

Рецензія

рецензента 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

Актуальність теми дисертаційної роботи. Проблема зношування конструкцій, споруд і машин для України набуває особливого значення, оскільки за підрахунками спеціалістів, вичерпання планового ресурсу обладнання в різних галузях промисловості країни становить 50–70 % і цей показник продовжує зростати. Тому особливої актуальності набувають питання управління експлуатаційною надійністю та довговічністю відповідальних об’єктів шляхом визначення їх стану, залишкової довговічності та встановлення науково обґрунтованих термінів експлуатації.

Довговічність конструкцій, які в процесі експлуатації зазнають дії довготривалих навантажень, визначається сповільненим руйнуванням їх елементів, яке зумовлюють як силові, так і фізико-хімічні чинники особливо воденьвмісні середовища. Дія водню разом з силовим навантаженням спричиняє зародження тріщин та їх розвиток, що визначають сповільнене руйнування конструкційних матеріалів. Водночас вплив водню на механічну поведінку конструкційних матеріалів є багатогранним, і можуть реалізовуватись декілька механізмів одночасно, або незалежно. Співіснування різних механізмів водневої деградації та їх одночасна дія в конструкційних матеріалах на сьогодні недостатньо добре досліджена, а встановлення домінуючого механізму досить складне завдання.

Дисертаційна робота Гембари Н.Т. присвячена створенню методологічних засад оцінювання залишкової довговічності елементів конструкцій з тріщинами за дії довготривалого статичного навантаження в умовах воденьвмісних середовищ з урахуванням різних водневих механізмів, що робить роботу актуальною і надає їй важливого науково-практичного значення.

Оцінка наукового рівня дисертації і наукових публікацій здобувача. Відповідно до мети та поставлених завдань, дисертант провів дослідження з математичного моделювання впливу різних водневих механізмів (спричинена воднем підвищена декогезія (окрихчення) та спричинена воднем підвищена локальна пластичність) на період докритичного росту тріщин, а відтак на залишкову довговічність елементів конструкцій, які піддаються довготривалому статичному навантаженню в умовах воденьвмісних середовищ. Ним вперше сформульовано математичну модель дифузії водню в кусково-

неоднорідному тілі в тривимірній постановці. Вводячи замість концентрації водню, неперервну по всій області, так звану, функцію потенціалу водню, отримано аналітичний розв'язок диференціального рівняння в частинних похідних 2-го порядку. Це дозволило встановити характеристичне значення концентрації водню у сталі, за якого змінюється механізм впливу водню на його деформування.

Основні результати і наукові положення повністю відображені у статтях, опублікованих у фахових виданнях у тому числі у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних Scopus/WoS, а також тезах та матеріалах доповідей міжнародних науково-практичних конференцій, отримано авторське свідоцтво.

Новизна представлених теоретичних та/або експериментальних результатів проведених здобувачем досліджень. Наукова новизна отриманих теоретичних результатів полягає в створенні математичних моделей для коректнішого оцінювання залишкової довговічності елементів конструкцій з точки зору урахування різних водневих механізмів. На схвалення заслуговують більшість положень наукової новизни, які виносяться здобувачем на захист. А серед найвагоміших слід відзначити:

- математичну модель дифузії водню в кусково-неоднорідному тілі в 3-D постановці;
- аналітичну залежність концентрації водню від часу по границі зерна, в самому зерні і сумарне їхнє значення в бікристалі заліза;
- на основі отриманих теоретичних результатів встановлення характеристичного значення концентрації водню у маловуглецевій сталі, за якого змінюється механізм впливу водню на деформування сталі;
- математичну модель оцінювання впливу водню та механічного навантаження на пластичну деформацію металу;
- математичну модель і на цій основі розроблений метод оцінювання залишкової довговічності елементів конструкцій з тріщинами за дії статичного навантаження з урахуванням різних механізмів впливу водню на деформування металу.

