

Голові разової
спеціалізованої вченої ради
Національного наукового центру
"Харківський фізико-технічний інститут"
доктору технічних наук
Миколі ПИЛИПЕНКО
вул. Академічна 1, м. Харків, 61108

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, кандидата фізико-математичних наук (за спеціальністю 01.04.08 - фізика плазми), старшого наукового співробітника, завідувача відділу плазмодинаміки Інституту фізики плазми Національного наукового центру "Харківський фізико-технічний інститут" Махляя Вадима Олександровича на дисертаційну роботу Ростової Ганни Юріївни «Механізми впливу термомеханічної обробки на радіаційну стійкість, ерозійні та механічні властивості конструкційних матеріалів», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 – «Фізика та астрономія» з галузі знань 10 – «Природничі науки».

Обґрунтування вибору теми дослідження

Дисертаційна робота Ростової Ганни Юріївни «Механізми впливу термомеханічної обробки на радіаційну стійкість, ерозійні та механічні властивості конструкційних матеріалів» присвячена модифікації структури конструкційних реакторних матеріалів із застосуванням термомеханічної обробки та встановленню кореляції між структурою, механічними, радіаційними властивостями і стійкістю до кавітаційної ерозії зазначених матеріалів. Слід зазначити, що однією з найактуальніших проблем у сучасному радіаційному матеріалознавстві є розробка радіаційно-стійких

матеріалів. Феритно-мартенситні сталі розглядаються як перспективні конструкційні матеріали для реакторів майбутніх поколінь, оскільки цей клас сталей має виняткову стійкість до розпухання. Механічні характеристики є ключовим параметром при виборі конструкційних матеріалів для ядерних реакторів, оскільки вони визначають безпеку, надійність та економічну ефективність їхньої роботи. Беручи до уваги, що феритно-мартенситні сталі та аустенітні сплави планують використовувати в якості матеріалів як для активної зони реакторів, так і в якості матеріалів компонентів первинної та вторинної системи теплопередачі (трубопроводів, проміжного теплообмінника та парогенератора), вважається за доцільне дослідження ерозійної стійкості перспективних конструкційних матеріалів, оскільки вони будуть безпосередньо контактувати із активними потоками рідини. Необхідно зазначити, що номенклатура даних стосовно кавітаційного зношення ферито-мартенситних сталей потребує істотного розширення.

Таким чином, можна зазначити, що тема дисертації Ростової Ганни Юріївни є **актуальною**, а її результати є **важливими** для подальшого розвитку знань з фізики твердого тіла та радіаційного матеріалознавства.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

Дисертація складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 286 найменувань, та одного додатку. Робота містить 47 рисунків та 10 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 168 сторінок, з них основного тексту – 110 сторінок, що відповідає вимогам до дисертації на здобуття ступеня доктора філософії.

У вступі наведено обґрунтування вибору теми дослідження, визначено мету і завдання, об'єкт, предмет, методи дослідження, віддзеркалено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів дисертації, зазначено особистий внесок здобувача при виконанні дисертаційного дослідження, наведено перелік наукових публікацій здобувача за темою дисертації та дані,

щодо апробації матеріалів дисертації, встановлено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

У першому розділі наведено огляд сучасної науково-технічної літератури в галузі фізики твердого тіла та радіаційного матеріалознавства. Зокрема, надано характеристики сучасних та перспективних конструкційних матеріалів для застосування у ядерних реакторах майбутніх поколінь.

Другий розділ присвячений опису зразків досліджених матеріалів (феритно-мартенситних сталей Т91 та Eurofer 97, Cr-Ni-Mo сплаву 42ХНМ і аустенітної сталі 08Х18Н10Т) експериментального обладнання і методів для інтенсивної пластичної деформації та режимів температурної обробки матеріалів, діагностики поверхонь, хімічного складу матеріалів, механічних властивостей, методики проведення випробувань для визначення кавітаційної та радіаційної стійкості досліджуваних матеріалів.

У третьому розділі описано результати досліджень структури та механічних властивостей сталі Т91 під впливом термомеханічної обробки в різних температурних інтервалах. Продемонстровано можливості модифікації структури сталі Т91, що супроводжувалась формуванням ультрадрібнозернистого стану. Щільності нанорозмірних карбідів при цьому досягала максимальних значень до ($2 \times 10^{21} \text{ м}^{-3}$). Були визначені температури стабільності наноструктури для кожного мікроструктурного стану. Показано, що застосування термомеханічної обробки за розробленими сценаріями дозволило підвищити характеристики міцності сталі Т91 у 2 рази.

