

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Погрібної Юлії Михайлівни**  
**«Механізми формування та мікроструктурні характеристики**  
**нанокристалічного стану титану, отриманого кріодеформацією»,**  
представленої на здобуття наукового ступеня  
кандидата фізико-математичних наук  
за спеціальністю 01.04.07 - «фізика твердого тіла»

**Актуальність обраної теми.** Пріоритетним напрямком сучасної фізики твердого тіла є розробка та вдосконалення науково обґрунтованих методів отримання наноструктурних (НС) металічних матеріалів, що забезпечує більш глибоке вивчення незвичайних властивостей матеріалів даного класу. Об'ємні НС металічні матеріали в основному отримують з застосуванням методів, пов'язаних з інтенсивною пластичною деформацією (ІПД). У випадку гексагональних щільноупакованих (ГЩУ) металів таких як титан та цирконій застосування ІПД методів дозволяє одержати лише ультрадрібнозернисті (УДЗ) заготовки, тобто з субмікронним середнім розміром зерна. Нанокристалічний (НК) стан (зерно менше 100 нм) цих металів вдалося отримати лише останнім часом, застосувавши метод кріомеханічної фрагментації зерна (КМФЗ). Вказаний метод отримання НК стану був запропонований базуючись лише на загальній інформації про схильність ГЩУ металів до механічного двійникування при обмеженій активності деформації ковзанням. В зв'язку з цим постала достатньо **актуальна** задача більш глибокого вивчення процесів пов'язаних з подрібненням зерна до наномасштабних значень та встановлення фізичних механізмів формування об'ємного НК стану титану та інших ГЩУ металів. Зокрема, на **важливість і актуальність** виконаних в дисертаційній роботі Ю.М. Погрібної досліджень вказує також той факт, що частина їх виконана в рамках Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» (номер держреєстрації 0110U006594, термін виконання 2010 – 2014 рр.).

**Ступінь новизни отриманих результатів.** Найбільш істотні результати, що визначають наукову **новизну** роботи полягають, на мій погляд, в наступному:

– З'ясовано вплив ступеня деформації вальцюванням до великих значень ( $|e| = 3$ ) при  $\sim 77$  К на розмір зерна, як способу формування НК стану титану

BT1-0. Встановлено граничний середній розмір зерна титану, який складає ~ 35 нм.

– Виявлено стабільний характер залежності розміру зерна від ступеня криодеформації. Запропоновано фізичний механізм формування НК стану титану BT1-0.

– Встановлено залежність мікроструктурних характеристик (розмірів областей когерентного розсіювання, мікродеформацій) від ступеня криодеформації.

– Спостережено близькість значень розміру зерен до розміру областей когерентного розсіювання, при досягненні НК стану, що вказує на досконалу внутрішню структуру нанозерен.

– Встановлена термічна стабільність (нижче ~ 450 °C) наноструктурного стану, сформованого криомеханічною фрагментацією зерна.

Важливо відмітити, що всі ці результати отримані **вперше**.

**Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.** Наведені в дисертаційній роботі Ю.М. Погрібної наукові положення, висновки і рекомендації є науково обґрунтованими і базуються на використанні добре апробованих методів, що використовуються у фізиці твердого тіла та аналізі літературних джерел за темою проведених досліджень. Виконано також критичний порівняльний аналіз отриманих результатів з результатами інших дослідників.

Достовірність отриманих здобувачем Ю.М. Погрібною наукових результатів забезпечена комплексним характером виконаних досліджень мікроструктури з використанням надійних та незалежних експериментальних методів, а саме: оптичної та просвічуючої електронної мікроскопії і рентгенівської дифрактометрії, а також методів механічних випробувань: квазістатичний розтяг (стиск) і вимірювання мікротвердості.

Згідно з викладеним вище **обґрунтованість** та **достовірність** отриманих експериментальних результатів, наукових положень, як і висновки результатів дослідження і рекомендації, що сформульовані в дисертаційній роботі, не підлягають сумніву.

