

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Шовкопляс Оксани Анатоліївни
«Вплив умов формування та терморадіаційної обробки
на структуру й властивості покриттів системи Ti-W-C і Ti-W-B»,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-
математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла

Дисертаційна робота Шовкопляс Оксани Анатоліївни присвячена дослідженню структури та фізико-механічних властивостей покриттів системи Ti-W-C і Ti-W-B. Покриття осаджували методом магнетронного розпилення на постійному струмі за різних температур підкладки та різного складу мішеней для розпилення. Підкладками слугували пластини із кристалічного кремнію, алюмінію, берилію, танталу, ніобію та ситалу. Отримані покриття відпалювали у вакуумі за температур до 1 170 K та піддавали радіаційному опроміненню протонами з енергіями до 200 кеВ.

Дисертаційне дослідження є вельми актуальним, оскільки одним із найголовніших завдань сучасного матеріалознавства є отримання твердих захисних та зносостійких покриттів з унікальним комплексом стабільних та необхідних експлуатаційних характеристик. Серед основних методів одержання покриттів широко використовують методи магнетронного розпилювання та вакуумного дугового осадження. Так, змінюючи тиск робочого газу, потенціал зміщення на підкладки, її температуру та інші фізичні параметри осадження можна регулювати формування структурно-фазового стану таких матеріалів і, як наслідок, фізико-механічних властивостей у широкому діапазоні, що дозволяє вирішувати різні технологічні проблеми, пов'язані з твердими захисними та зносостійкими покриттями. Комплексні дослідження, які проведені в даній дисертаційній роботі, містять результати, що розширюють знання про структуру та властивості Ti-W-C- і Ti-W-B-покриттів, а отже, являють **актуальну задачу** фізики твердого тіла, зокрема матеріалознавства в галузі покриттів.

Треба зазначити, що дисертаційна робота Шовкопляс О. А. виконана в рамках держбюджетних тематик, а саме: № 0112U000402 «Розробка матеріалознавчих основ створення нанокompозитних покриттів і модифікованих шарів з підвищеними високотемпературними функціональними властивостями»; № 0113U001079 «Багатокомпонентні композиційні матеріали та покриття на основі наосполук тугоплавких металів»; № 0113U000424 «Дослідження еволюції структурно-фазового стану багатокомпонентних композиційних матеріалів та покриттів при зовнішньому впливі»; № 0115U000508 «Розробка матеріалознавчих основ створення композиційних матеріалів з високими фізико-механічними властивостями» та госпдоговору № 20462 «Розвиток структурного підходу до оптимізації технологічного процесу одержання покриттів».



Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, приміток та списку використаних джерел. Дисертація написана українською мовою.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі дослідження. Наводяться відомості про отримані наукові та практичні результати, особистий внесок здобувача в працях, опублікованих у співавторстві, апробацію та публікації результатів дисертації.

Перший розділ є літературним оглядом з проблематики дисертаційної роботи. Тут проведено аналіз сучасних наукових праць, присвячених вивченню структури й властивостей багатоконпонентних покриттів на основі перехідних металів. Зроблено огляд діаграм стану систем Ti-W-C та Ti-W-B та їх першопринципних розрахунків.

У **другому розділі** дисертації здобувачем описані експериментальні технологічні та вимірювальні методи, а також теоретичні методики, які були застосовані для проведення досліджень. У цьому ж розділі обґрунтована доцільність вибору методу магнетронного розпилення та описані параметри осадження, відпалу та іонного опромінення. Представлено інформацію про синтезовані мішені для розпилення. Описані експериментальні методи дослідження – рентгенофлуоресцентної спектроскопії, зворотного резерфордівського розсіяння, растрової мікроскопії з мікроаналізом, рентгенодифракційного аналізу, просвічуючої електронної мікроскопії, мікро- і наноіндентування, скретч-тестування.

Розділи 3-5 містять оригінальні результати, отримані дисертантом в процесі виконання планових завдань дисертації. Зокрема, структура та напружений стан вивчається в **Розділі 3** (Ti-W-C-покриття) та в **Розділі 4** (Ti-W-B-покриття). **Розділ 5** містить аналіз результатів мікро- та наноіндентування і скретч-тестування осаджених покриттів. З моєї точки зору, найбільш вагомими є наступні результати:

1) Встановлено, що при температурах підкладок, вищих за 570 K, в покриттях формуються кристаліти з ГЦК-решіткою для карбідів та гексагональною решіткою для боридів.

2) Виявлено, що зменшення вмісту титану супроводжується зменшенням концентрації вуглецю і бору у відповідних покриттях.

3) Показано, що формування пересичених твердих розчинів Ti-W-C- та Ti-W-B-систем та формування нижчих за вуглецем (W_2C) та бором (WB) фаз, відповідно, призводить до диспергування кристалів й росту мікрореформації.

4) Обґрунтовано модель росту магнетронних покриттів системи Ti-W-B із переважним збільшенням розміру кристалітів вздовж осі росту зі збільшенням товщини покриттів, які знаходяться під дією напружень стиснення.

5) Встановлено, що твердість покриттів зростає з ростом температури підкладки (до ~ 1100 K) для карбідів – до ~ 40 ГПа й для боридів – до ~ 60 ГПа.

6) Показано, що фазовий склад і структура осаджених покриттів є стійкими до високотемпературного відпалу (до 1370 K) у вакуумі ($\sim 10^{-6}$ Торр) та до високодозного опромінення протонами з енергією 200 кеВ.

Висновки дисертаційної роботи відображають її мету і задачі та обґрунтовані проведенними дослідженнями.

