

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Маца Вячеслава Олександровича «Радіаційно-стимульовані процеси у наноструктурованих цирконію та $Zr1Nb$, $Zr2,5Nb$ сплавах під дією електронного випромінювання», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 - «фізика твердого тіла»

Актуальність обраної теми. Створення наноструктурного стану з використанням деформаційних методів є сучасним альтернативним легуванню способом покращення конструкційних і функціональних властивостей металічних матеріалів. В цьому сенсі дослідження впливу характеристик мікроструктури, яка сформована в такий спосіб, на процеси деформування та механічні властивості полікристалів, вивчення дислокаційних механізмів пластичної деформації металів і сплавів в залежності від їх вихідної мікроструктури продиктовано як природним ходом розвитку фізики твердого тіла, так і потребами практики.

Дисертаційна робота Маца Вячеслава Олександровича присвячена розв'язанню актуальної наукової задачі, яка полягає у встановленні фізичних закономірностей створення мікро- і наноструктурованого стану у зразках цирконію та його сплавах $Zr1Nb$, $Zr2,5Nb$ і впливу опромінення електронами на характер зміни структури та механічних властивостей. Актуальність теми роботи підтверджується так само й тим, що вона пов'язана з виконанням наукових досліджень в рамках п'яти Державних програм України: "Державна програма фундаментальних і прикладних досліджень з проблеми використання ядерних матеріалів і ядерних радіаційних технологій у сфері розвитку економіки" (ІН. № 0809991UP0009; 2006 р.); програма робіт з Атомної науки і техніки "Дослідження взаємозв'язку структури, сформованої із застосуванням інтенсивних пластичних деформацій і конденсацій при криогенних температурах, ультразвукових, термічних і магнітних дій і фізико-механічних властивостей металів, сплавів і з'єднань, перспективних для використання в атомній енергетиці" (2006 – 2010 р.р.); програма Науково-дослідний комплекс (НДК) "Прискорювач" "Формування, прискорення потужних і сильнострумових потоків електронів і дослідження ядерно-фізичних процесів при взаємодії прискорених часток з речовиною" на 2010 р.; програма НДК "Прискорювач" "Розробка нових і модернізація існуючих лінійних прискорювачів і розвиток радіаційних і ядерних технологій для медицини і промисловості" на 2011 р.); програма АНТ ННЦ "ХФТІ" "Експериментальні і теоретичні дослідження впливу різних фізичних полів (температурно-силових, радіаційних, магнітних, електричних) на формування структури і фізичних властивостей матеріалів атомної енергетики" на 2011 – 2015 р.

Основні наукові і практичні результати та їх новизна. В дисертації В.О. Маца проведено систематичне дослідження особливостей формування наноструктурованих станів цирконію високої чистоти і його сплавів з ніобієм при вальцюванні до високих ступенів обтиску та їх стійкості при опроміненні електронами.

Серед основних наукових результатів, одержаних в роботі, що визначають наукову новизну роботи, слід відзначити:

Шляхом холодного вальцювання («плющення», згідно термінології здобувача) при температурі 300 К в зразках цирконію і його сплавах з ніобієм Zr1Nb, Zr2,5Nb сформований наноструктурний стан з великою концентрацією висококутових границь зерен, який забезпечує зростання міцності без суттєвої втрати пластичності.

Для нано- та мікроструктурованих цирконію і сплавів Zr1Nb, Zr2,5Nb встановлені механізми та фізичні закономірності проходження релаксаційних процесів у результаті опромінення електронами з енергією до 10 MeV, які полягають у зниженні рівня внутрішніх напружень і знеміцненні матеріалів.

Встановлено, що зміна концентрації і стану границь нанооб'ємів внаслідок опромінення, вірогідно, обумовлена розвитком мікропластичної течії за дифузійним механізмом, а також розсіюванням механічних хвиль на дефектах деформаційного походження.

Показано, що в процесі одновісного розтягування опроміненого зразка сплаву Zr1Nb відбувається трансформація наноструктурного стану, яка полягає в розвитку трансляційної моди та руйнуванні початкових дефектів з утворенням нових границь.

За методом термодесорбційної спектроскопії в наноструктурованому та опроміненому сплаві Zr1Nb встановлено істотне зміщення температурного інтервалу десорбції дейтерію з 1400 К до 700 К і збільшення кількості газу, що виділяється завдяки підвищенню кількості дифузійних шляхів для накопичення та міграції дейтерію у сплаві.

За методикою плазмової маспектроскопії встановлено, що в Zr-Nb сплавах після деформації та опромінення відбувається перерозподіл атомів ніобію від поверхні по об'єму.

Перераховані вище наукові результати дисертації В.О. Маца є новими. Всі вони були отримані вперше і раніше не були відомі фахівцям, інтереси яких пов'язані з оптимізацією технології обробки реакторних матеріалів. Це, зокрема, впливає і з вивчення змістовного літературного огляду, складеного здобувачем на основі критичного аналізу текстів наукових монографій і поточних наукових публікацій за темою дисертації.

