

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Івана Олександровича ЦИБАЙЛА
„Відновлення структури і властивостей тривало експлуатованої сталі 12Х1МФ
парогону ТЕС за модифікованим режимом термічного оброблення”,
подану на здобуття наукового ступеня *доктора філософії*
з галузі знань 13 – Механічна інженерія
за спеціальністю 132 – Матеріалознавство

Актуальність теми дисертації та зв’язок з науково-технічними програмами
Надійна та довготривала експлуатація обладнання теплових електростанцій, що працює в умовах підвищених температур, тиску та впливу агресивних технологічних середовищ (зокрема наводнювальних), є одним із ключових викликів сучасного матеріалознавства та інженерної практики. Значне зношення металоконструкцій через перевищення нормативних строків служби та складність умов роботи зумовлюють потребу у своєчасній діагностиці технічного стану матеріалів і пошуку ефективних способів продовження їхнього ресурсу, що має як наукову, так і прикладну важливість.

Особливої уваги потребують складно навантажені вузли енергетичних систем, зокрема гни головних парогонів, від надійності яких залежить безпека персоналу та стабільність роботи обладнання. Ці елементи працюють у жорстких температурно-силових умовах та виготовлені з теплотривких низьколегованих сталей, структура яких з часом деградує під дією високої температури й тиску пари, корозійно-наводнювального середовища, термічних напружень і механічних навантажень. Унаслідок цього в металі утворюються пори та тріщини, розвиток яких призводить до руйнування. Додатковим чинником пошкодження є наводнювання металу, яке за підвищених температур пришвидшує структурні зміни та підвищує схильність сталей до окрихчення.

Одним із перспективних напрямів є повторне термічне оброблення, здатне частково відновити структуру та механічні властивості сталей. Перевірка його ефективності саме на гинах головних парогонів ТЕС дозволяє визначити

оптимальні режими, оцінити вплив на експлуатаційні характеристики та стійкість металу до дії водню.

Дисертаційне дослідження І.О. Цибайла органічно вписується в цей науково-прикладний контекст і виконувалось у відділі діагностики корозійно-водневої деградації матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України. Робота здійснювалась у межах тем відомчого замовлення НАН України:

- „Дослідження ролі водневого чинника в експлуатаційній деградації конструкційних сталей” (№ 0121U108961, 2021–2023);
- „Дослідження закономірностей розвитку пошкоджень у тривало експлуатованих конструкційних сталях за впливу різних за природою наводнювальних середовищ” (№ 0124U000911, 2023–2026),

а також у межах низки робіт, виконаних за господарськими договорами, у яких автор брав безпосередню участь як виконавець.

Новизна представлених теоретичних та/або експериментальних результатів проведених здобувачем досліджень

- Для відновлення теплотривкої сталі застосовано режим дворазової нормалізації з наступним відпуском. Обґрунтовано оптимальну тривалість витримування при 1100°C – 150 хв; подовження часу визнано недоцільним.
- Після оброблення зменшився відсоток великих зерен і зріс вміст дрібних по всій товщині стінки труби, що позитивно впливатиме на опір повзучості. Одночасно зменшення кількості карбідів на межах зерен сприятиме зростанню когезивної міцності.
- Фрактографічний аналіз уперше виявив нанорозмірні відколи карбідів (до 300 нм), що свідчить про часткове збереження їхньої когезії з матрицею навіть після експлуатації. Це створило дифузійні шляхи для їх розчинення під час відновлення.
- Експериментально підтверджено підвищення твердості, міцності, пластичності та опору крихкому руйнуванню по всій товщині стінки труби, причому всі показники відповідають вимогам чинних нормативних документів.

- Додаткове наводнювання зменшило ефект відновлення, проте властивості сталі залишалися в межах вимог галузевих нормативних документів, тоді як експлуатована сталь навіть без наводнювання цим вимогам не відповідала.
- Наводнювання експлуатованої сталі спричиняло численні кризьзеренні відколи від великих карбідів, тоді як у відновленій сталі вони виникали лише біля поодиноких неметалевих включень.

Отримані результати мають наукову новизну і практичне значення в контексті підвищення довговічності конструкцій з теплотривких сталей.

Відсутність (наявність) порушень академічної доброчесності

Перевірка дисертації за допомогою системи StrikePlagiarism.com (протокол від 24.06.2025 р.) не виявила ознак академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації чи фальсифікації. Обсяг знайдених подібностей становить 4,56%. Виявлені записи позичення оформлено згідно з вимогами чинних стандартів і вони не містять ознак плагіату. Дисертація містить результати власних досліджень автора, а використані ідеї, результати та тексти інших авторів належним чином супроводжено посиланнями на джерела.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення дисертації мають належну аргументацію, а висновки – логічну послідовність і чіткий зв'язок із поставленими завданнями. Автор застосував комплексний підхід, що включав мікроструктурний аналіз, механічні випробування, фрактографію та дослідження впливу наводнювання, що забезпечує повноту та переконливість отриманих результатів.

Методика дослідження відповідає сучасним науковим підходам до оцінки стану конструкційних матеріалів після тривалої експлуатації. Отримані результати узгоджуються з актуальними уявленнями про механізми деградації теплотривких сталей і супроводжуються обґрунтованими інтерпретаціями. Автор чітко окреслює межі застосовності результатів, не виходячи за експериментальні рамки.

Таким чином, викладені у роботі положення і висновки є обґрунтованими, взаємопов'язаними та логічно впливають із проведених досліджень.

