

УДК 620.194.3

В. Винар, д.т.н., М. Чучман, к.т.н., В. Івашків, к.т.н., Х. Василів, к.т.н.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України, Україна

**ФРАКТОГРАФІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ КОРОЗІЙНИХ ПОШКОДЖЕНЬ
ТРУБНОЇ СТАЛІ З КОРОЗІЙНО-АКТИВНИМИ НЕМЕТАЛЕВИМИ
ВКЛЮЧЕННЯМИ**

V. Vynar, Dr., M. Chuchman, Ph.D., V. Ivashkiv, Ph.D., Ch. Vasyliv, Ph.D.

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Ukraine

**FRACTOGRAPHIC DIAGNOSTIC OF CORROSION DAMAGE OF PIPE STEEL
WITH CORROSION-ACTIVE NON-METALLIC INCLUSIONS**

Abstract. Fractographic diagnostic of pipe steel 20 corrosion damage have been made. Corrosion-active non-metallic inclusions of the second type are the main cause of corrosion in the environment of model brine water. The accumulation of inclusions with a size of 10...200 μm in steel intensifies the development of local corrosion and the formation of through holes, which leads to a decrease in the service life of pipelines.

Надійність і довговічність експлуатації трубопроводів енергетичної, нафтогазовидобувної та атомної промисловості суттєво залежить від корозійно-механічних властивостей сталей. Однак за однакових умов експлуатації ресурс тотожних за хімічним складом, структурою і механічними властивостями сталей може відрізнятися на порядок. Основною причиною аномально високих швидкостей корозії нафтопромислових трубопроводів є забрудненість сталей корозійно-активними неметалевими включеннями (КАНВ), що потрапляють до сталей за неоптимальних технологічних умов. До складу цих включень входить кальцій у вигляді оксидної або сульфідної складової. Їх поділяють на два типи: КАНВ1 – оксидні включення на основі алюмінатів кальцію ($m \text{CaO} \cdot n \text{Al}_2\text{O}_3$) та КАНВ2 – включення з оксидним ядром на основі алюмінату кальцію та оболонкою із сульфиду кальцію, часом разом із сульфідом марганцю. Сульфідні включення найнебезпечніші з точки зору стійкості до дії корозивних середовищ, оскільки термодинамічно найменш стійкі і можуть спричиняти зародження пітингів на поверхні металу [1].

Мета роботи – встановити причину підвищеної чутливості трубопроводу зі сталі 20 до локальної корозії у середовищі модельної супутньо-пластової води з нафтопромислових трубопроводів.

Методика досліджень.

Дослідження структури сталі та її хімічного складу виконували за допомогою скануючого електронного мікроскопа (ЕМ) ZEISS EVO 40XVP з системою рентгеноспектрального мікроаналізу INCA Energy та оптичного мікроскопа ZEISS Stemi-2000. Корозійно-електрохімічні дослідження виконували за допомогою потенціостата ПІ-2МК-10А. Присутність КАНВ визначали на поверхнях зламів зразків, отриманих на універсальній розривній машині FP-100. Такі включення важко ідентифікувати за допомогою металографічного аналізу, вони не впливають на загальний хімічний склад сталі, характеристики міцності та ударну в'язкість. Запропоновано новий підхід для визначення КАНВ у сталях, який полягає у

дослідженні зламів, а не шліфів зразків [1,2]. Він дає можливість візуальної їх виявити, оцінити хімічний склад та форму.

Результати досліджень.

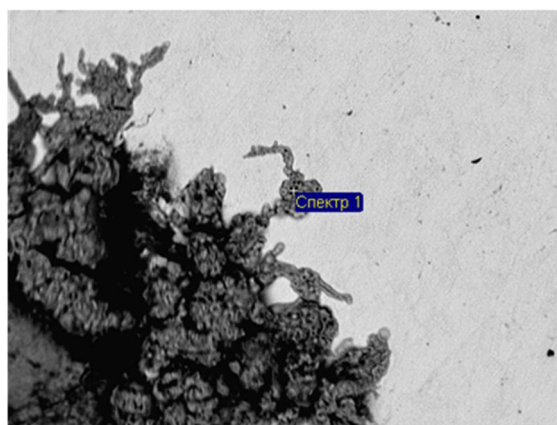
Хімічний склад сталі 20 за основними легуючими елементами відповідає стандарту ДСТУ 7809:2015. Її структура – ферито-перлітна.

Після транспортування супутньої пластової води трубопроводом зі сталі 20 протягом року на його внутрішніх стінках труби виявлено відкладення продуктів корозії, а також локальні наскрізні руйнування розміром до 4 мм (рис.1, а). Корозійні пошкодження виникають в локальних ділянках і з часом поширюються в ширину і вглиб металу (рис.1, б). Продукти корозії складаються з крупних агломератів з дрібнодисперсною аморфною структурою. Вони містять компоненти середовища (Na, Cl, S), значну концентрацію O (37,88 %), Al (22,66 %), Si і Ca, що вказує на наявність КАНВ у кількостях, що перевищують допустимі.