**Практичне та наукове значення отриманих результатів.** Результати виконаних досліджень показали ефективність методу криомеханічної фрагментації зерна для формування високоміцного термічно стабільного НК стану титану з середнім розміром зерна в декілька десятків нанометрів. Застосування методу криомеханічної фрагментації зерна дозволяє виготовлення НК заготовок титану BT1-0 без суттєвих обмежень на розмір та форму. Зокрема, за результатами спільних з Інститутом патології хребта та



суглобів ім. проф. М.І. Ситенко АМН України медико-біологічних досліджень доведено, що нано- та субмікрористалічний титан, отриманий цим методом, зберігає високі показники біосумісності.

Результати дисертаційної роботи суттєво розширюють наукові уявлення щодо нанокристалічних матеріалів, отриманих методом криомеханічної фрагментації зерна, що важливо для подальшого розвитку теорії низькотемпературної міцності та пластичної деформації НК матеріалів з ГЩУ ґраткою.

#### **Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях.**

Основні результати роботи повністю викладено у 19 наукових працях, з яких 6 статей (1 – 6) опубліковано у провідних наукових журналах України та за кордоном, а також у тезах 13 доповідей на міжнародних наукових конференціях, де отримали позитивну оцінку. Усі статті опубліковано в наукових виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз даних та задовольняють вимогам Департаменту атестації кадрів МОН України до публікацій, на яких ґрунтується дисертація. Аналіз представлених публікацій дає підставу стверджувати, що всі основні положення дисертації в повній мірі опубліковано та апробовано на конференціях.

Зміст автореферату і публікацій повністю відповідають основним положенням дисертації. Серед публікацій немає тотожних. Оформлення дисертаційної роботи та автореферату, який **відповідає змісту дисертаційної роботи**, задовольняє вимогам державних стандартів і ДАК МОН України.

Дисертаційну роботу написано грамотно, стиль викладення результатів, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання.

#### **Зауваження щодо змісту дисертації.**

1. З тексту дисертаційної роботи не зрозуміло, як ідентифікувався тип двійників ( $\{10\bar{1}2\}$  і  $\{11\bar{2}2\}$ , двійники розтягу  $\{11\bar{2}1\}$  всередині двійників стиснення  $\{11\bar{2}2\}$ ), наведених на рис.3.2 .
2. В четвертому розділі бажано було більш чітко викласти вплив відносної активності ковзання і двійникування на перерозподіл відносних інтегральних інтенсивностей в залежності від ступеня стиснення.
3. В п'ятому розділі при обговоренні питання термічної стабільності нанокристалічного титану не надано пояснення зареєстрованому різному впливу температури відпалу на величину умовної межі плинності і мікротвердості.
4. В роботі встановлено що контролюючу роль в подрібненні зерна відіграє механічне двійникування. Але його активність суттєво залежить від

температури, особливо в області виконаних досліджень. Тому для ствердження відповідності температури вальцювання температурі кипіння рідкого азоту (77,3 К) бажано було б мати більш переконливі докази.

5. На деяких експериментальних графіках слід було б вказати похибку вимірювань.

Наведені зауваження суттєвим чином не впливають на значимість і достовірність одержаних в дисертаційній роботі результатів і цінність зроблених загальних висновків.

**Відповідність встановленим вимогам до кандидатських дисертацій.**

Дисертаційна робота Погрібної Юлії Михайлівни «Механізми формування та мікроструктурні характеристики нанокристалічного стану титану, отриманого кріодеформацією» за своїм змістом, актуальністю, об'єму виконаних досліджень та ступенем новизни одержаних результатів задовольняє вимогам паспорту спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій було розв'язано важливу наукову задачу в області фізики твердого тіла, суть якої полягає у експериментальному встановленні фізичних механізмів формування об'ємного нанокристалічного стану ГЩУ металу (титану) з визначенням контролюючої ролі механічного двійникування.

За структурою, обсягом та оформленню дисертаційна робота свідчить про високий науковий рівень автора та відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Ю.М. Погрібна заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент:

професор кафедри

фізики металів і напівпровідників

Національного технічного університету

"Харківський політехнічний інститут"

МОН України, доктор фіз.-мат. наук,

професор