Наукова обґрунтованість отриманих результатів, наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації. Наукову обґрунтованість отриманих результатів та наукових положень забезпечено фізичною обґрунтованістю вихідних положень математичних моделей; коректністю та строгістю математичних постановок задач та методів їх розв'язання; використанням фізичних законів; несуперечливістю отриманих результатів з фізично очікуваними та їхнім добрим узгодженням в часткових випадках з експериментальними даними. Наведені в дисертації висновки

доцільно та влучно узагальнюють наукові результати роботи, є науково обґрунтованими.

Рівень виконання поставленого наукового завдання та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності. Наукове завдання, поставлене перед здобувачем, полягало у розробленні математичного моделювання двоїстості впливу водню на механічні властивості металевих елементів конструкцій та їх залишкову довговічність. Вважаю, що це завдання повністю виконане і досягнута мета дослідження. Зокрема, дисертація містить побудову математичних моделей:

- дифузії водню на границі зерна та в тілі;
- впливу водню на швидкість руху дислокацій;
- визначення залишкового ресурсу елемента конструкції за дії водню.

Отримані під час виконання наукового завдання результати мають важливе значення для енергетичної промисловості України оскільки становлять основу інженерних методів для оцінювання залишкової довговічності елементів конструкцій у воденьвмісних середовищах.

Вибір фізичних підходів і математичних методів до одержання і використання нових знань здобувачем показує його високий рівень оволодіння методологією наукової діяльності. Здобувач послідовно виконав потрібні етапи – критичний аналіз сучасних досліджень за темою дисертації, формулювання математичних моделей, вибір методів математичної фізики розв’язання математичних моделей, аналіз отриманих результатів та формулювання на його основі висновків дослідження.

Зауваження до дисертації.

1. В роботі на основі побудованої моделі встановлено характеристичне значення концентрації водню у маловуглецевій сталі, за якого змінюється механізм водню на деформування сталі, яке не суперечить відомим у літературі експериментальним даним для такого класу сталей. Доцільно було б роботу доповнити аналогічними дослідженнями для іншого класу сталей, наприклад, високовуглецевих. Чи проводилися дослідження або розрахунки для інших сталей?

2. При формулюванні моделі поширення тріщини в пластині за дії статичного навантаження і воденьвмісного середовища в рівняння (4.36) входять низка параметрів – характеристики матеріалу, які визначають із експериментів. В роботі не зовсім зрозуміло чи дисертант сам визначав їх для сталей 4147, 4340 чи усе-таки брав відомі літературні дані (необхідно на мій погляд посилання на літературні джерела).

3. Є низка граматичних помилок та описок, зокрема:

- на с. 71, в розмірності температури замість “100 °с”, “20 °с” має бути “100 °С”, “20 °С”;
- на с. 74, перший абзац “постійної зовнішньої концентрації c_0 ” має бути “постійної зовнішньої концентрації C_0 ”.

Зазначені зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам.
Дисертаційна робота Гембари Назара Тарасовича «Математичне моделювання двоїстого впливу водню на залишкову довговічність елементів конструкцій», є самостійною завершеною науковою працею, в якій представлено вирішення актуального науково-технічного завдання, яке полягає у побудові розрахункових моделей докритичного підростання тріщин у металах та розробці на їх основі методів розрахунку залишкової довговічності елементів конструкцій з урахуванням різних механізмів впливу водню. За своєю актуальністю, метою і завданням дослідження, достовірністю та обґрунтованістю отриманих результатів, висновків і практичного значення дисертаційна робота Гембари Назара Тарасовича відповідає Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. за № 44, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань «Математика та статистика» за спеціальністю «Прикладна математика».

Рецензент:

кандидат технічних наук,
молодший науковий співробітник відділу
діагностики корозійно-водневої деградації
матеріалів Фізико-механічного інституту
ім. Г.В. Карпенка НАН України



Іван ШТОЙКО

Підпис Івана Штойка засвідчує
Вчений секретар ФМІ НАН України



Валентина КОРНІЙ