоретичні та експериментальні методи, за допомогою яких були отримані наукові результати та сформульовані висновки дисертації, є цілком **достовірними та обґрунтованими.**

4. Значимість отриманих результатів для науки та практичного використання.

З основних наукових результатів отриманих Зетовою Т.Р. в ході виконання дисертаційної роботи, зокрема, необхідно відзначити ті, які можуть в подальшому знайти практичне застосування.

Вважаю, що основні результати досліджень можуть бути використані при розробці полікристалічних матеріалів з ГЦК структурою з прогнозованими механічними характеристиками. Виявлені механізми аномально високої локальної пластичної деформації окремих зерен полікристалічних зразків, а також механізми виникнення і розвитку тріщин можуть бути використані при поглибленні уявлень теорії міцності та пластичності полікристалічних матеріалів. Крім цього, отримані результати можуть бути застосовані для прогнозування та поліпшення механічних властивостей функціональних і конструкційних матеріалів, що використовуються у вигляді стрічок, фольг і тонких плівок.

Перелічені вище **наукові і практичні результати** дисертації Зетової Т.Р. є новими. Усі вони були отримані вперше, що, зокрема, витікає із вивчення змістовного літературного огляду, укладеного здобувачкою на основі критичного аналізу текстів наукових робіт за темою дисертації.

5. Повнота викладення наукових і практичних результатів дисертації в опублікованих працях. Завершеність і стиль викладення.

Основні наукові результати дисертації Зетової Т.Р. достатньо повно відображені у 22 наукових працях, з них 9 статей у фахових наукових виданнях, 11 тез доповідей на вітчизняних та міжнародних наукових конференціях та 2 патента на винахід.

Рівень і кількість публікацій та апробація матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам ДАК МОН України.

Основну стратегію і зміст наукових досліджень, а також тлумачення фізичної суті отриманих наукових результатів у дисертації Зетової Т.Р. викладено чітко і послідовно із застосуванням наукового стилю викладення.

Зміст автореферату кандидатської дисертації Зетової Т.Р. досить повно і об'єктивно відбиває зміст основних положень дисертації.

6. Зауваження до змісту дисертації.

1. У дисертаційній роботі забагато висновків для кандидатської дисертації.
2. У дисертаційній роботі немає даних щодо мікроструктури зразків, одержаних з використанням методик растрової та просвічувальної електронної мікроскопії.
3. На декількох рисунках в дисертаційній роботі не наведено масштаб, а саме: рис. 2.6, рис. 2.9, рис. 2.11, рис. 2.12.
4. Бажано було б пояснити, чому деформування зразків в режимі активного навантаження проводили з дуже малою швидкістю деформації $\dot{\epsilon} \approx 5 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$.

Разом з тим, вказані зауваження не ставлять під сумнів основні наукові та практичні результати, положення і висновки дисертаційної роботи і не впливають на її позитивну оцінку.

Відповідність встановленим вимогам до кандидатських дисертацій.

Вважаю, що дисертаційна робота Зетової Т.Р. за змістом, суттю та ступенем новизни одержаних результатів відповідає паспорту спеціальності 01.04.07 – «фізика твердого тіла», фізико-математичні науки. Дисертація є завершеною науково - дослідною роботою, що розв'язує важливе наукове завдання, яке полягає у встановленні фізичних закономірностей та механізмів, субструктурних і орієнтаційних змін, що здійснюються в ході пластичної деформації двовимірних полікристалів алюмінію і міді при кімнатній температурі. Дисертаційна робота повністю відповідає всім вимогам, які ставляться «Порядком присудження наукових ступенів», затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 567, до кандидатських дисертацій, а її автор Зетова Т.Р. заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – «фізика твердого тіла».

Офіційний опонент,
завідувач кафедри фізики
Харківського національного
університету міського господарства
імені О.М. Бекетова,
доктор фізико-математичних наук,
професор



О.М.Петченко

Підпис проф. Петченка О.М. засвідчую.
Вчений секретар ХНУМГ імені О.М. Бекетова



Д.В.Тугай