

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації
Лісового Павла Едуардовича
за темою «Стійкість низьколегованих трубних сталей ферито-перлітного класу та їх зварних з'єднань у нейтральному ґрунтовому середовищі за катодної поляризації», поданої на здобуття наукового ступеню доктора філософії за спеціальністю 132 Матеріалознавство

Дисертаційна робота присвячена виконанню актуального науково-практичного завдання – визначенню стійкості сталей ферито-перлітного класу, з яких побудовані магістральні газопроводи України, 09Г2С, 17Г1С, 10Г2ФБ та зварних з'єднань, проти корозійного розтріскування у ґрунтовому середовищі з рН, наближеним до нейтрального (модельному ґрунтовому електроліті NS4), за катодної поляризації в нормованому ДСТУ 4219 діапазоні захисних потенціалів від -0,750 до -1,050 В.

Актуальність роботи. Газотранспортна система України включає мережу магістральних газопроводів довжиною приблизно 40 тисяч км підземного прокладання, протикорозійний захист яких від ґрунтової корозії здійснюють комплексно (полімерними покриттями та електрохімічний – наведенням катодної поляризації), що дає змогу знизити швидкість корозії стінки труби до технічно-допустимого рівня (менше 0,01 мм/рік). В основоположному документі щодо захисту магістральних трубопроводів від корозії ДСТУ 4219 встановлено діапазон захисних потенціалів від -0,85 В до -1,15 В (відносно мідносульфатного електроду порівняння, що відповідає потенціалам від -0,75 до -1,05 В відносно хлоридсрібного електроду). Але досвід експлуатації показує, що навіть при підтримуванні потенціалу в цьому діапазоні не виключена імовірність розвитку різних видів корозії, найнебезпечнішим з яких є корозійне розтріскування. Проблема корозійного розтріскування гостро стоїть в світі з 60-х років минулого сторіччя, частка аварій становить від 20 до 40%. Проблему корозійного розтріскування у світі та Україні вивчали такі вчені, як Parkins, M. Baker, Y. F. Cheng, Поляков С.Г., Рібаков А.О., Красовський А.Я., Ориняк І.В, Никифорчин Г.М., Дмитрах І.М., Ниркова Л.І. Враховуючи небезпеку та масштабність корозійного розтріскування, важливість детальнішого вивчення корозійного розтріскування магістральних газопроводів зі сталей ферито-перлітного класу в умовах катодного захисту є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відділі зварювання газонафтопровідних труб Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України у рамках теми відомчого замовлення НАН України (№ держреєстрації 0118U100537, 2019-2021 рр.), комплексної програми наукових досліджень НАН України Надійність і довговічність матеріалів, конструкцій, обладнання та споруд (Ресурс 2) (№ держреєстрації 0116U004248, 2018–2020 рр.).

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Розширено уявлення про стійкість сталей ферито-перлітного класу 09Г2С, 17Г1С та 10Г2ФБ проти корозійного розтріскування у ґрунтовому середовищі, з рН, наближеним до нейтрального (модельному ґрунтовому електроліті NS4), за катодної поляризації, яке полягає у тому, що залежно від рівня катодної поляризації в нормованому ДСТУ 4219 діапазоні захисних потенціалів від -0,750 до -1,05 В корозійне розтріскування відбувається за механізмами локального анодного розчинення, водневого розтріскування або змішаним, а діапазони потенціалів дії зазначених механізмів відрізняються для сталей різного хімічного складу.

2. Вперше встановлені границі діапазонів потенціалів, за яких відбувається зміна механізму корозійного розтріскування сталей ферито-перлітного класу модельному ґрунтовому електроліті NS4 в нормованому ДСТУ 4219 діапазоні захисних потенціалів. Для сталей 09Г2С, 17Г1С та 10Г2ФБ змішаний механізм реалізується в діапазонах: від -0,850 В до -1,000 В, від -0,800 В до -0,980 В, від -0,750 до -1,050 В, відповідно. За потенціалів позитивніших нижньої границі діє механізм локального анодного розчинення, від'ємніше верхньої границі – водневого розтріскування.

3. Вперше встановлено, що зварні з'єднання зі сталі 10Г2ФБ не схильні до корозійного розтріскування за водневим механізмом в нормованому ДСТУ 4219 діапазоні захисних потенціалів від -0,750 до -1,05 В у модельному ґрунтовому електроліті NS4. Руйнування зварного з'єднання відбувається по основному металу, що доведено металографічними дослідженнями та узгоджується з випадками корозійного розтріскування на магістральних газопроводах.

