

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Гембари Назара Тарасовича

«Математичне моделювання двоїстого впливу водню на залишкову довговічність елементів конструкцій»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 11 – Математика та статистика

за спеціальністю 113 – Прикладна математика

За результатами вивчення дисертаційної роботи Н. Т. Гембари, яка є науковою роботою, що подана у вигляді рукопису і складається з анотації, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків, а також ознайомлення з опублікованими роботами здобувача за темою дисертації, слід відзначити наступне.

Актуальність теми дисертації та зв'язок з науково-технічними програмами. Одним з основних та актуальних завдань розвитку сучасної механіки руйнування матеріалів є вплив водню на процеси руйнування та міцність матеріалів і елементів конструкцій. Останнім часом роль водню як енергоносія постійно зростає як наслідок декарбонізації економіки, також водень є компонентом у багатьох технологічних та експлуатаційних середовищах. Експлуатація обладнання та металоконструкцій за сумісної дії механічних навантажень та водню чи воденьвмісних середовищ загострює питання водневої деградації матеріалів. Найнебезпечнішим її наслідком є значне зниження опору металів руйнуванню, при цьому водень не лише пришвидшує деградацію матеріалів, але й зародження та поширення тріщин. Тому дослідження впливу взаємодії водню з металами на їх механічну поведінку є особливо актуальними для обґрунтування роботоздатності конструкційних матеріалів та залишкової довговічності елементів конструкцій.

Важливою умовою пришвидшення водневої деградації є протікання процесів пластичної деформації. Відомі моделі та гіпотези про механізми взаємодії водню з металами та його вплив на механічну поведінку розглядають його пластифікувальну чи окрихчувальну дію. На стадії деформування, яка завжди передус руйнуванню, водень сприяє зародженню дислокацій та пришвидшує їх рух, спричиняючи пластифікування. Проте після того, як концентрація водню по границях зерен досягне певного критичного рівня, його дія є окрихчувальною. Співіснування різних механізмів впливу водню на деформування металу виявлено експериментально, проте теоретичне обґрунтування даної гіпотези є недостатнім. Тому дисертаційна робота Гембари

Назара Тарасовича, в якій розроблено математичні моделі двоїстого впливу на деформування металів та залишкову довговічність елементів конструкцій в умовах тривалих навантажень, є актуальною.

Дослідження за темою дисертації виконано у Фізико-механічному інституті ім. Г. В. Карпенка НАН України у межах відомчої науково-дослідної роботи «Розроблення методів акустико-емісійного діагностування воднево-корозійного руйнування матеріалів і прогнозування ресурсу елементів конструкцій» (№ держреєстрації 0120U101792, 2020–2022 рр.) та конкурсного проєкту «Фізико-механічні макро, мікро та нано механізми взаємодії водню із низьколегованими сталями як фундаментальний чинник міцності та працездатності систем зберігання і транспортування водню» (№ держреєстрації 0120U104904, 2020–2021 рр.).

Новизна представлених теоретичних та/або експериментальних результатів проведених здобувачем досліджень.

У рамках поставленого та вирішеного у дисертації завдання отримано нові наукові та практичні результати.

Щодо наукової новизни отриманих результатів, слід відзначити значний внесок у розвиток теорії воднево-механічного руйнування шляхом розширення розрахункових моделей та розроблення ефективних методів визначення залишкової довговічності елементів конструкцій з тріщинами за дії статичних навантажень і впливу воденьвмісних середовищ, а саме:

- розроблено розрахункову модель для визначення кінетики поширення тріщини та визначення на цій основі залишкової довговічності елементів конструкцій у випадку сумісної дії механізмів водневого пластифікування і водневого окрихчення;
- розроблено розрахункову модель для визначення періоду докритичного росту тріщини і на цій основі залишкової довговічності наводнених елементів конструкцій за реалізації механізму водневого окрихчення;
- запропоновано диференціальні рівняння для оцінювання впливу водню на швидкість руху дислокацій, а відтак – на пластичне деформування конструкційних матеріалів;
- сформульовано математичну модель для визначення концентрації водню, за якої відбувається зміна механізму деформування матеріалу.

Наукова обґрунтованість отриманих результатів, наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації та їх достовірність.

У дисертаційній роботі детально проаналізовано сучасний стан теоретичних розробок та результатів експериментальних досліджень за

літературними джерелами, чітко сформульовано завдання дослідження та застосовано обґрунтований комплексний підхід для їх розв'язування. Для верифікації отриманих результатів здійснено їх порівняння з відомими даними експериментальних досліджень. Це свідчить про високу наукову обґрунтованість сформульованих у дисертації наукових положень, висновків та рекомендацій.

Про достовірність отриманих результатів свідчить проведення великого обсягу теоретичних досліджень, коректність і строгість математичних постановок задач, використання законів фізичної хімії та механіки руйнування при їх розв'язанні, застосовування до розв'язання рівнянь математичної фізики, обґрунтованих математичних методів, а також несуперечливість отриманих результатів з фізично очікуваними.