Автореферат правильно відображає зміст дисертації.

Зауваження та коментарі.

Вступ.

1) Пункти 3 і 4 «Наукова новизна отриманих результатів». При характеристиці деформовано-напруженого стану покриттів необхідно було б надати інформацію про підкладку, на котру були осажені ці покриття.

Розділ 1.

2) При характеристиці фаз (TiC, WC, TiB, WB, WB₄) не представлено їх просторові групи.

3) Помилка у описі складових формули для енергії формування на стор. 34, а саме, замість «енергія атому типу і» треба «енергія кристалу типу і».

Розділ 2.

4) Висновки до розділу 2, пункт 2. В пункті сповіщається про вплив потенціалу зміщення, але в розділі про нього нічого не повідомляється. Зокрема, чи це радіочастотне зміщення, чи воно є результатом прикладення постійної напруги до підкладкотримача. В розділі також не приведені дані про потужність розряду та робочий тиск у камері при осадженні покриттів.

Розділ 3.

5) Із Рис. 3.20 а, крива 1 (стор. 93) випливає, що параметр решітки карбіду титану в TiC-покритті є приблизно 4,38 Å, а в об'ємі в рівновазі за літературними даними ця величина становить 4,33-4,35 Å. Отже в плівці мають бути напруження розтягнення, але згідно з Рис. 3.20 б, крива 1, маємо напруження стиснення -3.3 ГПа. Як пояснити таку розбіжність?

6) Склад мішеней TiC-WC на стор. 40 і 84 розрізняється.

Розділ 4.

Зауважень немає.

Розділ 5.

7) Стор. 131. Підрозділ 5.1.1 «Твердість і модуль пружності». В підрозділі не представлено результатів по модулю пружності.

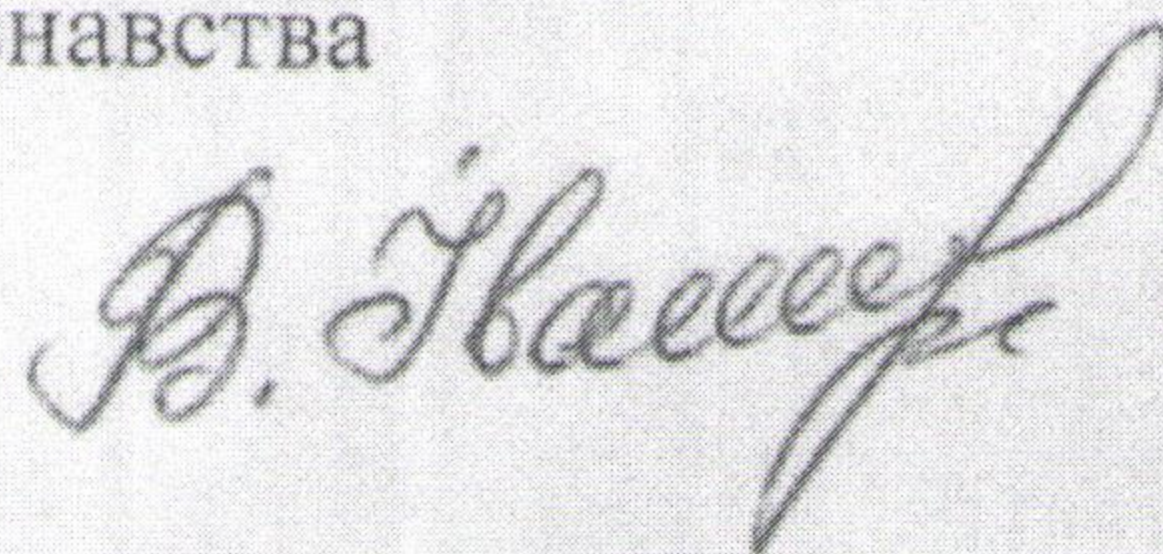
8) Бажано було б детальніше пояснити підвищення твердості з ростом температури підкладки до 1 070 K для покриттів TiC-WC з малим вмістом TiC на основі спінодального розпаду, оскільки ці покриття є однофазними. Можливо зазначене зміцнення викликано текстуруванням, збільшенням вмісту кисню, або зміцненням границь зерен? Останнє грає важливу роль при зміцненні покриттів.

Висновки.

Зауважень немає.

Зроблені зауваження носять в основному характер побажань та допущень, а зазначені недоліки не мають принципового характеру та не знижують загальної позитивної оцінки роботи. Одержані в дисертації нові, науково обгрунтовані результати вчасно опубліковані у фахових журналах в достатній кількості, та представлені на наукових конференціях. Автореферат повністю відображає зміст дисертації, її актуальність і мету, особистий внесок автора і загальні висновки роботи. Вважаю, що дисертація Шовкопляс О. А. «Вплив умов формування та терморадіаційної обробки на структуру й властивості покриттів системи Ti-W-C і Ti-W-B», є завершеною науковою працею, яка виконана на високому науковому рівні та є істотною для розвитку знань в технології покриттів. Дисертаційна робота Шовкопляс О. А. за своїм науковим рівнем задовольняє вимоги до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук, зокрема пунктам 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а її автор Шовкопляс Оксана Анатоліївна, заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник
завідувач відділом фізичного матеріалознавства
тугоплавких сполук
Інституту проблем матеріалознавства
ім. І. М. Францевича НАН України



В. І. Іващенко

Підпис Іващенко Володимира Івановича, доктора фіз.-мат. наук, завідувача відділом засвідчую:

Учений секретар
Інституту проблем матеріалознавства
ім. І. М. Францевича НАН України
кандидат фіз.-мат. наук



В. В. Картузов