

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Подгурської Вікторії Ярославівни

“Оптимізація структури та підвищення фізико-механічних властивостей матеріалів для керамічних паливних комірок”,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 - матеріалознавство

Актуальність теми дисертації. Енергетична та екологічна безпека України залежить від розширення використання нетрадиційних енергоносіїв. З огляду на це дослідження, виконані у дисертаційній роботі, безперечно актуальні і що особливо важливо можуть бути практично реалізовані. Використання паливних комірок, які працюють на водні, одержаному на базі відновлюваних енергоресурсів, - це шлях до майже повної відмови від викидів, що містять вуглець. Широке впровадження водневих технологій і паливних комірок потребує подальших фундаментальних та інженерних досліджень, удосконалення існуючих та створення нових матеріалів і технологічних процесів оптимізації їх функціональних властивостей. Що стосується паливних комірок, то незважаючи на певні досягнення у цій царині, коло матеріалознавчих питань вивчено ще недостатньо.

З огляду на це, дисертаційна робота Подгурської В.Я. “Оптимізація структури та підвищення фізико-механічних властивостей матеріалів для керамічних паливних комірок”, яка присвячена розв’язанню цієї важливої науково-технічної проблеми, є **актуальною і має велике науково-практичне значення.**

Представлені у дисертаційній роботі дослідження виконані в рамках науково-дослідних тем Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України згідно з планами Національної академії наук України, в яких дисертант була виконавцем.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації та їх достовірність забезпечується узгодженістю з загально визнаними уявленнями про закономірності та механізми формування структури, фазового і напруженого стану матеріалу; вивченням впливу цих чинників на працездатність керамічних паливних комірок; коректністю використання методологічних підходів при вирішенні поставлених у роботі завдань; узгодженістю отриманих експериментальних результатів з відомими в науково-технічній літературі; практичним використанням зроблених висновків і рекомендацій.

Наукова новизна наукових положень та висновків дисертації.

До особливо важливих результатів дисертаційної роботи, що містять елементи наукової новизни можна віднести наступні.

1. Для забезпечення високої міцності та електропровідності металокерамічних систем складу 8YSZ–Ni та 10Sc1CeSZ–Ni автором запропоновано режими циклічної відновлювально-окиснювальної

обробки. Показано, що використання такої обробки забезпечує оптимальне поєднання фізико-механічних властивостей цих матеріалів, зумовлене суттєвим подрібненням їх структури (порівняно з однократним відновленням у водень-вмісному середовищі), що супроводжується формуванням суцільного каркасу нікелевої фази після redox-циклування.

2. В результаті експериментальних досліджень виявлено, що redox-обробка за температури 600°C сприяє оптимізації мікроструктури та одержаних фізико-механічних властивостей кераміки системи YSZ–NiO. В той час як за обробки при 800°C формується структура з сіткою мікротріщин, що зумовлює суттєве зниження експлуатаційних властивостей цих матеріалів. Ці результати автор пояснює зміною механізму структуроутворення при підвищенні температури до 800°C, інтенсифікацією окиснення нікелевої фази та зростанням залишкових напружень II роду.
3. Крім того, було встановлено, що плакування порошку кераміки YSZ оксидом нікелю дозволяє отримати кераміку системи YSZ–NiO з більш рівномірним розподілом нікелевої фази. Це зумовлює зменшення локальних внутрішніх напружень в матеріалі після redox обробки та сприяє зростанню міцності кермету в 1,2 рази порівняно з вихідною керамікою.
4. В роботі досліджено новий клас конструкційних матеріалів на основі МАХ-фаз. Показано, що за температури 600°C вони характеризуються високим опором окисненню внаслідок здатності до “заліковування” приповерхневих пор матеріалу, вони менш чутливі до впливу водню. При легування ніобієм (до 3...5 мас.%) вдається покращити властивості цих матеріалів. Показано, що за жаростійкістю, водневотривкістю і опором високотемпературному пластичному деформуванню такий матеріал поводить себе краще, ніж нержавіючі сталі феритного класу типу Crofer, які традиційно використовують для з'єднувальних елементів паливних комірок.

Практичне значення отриманих результатів.

