

Рецензія

Доктора фізико-математичних наук, професора

Ковальчука Володимира Володимировича

на дисертаційну роботу **Лукашина Віктора Васильовича**

«Деформаційна пошкоджуваність анізотропних ОЦК-структур»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

Актуальність та обґрунтованість теми дисертаційного дослідження

Забезпечення надійності та довговічності матеріалів, що працюють у складних умовах експлуатації, таких як високі навантаження, циклічні деформації та агресивні середовища, є одним із ключових завдань сучасної матеріалознавчої науки. Метали з об'ємно-центрованою кубічною (ОЦК) структурою, зокрема низьковуглецеві сталі, широко використовуються в різних галузях промисловості завдяки їхнім технологічним та механічним властивостям.

Актуальність роботи Лукашина В.В. полягає в тому, що попри численні дослідження в галузі механіки пошкоджуваності, залишається недостатньо вивченим вплив мікроструктурних змін на деформаційні властивості текстурованих матеріалів. Особливу увагу викликають процеси зародження мікроушкоджень і їх накопичення в анізотропних ОЦК-структурах, що є критичним для прогнозування довговічності матеріалів у реальних умовах експлуатації.

Застосування сучасних методів, таких як електронна мікроскопія, дифракція зворотних електронів (EBSD), акустичні методи вимірювання пружних характеристик, дозволяє досліджувати текстуру та пошкоджуваність на мікро- та нанорівнях. Це відкриває нові можливості для розробки ефективних моделей, які враховують складні зв'язки між мікроструктурою, текстурою та механічними властивостями сталі.

Особливо важливою є увага автора до температурного впливу на мікроструктуру сталі DC04, що дозволяє визначити оптимальні режими термічної обробки для зменшення пошкоджуваності та підвищення анізотропних характеристик. Результати досліджень є актуальними як для фундаментальних досліджень у галузі механіки матеріалів, так і для вирішення прикладних задач у металургії, машинобудуванні, авіабудуванні та енергетиці.

Таким чином, тематика дисертації цілком відповідає сучасним науковим і технологічним викликам, а виконана робота має потенціал для практичного застосування у прогнозуванні і поліпшенні властивостей конструкційних матеріалів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами

Дисертаційна робота Лукашина Віктора Васильовича є частиною експериментальних і теоретичних досліджень, що виконуються в межах наукових програм кафедри інноваційних технологій та методики навчання природничих дисциплін Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського».

Зокрема дослідження виконанно у рамках тем:

1. «Штучні пористі матеріали як основа створення новітніх біосенсорів» (державний реєстраційний номер: 0122U000850). У межах цієї тематики дисертація доповнює наукові роботи щодо аналізу структури та властивостей матеріалів, які мають специфічні мікро- та нанорівневі характеристики.

2. «Нові комп'ютерні моделі у нанотехнологіях» (державний реєстраційний номер: 0122U000072). У цьому контексті результати дисертації сприяють створенню нових моделей прогнозування деформаційних властивостей анізотропних матеріалів.

Робота узгоджується із загальними напрямками досліджень університету, спрямованими на підвищення якості та надійності сучасних матеріалів. Окремі аспекти дисертаційного дослідження також мають міждисциплінарний характер, оскільки включають застосування нанотехнологій та методів мікроскопічного аналізу.

Наукова новизна дослідження

Дисертаційна робота Лукашина Віктора Васильовича є значним внеском у галузь механіки пошкоджуваності матеріалів і характеризується такими новими науковими результатами:

1. Розроблено методологію аналізу текстури сталі та її впливу на пошкоджуваність:

Запропоновано спосіб оцінки інтегральних характеристик текстури на основі прямих вимірювань модулів пружності в основних напрямках без використання дифракційних методів.

Встановлено зв'язок між структурними змінами в текстурованих листах сталі DC04 після різних термічних обробок і їх анізотропією механічних властивостей.

2. Виявлено закономірності впливу термічних обробок на пошкоджуваність:

Встановлено, що дорекристалізаційні відпали в температурному інтервалі 175–200 °C забезпечують мінімальний рівень мікропошкоджень та стабілізують структуру сталі, сприяючи збільшенню модулів пружності.

