

ВПЛИВ КИСЛОТНОСТІ СЕРЕДОВИЩА НА ОПІР ДЕФОРМАЦІЯМ ТРИВАЛО ЕКСПЛУАТОВАНИХ ТРУБНИХ СТАЛЕЙ

Досліджено вплив тривалої експлуатації і рН середовища на характеристики опору деформації трубоної сталі 17ГС. Запропоновано використовувати показник кута нахилу завершальної ділянки деформційної кривої як характеристику нестационарності корозійно-механічних процесів і показано, що найбільш небезпечними для тривало експлуатованих сталей є MC_1 і MC_3 . Надалі потрібно розширити сортамент досліджуваних трубних сталей для інтегральної оцінки потенційних експлуатаційних ризиків, спричинених корозійно-механічними процесами.

Ключові слова: нафтогазопроводи; тривала експлуатація; опір деформації; корозійно-механічна деградація; залишковий ресурс.

Вступ. На сьогодні Україна є одним з найбільших у світі транзитерів природного газу. Системами магістральних газопроводів, які перебувають у користуванні НАК "Нафтогаз України", російський природний газ надходить до країн Західної, Центральної та Східної Європи. Ці системи технологічно зв'язані з аналогічними магістральними газопроводами Росії, Білорусі, Молдови, Румунії, Угорщини, Словаччини та Польщі, а через них – і з газопроводами всього Європейського континенту. Пропускна спроможність вітчизняної газотранспортної системи на вході становить 290 млрд m^3 , а на виході (до країн Західної, Центральної та Східної Європи, а також до Молдови і на південь Росії) – майже 170 млрд m^3 на рік.

Актуальність вивчення впливу рН на особливості корозійно-механічних процесів зумовлена тим, що на Західній Україні, де проходить значна частина стратегічно важливих трубопроводів, поширені кислі ґрунти із хлоридними та хлоридно-сульфатними електролітами (Chornyi, 1995). З літератури (Tsygulnyk et al., 2004) відомо про особливу чутливість тривало експлуатованих трубопровідних сталей до водневого окиснення, ризик виникнення якого в кислих середовищах найбільший.

Мета роботи – дослідження тривалої дії експлуатаційних середовищ та терміну роботи на деформаційну поведінку трубопровідних сталей у кислих ґрунтах.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом досліджень вибрано магістральні газопроводи великого діаметра, виготовлені зі сталі 17ГС, які були в експлуатації 41 рік. Саме такий матеріал труб широко використовували під час спорудження магістральних трубопроводів у 70-х роках ХХ ст. та експлуатуються по цей час. Для дослідження корозійних процесів під напруженням використовували розроблену раніше комп'ютеризовану установку КН-1 (Kryzhanivskiy, Poberezhnyi, 2004). Випробовування зразків з матеріалу труб газопроводів на повітрі та в рідких робочих середовищах (табл. 1) проводили в режимі статичного та повторно-статичного навантаження чистим згином з автоматичною реєстрацією прогину зразка.

Для вивчення кінетики низькотемпературної корозійної повзучості вибрано три рівні номінальних напружень відповідно до величини границь текучості матеріалу трубопроводу, які відповідають штатним, підвище-

ним штатним та позаштатним режимам роботи трубопроводу та становлять відповідно 330, 420 та 510 МПа.

Табл. 1. Склад модельних середовищ для випробовувань

№ МС	Концентрація, моль/л				Тип ґрунтового електроліту
	NaCl	Na ₂ SO ₄	HCl	H ₂ SO ₄	
1	0,01	-	0,00001	-	підкислений хлоридний
2	0,05	-	0,0001	-	
3	0,1	-	0,001	-	

Результати дослідження та їх обговорення. Першим етапом дослідження впливу рН на деформаційну поведінку тривало експлуатованої трубоної сталі були випробовування у підкислених хлоридних електролітах. Зі збільшенням величини номінальних напружень інтенсивність процесу деформування зростає. За найвищого, близького до границі міцності навантаження, спостерігаємо на кривій повзучості уступи. Причому характерно, що для деградованого матеріалу вони різкіші і починають появлятися за нижчих рівнів напружень (помітні уже за 420 МПа). Очевидно, така деформаційна поведінка може бути спричинена поширенням мікротріщин, що й зумовлює стрибкоподібне зростання деформації. Оскільки в деградованій сталі значно більша кількість нагромаджених пошкоджень, зокрема і мікротріщин у зародковому стані, то для їх зрушення потрібен нижчий рівень номінальних напружень. Така деформаційна поведінка підтверджується раніше проведеними в ІФНТУНГ дослідженнями (Poberezhnyi, 2007; Poberezhnyi & Stanetskiy, 2011).