1. В результаті виконання роботи автором запропоновано новий режим redox-циклування анодних керамічних матеріалів при 600°C: нагрівання до фіксованої температури у вакуумі чи інертному середовищі з метою уникнення структурної деградації внаслідок гідридоутворення, відновлення у водень-вмісному середовищі вже нагрітого до цієї температури матеріалу, а також проведення проміжного вакуумування між півциклами відновлення й окиснення для інтенсифікації процесу подрібнення елементів структури.
2. Використання композиту на основі МАХ-фази титану для з'єднувальних елементів паливних комірок дозволило зменшити їх вагу майже у 2 рази порівняно з традиційною технологією їх виготовлення.

Розроблені технологічні рекомендації та матеріали використано ТОВ “Цирконій України” для створення пілотного проекту виробництва керамічних паливних комірок для аерокосмічної техніки України.

Відповідність роботи вимогам, які ставляться до дисертації. За актуальністю та важливістю розв’язаної наукової проблеми, повнотою її теоретичного та експериментального обґрунтування, обсягом проведених досліджень і новизною сформульованих висновків дисертаційна робота Подгурської В.Я. відповідає вимогам, що ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, зокрема п. 9, 11, 12, 13 постанови №567 від 24 липня 2013 р. “Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів”.

Повнота викладення наукових положень та висновків. Результати дисертаційної роботи повністю розкрито у авторефераті та наукових публікаціях автора. Автореферат і основні положення дисертації співпадають за змістом. Матеріал у роботі викладено логічно та послідовно. Висновки по розділах та загальні висновки по дисертації ґрунтуються на експериментально отриманих результатах та їх всебічного аналізу. В цілому робота виконана на високому науковому рівні, викладена технічно грамотною мовою, легка до сприйняття спеціалістами відповідного профілю. Дослідження, представлені у дисертації, пройшли достатньо подану апробацію на наукових конференціях різного рівня.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. Літературний огляд (розділ 1) займає практично третину пояснювальної записки, що явно забагато. В той самий час не усі описані теоретичні викладки та експериментальні дані інших авторів були використані для виокремлення «ніші», яку мають доповнити та розширити проведені автором дослідження.
2. У тому ж самому розділі не на усіх підписах до рисунків, що взяті з інших джерел, зроблені посилання, хоча вони присутні за текстом (наприклад, рис. 1.9 - стор.31, рис. 1.21 – стор.50).
3. У розділі 3 на стор. 89 автор пише – «Аналіз тонкої структури показав, що в процесі відновлення відбувається пороутворення двох порядків». Що це за два порядки? Мабуть це просто два типи, два етапи або два види перебігу певного процесу. Далі по тексту - «порувата структура» у пункті 1 переходить у «так звану губчасту фазу металевого нікелю», яку далі по тесту автор вже називає «субзеренною структурою металевого нікелю» (рис. 3.14). На мою думку це неточності при описі характеру структуроутворення. Дійсно йдеться про утворення поруватої структури різної ступені дисперсності, бо поняття «губчастої» структури несе інший інформаційний зміст.
4. При вивченні впливу redox-обробки за різних температур (600°C та 800°C) автор правильно пояснює погіршення фізико-механічних властивостей кераміки YSZ–NiO за температури 800°C утворенням у її

мікроструктурі сітки тріщин. Але подальші пояснення мені не зрозумілі. При чому тут зміна механізму від «дифузійного до кінетичного»? Адже усі дифузійні процеси носять кінетичний характер та з підвищенням температури прискорюються.

5. Не можу погодитись із твердженням автора про утворення «...каркасу із нікелевої фази...» після redox-циклування або «...рівномірнішим розподілом нікелевої фази», коли йдеться про плакування порошку кераміки YSZ оксидом нікелю. На мою думку в даному випадку коректніше було б говорити про утворення фази або конгломерату фаз стехіометричного або нестехіометричного складу на основі нікелю.

Висновок. Висловлені зауваження не впливають на позитивну оцінку роботи в цілому. Вважаю, що дисертація на тему "Оптимізація структури та підвищення фізико-механічних властивостей матеріалів для керамічних паливних комірок" є завершеною науковою роботою, у якій вирішено важливі наукові та практичні задачі. За новизною отриманих результатів, ступенем їх обґрунтованості робота відповідає вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор В.Я. Подгурська заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 - матеріалознавство.

Професор, доктор технічних наук,
завідувач кафедри прикладного
матеріалознавства та обробки матеріалів
Національного університету
"Львівська політехніка"

З.А. Дурягіна

Підпис професора З.А. Дурягіної засвідчую

Вчений секретар Національного університету
"Львівська політехніка"



Р.Б. Брилинський