Показано, що підвищення температури відпалу понад 400 °С призводить до активізації процесів вторинної рекристалізації та утворення нових мікропор і мікротріщин.

3. Експериментально встановлено механізми зародження та розвитку мікропошкоджень під дією механічних навантажень:

Уточнено, що на ранніх етапах деформації зародження мікропор відбувається переважно всередині зерен із наступним формуванням кластерів, які сприяють локалізації напружень.

Виявлено особливості формування пошкоджень при циклічному знакозмінному вигині, зокрема збільшення кількості пошкоджень на етапах розтягування і часткове «заліковування» дефектів під час стиснення.

4. Поглиблено розуміння анізотропії властивостей сталі DC04:

Доведено, що текстуровані орієнтації типу $\{110\}\langle uvw \rangle$ значною мірою визначають анізотропію модулів пружності.

Встановлено, що пошкоджуваність відіграє домінуючу роль у зниженні значень модулів Юнга порівняно з іншими структурними факторами.

5. Розроблено новий підхід до оцінки впливу пошкоджень на механічні властивості:

Введено методику моделювання ушкоджень на основі експериментальних даних про зміну модуля Юнга в основних напрямках деформованих листів сталі.

Запропоновано використання результатів для прогнозування довговічності матеріалів у реальних умовах експлуатації.

Отримані результати значно доповнюють сучасні уявлення про механізми зародження пошкоджень в анізотропних структурах і мають як фундаментальне, так і прикладне значення.

Практичне значення одержаних результатів

1. Результати дослідження мають значний прикладний потенціал і можуть бути використані в таких напрямках:

Оптимізація технологічних процесів термічної обробки сталі:

Встановлено, що дорекристалізаційні відпали при температурах 175–200 °С забезпечують мінімальний рівень пошкоджень, що дозволяє стабілізувати структуру сталі DC04 та покращити її механічні властивості. Ці дані можуть бути використані у виробничих умовах для розробки нових або вдосконалення існуючих технологій термічної обробки низьковуглецевих сталей.

2. Прогнозування довговічності матеріалів:

Запропонована методика оцінки інтегральної пошкоджуваності матеріалів дозволяє прогнозувати залишковий ресурс конструкційних сталей в умовах складних механічних навантажень (розтягування, знакозмінний вигин). Це особливо важливо для забезпечення надійності та безпеки у критичних конструкціях.

3. Розробка методів контролю якості матеріалів:

Результати роботи можуть бути застосовані для створення нових підходів до неруйнівного контролю пошкоджень у сталевих конструкціях, що дозволить підвищити ефективність діагностики дефектів у реальних умовах експлуатації.

4. Використання в науково-дослідних роботах:

Розроблені методики дослідження текстури та пошкоджуваності можуть бути застосовані в подальших експериментальних дослідженнях механічних властивостей різних типів металів та сплавів.

Практичне значення роботи полягає у підвищенні надійності та довговічності матеріалів, що використовуються в інженерії, металургії та інших галузях промисловості. Впровадження одержаних результатів у виробництво дозволить зменшити витрати на ремонт та заміну матеріалів, а також підвищити безпеку експлуатації конструкцій.

Структура і повнота викладення матеріалу

Робота складається зі вступу, чотирьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 136 сторінок, що включають 59 рисунків і 4 таблиці, які ілюструють основні результати досліджень.

У вступі чітко сформульовано актуальність роботи, визначено мету, завдання дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Також наведено зв'язок роботи з науковими програмами, що підкреслює значимість тематики.

Перший розділ присвячений аналізу літературних джерел з тематики механіки пошкоджуваності, зокрема особливостям руйнування ОЦК-металів. Автор узагальнив сучасні підходи до вивчення анізотропії та пошкоджуваності, виділивши ключові проблеми, які потребують вирішення. Розділ завершується висновками, які логічно обґрунтовують необхідність проведення подальших досліджень.