У четвертому розділі наведено результати досліджень розвитку поруватої структури після опромінення сталі Т91 за різних структурних станів. Встановлено, що сталь Т91 має високу радіаційну стійкість, яка обумовлена наявністю наноструктурного стану, високої щільності дислокацій та нанорозмірних карбідних виділень. Найменше розпухання 0.12% зареєстровано для ферито-мартенситної структури тоді як у феритній структурі розпухання становить 0.65%. Таким чином показано, що наявність складної ферито-мартенситної мікроструктури та мартенситу з великою

кількістю стоків точкових дефектів може істотно зменшити розпухання матеріалів.

У п'ятому розділі наведено опис результатів дослідження кавітаційної стійкості ферито-мартенситних сталей Т91 і Eurofer 97 та аустенітних сплавів 42ХНМ та 08Х18Н10Т. Встановлено, що найбільшу стійкість до кавітаційного зношування мають сталь Т91 та сплав 42ХНМ. Оптимальний композиційний склад, особливості мікроструктури та високе значення твердості обумовили переважуючу кавітаційну стійкість зазначених матеріалів. Визначено, що стійкість до кавітації аустенітної сталі 08Х18Н10Т пов'язана із деформаційно-індукованим фазовим перетворенням аустеніту в мартенсит. Невисока стійкість до кавітаційного зношування сталі Eurofer 97 обумовлена глобулярною структурою сталі, наявністю карбідів великих розмірів та відсутністю в її складі достатньої кількості легуючих елементів (Mo, Nb).

У висновках чітко сформульовано основні положення, що виносяться на захист.

Список використаних джерел містить наукові праці, які відображають сучасний стан наукових досліджень в царині радіаційного матеріалознавства.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами

Дисертаційна робота виконувалась в рамках бюджетних науково-дослідних робіт НДР № 0119U000004, НДР № 0120U101256, НДР № 0121U108779, що виконувались в рамках виконання тематичного плану відділу Фізики радіаційних явищ і радіаційного матеріалознавства Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут».

Найважливіші наукові результати, отримані дисертанткою

У дисертаційному дослідженні отримано низку нових та оригінальних результатів:

1. Вперше застосовано метод багатоциклового «осаджування-видавлювання» при інтенсивній пластичній деформації ферито-мартенситної сталі Т91. Термомеханічна обробка проводилась при різних температурах, що дозволило отримати різний стан наноструктури з рівномірно розподіленими карбідними виділеннями.
2. Визначено оптимальні режими термомеханічної обробки та температурні інтервали стабільності ультрадрібнозернистої сталі Т91.
3. Досліджено вплив термічної обробки на преципітати МХ та $M_{23}C_6$, встановлено залежність їх розмірів і щільності від температури обробки.
4. Показано, що термомеханічна обробка майже вдвічі підвищує міцність сталі Т91 і виявлено механізми, що впливають на твердість залежно від температури обробки. Для зразків з феритною структурою зменшення міцності при температурах понад 600 °С пов'язане зі збільшенням розміру зерен, тоді як для ферито-мартенситної структури зниження міцності обумовлено поступовим розпадом мартенситу в процесі рекристалізації.
5. Вивчено радіаційну стійкість сталі Т91 після термомеханічної обробки, відзначено її високу стійкість завдяки наявності стоків дефектів у модифікованій структурі, а також вплив структурно-фазового стану на рівень розпухання.
6. Вперше досліджено кавітаційну стійкість сталей Т91, Eurofer 97 і сплаву 42ХНМ та виявлено, що хімічний склад, мікроструктура та механічні властивості є факторами, що визначають ерозійну стійкість матеріалів.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів, одержаних Ростовою Г. Ю. при проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи, забезпечується використанням добре відомих взаємодоповнюючих методів дослідження структури, хімічного складу, кавітаційних властивостей тощо різних матеріалів у вихідному стані та після опромінення інтенсивними

іонними потоками. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані в індексованих наукових журналах та доповідалися на міжнародних наукових конференціях.

Оформлення дисертації та академічна доброчесність

Дисертація є завершеною науковою роботою. Оформлення, зміст, структура дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44) та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

На підставі детального розгляду тексту дисертації, посилань, статей здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку можливої наявності текстових запозичень виконано в інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає усім вимогам академічної доброчесності.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності

Дисертація Г. Ю. Ростової є завершеною науково-дослідною роботою, у якій вирішено комплексну задачу, пов'язану з дослідженням різних матеріалів методами матеріалознавства та виявлення особливостей модифікації різних сталей. Результати досліджень повністю висвітлені в наукових публікаціях, матеріалах конференцій та відображені в змісті дисертації.

Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Практичне та наукове значення результатів дисертації відзначається тим, що результати дисертаційної роботи забезпечують розробку науково обґрунтованих рекомендацій щодо термомеханічної обробки конструкційних

матеріалів, що дозволяє підвищити їх радіаційну стійкість, ерозійні та механічні властивості, що особливо важливо для матеріалів, що використовуються в ядерній енергетиці. Крім цього, отримані результати можуть бути інтегровані в навчальні програми вищих навчальних закладів, що спеціалізуються на матеріалознавстві та енергетичних технологіях, що сприятиме підготовці висококваліфікованих фахівців, здатних вирішувати сучасні задачі у сфері розробки і вдосконалення конструкційних матеріалів.

Апробація та публікації

Основні наукові та практичні результати роботи оприлюднені та обговорені на таких конференціях: XV Міжнародній наук.-техн. конференції молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики» (Харків, Україна, 2019); VI Всеукраїнській наук.-практ. конференції молодих вчених та студентів «Фізика і хімія твердого тіла. Стан, досягнення і перспективи» (Луцьк, Україна, 2020); European Nuclear Young Generation Forum ENYGF'21 (Tarragona, Spain, 2021); International Young Scientists Conference on Materials Science and Surface Engineering (Lviv, Ukraine, 2021); IX Міжнародній конференції "Нанотехнології та наноматеріали" НАНО-2021 (Львів, Україна, 2021); VI Міжнародній конференції «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості» (Харків, Україна, 2021); XVI Міжнародній конференції з проблем корозії та протикорозійного захисту матеріалів "Корозія-2022" (Львів, Україна, 2022); XX Міжнародній конференції "Нанотехнології та наноматеріали" НАНО-2022 (Львів, Україна, 2022). Загальна кількість 8 доповідей.

Результати дисертації належним чином представлено в 7 статтях, що опубліковані в фахових наукових журналах, які індексуються у наукометричній базі Scopus (Q1-Q3). Результати дисертаційної роботи повністю віддзеркалені в публікаціях.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації

1. В дисертації звична увага приділена дослідженням стійкості до кавітацій різних матеріалів. Втім часто використано більш загальний термін ерозійна стійкість. На мій погляд було б доцільно оперувати більш конкретним терміном кавітаційна стійкість.
2. Не достатньо обґрунтовано чим обумовлений вибір для досліджень матеріалів з різними кристалічними ґратками (наприклад ОЦК і ГЦК). Бажано було б більш чітко показати вплив типу кристалічних ґраток на ерозійну стійкість обраних матеріалів.
3. В дисертації необхідно було більш прозоро пояснити необхідність введення коефіцієнту варіації за розмірами зерна k_v та його вплив на оцінку структури різних матеріалів.
4. Структуру розділу 4 було б доцільно зробити більш оптимальною. Зокрема, доцільно було зробити 2 підрозділи замість великої вступної частини і одного підрозділу.

Наведені зауваження в жодному разі **не впливають** на загальну позитивну оцінку роботи Ростової Г.Ю.

Загальні висновки

За своєю тематикою, спрямуванням та науковою новизною дисертаційна робота Ростової Ганни Юріївни на тему: «Механізми впливу термомеханічної обробки на радіаційну стійкість, ерозійні та механічні властивості конструкційних матеріалів» відповідає спеціальності 104 – Фізика та астрономія. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44) та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації». Дисертаційна робота здобувача є завершеним науковим дослідженням, має наукову новизну і практичне значення. Вважаю,

що Ростова Ганна Юріївна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 104 – «Фізика та астрономія».

Рецензент

Кандидат фізико-математичних наук,

Старший науковий співробітник

завідувач відділу плазмодинаміки

Інституту фізики плазми

Національного наукового центру

Харківський фізико-технічний інститут

Вадим МАХЛАЙ

Підпис Махлая В. О. «засвідчую»

заступник директора Інституту фізики плазми

Національного наукового центру

«Харківський фізико-технічний інститут»



Микола КУЛИК

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 13:20:19 06.11.2024

Назва файлу з підписом: Рецензія Махлай В.О_фін_підпис.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 500.2 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Рецензія Махлай В.О_фін_підпис.pdf
Розмір файлу без підпису: 509.4 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: МАХЛАЙ ВАДИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

П.І.Б.: МАХЛАЙ ВАДИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 2593301979

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 13:20:19 06.11.2024

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000C59B22018F1E6C05

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.10.24 15:00