

УДК 622.691.4:620

И.А. Гостинин, ведущий инженер проектно-сметного бюро, ОАО «Сургутнефтегаз» НГДУ «Сургутнефть», e-mail: gia-771@rambler.ru

ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИОННО-АКТИВНЫХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА СРОК СЛУЖБЫ ТРУБОПРОВОДОВ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА

В статье проведен анализ воздействия коррозионно-активных неметаллических включений (КАНВ) на срок службы трубопроводов Западно-Сибирского региона. Произведены химический анализ и испытания трубопроводов одинакового типоразмера из трех разных марок стали. Приведены данные ультразвуковой толщинометрии образцов трубопровода, полученные при проведении ревизии трубопроводов в цехах добычи. Произведен расчет скорости коррозии трубопроводов, подверженных влиянию коррозионно-активных неметаллических включений, определена зависимость срока службы труб в зависимости от степени загрязненности этими включениями. Сделаны выводы и изложены предложения по снижению влияния этих неметаллических включений на промысловые трубопроводы.

Ключевые слова: коррозия, толщинометрия, металл, трубопровод, коррозионно-активные неметаллические включения, сталь, испытание, скорость коррозии, срок службы трубопровода, химический состав.

Ежегодно в России на промыслах происходит до 70 тыс. аварий трубопроводного транспорта, 90% из которых являются следствием коррозионных повреждений. Из общего числа аварий 50–55% приходится на долю систем нефтесбора и 30–35% – на долю трубопроводов поддержания пластового давления. На ежегодную замену трубопроводов расходуется более 8 тыс. км труб, что составляет около 400–500 тыс. т стали [1].

Первоначально работы были направлены на исследование факторов, определяющих коррозионную стойкость трубных деталей применительно к условиям эксплуатации нефтепромысловых трубопроводов Западной Сибири. Задача заключалась в том, чтобы выяснить, почему трубы одинакового размерного и марочного состава, с одинаковыми химическими составами и структурой в близких

условиях эксплуатации ведут себя по-разному: одни эксплуатируются без повреждений в течение 10–15 лет, другие выходят из строя в результате сквозных коррозион-

ных повреждений за несколько месяцев. Все исследованные варианты сталей можно разделить на две группы: стали, имеющие удовлетворительную коррозион-



Таблица 1. Результаты испытаний трубопроводов 1–3

Трубопровод	Оксиды точечные	Оксиды строчечные	Силикаты хрупкие	Силикаты пластичные	Номер зерна, ГОСТ 5639	Полосчатость ферритно-перлитной структуры, ГОСТ 5640	КАНВ1	КАНВ2	Массовая доля элементов в стали, %								
									C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Al
1	1,9	0,2	0,3	0,4	10	0	5	1	0,21	0,22	0,52	0,003	0,008	0,06	0,03	0,047	0,013
2	0,5	0	0	0	11	0	0,96	1,88	0,21	0,27	0,4	0,009	0,011	0,07	0,07	0,13	0,042
3	1,0	0	0	0	9	0	3,02	1,22	0,092	0,54	1,39	0,006	0,01	0,02	0,03	0,11	0,038

Таблица 2. Результаты ультразвуковой толщинометрии для трубопроводов 1–3

Трубопровод	N точки	Элемент-диаметр, мм	Фактическая измеренная толщина стенки, мм			
			A	B	C	D
1	1	159x6	4,1	3,9	3,7	4,0
	2	159x6	4,2	4,1	3,9	4,0
	3	159x6	4,0	3,9	3,7	3,9
	4	159x6	4,2	4,1	4,0	4,1
2	1	159x6	3,6	3,6	3,4	3,5
	2	159x6	3,5	3,4	3,4	3,5
	3	159x6	3,6	3,5	3,6	3,6
	4	159x6	3,6	3,4	3,5	3,5
3	1	159x6	3,2	3,1	3,1	3,3
	2	159x6	3,1	3,0	3,0	3,2
	3	159x6	3,0	3,1	3,1	3,0
	4	159x6	3,2	3,4	3,3	3,2