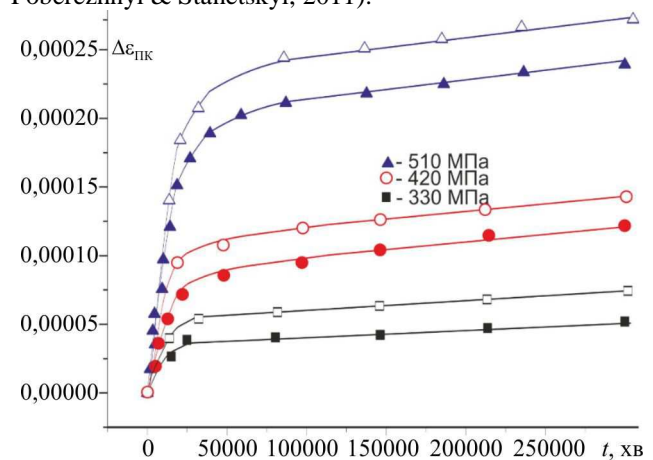


Рис. 1. Кінетика деформації матеріалу трубопроводу у МС1: ■ – сталь у стані поставки; □ – 41 рік експлуатації

Цитування за ДСТУ: Станецький А. І. Вплив кислотності середовища на опір деформаціям тривало експлуатованих трубних сталей / А. І. Станецький // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Вип. 27(3). – С. 158–160

Citation APA: Stanetskiy, A. I. (2017). The Impact of Acidity Resistance on the Deformation of Long-Term Exploited Pipeline Steels. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(3), 158–160. Retrieved from: <http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/258>

У MC_1 , значення рН в якому дорівнює 5, спостерігаємо приріст деформації від 5 до 15 % (рис. 1), залежно від рівня номінальних напружень, фіксуємо також збільшення кута нахилу завершальної ділянки кривої, що вказує на небезпеку подальшої втрати матеріалом опору тривалим деформаціям. Помітних деформаційних стрибків не фіксуємо, ризик аварійної розгерметизації незначний, що пов'язано із превалюючим механізмом кисневої деполяризації, і незначним водневим окрихненням.

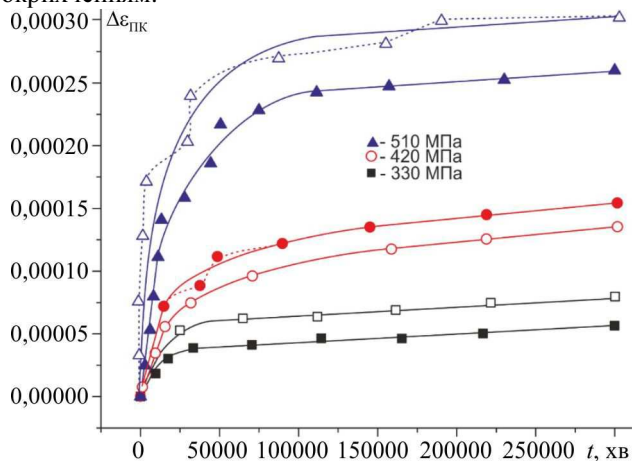


Рис. 2. Кінетика деформації матеріалу трубопроводу у MC_2 : ■ – сталь у стані поставки; □ – 41 рік експлуатації

