

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Крет Наталії Володимирівни

«Закономірності корозійно-водневої деградації ферито-перлітних сталей
об'єктів видобування та транспортування вуглеводнів»

зі спеціальності 05.17.14 – хімічний опір матеріалів та захист від корозії

Актуальність теми дослідження. Надійна експлуатація об'єктів видобування та транспортування вуглеводнів – одна зі складових енергетичної безпеки держави. Водночас їх тривала експлуатація зумовлює зміну стану конструкційних матеріалів і, як наслідок, деградацію їх властивостей, спричинену впливом робочих напружень і корозивно-наводнювальних середовищ. До таких об'єктів належать, зокрема, нафтогазопроводи та нафтогазовидобувне устаткування (обсадні труби, штанги тощо), які зазвичай виготовляють з ферито-перлітних сталей. Під час експлуатації у них відбуваються незворотні зміни внаслідок процесів мікродеформування, накопичення локальних мікронапружень, розвитку дефектів, зокрема, мікротріщин.

Важливою особливістю деградації сталей згаданих об'єктів є значне погіршення їх деформівної здатності, що спричиняє зниження характеристик пластичності та опору крихкому руйнуванню, тобто тих властивостей, які визначають роботоздатність конструкційного матеріалу в умовах дії корозивно-наводнювальних середовищ. Серед характеристик опору крихкому руйнуванню зазначимо показники тріщиностійкості, як найчутливіші до експлуатаційної деградації сталей. Водночас найнебезпечнішим механічним чинником, здатним спричинити непрогнозоване руйнування, є циклічне навантаження, особливо, за сумісної дії з агресивним середовищем.

Незважаючи на значну кількість праць у даному напрямку, вплив структурно-механічних чинників на закономірності корозії та корозійно-механічного руйнування сталей об'єктів видобування та транспортування вуглеводнів вивчено недостатньо. Тому дисертаційна робота Н. В. Крет, в якій оцінено закономірності пошкоджуваності, корозії та корозійно-механічного руйнування низки ферито-перлітних сталей нафтогазового комплексу є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у рамках низки бюджетних наукових тем НАН України, МОН України та госпдоговорів, у яких дисертантка була виконавцем. Ці теми безпосередньо стосуються об'єкту та предмету досліджень дисертантки.

Тематика наукових досліджень відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки України.

Ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації, їх достовірність. Основні результати і загальні висновки дисертації одержано за використання підходів хімічного опору матеріалів та захисту від корозії, сучасних експериментальних методів механіки руйнування, металографічного та фрактографічного аналізу мікроструктури і пошкодженості сталей. Основні положення дисертації висновки і рекомендації обґрунтовано із залученням статистичних методів обробки й аналізу результатів експериментальних досліджень. Обґрунтованість і достовірність наукових положень та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі Н. В. Крет забезпечено чіткістю поставленої мети та задач для її вирішення, використанням сучасних експериментальних методів, значним обсягом експериментальних досліджень, застосуванням сучасних засобів вимірювання й оброблення результатів експериментів, узгодженням деяких часткових результатів з відомими результатами інших дослідників, широким обговоренням отриманих результатів досліджень на наукових конференціях.

Наукова новизна отриманих в роботі результатів

– Встановлено, що на початковій стадії корозійного руйнування ферито-перлітних сталей 50Г та 32Г2 у модельному розчині пластової води з $\text{pH} = 3,1$ здебільшого розчиняється структурно-вільний ферит, частка якого у мікроструктурі сталі є домінуючим чинником інтенсифікації корозії.

– Виявлено вплив мікроструктури ферито-перлітних сталей обсадних труб на їх опір водневій крихкості: сталь 50Г нижчої міцності з грубозернистою мікроструктурою (крупнозернистий перліт, облямований прошарками фериту) чутливіша до неї за умов попереднього електролітичного наводнювання порівняно зі сталлю 32Г2 вищої міцності з дисперснішою мікроструктурою.

– Вперше отримано кількісні оцінки деградації ферито-перлітних сталей 20Н2М та 35ХМ насосних штанг після їх тривалої експлуатації за показниками опору корозії, корозійно-статичному, втомному та корозійно-втомному руйнуванню на стадіях зародження та росту тріщини у модельному розчині пластової води з $\text{pH} = 3,1$.

– Вперше показано ефективність використання екологічно безпечного таніну для інгібіторного захисту експлуатованої низьколегованої сталі насосних штанг у модельній пластовій воді від корозії та корозійно-втомного руйнування за механізмом блокування анодного розчинення свіжоутворених

поверхонь на стадії зародження тріщини та гальмування наводнювання на стадії росту тріщини.

– Розроблено метод прогнозування корозійно-втомної витривалості ферито-перлітних сталей у пластовій воді з додаванням інгібітору, в онові якого кореляційна залежність між кількістю витраченої електрики на окиснення металу свіжоутвореної поверхні сталі та періодом зародження корозійно-втомної тріщини у корозивному середовищі за різної концентрації інгібітору.

