

ЕЛЕКТРОКОРОЗІЙНА ДЕГРАДАЦІЯ ТРУБОПРОВОДІВ В ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ ГРУНТАХ

Л. Я. Побережний, Г. М. Присліпська

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Abstract. Studied speed thinning walls in model environments of different composition (polikryterial score) in alternating current within a range of 5, 10, 15, 20 A/m². Based on experimental data, dependence built image analysis of which showed that the wall thickness of 5 mm AC, in soils with such a composition, will cause the formation of cross lesions after 6 - 8 years. Visual inspection of the affected surfaces experimental samples indicates local character corrosive injuries.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Підземні трубопроводи є одними з найважливіших інфраструктур у житті сучасного суспільства та виступають гарантом його енергетичної незалежності. Забезпечення безперебійної роботи трубопровідного транспорту з врахуванням всіх особливостей його експлуатації (нанесення захисного покриття, контроль за роботою катодних станцій, моніторинг стану трубопроводів) є першочерговою і необхідною задачею уникнення аварій та відмов, що ведуть до втрати цілісності труби. Значна частина аварій (>50 %) на трубопроводах є наслідком перебігу різних форм корозії: загальної корозії, щілинної корозії під покриттям, що відшарувалося, точкової корозії, корозійного розтріскування під напруженням тощо. Внаслідок недосконалості нанесення захисного ізоляційного покриття на трубопроводи, старіння ізоляційних матеріалів, механічних пошкоджень, дії агресивного середовища, руйнується суцільність захисного покриття та утворюються дефекти. Вони можуть мати різну форму та розміри: від маленьких незначних мікротріщин до великих оголених ділянок металу. Через ці дефекти у захисному покритті відбувається контакт металу з ґрунтовим електролітом, а при паралельному проляганні трубопроводів з джерелами змінного струму такі оголені ділянки є місцем натікання струму та причиною утворення наскрізних корозійних уражень – „свищів“. Через наскрізні отвори, залежно від діаметру труби, в атмосферу потрапляє природний газ – метан, який належить до парникових газів. Таким чином наноситься економічна (через втрати газу) та екологічна шкода навколишньому природному середовищу.

Небезпеку електрокорозії характеризують відношенням величини натікаючого змінного струму до одиниці площі поверхні (густиною струму) дефекту в захисному покритті підземного трубопроводу. Значення 30 A/m² вважається таким, що призводить до корозійних руйнувань для будь-якого типу ґрунту [1]. У багатьох країнах прийняті відповідні стандарти, які визначають межу критичної густини струму. Критерієм критичної густини змінного струму з дефектів у захисному покритті трубопроводу у відповідності з роботою [2] був прийнятий показник 20 A/m² як такий, що призводить до збільшення корозії. Нормативними документами України [3] встановлено критичну густину змінного струму 10 A/m².

При малій товщині стінки трубопроводу утворення наскрізного ураження може відбутися в дуже короткий термін. Якщо ж врахувати, що термін експлуатації багатьох трубопроводів складає 30 – 40 років, тобто матеріал труби є досить деградованим, час утворення уражень небезпечної глибини може значно скоротитися за сукупності певних умов. Питання впливу змінного струму на перебіг корозійних процесів з врахуванням компонентного складу ґрунтів є вивченим недостатньо. Метою даної роботи було визначення швидкості утонення стінок матеріалу трубопроводу залежно від хімічного складу ґрунтового електроліту за різних рівнів густини струму.

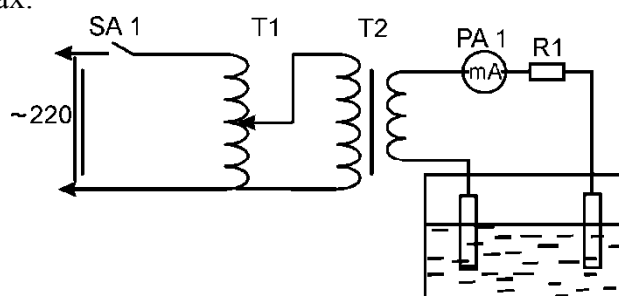
МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ. Визначальною особливістю при вивченні підземної корозії є складність імітації ґрунтового електроліту, а механізм перебігу процесу визначається виключно властивостями приелектродного шару ґрунтового електроліту – аніонним складом, концентрацією і рН. За результатами

моніторингу хімічного складу ґрунтових електролітів у 2010 р. визначено найбільш характерний компонентний склад ґрунтів України [4] та вибрано наступні модельні середовища (табл. 1). Усі середовища розділені на чотири типи: МС1-3 – хлоридні, МС3-6 – хлоридно-сульфатні, МС7-9 – хлоридні підкислені та МС10-12 – хлоридно-сульфатні підкислені середовища. Проведення експерименту в модельних середовищах МС1-6 дає змогу оцінити характер перебігу корозійних процесів в нейтральних розчинах, а в середовищах МС7-12 – дозволяє вивчити вплив рН.