ную стойкость (срок эксплуатации трубопровода – не менее семи лет), и стали, характеризующиеся аномально высокой скоростью коррозии в рассматриваемых средах (срок эксплуатации – от трех месяцев до трех лет). Установлено, что основным фактором, определяющим аномально высокую скорость коррозии, является присутствие в ней определенных неметаллических включений сложного состава, содержащих кальций, которые назвали коррозионно-активными неметаллическими включениями [2]. Выделяют два типа КАНВ. КАНВ первого типа представляют собой алюминаты кальция ($mCaO \times nAl_2O_3$), КАНВ второго типа – неметаллические включения, имеющие ядро из алюминатов кальция и окруженные оболочкой из сульфида кальция [4].

Рассмотрим влияние этого фактора на срок службы трубопроводов Западно-Сибирского региона. Проведем химический анализ и испытание трех трубопроводов с одинаковым типоразмером из разных марок сталей: трубопровод 1 – сталь 20КТ, трубопровод 2 – сталь 20КСХ, трубопровод 3 – сталь 09Г2С (табл. 1).

По результатам испытаний и химического анализа металл во всех трех случаях соответствует заявленной марке стали, однако



трубопроводы имеют разную наработку до наступления первого отказа. На каждом из них была проведена ультразвуковая толщинометрия в четырех точках. Первый замер был произведен в начале трассы, два – в середине и один – в конце. Схема контроля: т.А – толщина стенки верхней образующей трубопровода, т.В – толщина стенки с правой стороны трубопровода (по направлению движения жидкости), т.С – толщина стенки нижней образующей трубопровода, т.Д – толщина стенки с левой стороны трубопровода (по направлению движения жидкости) (табл. 2).

Эти замеры производились после появления первых отказов. Трубопровод 1 проработал без отказов 8 лет, трубопровод 2 – 5 лет, а трубопровод 3 проработал всего 2 года

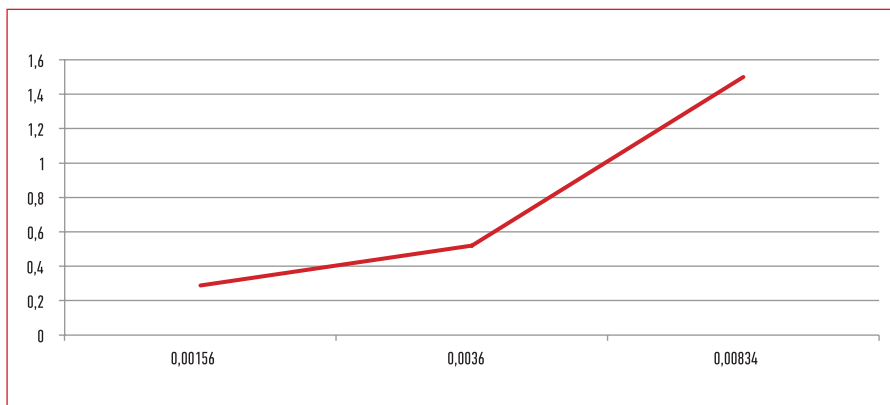


Рис. Зависимость скорости коррозии от КАНВ

и стал давать отказы практически по всей протяженности. Рассчитаем скорость коррозии для данных трубопроводов по формуле:

$$V_{\text{cp}} = \frac{t - t_{\text{min}}}{\tau}, \quad (1)$$

где V_{cp} – средняя скорость износа стенки, мм/год;
 t_{min} – минимальная толщина стенки при замере, мм;
 t – толщина стенки трубопровода, введенного в эксплуатацию, мм;
 τ – срок службы трубопровода, лет.
 Для трубопровода 1 получаем:

$$\frac{6-3,7}{8} = 0,2875 \text{ мм/год.}$$

Для трубопровода 2 получаем:

$$\frac{6-3,4}{5} = 0,52 \text{ мм/год.}$$

Для трубопровода 3 получаем:

$$\frac{6-3,0}{2} = 1,5 \text{ мм/год.}$$

Причина такой большой разницы в скорости коррозии у данных трубопроводов кроется в различном содержании Mn и S в металле трубы. Для трубопровода 1 производство $Mn \cdot S = 0,52 \times 0,003 = 0,00156$; для трубопровода 2: $Mn \cdot S = 0,4 \times 0,009 = 0,0036$; для трубопровода 3: $Mn \cdot S = 1,39 \times 0,006 = 0,00834$. Содержание серы и производство $Mn \cdot S$ характеризует присутствие в стали частиц сульфида марганца и их морфологию. Повышение этого произведения от 0,002 до 0,006 приводит к уменьшению срока службы трубопровода почти в 1,5 раза, а при увеличении этого произведе-

ния до 0,008 уменьшает срок службы практически втрое.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными факторами, определяющими стойкость стали против локальной коррозии в нефтепромысловых средах, являются чистота стали по КАНВ и производство $Mn \cdot S$, которое должно быть не более 0,002. В связи с этим возникает вопрос обоснования величины допустимой плотности КАНВ и содержания серы и марганца в металле по техническим условиям на трубы. Необходимо более тщательно исследовать их влияние на развитие процессов локальной коррозии. Требуется продолжать исследования, направленные на выяснение степени влияния КАНВ на коррозионную стойкость трубных сталей.



Литература:

1. Вирясов А.Н., Гостинин И.А., Семенова М.А. Применение труб коррозионно-стойкого исполнения для обеспечения надежности нефтегазотранспортных систем Западной Сибири // Инженерный вестник Дона. 2013. № 1. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1487>.
2. Зайцев А.И., Родионова И.Г., Мальцев В.В. и др. Природа и механизмы образования в стали коррозионно-активных неметаллических включений. Пути обеспечения чистоты стали по этим включениям. Коррозионно-активные неметаллические включения в углеродистых и низколегированных сталях. М.: Metallurgizdat, 2005. С. 37–51.
3. Chuhareva N.V., Mironov S.A., Tikhonova T.V. Prediction of accidents and damage to gas pipelines in Far North conditions. Oil and Gas Business, 2012, Issue 3, pp. 99–107.
4. Родионова И.Г., Бакланова О.Н., Филиппов Г.А. и др. Роль неметаллических включений в ускорении процессов локальной коррозии нефтепромысловых трубопроводов и других видов металлопродукции и оборудования из углеродистых и низколегированных сталей // Коррозионно-активные неметаллические включения в углеродистых и низколегированных сталях. М.: Metallurgizdat, 2005. С. 7–14.
5. Ясин Э.М., Черникин В.И. Устойчивость подземных трубопроводов. М.: Недра, 1968.
6. РД 39-132-94. Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов. Утв. Минтопэнерго РФ 30.12.1993.
7. ОСТ 153-39.4-010-2002. Методика определения остаточного ресурса нефтегазопромысловых трубопроводов и трубопроводов головных сооружений. Утв. Минэнерго РФ 01.10.2002.
8. Коррозия и защита химической аппаратуры. Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность / Под ред. А.М. Сухотина, А.В. Шрейдера и Ю.М. Арчакова. М.: Химия, 1974. Т. 9.
9. Методика определения характеристик трещиностойкости труб нефтегазопроводов. Уфа: ВНИСПТнефть, 1988.
10. Пышминцев И.Ю., Костицына И.В., Мананников Д.А. Влияние неметаллических включений на стойкость нефтепромысловых трубопроводов к локальной коррозии ОАО «Черметинформация» // Черная металлургия. 2010. № 1. С. 55–60.