Любомир ПОБЕРЕЖНИЙ, Андрій ГРИЦАНЧУК

ВПЛИВ ГАЗОВИХ ГІДРАТІВ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ ПРОМИСЛОВИХ ТРУБОПРОВОДІВ ЗІ СТАЛІ 20

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019. E-mail: lubomyrpoberezhny@gmail.com

Lubomyr POBEREZHNY, Andriy GRYTSANCHUK

INFLUENCE GAS HYDRATES ON DURABILITY OF STEEL 20 INDUSTRIAL PIPELINES

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
15, Karpatska Srr., Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine. E-mail: lubomyrpoberezhny@gmail.com

ABSTRACT

Formed hydrates can clog pipelines, underwater transportation lines, and in the case of gas release during drilling hydrates can form a hole in the riser and blowout preventer choke line. This will cause partial or complete blockage inside of the pipeline, and if it is not quickly removed, it will lead to an increase in pressure inside the pipe and to a possible accident. As a result, there may be various economic and environmental problems and serious risks to the security service personnel and equipment. At each stage of the process of formation of hydrate, a chemical interaction between the components and hydrate pipeline that initiates the beginning of the process of internal corrosion. In the formation of small diameter holes, corrosion in the future will lead to a gradual degradation of the material and the deterioration of the integrity of the tube, the pipeline will begin to leak and it can provoke large pipeline gap. This perspective with economic consequences also can cause environmental and political consequences and will lead to the replacement pipe along the length of the pipeline and additional production costs that could reach billions of dollars. Given the need to increase domestic production of energy, the problem of providing a reliable transportation is extremely important. Most emergency situations resulting from a partial reduction or complete overlap of effective cross-section pipes, gas hydrate plugs, the probability of formation is highest when transporting gas unprepared. To study the effect of gas hydrates to fatigue and corrosion fatigue characteristics pipeline herd has produced batch of samples cut from the pipe wall, made of steel pipe 20 was in operation for 25 years. Process of hydrate formation in pipeline during natural gas transportation was modeled. The effect of gas hydrates to fatigue and corrosion fatigue characteristics of steel pipeline. Further research should continue hydration process of corrosion to develop efficient and environmentally friendly ways and means to prevent their formation.

Conclusions: Process of hydrate formation in pipeline during natural gas transportation was modeled. The effect of gas hydrates to fatigue and corrosion fatigue characteristics of steel pipeline.

KEY WORDS*: main pipelines, late stageof exploitation, bearing capacity, exploitation degradation.*

Природний газ у пластових умовах (умовах залягання в земних надрах) знаходиться в газоподібному стані (72 %) у вигляді окремих скупчень (газові поклади) або у вигляді газової шапки (9,5 %) нафтогазових родовищ – це вільний газ, або в розчиненому стані (8,5 %) в нафті або воді (у пластових умовах), а в стандартних умовах – тільки у газоподібному стані. Також природний газ може знаходитися у вигляді газогідратів. Тверді гідрати можуть утворюватись при високих тисках і низьких температурах (навіть вище нормальної температури плавлення льоду) за рахунок слабких Ван-дер-Ваальсівських і водневих зв'язків, які характерні для води. Зокрема, при тиску 1 МПа етан може утворювати газові гідрати за температури нижче 4°С, тоді як при тиску 3 МПа він легко може утворювати гідрати за температури нижче 14 °С.

Сформовані гідрати можуть закупорювати трубопроводи, підводні лінії транспортування, а в випадку газового викиду під час буріння – гідрати можуть утворюватися в стояку свердловини в противикидному превенторі і на штуцерній лінії. Це спричинює часткову або повну закупорку внутрішньої частини газопроводу, і якщо швидко її не видалити, це призведе до зростання тиску всередині труби і до можливої аварії. В результаті цього можуть виникнути

різні економічні та екологічні проблеми, а також серйозні ризики для безпеки обслуговуючого персоналу та устаткування [1].