Таблиця 1 – Склад модельних середовищ для проведення корозійних випробувань

№ МС	Концентрація, моль/л			
	NaCl	Na ₂ SO ₄	HCl	H ₂ SO ₄
1	0,01	–	–	–
2	0,05	–	–	–
3	0,1	–	–	–
4	0,005	0,005	–	–
5	0,025	0,025	–	–
6	0,05	0,05	–	–
7	0,01	–	0,00001	–
8	0,05	–	0,0001	–
9	0,1	–	0,001	–
10	0,005	0,005	–	0,000005
11	0,025	0,025	–	0,00005
12	0,05	0,05	–	0,0005

Матеріалом досліджень вибрано трубку сталь СТ3 зі стінкою труби $\varnothing 219$ мм, з якої виготовлено зразки розміром 10x50x3 мм, що попарно занурювали на глибину 20 мм у модельне середовище (табл. 1) та витримували 168 годин. Попередня підготовка зразків полягала у їх механічному очищенні з застосуванням дрібнодисперсного абразиву, знежиренні (використовувався толуол) та зважування на демпферних аналітичних вагах з точністю вимірювань 0,00005 г. Для імітації впливу змінного струму використовувалася установка створена в ІФНТУНГ (рис. 1). Випробування проводилися за значень густини струму 5, 10, 15 та 20 А/м². Причиною розширення діапазону експериментальних досліджень послужили результати роботи [5] де приріст швидкості корозії при 10 А/м² (нормативне значення) становив 9÷45 % у вказаних середовищах.



T1 – латр LTC-500, T2 – трансформатор ТМ-56, PA – амперметр, R1 – додатковий опір
Рис. 1. Принципова схема установки для визначення швидкості корозії в агресивних середовищах під впливом змінного струму

Паралельно з корозією під дією змінного струму визначалася швидкість корозії контрольного зразка.

Після закінчення часу експозиції зразки виймали із розчинів, вологою гумкою знімали із їх поверхні продукти корозії, промивали дистильованою водою та ретельно висушували фільтрувальним папером і знову зважували на аналітичних вагах.

Кількісним показником швидкості корозійного процесу є гравіметрична оцінка, яка базується на порівнянні результатів зважування зразків до і після експерименту з врахуванням площі зразка, що занурювалася в агресивне середовище та часу експозиції.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ. Вивчення перебігу корозійних процесів у 12 модельних середовищах за діапазону густин струму 5, 10, 15, 20 А/м² за масовою втратою та швидкістю утоненням стінки (рис. 2) дає змогу дослідити взаємодію сталі трубопроводу з навколишнім середовищем (грунтовим електролітом) та встановити ризик розгерметизації при вказаних густинах змінного струму. Швидкість утонення стінки трубопроводу важливо знати для визначення залишкового ресурсу безпечної експлуатації з метою вчасного попередження позаштатних ситуацій та зменшення експлуатаційних ризиків.

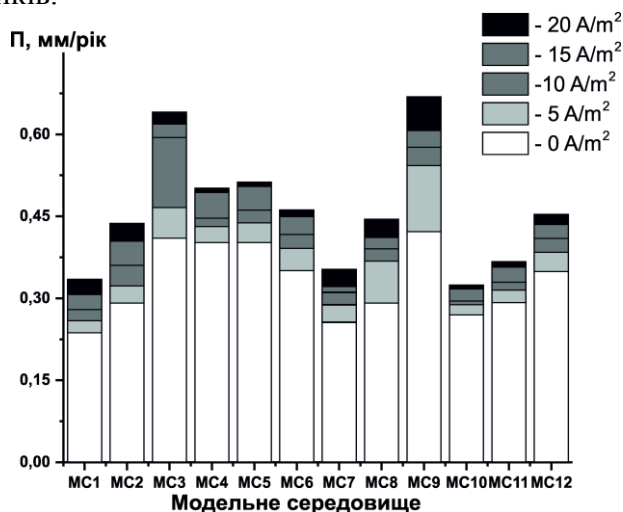


Рисунок 2 – Залежність швидкості утонення трубопроводу у 12 модельних середовищах в діапазоні густини струму 5, 10, 15, 20 А/м²

Дослідження протікання корозійних процесів у нейтральних хлоридних модельних середовищах (MC1-3) показали значне збільшення швидкості загальної корозії, а, отже, і швидкості відносного утонення стінки, зі зростанням концентрації хлорид-іонів та величини густини струму. Дещо менше збільшення швидкості корозії спостерігається при різних значеннях густини струму у MC1 та MC2. Різке зростання даних показників спостерігається у MC3 за густини струму 10 А/м², яка за українськими документами є нормативно допустимою.