Результати дисертаційної роботи в часткових випадках узгоджуються з висновками інших дослідників та відомими закономірностями впливу воденьовмісних середовищ на матеріали, що підтверджує їх правильне трактування.

Рівень виконання поставленого наукового завдання та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Поставлені в дисертаційній роботі наукові завдання здобувач повністю реалізував на високому науково-методичному рівні з дотриманням методологічних вимог до наукової діяльності. Дисертант самостійно сформулював математичну модель дифузії водню у тривимірній постановці з урахуванням неоднорідності параметрів дифузії і розчинності водню в тілі й по границях зерна. Побудував математичні співвідношення для оцінювання впливу водню та механічного навантаження на пластичну деформацію металу. Розробив алгоритм та відповідні числові програми визначення напружено-деформованого стану та концентрації водню, представив отримані результати досліджень у графічній формі і провів, де це можна було зробити, порівняння з відповідними експериментальними даними та результатами інших авторів. Здобувач проаналізував, узагальнив і оформив отримані результати досліджень у вигляді дисертації та опублікував їх самостійно, чи за співавторства, де його доробок є основним.

Вищезазначене засвідчує, що здобувач успішно опанував методологію наукової діяльності, набув необхідних теоретичних знань, умінь, навичок, загальних і спеціальних (фахових) компетентностей самостійного дослідника, необхідних для доктора філософії і визначених стандартом вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

Відсутність (наявність) порушень академічної доброчесності.

Ознак порушення принципів академічної доброчесності не встановлено. Також при перевірці дисертації не виявлено академічного плагіату, не встановлено фабрикації та фальсифікації даних, чи будь-яких інших порушень академічної доброчесності.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. У роботі для прогнозування залишкової довговічності пластини з тріщиною розглянуто режим дифузії водню у зону передруйнування, за якого, на думку автора, реалізується механізм HEDE (п. 4.3 розділу 4). Оскільки реалізація цього механізму можлива лише за певної концентрації водню, яка перевищує деяке критичне значення, то доцільно було б вказати яким чином її визначали.

2. Розроблений метод оцінювання залишкової довговічності елементів конструкцій з тріщинами у воденьвмісному середовищі за реалізації різних механізмів водневої деградації варто було б апробувати також для реального елемента конструкції, а не лише для пластини з тріщиною.

3. Необхідно зазначити достовірність та точність прогнозування працездатності елементів конструкцій з тріщинами у воденьвмісному середовищі з використанням розробленого методу.

4. У роботі чітко не сформульовані обмеження щодо застосування розробленого методу. Зокрема, не вказано, чи може метод застосовуватися для оцінювання залишкової довговічності анізотропних матеріалів.

5. У тексті дисертації зустрічаються незначні відхилення від чинної термінології та мовних норм. Зокрема, автор вживає терміни «міцність на розрив» (с. 15, 24), «межа міцності на розрив» (с. 46), «межа текучості» (с. 15, 25, 46), «границя текучості» (с. 26, 76, 102) тощо, тоді як відповідно до ДСТУ 2825-94 «Розрахунки та випробування на міцність. Терміни та визначення основних понять» необхідно використовувати терміни «границя міцності» та «границя плинності». Використано вирази «приводить до окрихчення» (с. 61, 82) замість «спричиняє окрихчення», «приводить до збільшення міцності» (с. 90) замість «спричиняє збільшення міцності», тощо.

6. У дисертації зустрічаються описки та недопрацювання, зокрема:

- у підписах до рисунків використано «а та b» замість «а та б» (с. 71, 72, 89, 90, 92, 93);
- «Рисунок.4.1» замість «Рисунок 4.1»;
- на рис. 3.3 позначення подані російською мовою;
- у підписах до рисунків 4.6 та 4.7 вказано, що кружечки – експериментальні дані, однак дані позначено ромбами.

Зроблені вище зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальні висновки.

Дисертаційна робота Гембари Назара Тарасовича «Математичне моделювання двоїстого впливу водню на залишкову довговічність елементів конструкцій» є завершеною науковою роботою, в якій отримано нові, науково обґрунтовані, результати, які вирішують науково-технічне завдання оцінювання впливу водню на механічні характеристики матеріалу і прогнозування залишкової довговічності елементів конструкцій з тріщинами за дії тривалих статичних навантажень та воденьвмісних середовищ.

За новизною отриманих результатів та ступенем їх обґрунтованості дисертація відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, затверджених наказом МОН України № 44 від 12.01.2022 р. «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її автор, Назар Тарасович Гембара, заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії з галузі знань 11 «Математика та статистика» за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Рецензент

завідувач відділу діагностики
корозійно-водневої деградації матеріалів
Фізико-механічного інституту
ім. Г. В. Карпенка НАН України,
доктор технічних наук, професор



Ольга ЗВІРКО

Підпис *Ольга Звірко*
ЗАСВІДЧУЮ
Вчений секретар ФМІ НАН України
Керем В.В.Корній