У другому розділі детально описано методи експериментальних досліджень, зокрема використання електронної мікроскопії, методів дифракції зворотних електронів (EBSD), акустичних вимірювань модулів пружності тощо. Автор обґрунтував вибір методів і пояснив, як вони застосовуються для досягнення поставленої мети.

Третій розділ містить результати дослідження текстури та анізотропії сталі DC04. Особливу увагу приділено впливу термічної обробки на пошкоджуваність і механічні властивості матеріалу. Представлені графіки та мікроструктурні зображення ілюструють динаміку змін у матеріалі.

Четвертий розділ присвячений вивченню зародження та розвитку пошкоджень у сталях із ОЦК-решіткою під дією різних типів навантажень,

зокрема одноосьового розтягування та знакозмінного вигину. У розділі показано, як ці деформації впливають на анізотропію механічних властивостей.

Висновки містять узагальнення основних результатів роботи, які коректно відповідають сформульованій меті й завданням.

Робота містить ґрунтовний список із 101 наукового джерела, що відображає високий рівень ознайомлення автора з сучасними дослідженнями у сфері механіки пошкоджуваності.

Матеріал викладено чітко й послідовно, з дотриманням наукового стилю. Таблиці, рисунки та графіки є змістовними, логічно пов'язаними з текстом і сприяють кращому розумінню результатів.

Структура роботи повністю відповідає вимогам до дисертаційних досліджень і забезпечує всебічне висвітлення поставлених завдань та отриманих результатів.

Недоліки та пропозиції

Дисертаційна робота Лукашина Віктора Васильовича є ґрунтовним науковим дослідженням, однак у ній можна виділити певні недоліки та запропонувати можливі покращення:

Недоліки:

1. Обмеженість аналізу впливу пошкоджуваності на інші механічні властивості:

У роботі недостатньо висвітлено вплив мікроушкоджень на такі характеристики, як ударна в'язкість чи стійкість до втомного руйнування. Ці аспекти мають важливе значення для практичного застосування матеріалів.

2. Обмежена практична інтерпретація результатів:

Хоча робота має значний прикладний потенціал, вона містить недостатньо конкретних рекомендацій щодо впровадження результатів у реальні виробничі умови. Наприклад, було б корисно розширити опис впливу різних режимів обробки на довговічність матеріалів у конкретних галузях, таких як авіабудування чи енергетика.

3. Відсутність порівняння з іншими типами сталей:

У роботі детально розглянуто поведінку сталі DC04, але не подано порівняльного аналізу з іншими типами сталей. Це могло б розширити практичну значущість дослідження.

Пропозиції:

1. Розширити дослідження впливу мікроушкоджень: Запропоновано додати аналіз впливу пошкоджуваності на інші механічні властивості, наприклад, на опір втомному руйнуванню, з використанням додаткових експериментальних досліджень.

2. Деталізувати практичні рекомендації: Для підвищення практичної цінності роботи можна було б розробити конкретні

рекомендації щодо оптимізації виробничих процесів, орієнтованих на отримання сталі з мінімальним рівнем ушкоджуваності.

3. Включити порівняльний аналіз:

Проведення досліджень на інших типах сталей дозволило б краще зрозуміти універсальність отриманих закономірностей і підвищити прикладну значущість роботи.

4. Розширити експериментальну базу:

Запропоновано розглянути інші типи навантажень, зокрема багатовісне напружене стану або циклічне термо-навантаження, що могло б значно збагатити результати дослідження.

Попри зазначені зауваження, вони не мають суттєвого впливу на загальну якість дисертації та її наукову й практичну значимість.

Висновки

Дисертація Лукашина Віктора Васильовича є фундаментальною науковою працею, яка робить значний внесок у вивчення деформаційної пошкоджуваності анізотропних структур. Робота має високу теоретичну та практичну цінність, є повністю завершеною та відповідає сучасним вимогам до дисертаційних досліджень.

Рецензент

доктор фізико-математичних наук,
директор навчально-наукового інституту
природничо-математичних наук,
інформатики та менеджменту
Державного закладу
«Південноукраїнський національний
педагогічний університет
імені К. Д. Ушинського»

