

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Смолянця Руслана Володимировича «**Механізми пластичної деформації нанокристалічного титану, отриманого кріомеханічною фрагментацією зерна**», представлену на здобуття наукового ступеня канд. фіз.-мат. наук за спеціальністю 01.04.07 – «фізика твердого тіла»

1. Актуальність теми дисертації. Отримання наноструктурованих (НС) матеріалів, які характеризуються унікальними властивостями, та з'ясування їх фізичної природи, є важливою задачею сучасної фізики твердого тіла. В зв'язку з цим виконані в дисертаційній роботі Смолянця Руслана Володимировича дослідження закономірностей пластичної деформації об'ємного нанокристалічного (НК) титану технічної чистоти VT1-0 з унімодальним та гетерогенним (бімодальним) розподілом зерен за розміром в достатньо широкому інтервалі температур 4,2 – 395 К є актуальними з точки зору з'ясування фізичних механізмів пластичної деформації НК металів з ГЩУ ґраткою.

Про актуальність, наукову і практичну значущість теми дисертації переконливо свідчить також те, що основні наукові результати отримані здобувачем при проведенні наукових досліджень в рамках п'яти Державних програм України, в тому числі, і проекту: «Дослідження механізму керованого формування об'ємного нанокристалічного стану титану з метою розроблення фізичних основ технології виготовлення нових функціональних матеріалів» в рамках Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» (номер держреєстрації 0110U006594, термін виконання 2010 – 2014 рр.).

Основні наукові результати та їх новизна. У дисертації Р.В. Смолянця викладені результати встановлення впливу наномасштабного розміру зерна на основні характеристики міцності і пластичності об'ємного НК ГЩУ титану технічної чистоти VT1-0 з метою з'ясування особливостей фізичних механізмів пластичної деформації. Серед основних наукових результатів, що одержані вперше та визначають наукову новизну роботи, слід відзначити наступні:

1. На основі теорії термічно активованого подолання дислокаціями локальних бар'єрів виконано термоактиваційний аналіз експериментально одержаних залежностей межі плинності і швидкісної чутливості від температури та

визначено механізм пластичності НК титану – термічно активований рух дислокацій через домішкові бар'єри в об'ємі зерен.

2. **Показано**, що теоретичний аналіз одержаних температурних залежностей умовної межі плинності і її швидкісної чутливості при варіації розміру зерен від 35 нм до 2 мкм і температури від 4,2 К до 395 К дозволяє розділити ефекти домішкового і зернограничного зміцнення.

3. **Встановлено**, що на противагу звичайному великозернистому полікристалічному титану, де внутрішні напруження обумовлені як розміром зерна, так і внутрішньозеренною субструктурою, в мономодальному НК титані їх величина визначається виключно розміром зерна. Цей результат є опосередкованим, але переконливим підтвердженням даних ПЕМ та рентгенодифракційних досліджень про неможливість накопичення в нанозернах скупчення дислокацій.

4. **Встановлено**, що відповідність залежності межі плинності від розміру зерна в діапазоні 35 нм – 20 мкм співвідношенню Холла-Петча при температурах $T > 200$ К пов'язана з дією внутрішньозеренних дислокаційних джерел. Таким чином ЗГ зміцнення досліджуваного НК титану при низьких температурах пов'язані з інтенсифікацією ЗГ дислокаційних джерел.

5. **Виявлена** низькотемпературна особливість ЗГ зміцнення ($d = 80 - 35$ нм) як «позитивне» відхилення від співвідношення Холла-Петча в бік більш високих значень напруження. Це пояснюється появою залежності діаметра дислокаційної петлі ЗГ джерела від розміру зерна: напруження її зародження є обернено пропорційне розміру зерна.

Перераховані вище наукові результати дисертації Р.В. Смолянця є новими. Всі вони отримані вперше, що, також, підтверджується висновками літературного огляду, зробленого здобувачем на основі детального аналізу текстів наукових монографій і поточних наукових публікацій за темою дисертації.

Достовірність отриманих в роботі результатів. Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень та висновків.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Р.В. Смолянця є високою. Вона базується на аналізі літературних джерел за проблемою виконаних досліджень та

співставленні і критичному аналізі отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників. Дисертаційна робота є закінченою науковою працею, що становить детальний огляд літератури в поєднанні з оригінальними результатами та зробленими висновками.