На кожному етапі процесів утворення гідрату відбувається хімічна взаємодія між компонентами гідрату і трубопроводом, що ініціює початок процесу внутрішньої корозії. Крім утворення отворів малих діаметрів, корозія в подальшому призведе до поступової деградації матеріалу і погіршення цілісності труби, газопровід почне протікати, і це може спровокувати повнопрохідний розрив. Така перспектива, разом з економічними наслідками, може бути причиною екологічних і політичних наслідків, а також призведе до заміни труб по всій довжині трубопроводу та додаткових виробничих витрат, суми яких можуть бути дуже значними. З огляду на необхідність підвищення власного видобутку енергоносіїв, проблема забезпечення їх надійного транспортування є надзвичайно актуальною. Найчастіше позаштатні ситуації виникають внаслідок часткового зменшення чи повного перекривання ефективного перерізу труб, газогідратними корками, імовірність утворення яких найвища при транспортуванні непідготованого газу.

Мета роботи – вивчення впливу газогідратів на довговічність промислових газопроводів.

Об’єкт досліджень – викидні лінії свердловини на ділянці до установки комплексної (попередньої) підготовки газу.

Для вивчення впливу газогідрату на втомні та корозійно-втомні характеристики трубопровідної стаді було виготовлено партію зразків, вирізаних зі стінки труби розміром 114х12 мм, сталь 20. Труба знаходилася у експлуатації 20 років. Візуальний огляд внутрішньої поверхні виявив глибокі і нерівномірні корозійні ураження (рис. 1).

Рис. 1. Внутрішня поверхня експлуатованої труби викидної лінії свердловини.

Fig. 1. The inner surface of the operated pipes of wells flow line.

Випробовування проводили за схемою навантаження чистим згином. Частота навантаження складала 0,8 Гц. Дослідження виконували у три етапи: на першому витримували зразки у середовищі газогідрату у сконструйованому реакторі за температури +2,5 ºС та тиску 45 атм протягом 170 годин (рис. 2), на другому визначали довговічність контрольних зразків матеріалу труб на повітрі та у робочих середовищах, на третьому – проводили втомні випробовування зразків після експозиції у газогідраті.

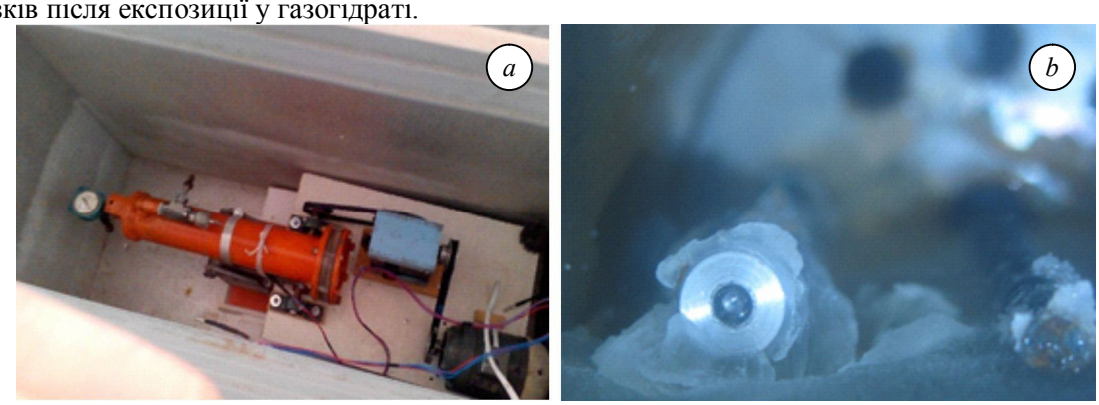

Рис.2. Загальний вигляд реактора (*a*) та зразка з утвореним гідратом (*b*).

Fig 2. The general view of reactor (*a*) and specimen with hydrate (*b*).

Попередні наші дослідження [2] показали нерівномірний характер корозії поверхні зразка, візуально її можна віднести до плямистої (рис. 3). Цікаво, що зі збільшенням часу експозиції у гідраті збільшується і рівномірність корозійних уражень. Однак, порівнюючи вигляд пошкоджень зразків та внутрішньої поверхні реальної труби, можемо побачити значно у відстотковому

значенні пошкодження на реальних трубах. Виразки мають неправильні форми, що свідчить про значний вплив контактного пошкодження труб – кавітаційної корозії. Тому в подальшому планується серія експериментів із лабораторним моделюванням руху транспортованого продукту.

