

НЕОБХОДИМОСТЬ КОНТРОЛЯ ПЛОТНОСТИ ТОКА КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ – ФАКТОР НАДЕЖНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

В. И. Хижняков, А. В. Жилин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Российская Федерация*

Опыт эксплуатации и результаты внутритрубной диагностики свидетельствуют о том, что более 94% коррозионных и стресс-коррозионных дефектов обнаруживаются на внешней катодно-защищаемой поверхности (КЗП), из них 31,7% – коррозионные язвы (рис. 1, а) и 68,3% – стресс-коррозионные трещины [1] (рис. 1, б).

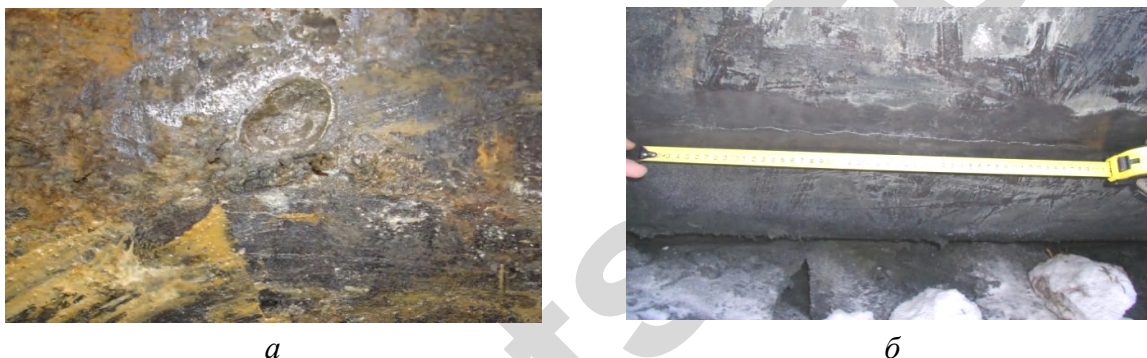


Рис. 1. Коррозионные дефекты на стенке трубопровода после 32-х лет эксплуатации:
а – коррозионные язвы; б – стресс-коррозионные трещины

Коррозионные дефекты на внешней КЗП трубопроводов образуются, когда плотность тока катодной защиты $j_{к.з.}$ не достигает плотности предельного тока по кислороду j_{O_2} ($j_{к.з.} < j_{O_2}$), или когда $j_{к.з.} = 0$. Стресс-коррозионные трещины на наружной КЗП образуются по воздействию катодного водорода, когда $j_{к.з.} > j_{O_2}$ (табл. 1). Представленная в таблице совокупность экспериментальных результатов свидетельствует о том, что, когда $j_{к.з.} = 0$, скорость коррозии образцов из трубной стали 17ГС в 0,5-процентном NaCl достигает $0,032 \pm 0,005$ мм/год. При $j_{к.з.} = j_{O_2}$ коррозионный процесс подавляется до значений, не превышающих $0,013 \pm 0,003$ мм/год при практически полном отсутствии выделения на КЗП катодного водорода.

Таблица

Зависимость остаточной скорости коррозии ($K_{ост}$) и объема выделившегося водорода (V_{H_2}) от соотношения между плотностью тока катодной защиты и плотностью предельного тока по кислороду: $j_{к.з.} / j_{O_2}$

$j_{к.з.} / j_{O_2}$	$K_{ост}$, мм / год	V_{H_2} , мл / см ²
0	$0,032 \pm 0,005$	0
0,3	$0,03 \pm 0,004$	0

Окончание таблицы

$j_{к.з.}/j_{O_2}$	$K_{ост}, \text{ мм / год}$	$V_{H_2}, \text{ мл / см}^2$
0,5	$0,022 \pm 0,005$	0
0,7	$0,017 \pm 0,003$	0
1,0	$0,013 \pm 0,003$	0
3,0	$0,01 \pm 0,003$	$1 \pm 0,5$
5,0	$0,007 \pm 0,002$	7 ± 1
7,0	$0,008 \pm 0,003$	9 ± 1
10,0	$0,006 \pm 0,003$	16 ± 2
20,0	$0,008 \pm 0,002$	33 ± 3
50,0	$0,007 \pm 0,003$	49 ± 5
100,0	$0,006 \pm 0,003$	58 ± 7

Заметное выделение водорода на КЗП начинается, когда плотность тока катодной защиты превышает плотность предельного тока по кислороду в 5...7 раз: $j_{к.з.} / j_{O_2} = 5..7$. Ток катодной защиты является сильнейшим восстановителем, и процесс диссоциативного захвата электронов молекулами воды на внешней КЗП аналогичен действию водорода, диссоциированного при давлении в тысячи атмосфер. В условиях постоянной во времени катодной перезащиты, когда $j_{к.з.} / j_{O_2} = 10..100$, твердофазная диффузия подповерхностных атомов водорода $H_{адс}$ приводит к адсорбционному понижению прочности сталей вблизи катоднозащищаемой поверхности (эффект Ребиндера). Трубная сталь вблизи КЗП, на глубине $\approx 0,15..0,3$ мм, под воздействием катодного водорода охрупчивается. Очаги стресс-коррозионного предразрушения практически повсеместно находятся вблизи КЗП, на глубине $\approx 0,15..0,3$ мм, там, где обнаруживается максимальная концентрация водорода. При одновременном воздействии катодной перезащиты и пульсирующего давления в трубопроводе на КЗП появляется сетка стресс-коррозионных трещин без видимых следов коррозии (рис. 1, б).

Рассмотренные факты указывают на необходимость при выборе потенциалов катодной защиты напряженно-деформированных подземных трубопроводов дополнительно определять величину безразмерного критерия $j_{к.з.}/j_{O_2}$. Дополнительные электрохимические измерения позволят исключить или свести к минимуму образование коррозионных дефектов, когда $j_{к.з.} < j_{O_2}$, и предотвратить образование стресс-коррозионных дефектов, когда $j_{к.з.} > 10j_{O_2}$. При $3 < j_{к.з.} / j_{O_2} < 7$ коррозионный процесс подавляется до значений $0,005...0,007$ мм/год при практическом отсутствии электролитического наводороживания стенки трубопровода, что дает основание рекомендовать этот критерий для практической реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мазур, И. И. Безопасность трубопроводных систем / И. И. Мазур, О. М. Иванов. – М. : Елима, 2004. – 701 с.