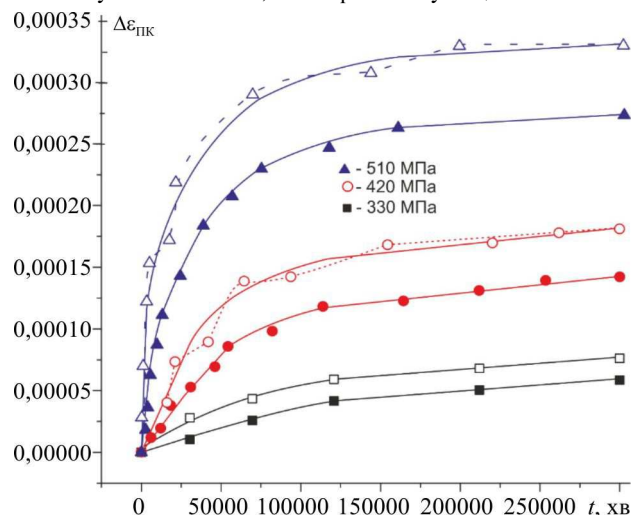


Рис. 3. Кінетика деформації матеріалу трубопроводу у MC_3 : ■ – сталь у стані поставки; □ – 41 рік експлуатації

З подальшим зменшенням рН до 4 (MC_2) фіксуємо істотні деформаційні флуктуації (рис. 2). Особливо помітні вони в області високих напружень, що пояснюють впливом механічного чинника на фоні водневого окрихнення. Виразно спостерігаємо цикли прискорення-сповільнення деформації, які відповідають циклам росту тріщини. Найінтенсивніші вони на першому етапі експозиції, далі швидкість приросту деформації спадає. Приріст деформації становить 7-18 %, проте є ризик раптової розгерметизації внаслідок розтріскування, зу-

мовленого водневим окрихненням (Tsygulnyk et al., 2004; Poberezhnyi, 2007).

Деформаційна поведінка тривало експлуатованої сталі у MC_3 за рН 3 є більш прогнозованою. Деформаційні стрибки фіксуємо, проте вони значно плавніші, ніж у MC_2 . Це зумовлено значною хімічною активністю середовища, яка призводить до швидкого притуплення вершини тріщини. Проте тут фіксуємо найбільший абсолютний приріст деформації, який становить 9-24 % (рис. 3). Такі результати свідчать про значні ризики розгерметизації внаслідок швидкого розчинення металу в зонах пошкодження ізоляційного покриття. Якщо при цьому враховувати можливість виникнення макрогальванічних елементів вздовж траси трубопроводу та вплив змінного та наведеного струмів, то ситуація стає загрозливою.

Потрібно збільшити кількість моніторингових заходів та оптимізувати режими експлуатації, що дасть змогу ефективно використовувати наявні трубопроводи та забезпечити їх працездатність в умовах тривалої дії експлуатаційних середовищ (табл. 2).

Табл. 2. Кут нахилу завершальних ділянок кривих деформації у MC_1-3

MC	Не експлуатована труба, МПа			41 рік експлуатації, МПа		
	330	420	510	330	420	510
1	2,395	5,221	6,74	3,865	5,356	7,713
2	3,201	5,792	3,418	3,509	5,909	3,941
3	4,903	5,199	3,604	5,971	6,102	4,527

Висновки:

1. Проведено дослідження впливу тривалої експлуатації та рН середовища на характеристики опору деформаціям трубної сталі 17ГС.
2. Запропоновано використовувати показник кута нахилу завершальної ділянки деформаційної кривої як характеристику нестаціонарності корозійно-механічних процесів і показано, що найнебезпечнішими для тривало експлуатованих сталей є MC_1 та MC_3 .
3. Надалі потрібно розширити сортамент досліджуваних трубних сталей для інтегральної оцінки потенційних експлуатаційних ризиків, спричинених корозійно-механічними процесами.