Достовірність отриманих у роботі результатів

забезпечується коректним застосуванням експериментальних методів матеріалознавчих та механічних досліджень із використанням сучасного обладнання, високою точністю вимірювань і статистичною обробкою даних. Її підтверджують узгодженість результатів із відомими в літературі даними, їх фізична не суперечливість, а також практичне підтвердження висновків і рекомендацій. Отримані результати відповідають загальновизнаним науковим положенням і співвідносяться з висновками інших дослідників. Основні положення роботи були представлені та обговорені на спеціалізованих наукових конференціях.

Практична цінність дисертаційної роботи

полягає в можливості застосування отриманих результатів для відновлення технічного стану теплоотримувачів сталей, які тривало експлуатувалися в глинах головних парогонів ТЕС. Результати дослідження рекомендовано до впровадження ремонтно-експлуатаційним підрозділом енергетичної компанії для розроблення алгоритму відновлення працездатності тривало експлуатованих елементів парогонів ТЕС, що сприятиме продовженню їх ресурсу та запобіганню дочасним непередбачуваним пошкодженням. У додатку до дисертації наведено відповідний Акт, який підтверджує значущість результатів для підприємств теплоенергетичної галузі.

Повнота викладення здобувачем основних результатів

Проаналізувавши список публікацій здобувача та його особистий внесок у їх підготовку, можна стверджувати, що основні наукові положення та результати, які становлять суть дисертації, отримані автором самостійно. Вибір теми, формування завдань і аналіз результатів досліджень здійснені спільно з науковим керівником. Загалом за результатами роботи опубліковано 16 наукових праць: 8 – у періодичних виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз WoS або Scopus, та 8 – які підтверджують апробацію матеріалів дисертації.

Кількість і якість опублікованих праць, що містять основні наукові результати дисертації, відповідають вимогам Наказу МОН України від 23.09.2019 р. № 1220 „Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук”.

Робота в повному обсязі доповідалась, обговорювалась і рекомендована до захисту науковим семінаром „Проблеми матеріалознавства та інженерії поверхні металів” Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України.

Структура та обсяг роботи

Дисертація містить вступ, п'ять розділів, висновки, перелік використаних джерел та додатки. Загальний обсяг роботи становить 187 сторінок, включає 75 рисунків, 9 таблиць, бібліографічний список із 157 найменувань та 2 додатки.

Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації

Дисертація написана державною мовою, виклад матеріалу послідовний, логічний і технічно грамотний. Розділи роботи взаємопов'язані та повністю розкривають поставлену мету дослідження, а тема й зміст відповідають паспорту спеціальності 132 – Матеріалознавство. Рукопис підготовлено з дотриманням формально-логічної структури та наукового стилю викладу. Оформлення роботи відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 „Про затвердження вимог до оформлення дисертації”. Матеріал доповнений необхідною кількістю ілюстрацій, графіків та таблиць, що забезпечує повне і наочне розкриття теми.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. Відсутність довготривалих експлуатаційних випробувань. Робота не містить результатів перевірки відновленої сталі в умовах реальної тривалої експлуатації в парогонах ТЕС, що не дозволяє повною мірою оцінити стабільність і довговічність досягнутого ефекту.

2. Обмежене врахування впливу експлуатаційних чинників. Не проаналізовано комплексний вплив високотемпературної корозії, циклічних термона-

вантажень та механічних вібрацій, які у реальних умовах можуть істотно впливати на довговічність матеріалу.

3. Показано, що внаслідок відновлювального термічного оброблення зменшуються розміри зерен і карбідів: кількість карбідів уздовж меж зерен зменшується, а всередині зерен – збільшується. Аналіз впливу цих структурних змін заслуговує на більшу увагу, адже великі карбіди або їхні сліди, що збереглися після оброблення, свідчать про наявність незалікованих пошкоджень, проте їхня роль у роботі не виокремлена. Зокрема, лише поверхнево аналізується їхній вплив на тривалу міцність та стійкість до водневого окрихчення.

4. У роботі показано, що відновлювальне оброблення за запропонованим режимом суттєво зменшує негативний вплив наводнювання. Проте у роботі не наведено дані про концентрацію водню в металі та умови наводнювання, що ускладнює кількісну оцінку водневого впливу та його порівняння з іншими дослідженнями.

5. У тексті подекуди трапляються описки. Зокрема у переліку умовних позначень символ „ d ” помилково розшифровано як розмір зерна, хоча фактично йдеться про розмір карбідів. На сторінці 50 у рамці рисунка 1.13 наведено некоректні значення міцності сталі AISI 1020.

Висновок про відповідність дисертаційного дослідження вимогам, представленим на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація Івана Олександровича ЦИБАЙЛА „Відновлення структури і властивостей тривало експлуатованої сталі 12Х1МФ парогону ТЕС за модифікованим режимом термічного оброблення”, виконана у відділі діагностики корозійно-водневої деградації матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, є завершеним науковим дослідженням, оформленим у вигляді дисертації. Представлена робота за актуальністю, новизною отриманих результатів дослідження та їх практичним значенням, рівнем методичного вирішення поставлених завдань повністю відповідає вимогам наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 „Про затвердження Вимог до оформлення дисертації” та ви-

могам „Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії” затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами), а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

РЕЦЕНЗЕНТ

Провідний науковий співробітник
відділу міцності матеріалів і конструкцій
у водневовмісних середовищах
Фізико-механічного інституту
ім. Г.В. Карпенка НАН України
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

Андрій СИРОТЮК