За відсутності чи неналежній якості катодного захисту магістральних трубопроводів у хлоридних середовищах вже за густини струму 5 А/м² швидкість утонення стінки згідно рис. 2 може досягати значення 0,23 мм/рік в MC1, 0,32 мм/рік в MC2, а у випадку MC3 буде перевищувати 0,47 мм/рік, що відповідно становить 9 %, 10,7 %, 13,6 %. Такі значення свідчать про необхідність якнайшвидшого перегляду рівня допустимої густини струму в українських нормативних документах з протикорозійного захисту.

Вивчення швидкості утонення стінки у нейтральних хлоридно-сульфатних середовищах (MC4-6) показало зниження швидкості корозії порівняно з MC1-3, що можна пояснити меншою рухливістю сульфат-іонів, і, відповідно, зниженням провідності. У даних середовищах спостерігається монотонний приріст швидкості корозійних процесів без різких стрибків. Крім того за високих концентрацій хлоридів і сульфатів швидкість утонення спадає у MC6, що можна пояснити значним накопиченням продуктів корозії на поверхні зразка та сповільненням дифузії кисню до поверхні металу крізь шар утвореної захисної плівки з продуктів корозії.

Третім етапом досліджень було вивчення впливу рівня рН на електрокорозію у підкислених хлоридних модельних середовищах – MC7-9. Як бачимо з рис. 2 в даних середовищах динаміка зміни швидкості корозії є дещо іншою. В загальному із збільшенням концентрації електролітів та зростанням величини густини струму

спостерігається рівномірний приріст швидкості утонення стінок. Різке збільшення швидкості утонення стінки спостерігається при переході від середовища МС7 до середовищ МС8 та МС9. Особливо небезпечною є тенденція до різкого зростання швидкості при малих густинах струму, що відповідають густині струму вдвічі меншій за нормативно допустиму. В випадку середовища МС9 швидкість утонення стінки є найбільшою в порівнянні з іншими середовищами і становить 0,668472 мм/рік (58,4 %). Дана тенденція є особливо небезпечною для трубопроводів з малою товщиною стінки, а саме для розподільчих трубопроводів. Оскільки товщина стінки таких трубопроводів здебільшого становить 5 мм, то в ґрунтах із таким складом ґрунтового електроліту змінний струм може стати причиною утворення наскрізних корозійних уражень через 6-8 років.

Аналіз графічних залежностей для підкислених хлоридно-сульфатних середовищ МС10-12 показує найнижчі показники швидкості утонення стінок та його рівномірне протікання і плавне зростання зі збільшенням густини змінного струму та концентрації електролітів. Таку тенденцію можна пояснити надзвичайно складним механізмом протікання катодних процесів та зменшенням провідності середовища внаслідок наявності сульфат-іонів, які володіють нижчою рухливістю порівняно з хлорид-іонами.

ВИСНОВКИ:

- розроблено установку для моделювання корозії під впливом змінного струму у середовищах, які відповідають основним типам ґрунтових електролітів;
- вивчено вплив хімічного складу та рН середовища на швидкість утонення стінки труби при різних рівнях густини струму та показано, що зменшення рівня рН істотно прискорює електрокорозійну складову навіть при малих густинах струму;
- виявлено підвищені ризики розгерметизації внаслідок локалізації електрокорозійних процесів у хлоридно-сульфатних середовищах;
- показано істотний вплив змінного струму на швидкість корозії за його густини вдвічі меншої за нормативно допустиму;
- в подальшому необхідно дослідити вплив часу експозиції та періодичності натікання змінного струму на механізм та швидкість корозійних процесів, а також розширити сортамент досліджуваних трубопровідних сталей.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. CEOCOR: A.C. Corrosion on cathodically protected pipelines. Guidelines for risk assessment and mitigation measures. Published by APCE Association for the Protection against Electrolytic Corrosion, Italy, 2001.

2. Инструкция по защите от коррозии подземных стальных трубопроводов, расположенных в зоне действия рельсового электротранспорта на переменном токе. Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Панфилова. – М.: Стройиздат, 1972. – 125 с.

3. ДСТУ Б В.2.5-29:2006. Система газопостачання газопроводи підземні сталеві. Загальні вимоги до захисту від корозії.

4. Побережний Л. Я. Полікритеріальна оцінка корозійної активності середовища як елемент підвищення надійності магістральних газопроводів / Л. Я. Побережний, А. І. Станецький // Нафтова і газова промисловість. – 2011. – № 2. – С. 38-40.

5. Побережний Л.Я. Вплив змінного струму на швидкість зовнішньої корозії матеріалу трубопроводу та локалізацію корозійних процесів у хлоридних середовищах / Л. Я. Побережний, Г. М. Присліпська // Вісник ТНТУ. – 2013. – № 3. – С. 53-59.