У результаті вивчення фрактограм зламів виявлено в'язкий характер їх руйнування і корозійно-активні неметалеві включення, які містять (мас.%): 43,44 % O; 3,08 % Mg; 25,11 % Al; 1,52% S; 23,54% Ca. Їх ідентифіковано як КАНВ2, що є причиною локальної корозії та зародження пітингів на поверхні металу (рис.2). Вони розміщені хаотично, мають розміри 10...300 мкм, що може негативно впливати на довготривалу експлуатацію обладнання.

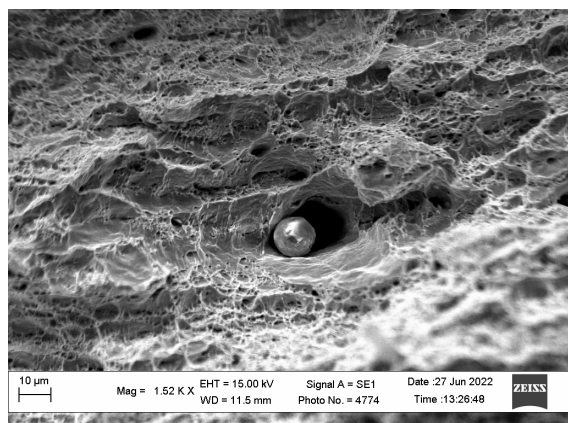


а)

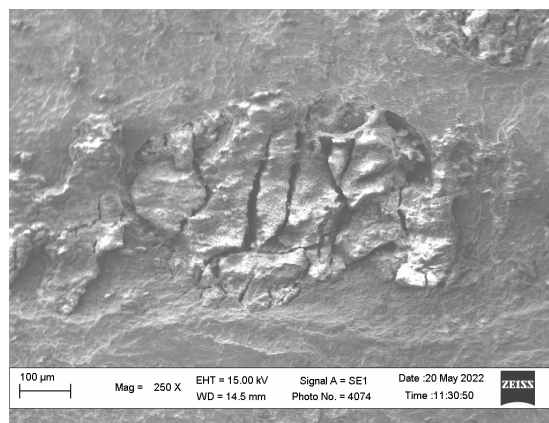


б)

Рис.1. Поверхня внутрішньої ділянки труби з наскрізним локальним руйнуванням (а) та її поперечного перерізу (б).



а)



б)

Рис.2. КАНВ різного розміру на фрактограмі зламу.

Електрохімічні показники корозії у середовищі модельної супутньо-пластової води визначали на ділянках сталі однакової площі без КАНВ, та з їх кількістю понад 2 вкл/см². За присутності КАНВ у сталі інтенсифікуються корозійні процеси, що ілюструє зміщення значення потенціалу корозії в катодну ділянку на 90 мВ та підвищення густини струму корозії у ~ 2,5 рази. Під час тривалої витримки у середовищі МПВ на поверхні сталі формується поверхневий шар продуктів корозії, що сприяє деякому сповільненню корозії. Незважаючи на відносно невисокий рівень загальної корозії сталі (0,0637 мм/рік), основною причиною аномально швидкого пошкодження труб є локальна корозія у місцях скупчення КАНВ, що має критичний вплив на надійність роботи обладнання.

Табл. Типові електрохімічні показники корозії зразків зі сталі 20 у середовищі модельної супутньо-пластової води

Сталь 20	$E_{кор}$, В	$i_{кор}$, мА/см ²	контроль
кількість КАНВ < допустимої	-0,56	0,00032	анодний
кількість КАНВ > допустимої	-0,64	0,00077	анодний

Висновок.

Незважаючи на відносно невисокий рівень загальної корозії сталі 20 у середовищі супутньо-пластової води (0,0637 мм/рік), основною причиною корозійного пошкодження сталі 20 у середовищі супутньо-пластової води є корозійно-активні неметалеві включення другого типу розміром 10...200 мкм, кількість яких в локальних ділянках перевищує 4 вкл/мм². Навіть за низької середньої густини КАНВ, їх скупчення у певних ділянках сталі інтенсифікує розвиток локальної корозії та утворення наскрізних отворів, що призводить до зниження терміну експлуатації трубопроводів.

Література.

1. М.С.Хома, В.А.Винар, О.В.Чорний, Ю.Я.Максішко, В.Р.Івашків, Н.Б.Рацька Новий тип корозійно активних неметалевих включень та їх вплив на корозію сталі 38ХНЗМВА. - Фізико-хімічна механіка матеріалів.-55.-№5.-2019.-С.7-13.
2. Спосіб фрактографічного діагностування забруднення сталей сучасного металопрокату корозійно-активними неметалевими включеннями: Патент 135837 Україна / Кречковська Г.В., Винар В.А., Студент О.З., Хома М.С., Никифорчин Г.М. / № u2019 00243; заявл. 19.01.2019 р.; опубл. 25.07.2019, Бюл.№14 – 8 стор.