

Н. Б. Рацька
М. С. Хома
Х. Б. Василів
С. А. Корній

КОРОЗИЙНО-МЕХАНІЧНЕ РУЙНУВАННЯ ТРУБНИХ СТАЛЕЙ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ У СІРКОВОДНЕВИХ СЕРЕДОВИЩАХ РІЗНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ

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

Анотація

Встановлено вплив сірководню різної концентрації на корозійно-механічне руйнування трубних сталей в хлоридно-ацетатних розчинах залежно від швидкості їх корозії та наводнювання. Отримано нові наукові положення і висновки, які дозволять запобігти підвищенню ризиків забруднення довкілля нафтопродуктами внаслідок сірководневої корозії трубних сталей, поліпшити вибір і прогнозування їх експлуатації в конкретних нафтогазових середовищах.

Ключові слова: сірководень, нафтогазопродукти, корозійно-механічне руйнування, сталь.

Abstract

The influence of hydrogen sulfide concentration on the corrosion-mechanical destruction of pipeline steels in chloride-acetate solutions depending on their corrosion rate and hydrogenation has been established. New scientific conclusions have been obtained that will prevent the increase of risks of environmental pollution by oil products due to hydrogen sulfide corrosion of pipeline steels. Scientific results would improve the choice and forecasting of pipeline steels operation in specific oil and gas environments.

Key words: hydrogen sulfide, oil and gas products, corrosion-mechanical destruction, steel.

Вступ

Важливою проблемою у нафтогазовидобувній та переробній промисловостях є захист матеріалів конструкцій від агресивного впливу зовнішніх і внутрішніх факторів, які можуть призводити до аварійних ситуацій, матеріальних втрат і екологічної шкоди. Одним з небезпечних чинників є сірководнева корозія з ризиками розгерметизації сталевих нафтогазопроводів і виникнення аварійних витоків із суттєвим забрудненням компонентами довкілля. Для підвищення екологічної безпеки нафтопроводів необхідно вдосконалювати методики оцінювання ресурсу із врахуванням нових рекомендацій щодо корозійних процесів сталей у активних корозивних середовищах та вибору матеріалів для нафтогазовидобувного обладнання. Найагресивніший компонент у складі видобувних продуктів є сірководень, який пришвидшує суцільну та виразкову корозію трубних сталей з одночасним їх інтенсивним наводнюванням, що викликає корозійні та корозійно-механічні руйнування [1]. Тому метою роботи було встановити закономірності впливу концентрації сірководню на корозійно-механічне руйнування конструкційних сталей 17Г1С-У та 07Х16Н6 в хлоридних середовищах у взаємозв'язку зі швидкістю їх корозії та наводнюванням.

Результати дослідження

Досліджували корозійно-електрохімічні властивості сталей 17Г1С-У і 07Х16Н6 у хлоридно-ацетатних середовищах, що є основою розчину NACE (0,5% CH_3COOH + 5% NaCl) з різними концентраціями сірководню. Виявлено, що для сталі 17Г1С-У зростання концентрації сірководню у цьому розчині призводить до майже лінійного пришвидшення корозії не змінюючи природу електродних реакцій: коефіцієнти Тафеля катодних реакцій в середньому дорівнюють ~ 110 , анодних – ~ 65 мВ на декаду (рис. 1а, б). За наявності сірководню швидкість катодної поляризації може зростати внаслідок безпосереднього відновлення водню із молекули H_2S . За концентрацій сірководню ≥ 1500 мг/дм³ знижується швидкість катодних процесів внаслідок дифузійних ускладнень, які можуть

бути викликані зростанням адсорбції молекул сірководню і зниженням швидкості каталітичної рекомбінації адсорбованих атомів водню.

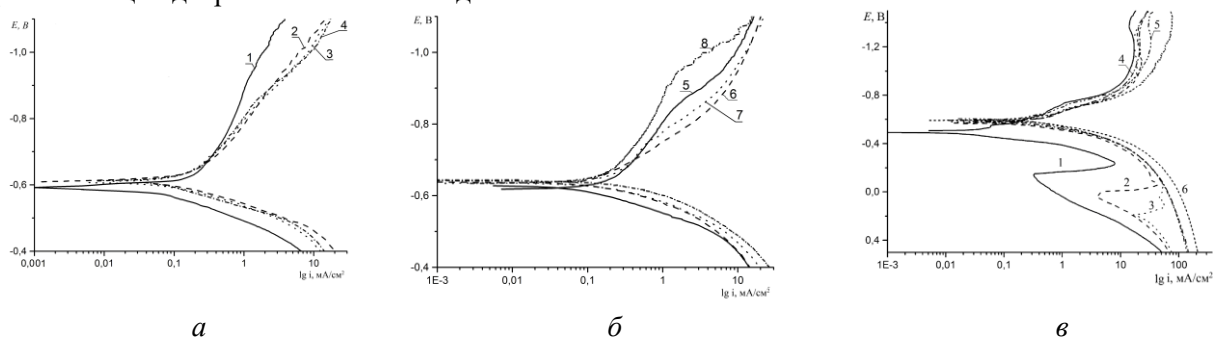


Рис. 1. Поляризаційні криві сталей у 5% NaCl + 0,5% CH₃COOH з концентрацією сірководню, мг/дм³: а, б– сталь 17Г1СУ (1 – 0, 2 – 56, 3 – 350, 4 – 750, 5 – 1000, 6 – 1600, 7 – 2300, 8 – 2800); в – сталь 07Х16Н6 (1 – 0, 2 – 25, 3 – 100, 4 – 1000, 5 – 1500, 6 – 2800).