- Показано роль наводнювання трубної сталі у прояві мікро- та макророзшарування між волокнами та в околі неметалевих включень вздовж напрямку вальцювання та руйнування перетинок між ними крізьзеренним відколом, що істотно посилює анізотропію механічних властивостей, особливо пластичності, ударної в'язкості, опору водневій крихкості та тріщиностійкості.

Наукове та практичне значення отриманих у роботі результатів для науки та техніки.

Наукове значення результатів дисертаційної роботи полягає у комплексному оцінюванні корозійно-водневої деградації ферито-перлітних сталей з урахуванням складу модельних пластових вод та виду експлуатаційного навантаження, а також розробленні методу їх захисту від корозії та корозійно-втомного руйнування за допомогою екологічно безпечного інгібітору. Обґрунтовано корозійні та корозійно-механічні властивості низки ферито-перлітних сталей нафтогазового комплексу, найбільш чутливі до їх експлуатаційної деградації в умовах тривалого напрацювання. З позицій хімічного опору матеріалів показано важливу роль процесу розчинення вільного фериту у зниженні корозійної тривкості сталей обсадних труб, впливу експлуатаційної деградації трубних сталей на їх корозійно-втомне руйнування та водневе розтріскування, а також розвинуто можливості інгібіторного захисту. Встановлені закономірності збагачують теорію та методологію корозійно-механічного руйнування конструкційних сталей та сприяють розробленню методів протикорозійного захисту.

Практичне значення результатів роботи полягає у встановленні основних закономірностей корозійної та корозійно-механічної поведінки ферито-перлітних сталей трубопроводів, обсадних труб та штанг за умов, наближених до експлуатаційних, які необхідні для обґрунтування подовження терміну експлуатації. Зокрема, методика діагностування експлуатаційної деградації сталей насосних штанг за їх схильністю до корозійно-втомного руйнування використана у НГВУ “Долинанафтогаз” ПАТ “Укрнафта” для з'ясування причин їх руйнування, обґрунтування умов безпечної експлуатації та подовження ресурсу. Крім того, методику

діагностування експлуатаційної деградації сталей металоконструкцій за їх схильністю до розшарування використано в УМГ “Прикарпаттрансгаз” та у ТОВ Фірма “Діалаб” ЛТД (м. Одеса).

Оцінка змісту дисертації. Дисертаційна робота Н. В. Крет складається зі вступу, п’яти розділів, висновків, переліку використаних джерел та трьох додатків. Загальний обсяг роботи становить 210 сторінок (з них 160 сторінок основного тексту), містить 94 рисунки, 25 таблиць, бібліографічний список із 215 найменувань, що відповідає вимогам до обсягів кандидатських дисертацій.

Автореферат відображає основний зміст дисертації і дозволяє скласти повне уявлення про роботу.

У вступі обґрунтовано актуальність теми досліджень, показано зв’язок роботи з науковими темами, сформульовано мету та задачі роботи, перелічено методи дослідження, зазначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, особистий внесок здобувача в наукових працях, наведено інформацію про апробацію результатів роботи, публікації та структуру дисертації.

У першому розділі зроблено аналіз науково-технічної літератури щодо особливостей та механізмів корозійно-водневої деградації ферито-перлітних сталей, їх корозійного та корозійно-механічного руйнування, а також інгібіторів корозії, які традиційно використовують для кислих водних середовищ, і перспектив застосування для інгібіторного захисту сталей екологічно безпечних сполук. На підставі цього сформульовано основні завдання дисертаційної роботи та визначено напрями їх вирішення

У другому розділі наведено характеристику досліджених матеріалів, корозивних середовищ та інгібітору, а також детально описано методи, які використовували для досліджень.

Третій розділ включає результати досліджень впливу мікроструктури сталей обсадних труб на опір корозійному, механічному та корозійно-механічному руйнуванню, а також на чутливість до водневої крихкості. Проаналізовано початкову стадію корозії ферито-перлітних сталей у модельному розчині пластової води та виділено лімітуючі стадії електрохімічних реакцій. Показано, що сталі нижчої міцності з грубодисперсною структурою властива вища чутливість до водневої крихкості, ніж сталі вищої міцності з дрібнодисперсною структурою.

У четвертому розділі наведено аналіз експериментальних досліджень впливу умов експлуатації на деградацію низьколегованих сталей насосних штанг, запропоновано екологічно безпечний інгібітор для їх захисту від корозії та корозійно-втомного руйнування у пластових водах та розроблено

метод прогнозування їх корозійно-втомної витривалості. Оцінено ступінь деградації низьколегованих сталей насосних штанг після їх тривалої експлуатації за зниженням їх опору корозії, корозійно-статичному та корозійно-втомному руйнуванню на стадіях зародження та росту тріщини у модельному розчині пластової води з $\text{pH} = 3,1$. Показано ефективність застосування таніну для захисту експлуатованих сталей штанг від корозії та корозійно-втомного руйнування у модельній пластовій воді. Розвинуто електрохімічний метод прогнозування ефективності інгібіторного захисту сталей штанг від корозійно-втомного руйнування у пластовій воді.