4. Вперше встановлена правомірність застосування коефіцієнту схильності до корозійного розтріскування K_S , введеного для основного металу, для порівняльного оцінювання стійкості бездефектних зварних з'єднань.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Удосконалено комплексну методику прискореного дослідження стійкості низьколегованих сталей ферито-перлітного класу проти корозійного розтріскування в частині вольтамперометричного визначення діапазону потенціалів зміни механізму корозійного розтріскування, швидкості залишкової корозії та оцінювання частки крихкої складової у зламах зразків із застосуванням комп'ютерної програми аналізу зображень.

2. Розроблено лабораторний стенд для визначення швидкості залишкової корозії трубної сталі за катодної поляризації, що дає змогу встановити значення мінімального потенціалу, за якого досягається технічно достатній захисний ефект (0,01 мм/рік).

3. Встановлено, що корозійне розтріскування за водневим механізмом, яке є найнебезпечнішим чинником руйнування магістральних газопроводів, у модельному ґрунтовому електроліті NS4 для сталей 09Г2С та 17Г1С починається

за потенціалів, від'ємніших $-0,980$ В та $-1,000$ В, відповідно, що нижче за абсолютним значенням нормованого ДСТУ 4219 максимального захисного потенціалу. На відміну від зазначених сталей, для 10Г2ФБ, легованої ванадієм та ніобієм, корозійне розтріскування за водневим механізмом починається за потенціалів, від'ємніших максимального захисного $-1,05$ В, що обумовлено наявністю більшої кількості легувальних елементів.

Особистий внесок здобувача.

Дисертація є результатом експериментальних і теоретичних досліджень. Проведення досліджень корозійно-механічних властивостей сталей та зварного з'єднання виконано у співпраці з колективом групи корозійних випробувань відділу зварювання газонафтопровідних труб ІЕЗ ім. Є.О. Патона, цифровий аналіз зображень результатів сканувальної електронної мікроскопії, графічне оформлення результатів виконано автором самостійно. Постановка завдань досліджень, структура роботи, аналіз результатів, основні наукові результати і практичні висновки, які становлять суть дисертації, розроблені та сформульовані автором спільно з науковим керівником.

Повнота викладення результатів роботи в наукових виданнях. За темою дисертації опубліковано 14 робіт, з яких 4 статті в журналах, які входять до наукометричної бази Scopus, 4 статті в наукових фахових виданнях України, 6 тез доповідей в збірниках наукових праць матеріалів всеукраїнських та міжнародних науково-технічних конференцій.

Перелік робіт, в яких опубліковано основні результати дисертації

Статті у науково-періодичних виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus

1. Nyrkova L., Melnichuk S., Osadchuk S., Prokopchuk S., Lisovyi P. Investigating of the Mechanism of Stress Corrosion Cracking of Controllable Rolling Pipe Steel X70 In Near-Neutral Environment. *Materials Today: Proceedings*. 2022. V. 50. Part 4. P. 470-476 (Видання включено до наукометричної бази SCOPUS).

2. L. I. Nyrkova, P. E. Lisovy, L. V. Goncharenko, S. O. Osadchuk, V. A. Kostin, A. V. Klymenko. Regularities of Stress-Corrosion Cracking of Pipe Steel 09G2S at Cathodic Polarization in a Model Soil Environment. *Physics and Chemistry of Solid State*. 2021. V. 22. No. 4. P. 828-836.

3. Nyrkova L., Goncharenko L., Lisovyi P., Osadchuk S., Klymenko A., Kostin V. Stress-corrosion cracking of steels for main gas pipelines. *International conference "Mechanical Technologies and Structural Materials"* Split, 22-23.09.2022. P. 119-129.

4. L. Nyrkova, P. Lisovyi, L. Goncharenko, S. Osadchuk, Yu. Kharchenko, A. Klymenko, V. Kostin. Investigation of stress-corrosion cracking of welded joint of X70 steel under cathodic polarization in near neutral environment. *Journal materials protection*. 2023. Vol. 64. No. 1. P. 96-106.

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Ныркова Л. И., Прокопчук С. Н., Лисовой П. Э. Стресс-коррозионное растрескивание магистральных газопроводов: причины возникновения и факторы.

Перспективні матеріали та процеси в прикладній електрохімії: Монографія: Барсуков В. З., Борисенко Ю. В., Хоменко В. Г., Лінючева О. В.; за заг. ред. В. З. Барсукова. Київ: КНУТД, 2018. С. 156–162.

2. Ниркова Л., Лісовий П., Гончаренко Л., Осадчук С., Костін В. Чутливість маловуглецевої сталі 09Г2С до корозійного розтріскування в умовах катодного захисту у середовищі, приблизному до нейтрального. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2020. Спеціальний випуск № 13. С. 547-551.

3. Ниркова Л. І., Осадчук С. О., Лісовий П. Е., Прокопчук С. М. Методичний підхід до дослідження механізму корозійного розтріскування трубної сталі при катодному захисті методом вольтамперометрії. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. 2021. № 2(51). С. 7-15.