Встановлено різну тенденцію у розвитку корозії та наводнювання сталі 17Г1С-У у середовищах за концентрації сірководню ≤ 100 та ≥ 500 мг/дм³. За нижчих концентрацій швидкість корозії знижується з часом експозиції і через 720 год дорівнює $\sim 0,5$ г/(м²·год), а за вищих – після зниження зростає і є в ~ 3 рази більшою та сталь абсорбує в ~ 2 рази більше водню. За концентрацій сірководню ≥ 500 мг/дм³ на зразках протягом 200...450 год проявляється воднем ініційоване тріщиноутворення, яке може сприяти корозійному розтріскуванню сталі 17Г1СУ.

Сталь 07Х16Н6 у хлоридно-ацетатних розчинах незалежно від вмісту сірководню кородує у електрохімічно активному стані. Наявність сірководню у розчині не змінює характер катодних процесів, пришвидшуючи їх у 7...9 разів, а швидкість анодних процесів зростає у 20...35 разів зі зміною механізму (рис. 1в). У розчині з вмістом сірководню ≤ 100 мг/дм³ проявляється нестійка пасивація, яка переходить у пітінгоутворення. За вищих концентрацій сірководню сталь не пасивується. Швидкість корозії сталі 07Х16Н6 у хлоридно-ацетатному розчині за концентрацій сірководню 100...1500 мг/дм³ протягом 720 год зменшується у ~ 5 разів і дорівнює 0,4...0,5 г/(м²·год). На поверхні сталі формуються продукти корозії, що складаються з оксидно-сульфідних сполук, товщина яких зростає зі зростанням концентрації сірководню і за вмісту сірководню 1500 мг/дм³ їх верхній шар втрачає суцільність внаслідок розтріскування.

Висновки

Сірководень у хлоридно-ацетатному середовищі, пришвидшуючи на початковій стадії корозію сталі 17Г1С-У, не викликає зміни механізму електрохімічних реакцій, а за корозії сталі 07Х16Н6 він призводить до зміни механізму процесів окиснення та зростання їх швидкості у 3...4 рази більше, ніж відновлення. Встановлено різну тенденцію у розвитку корозії та наводнювання сталі 17Г1С-У у сірководневих середовищах: за концентрації ≤ 100 та ≥ 500 мг/дм³. За нижчих концентрацій швидкість корозії знижується з часом, а за вищих – після зниження зростає та є в ~ 3 рази вищою і сталь абсорбує в ~ 2 рази більше водню. За характером корозії, наводнювання та тріщиноутворення встановлено мінімальну концентрацію сірководню, за якої не розвивається корозійне розтріскування сталі 17Г1С-У – ≤ 100 мг/дм³. Запропонована методика оцінки впливу сірководню на корозійно-механічну тривкість трубних сталей може бути застосована для вибору матеріалу нафтогазопровідних труб та прогнозування їх експлуатації в конкретних нафтогазових середовищах, що дозволить запобігти підвищенню ризиків забруднення довкілля нафтопродуктами внаслідок корозійного руйнування нафтогазового обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хома М. С. Проблеми руйнування металів у сірководневих середовищах // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2010. – №2. – С. 55–56.

Рацька Надія Богданівна – канд. техн. наук, наук. співроб. відділу Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України: nadijaratska@gmail.com.

Хома Мирослав Степанович — член.-кор. НАН України, докт. тех. наук, проф., пров. наук. співроб. відділу Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України.

Василів Христина Броніславівна – канд. техн. наук, ст. наук. співроб. відділу Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України.

Корній Сергій Андрійович – докт. техн. наук., зав. відділу Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України.

Ratska Nadiia B. – PhD (Engin.), Researcher, Karpenko Physico-Mechanical Institute, Lviv: nadijaratska@gmail.com.

Khoma Myroslav. S. – NAS Corresponding Member, Dr. Sci. (Engin.), Professor, Leading Research, Karpenko Physico-Mechanical Institute.

Vasyliiv Chrystyna B. – PhD (Engin.), Senior Researcher, Karpenko Physico-Mechanical Institute.

Korniy Sergiy A. – Dr. Sci. (Engin.), Head of the department, Karpenko Physico-Mechanical Institute.