Перелік використаних джерел

- Chorny, I. V. (1995). Neohrafiia gruntiv z osnovamy gruntoznavstva: navch posibnyk. Kyiv: Vyshcha shkola, 240 p. [in Ukrainian].
- Kryzhanivskiy, Ye. I., Poberezhnyi, L. Ya. (2004). Metodolohiia doslidzhennia deformatsii ta ruinuвання truboprovodnykh system. *Mekhanika ruinuвання materialiv i mitsnist konstruktii*, 3, 419–424. [in Ukrainian].
- Poberezhnyi, L. Ya. (2007). Vplyv rН seredovyshcha na perebih stres-koroziinykh protsesiv. *Mashynoznavstvo*, 10, 42–47. [in Ukrainian].
- Poberezhnyi, L. Ya., & Stanetskiy, A. I. (2011). Koroziiino-mekhanichna dehradatsiia mahistralnykh hazoprovodiv. *Naftova i hazova promyslovist*, 1, 36–38. [in Ukrainian].
- Tsygulnyk, O. T., Nykyforchyn, H. M., Zvirko, O. I., & Petryna, D. Yu. (2004). Okrykhchennia stali mahistralnoho naftoprovodu. *Fizyko-khimichna mekhanika materialiv*, 2, 125–126. [in Ukrainian].

А. И. Станецкий

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЯМ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ

Проведено исследование влияния длительной эксплуатации и рН среды на характеристики сопротивления деформациям трубной стали 17ГС. Предложено использовать показатель угла наклона заключительного участка деформационной кривой в

качестве характеристики нестационарности коррозионно-механических процессов и показано, что наиболее опасными являются для длительно эксплуатируемых сталей являются МС₁ и МС₃. В дальнейшем нужно расширить сортамент исследуемых трубных сталей для интегральной оценки потенциальных эксплуатационных рисков, вызванных коррозионно-механическими процессами.

Ключевые слова: нефтегазопроводы; длительная эксплуатация; сопротивление деформациям; коррозионно-механическая деградация; остаточный ресурс.

A. I. Stanetsky

THE IMPACT OF ACIDITY RESISTANCE ON THE DEFORMATION OF LONG-TERM EXPLOITED PIPELINE STEELS

Being one of the largest transmitters of natural gas, Ukraine has pipeline systems technologically connected with similar pipelines in Russia, Belarus, Moldova, Romania, Hungary, Slovakia and Poland, and through them with gas pipelines throughout European continent. The urgency of studying of the influence of pH on the characteristics of corrosion-mechanical processes exists since Western Ukraine land, where the significant portion of strategically important pipelines is located, is characterized by acidic soils with chloride and chloride-sulfate electrolytes. The risk is greatest in acidic environments, because of the special sensitivity of long-term exploited pipeline steels to hydrogen embrittlement. Therefore the purpose of the work is to research long-acting exploitation environments and work terms on deformation behavior of pipeline steel in acid soils. As the object of our study we have chosen main gas pipelines of large diameter made from steel 17HS that have been in service for 41 years. To study the kinetics of low-temperature creep corrosion we have selected three levels of nominal stress according to the size limits of the yield stress of the pipeline that meet the staff, increased staff and part-time modes of the pipeline and are respectively 330, 420 and 510 MPa. On the first stage of the study long-term exploited pipe steels were testing in acidified chloride electrolytes. With the increase in the nominal value of the stress intensity deformation process increases. At the top, near the border of strength exercise, we watched the curve creep slopes. And the characteristic is that they are sharply degraded material and begin to appear at lower levels of stress (already visible at 420 MPa). With further decreasing of pH to 4 (ME2) we fixed significant deformation fluctuations. Clearly there are cycles of acceleration-deceleration strain responsible for crack growth cycles. They are the most intense in the first stage of exposure, further the speed of deformation decreases. Deformation behavior of long-term exploited steels at ME3pH 3 is more predictable. Thus, our conclusions are as follows. The authors have studied the influence of continuous service and pH characteristics of resistance to deformation of pipe steel 17HS. We have identified the use rate of the angle of inclination of final section deformation curve as the non-stationary characteristics of corrosion-mechanical processes and have shown that the most dangerous to long-term exploited steels are ME1 and ME3. Further to extend assortment of pipe steels we have investigated for integrated assessment of potential operational risks caused by corrosion and mechanical processes.

Keywords: gas and oil pipelines; long-term operation; resistance to deformation; corrosion and mechanical degradation; remaining life.

Інформація про автора:

Станецький Андрій Ігорович, канд. техн. наук, заст. нач. ВК, підполковник, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна. **Email:** ais110876@ukr.net