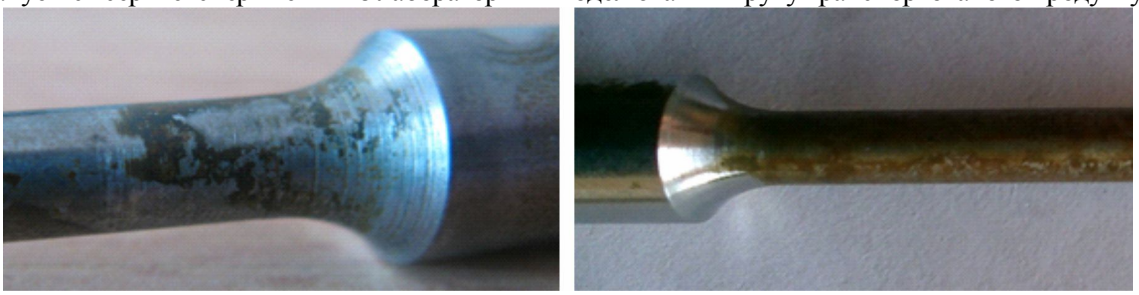

Рис. 3. Корозійні ураження поверхні зразка після витримки у газогідраті.

Fig. 3. Corrosive damages on the sample surface after exposure in gas hydrates.

Втомні випробовування на повітрі показали (рис. 4) тристадійну кінетику деформації сталі трубопроводу, однак на кінетичній кривій зразка після витримки в газогідраті фіксуємо дещо вищий рівень циклічної деформації, який може бути зумовлений корозійним пошкодженням поверхні.

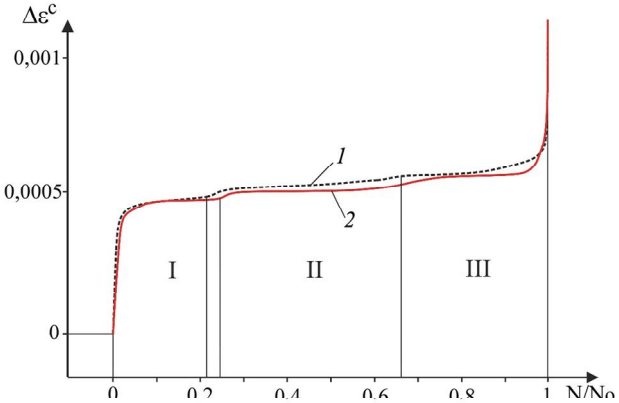

Рис. 4. Кінетика деформації зразка після витримки в гідраті (*1*) та контрольного (*2*) (240 МПа).

Fig. 4. Kinetic of specimen deformation after hydrate exposition (*1*) and reference specimen (*2*) (240 MPa).

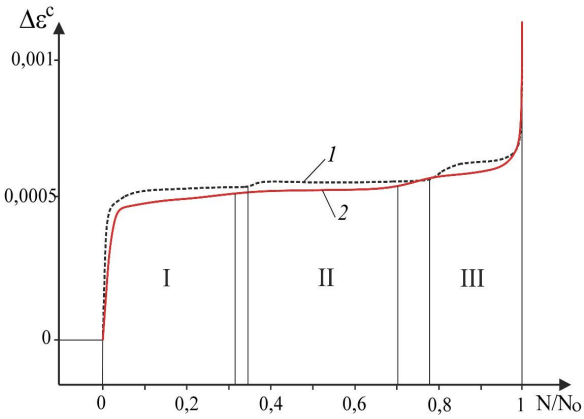

Рис. 5. Кінетика деформації зразків у корозивному середовищі: після витримки в гідраті (*1*) та контрольного зразка (*2*).

Fig. 5. Kinetic of specimen deformation in corrosive environment: after hydrate exposition (*1*) and control specimen (*2*).