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі В.О. Маца є високою і базується на аналізі літературних джерел за проблемою роботи, гармонійній постановці мети і задач досліджень, співставленні і критичному аналізу отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників. Дисертаційна робота є закінченим науковим трудом, що становить добротний огляд літератури поєднаний з оригінальними експериментальними знахідками та результатами спрямованими на впровадження.

Достовірність отриманих здобувачем В.О. Мацом наукових результатів забезпечена комплексним характером проведених досліджень з використанням добре відомих, надійних і незалежних методів, що використовуються у фізиці твердого тіла, матеріалознавстві, а також в прикладній та експериментальній фізиці. Маються на увазі трансмісійна електронна мікроскопія, рентгенівська дифрактометрія, механічні випробовування на розтягування, термодесорбційна спектрометрія, мас-спектрометрія високого розділення. Згідно з викладеним вище **обґрунтованість і достовірність** отриманих результатів, наукових положень, висновки результатів дослідження і рекомендації, що сформульовані в дисертаційній роботі, не підлягають сумніву.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання. Отримані у дисертаційній роботі В.О. Маца наукові результати можуть бути застосовані для поглиблення уявлень фізики міцності та пластичності наноструктурних матеріалів, які будуть мати унікальні механічні та функціональні властивості і суттєво відрізнятимуться від властивостей крупнозеренних їх аналогів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці практичних схем для створення у цирконії та його сплавів з ніобієм наноструктурованого стану шляхом використання методів, пов'язаних з інтенсивною пластичною деформацією. Отримані дані ілюструють, що створений таким чином напружений стан наноструктури позитивно впливає на міцнісні властивості цирконію та його сплавів, зокрема, підвищує міцність і паралельно – ступінь радіаційної стійкості.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях. Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані в 14 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.

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

Автореферат є ідентичним за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем.

По тексту дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. Для надійного ствердження, що основним типом дефектів є висококутові границі (тобто, з дезорієнтацією більше 15°) в роботі не надано достатніх доказів, як то: даних темнопільних електронномікроскопічні зображень чи кутів дезорієнтації відповідних структурних елементів. Наведені в таблицях 3.1 і 4.1, та на рис. 4.3 дані стосуються субзерен, кути дезорієнтації яких в своїй більшості є мало кутовими.

2. Наноструктурований стан цирконію та його сплавів з ніобієм в роботі був одержаний холодним вальцюванням (чомуось, плющенням), що є одним із стандартних методів обробки металів тиском. Уживаний в роботі термін «інтенсивні пластичні деформації» (ІПД) не є зовсім доречним, бо стосується інших умов деформування, як то: рівноканальне кутове пресування (РКУП), кручення під високим тиском, тощо.

3. Як спосіб формування наноструктурованого стану в досліджених матеріалах було використано вальцювання до дуже високих ступенів без проміжних відпалів без порушення суцільності фольги. Само по собі це є непростою технологічною задачею. Було б доцільним описати режим деформування більш детальноше.

4. Є стилістичні зауваження і щодо термінів. Текст перенасичений різними термінами відносно одного й того ж структурного елементу, що заважає відстежувати його зміну. Яка різниця, наприклад, мається на увазі в при використанні одночасно термінів «субмікродисперсна» і «нанозеренна» структура, або «субзерно», «нанокристаліт», «нанозерно», тощо. В підписі до рис. 4.2 замість «Наноструктура цирконію, сплава ...» природньо було б написати «Світлопільне електронно-мікроскопічне зображення ...». Недоречним є вираз «нанокристалічна ґратниця» або «...наноструктурований стан кристалічної ґратниці».

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

Відповідність встановленим вимогам до кандидатських дисертацій.

Дисертаційна робота Маца Вячеслава Олександровича «Радіаційно-стимульовані процеси у наноструктурованих цирконію та $Zr1Nb$ і $Zr2,5Nb$ сплавах під дією електронного опромінення» 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 визначенні фізичних закономірностей між параметрами наноструктури Zr, Zr1Nb і Zr2,5Nb з механічними і термодесорбційними характеристиками, а також вплив на них електронного опромінення. За структурою, обсягом та оформленням відповідає вимогам дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» щодо кандидатських дисертацій та свідчить про високий науковий рівень автора, а здобувач В.О. Мац заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент,
Старший науковий співробітник
відділу фізики реальних кристалів
Фізико-технічного інституту низьких температур
ім. Б.І. Веркіна НАН України,
старший науковий співробітник,
кандидат фізико-математичних наук

В.А. Москаленко

Підпис В.А. Москаленко засвідчую,

Вчений секретар
Фізико-технічного інституту низьких температур
ім. Б.І. Веркіна НАН України,
кандидат фізико-математичних наук



О.М. Калиненко