П'ятий розділ включає результати досліджень впливу наводнювання та умов експлуатації на чутливість трубних сталей до водневої крихкості, розшарування та анізотропію властивостей, спричинену вальцюванням. Показано, що наводнювання тривало експлуатованих вальцьованих ферито-перлітних трубних сталей суттєво посилює анізотропію їх механічних та корозійно-механічних властивостей. Найбільше абсорбований металом водень впливає на анізотропію характеристик пластичності, опору крихкому руйнуванню (ударної в'язкості та тріщиностійкості) та опору водневій крихкості, що зумовлено мікророзшаруванням між волокнами та поблизу неметалевих включень уздовж напрямку вальцювання та руйнування перетинок між ними крізьзеренним відколом.

Висновки, зроблені дисертанткою на підставі результатів проведених різнопланових досліджень, є обґрунтованими та відображають весь обсяг отриманих результатів.

Повнота викладу матеріалів дисертації в опублікованих працях. Основний зміст дисертаційної роботи викладено та опубліковано у 16 наукових працях, у тому числі 11 праць – у наукових фахових виданнях (з них 8 внесені до міжнародних наукометричних баз даних), 1 патент України та 4 – у збірниках матеріалів та тез конференцій. Основні результати дисертаційної роботи апробовано на міжнародних науково-технічних конференціях. Повнота викладу основних результатів дисертаційної роботи у фахових виданнях відповідає чинним вимогам. Автореферат дисертації повністю відображає основні положення дисертації.

Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації й автореферату. Дисертація написана на достатньо високому науково-методологічному рівні, виклад матеріалу логічно послідовний, науково грамотний, розділи взаємопов'язані та повністю розкривають мету роботи. Тема і зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.17.14 – хімічний опір матеріалів та захист від корозії. Оформлення дисертаційної роботи та

автореферату відповідає чинним вимогам.

Зауваження до дисертації.

Є низка зауважень до дисертаційної роботи, зокрема:

1. Автором проведено значний комплекс досліджень впливу наводнювання на пластичність та тріщиностійкість ферито-перлітних сталей, однак не наведено даних щодо концентрації водню у металі під час експериментів. Такі дані дали б змогу кількісно оцінити взаємозв'язок між кількістю водню у металі та зниженням його характеристик.

2. У роботі досліджено вплив модельного розчину пластової води з різним рН на корозійне та корозійно-механічне руйнування сталей обсадних труб, однак бажані подібні дослідження стосовно сталей насосних штанг.

3. В роботі для сталі 50Г обсадних труб встановлено поєднання низької корозійної тривкості з низькою ударною в'язкістю. З іншого боку, металу з таким низьким опором крихкому руйнуванню властива коротка спадна ділянка діаграми розтягу зразків. Постає питання про можливість прогнозування корозійної тривкості сталей за описом діаграми розтягу.

4. На рис. 4.13 показано взаємозв'язок між густиною струму корозії штангових сталей та показником впливу корозивного середовища на їх опір корозійно-втомному руйнуванню, однак не наведено пояснення різного характеру отриманих залежностей для вихідного та експлуатованого станів.

5. У роботі наголошується на зв'язок між пошкодженістю сталей внаслідок експлуатації та/або наводнювання, з одного боку, та посиленням анізотропії їх механічних та корозійно-механічних характеристик, з іншого, однак це би можна було кількісно охарактеризувати визначенням коефіцієнта анізотропії матеріалів.

6. Зустрічається недотримання номенклатури назв хімічних сполук, зокрема, карбонат заліза (стор. 32), сульфід заліза (стор. 29 та стор. 36) замість феруму.

Зроблені вище зауваження не мають визначального впливу на загальне позитивне оцінювання дисертаційної роботи.

Висновки щодо відповідності дисертації встановленим вимогам:

1. Дисертаційна робота Н. В. Крет «Закономірності корозійно-водневої деградації ферито-перлітних сталей об'єктів видобування та транспортування вуглеводнів» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові, важливі в науковому і практичному плані результати, які є істотним вкладом у вирішення науково-технічного завдання — встановлення основних закономірностей корозійно-водневої деградації ферито-перлітних сталей у

пластовій воді та розроблення методу їх захисту від корозії і корозійно-механічного руйнування за допомогою екологічно безпечного інгібітору.

2. Робота відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12, 13 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (із внесеними змінами), щодо кандидатських дисертацій, а її автор – Крет Наталія Володимирівна заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.17.14 – хімічний опір матеріалів та захист від корозії.

Офіційний опонент,
професор кафедри хімії
Івано-Франківського національного технічного
університету нафти і газу МОН України,
доктор технічних наук, професор

Л. Я. Побережний