Втомні випробовування у корозивному середовищі (0,05 моль/л NaCl + 0,05 моль/л Na_2SO_4) показали збільшення деформаційних стрибків для зразка, витриманого у газогідраті, які, швидше за все, відповідають підростанню втомної тріщини. Вплив газогідрату на відносну тривалість стадій низькочастотної втоми виявляється у зменшенні 3 стадії (рис. 5), яка відповідає живучості трубопроводу (роботі у режимі обмеженої функціональності). Подібні тенденції було відзначено раніше для матеріалу морських трубопроводів [3]. Вони є досить небезпечними, оскільки зменшується час на реалізацію ремонтних заходів. Тому поглиблене дослідження явищ, пов'язаних із впливом газогідратів на поверхню труби має велике практичне значення.

Додаткову інформацію про характер впливу газогідратів на метал трубопроводу дають нам злами зразків (рис. 6).

Загальний вигляд зламів вказує на окрихчення поверхневого шару, про що свідчить згладжування рельєфу поверхні руйнування у зразків, витриманих у гідраті, порівняно із контрольними. Особливо помітна ця зміна характеру руйнування у корозивному середовищі.

Якщо на зламі контрольного зразка фіксуємо досить високі уступи, то поверхня зламу зразка після експозиції у газогідраті практично рівна, що вказує на швидкий перехід до розвитку магістральної тріщини.

Рис. 6. Втомні злами зразків на повітрі та в корозивному середовищі: контрольний (*a, c*), витриманий у гідраті (*b, d*).

Fig. 6. Fatigue fractures specimens in air and in corrosive environments: control (*a, c*), after hydrate exposition (*b, d*).

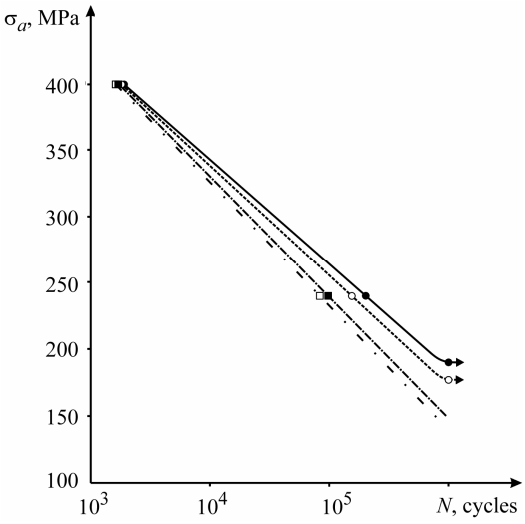

Рис. 7. Ділянки кривих втоми та корозійної втоми трубопровідної сталі 20.

Fig. 7. Fatigue and corrosion fatigue curves of pipeline steel 20.

За результатами досліджень побудовано криві втоми та ділянки кривих корозійної втоми досліджуваних зразків (рис. 7). Однозначно можемо стверджувати про негативну дію експозиції у газогідратному середовищі на довговічність сталі трубопроводу і на повітрі, і в корозивному середовищі. Зменшення довговічності для випробовувань на повітрі сягає 25%, у корозивному середовищі – 15%. Такі результати свідчать про істотний вплив газогідратних утворень на втомні та корозійно-втомні характеристики матеріалу труб.

У подальшому необхідно продовжувати дослідження закономірностей впливу газогідратів на фізико-механічні властивості та ресурс роботи промислових газопроводів.

ВИСНОВКИ

Змодельовано процес гідратоутворення у трубопроводі під час транспортування природного газу. Показано негативний вплив газогідратів на втомні та корозійно-втомні характеристики сталі трубопроводу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Obanijesu, E.O., Akindeju, M.K., Pareek, V. And Tade, M.O. (2011a), ―Modeling the Natural Gas Pipe line Internal Corrosion Rateas a Result of Hydrate Formation, Elsevier 21st European Symposium on Computer-Aided Process Engineering, (Part B) pp. 1160-1164.
2. Мазур М.П. Внутрішньотрубна корозія промислових газопроводів / М.П. Мазур, Л.Я. Побережний, А.В. Грицанчук // IV міжнар. наук.-тех. конф. «Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування». – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – С. 44-46.
3. Maruschak P., Poberezhny L., Pyrig T. Fatigue and brittle fracture of carbon steel of gas and oil pipelines // Transport. – 2013. – 28 (3). – P. 270-276.