Достовірність отриманих здобувачем Р.В. Смолянцем наукових результатів забезпечена комплексним характером проведених досліджень з використанням добре відомих, надійних і незалежних методів, що використовуються у фізиці твердого тіла та фізичному матеріалознавстві. Застосовувалися трансмісійна електронна мікроскопія, гідростатичне зважування, одновісний квазістатичний розтяг, в тому числі зі зміною швидкості деформації, а також був використаний теоретичний метод термоактиваційного аналізу при визначенні контролюючого дислокаційного механізму пластичності. Згідно з наведеним вище **обґрунтованість і достовірність** отриманих результатів, наукових положень, висновки результатів дослідження і рекомендації, що сформульовані в дисертаційній роботі, не підлягають сумніву.

Наукова і практична значимість результатів дисертації. Отримані у дисертаційній роботі Р.В. Смолянця наукові результати є корисними і можуть бути використані для поглиблення уявлень фізики міцності та пластичності наноструктурованих матеріалів, які характеризуються унікальними конструкційними та функціональними властивостями і суттєво відрізняються від їх великозернистих аналогів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці конкретних технологічних схем для створення нанокристалічного стану з різним розподілом зерен за розмірами в ГЩУ металах, таких як титан, цирконій та інших шляхом використання методу кріомеханічної фрагментації зерна. Отриманий в такий спосіб НК стан обумовлює значне підвищення міцності матеріалу, а також покращення його біосумісності та біоактивності, корозійної і радіаційної стійкості.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях. Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані в 27 наукових працях, у тому числі у 7 статтях в провідних наукових журналах України та інших країн. Трактовка фізичного змісту отриманих наукових

результатів в дисертації викладена чітко і послідовно з дотриманням наукового стилю.

Результати дисертаційної роботи можуть бути рекомендовані до використання в наукових установах, у яких ведуться теоретичні та експериментальні дослідження властивостей нових наноструктурних матеріалів: Інститут Проблем Матеріалознавства ім. Францевича НАН України (м. Київ), Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України (м. Київ), Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України (м. Харків), Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України (м. Харків), Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна МОН України, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» МОН України.

У цілому, рівень і кількість публікацій та апробація матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам ДАК МОН України.

Автореферат є ідентичним з основним змістом та положеннями дисертації і достатньо повно відображає наукові результати, які отримані здобувачем.

6. Зауваження по тексту дисертації.

На жаль у дисертаційній роботі Смолянця Р.В. присутні деякі недоліки. На мій погляд з цієї точки зору слід звернути на таке:

1. З одного боку автор дисертації стверджує, що зміцнення досліджуваного НК матеріалу при низьких температурах пов'язане виключно з інтенсифікацією дії ЗГ дислокаційних джерел. З іншого боку відомо, що межі зерен являються також ефективними центрами процесу анігіляції дислокацій (див. Малигін Г.А., ФТТ, т.49, в.8, 2007). Це питання не враховується при обговоренні результатів дослідження.

2. Потребує також більш поглибленого пояснення протікання процесу деформації досліджуваного матеріалу механізмом «наноदвійникування» та причин його підвищеної ролі при низьких температурах.

3. Є також зауваження до стилістичної коректності використання дисертантом деяких термінів, наприклад: «термоактиваційний аналіз», «зсувна» природа процесу зростання зерен та ін.

Наведені зауваження не є суттєвими і істотно не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Відповідність встановленим вимогам до кандидатських дисертацій.

Дисертаційна робота Смолянця Руслана Володимировича «Механізми пластичної деформації нанокристалічного титану, отриманого кріомеханічною фрагментацією зерна» 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, яка розв'язує важливе наукове завдання, суть якого полягає у встановленні закономірностей і аналізі механізмів впливу наномасштабного розміру зерна на міцність і пластичність об'ємного НК титану технічної чистоти VT1-0.

За структурою, обсягом та оформленню дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» щодо кандидатських дисертацій та свідчить про високий науковий рівень автора, а здобувач Р.В. Смолянець заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент:

доктор фіз. - мат. наук,

професор

Харківського національного університету

імені В.Н. Каразіна



Ю.І. Бойко

Підпис засвідчую
Начальник служби управління
персоналом