4. Ниркова Л. І., Лісовий П. Е., Гончаренко Л. В., Осадчук С. О., Клименко А. В., Борисенко Ю. В., Браточкин О. В. Закономірності корозійного розтріскування трубної сталі 10Г2ФБ у модельному ґрунтовому середовищі за катодної поляризації. *Технології та інжиніринг. Мехатронні системи. Енергоефективність та ресурсозбереження*. 2021. № 2. С. 29-39.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

1. Ниркова Л.І., Лісовий П.Е., Мельничук С.Л. Дослідження стрес-корозійного розтріскування трубної сталі контрольованої прокатки 09Г2СФ в умовах катодної поляризації. Збірник тез Всеукраїнської науково-технічної конференції «Наука і металургія». 9-10 жовтня. м. Дніпро. 2019. С.41.

2. Nyrkova L., Lisovyi P., Goncharenko L., Osadchuk S., Kostin V. Sensitivity to stress-corrosion cracking of low-carbon 09G2S steel in near-neutral pH under cathodic polarisation. XV International Conference «Problems of corrosion and corrosion protection of materials» (Corrosion-2020). October 15–16, 2020, Lviv, Ukraine. Book of Abstract / Karpenko Physico-Mechanical Institute of NAS of Ukraine; S. Korniy, M.-O. Danyliak, Yu. Maksishko (Eds.). Lviv, 2022. P. 102.

3. Nyrkova L., Lisovyi P., Goncharenko L., Osadchuk. Stress-corrosion cracking of low alloyed and low carbon pipe steel under cathodic polarisation. Materials Science and Surface Engineering (MSSE2021) PROCEEDINGS / Editor-in-Chief: Z.T. NAZARCHUK, Academician of the NAS of Ukraine, D.Sc., Prof. Lviv. 2021. P. 197-200.

4. Ниркова Л.І., Лісовий П.Е., Гончаренко Л.В., Осадчук С.О., Клименко А.В., Борисенко Ю.В., Браточкин О.В. Опірність корозії під напруженням сталі трубного сортаменту в умовах, що моделюють експлуатаційні. Тези доповідей X Ювілейної міжнародної науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Хімія та сучасні технології» Том V. м. Дніпро. 2021 С. 33-35.

5. Nyrkova L., Lisovyi P., Goncharenko L., Osadchuk S., Klymenko A. Comparative analysis of the susceptibility of steels pipeline assortment to stress-corrosion cracking under cathodic protection. XVI International Conference "Problems of Corrosion and Corrosion Protection of Materials" (Corrosion-2022). November 15-17, 2022, Lviv, Ukraine: Book of Abstract / Karpenko Physico-Mechanical Institute of NAS of Ukraine; S. Korniy, M.-O. Danyliak, Yu. Rizun (Eds.). Lviv, 2022. P. 102.

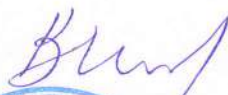
6. Лісовий П.Е., Ниркова Л.І., Харченко Ю.О. Корозія від напруження зварного з'єднання зі сталі X70 в умовах електрохімічного захисту. Восьмий науковий семінар студентів, аспірантів і молодих учених «Прикладні аспекти електрохімічного аналізу»/ Піта Р.І., Дмухайло А.В., Гавронська М.О., Дубенська Л.В., Івах С.Р. (ред.). – Львів: Малий видавничий центр хімічного та фізичного факультетів ЛНУ імені Івана Франка, 2022. С. 24.

ВИСНОВОК

Виходячи з аналізу вищенаведених робіт, можна зробити висновок про успішне виконання встановлених вимог щодо необхідної кількості наукових публікацій перед представленням дисертаційної роботи Лісового П.Е. до захисту, а також про достатню повноту висвітлення наукових та практичних результатів в опублікованих матеріалах.

Розглянута дисертація **Лісового Павла Едуардовича** за темою «Стієкість низьколегованих трубних сталей ферито-перлітного класу та їх зварних з'єднань у нейтральному ґрунтовому середовищі за катодної поляризації», представлена на здобуття наукового ступеню доктора філософії за спеціальністю 132 «Матеріалознавство», є завершеним науковим дослідженням і відповідає вимогам, викладеним у постанові КМУ від 12 січня 2022 р. № 44 «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії». Робота містить нові науково-обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які мають науково-практичне значення в галузі матеріалознавства, вона базується на достатній кількості наукових публікацій, не містить текстових запозичень без посилання на джерело (плагіату) і може бути прийнята до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

Голова семінару
чл.-кор. НАН України



Віктор ШАПОВАЛОВ

Секретар семінару
к.т.н., с.н.с.

