

ВЛИЯНИЕ НАВОДОРОЖИВАНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛА ТРУБОПРОВОДОВ

И.М. Комлев, И.Е. Чаплин

Научный руководитель доцент Н.В. Чухарева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

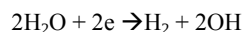
Одним из способов защиты подземной линейной части газопроводов от коррозии является электрохимическая защита металла труб. Результаты исследований влияния катодной защиты на стойкость газопроводов высокого давления к коррозионному растрескиванию под напряжением (КРН) противоречивы и неоднозначны. В ряде работ отмечается, что срок службы газопроводов наиболее целесообразно повышать включением электрохимической защиты [1]. Получены данные, согласно которым электрохимическая защита газопроводов с истекшим или близким к нему сроком службы стабилизирует, а во многих случаях и улучшает физико-механические свойства металла (пределы прочности и текучести, относительное удлинение) [2]. С другой стороны, есть данные, согласно которым отказы на МГ по причине КРН (как изолированных, так и неизолированных) происходили в период подключения катодной защиты. Такие аварии произошли на нескольких неизолированных газопроводах, эксплуатировавшихся в течение 9-16 лет [3].

Многолетний опыт эксплуатации МГ показал, что если в грунтах присутствуют карбонаты кальция и трубопровод катодно защищен, то на нем осаждаются карбонаты кальция и железа, т. е. происходит блокирование дефектов изоляции известковыми слоями, и в случае временного отключения катодной защиты известковые слои, отложившиеся в дефектах покрытия труб, будут предотвращать переход железа в электролит. Величина поляризационного потенциала, как правило, устанавливается в пределах: -0,55... -0,80 В относительно нормального водородного электрода (н. в. э.) или -0,85...-1,1 В относительно медно-сульфатного электрода сравнения [4].

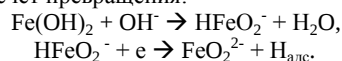
Катодная защита может стать причиной наводороживания металла труб в процессе их эксплуатации. Для объяснения влияния водорода на механические свойства железа и сплавов на его основе наиболее часто применяют декогезионную модель, в основу которой положены представления о понижении сил притяжения (когезии) между атомами металла при абсорбции водорода и повышении его растворимости в металлической решетке под действием напряжений [5].

Водород может образовываться на поверхности труб в результате протекания следующих электрохимических процессов:

- в нейтральных и слабощелочных средах при достижении потенциалов электрохимического разложения воды и выделения водорода:

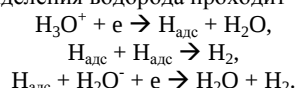


- щелочных средах возможно образование и проникновение атомов водорода в объем металла. Водород образуется и проникает в металл за счет превращения:



Скорость проникновения водорода определяется концентрацией $\text{Fe}(\text{OH})_2$, на поверхности стали, а HFeO_2^- выступает в роли переносчика протонов.

- в кислых средах реакция катодного выделения водорода проходит через стадии:



В микроструктуре металла имеется много мест, присутствие водорода в которых может играть определяющую роль с точки зрения разрушения. К их числу относятся сама решетка, а также границы зерен, полости и дислокации.

Сталь, содержащая водород в междоузлиях кристаллической решетки, не всегда разрушается. Она почти всегда теряет пластичность (водородное охрупчивание), но растрескивание обычно происходит только при одновременном воздействии высокого, приложенного извне или остаточного растягивающего напряжения. Разрушение такого типа называют водородным растрескиванием под напряжением. Трещины при этом носят транскристаллитный характер.

Особенностью водородного растрескивания является задержка появления трещин после приложения нагрузки. Это связано со временем, необходимым для того, чтобы диффузия водорода к участкам возле центра будущей трещины произошла в достаточном объеме, обеспечивающем достижение определенной разрушающей концентрации. При достижении критической концентрации водорода образуются отдельные микротрещины, которые впоследствии соединяются с магистральной.

Важно определить условия, позволяющие по распределению водорода в зоне предразрушения и создавшейся там упруго-пластической ситуации определить момент элементарного локального разрушения. Исходным состоянием водорода для диффузии в объем металла является слой адсорбированных на поверхности металла атомов водорода.

Проникновение водорода представляет собой цепь последовательных процессов (адсорбция, абсорбция, диффузия и десорбция), протекающих как на поверхности металла, так и в объеме.

Причины проникновения водорода в железо до конца не раскрыты. Считается, что скорость диффузии водорода зависит от трех факторов: степени заполнения поверхности водородом, т. е. от его концентрации, энергии, необходимой для переноса его в объем металла, т. е. прочности связи $Me - H_{адс}$, и энергии реакции рекомбинации атомов водорода. В работе [6] сделано заключение, что хотя энергия связи $Me - H_{адс}$ и влияет на диффузию водорода, но не она определяет диффузию, а концентрация атомов водорода на поверхности. Ряд исследователей полагают, что определяющим фактором в скорости диффузии является не концентрация атомов водорода на поверхности, а энергия связи $Me - H_{адс}$. Проникновение водорода в металл происходит в одном элементарном процессе - разряде.

Литература

1. Гусак В. Д. Оценка срока службы участков газопровода с коррозионной каверной // Газовая промышленность. - 1991. - №2. - С. 18-19.
2. Скрицкий Р. Р. Катодная поляризация как метод стабилизации физико-химических параметров подземного трубопровода // Защита металлов. - 1993. - Т29. - №3. - С. 337-343.
3. Parkins R. N., Fessler R. P. Line pipe stress corrosion cracking - mechanisms and remedies // Corrosion'86. - Houston, 1986, 17-19 March. - Pap. 320. - P. 1-19.
4. Волков Б. Г., Тесов Н. И., Шуванов В. В. Справочник по защите подземных металлических сооружений от коррозии. - Л.: Недра, 1975. - 224 с.
5. Oani R. A. Hydrogen - The versatile embrittler // Corrosion (USA). - 1987. - Vol. 43. - № 7. - P 390-397.
6. Никольский И. В. Наводороживание стали при кислотном травлении. - М.: Просвещение, 1968. - 136 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И УДАЛЕНИЯ АСФАЛЬНО-СМОЛИСТЫХ И ПАРАФИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИЗ ТРУБОПРОВОДОВ

И. М. Комлев, И. Е. Чаплин

Научный руководитель доцент Н. В. Чухарева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Специалисты отмечают, что повышенное потребление электроэнергии на МН происходит на участках, где возникают условия аккумуляции внутритрубных образований — водных и газовых скоплений, отложений смол, парафина. Наличие парафина отрицательно сказывается на транспортабельности нефти. Выпадая на стенках трубопроводов, парафин уменьшает их сечение, в результате снижается интенсивность перекачки нефти по трубопроводам, увеличивается гидравлическое сопротивление и снижается пропускная способность, что приводит к повышенному электропотреблению, а также изменяется химический состав товарной нефти [1].

Основными факторами образования асфальтено-смолопарафиновых отложений (АСПО) являются [2]:

- присутствие в нефти способных к осаждению асфальтено-смолопарафиновых веществ (АСПВ);
- свойства внутритрубной поверхности;
- физико-химические свойства транспортируемой среды и технологические условия перекачки (скорость течения, температура и давление перекачиваемой нефти).

Рассмотрим три варианта исполнения нефтепровода:

- 1) магистральный нефтепровод;
- 2) магистральный нефтепровод с лупингом;
- 3) сборный коллектор.

Для каждого приведем расчет потерь напора в результате образования АСПО (табл. 1).

Таблица 1

Анализ потерь гидравлического напора в трубопроводах различной категории сложности

	МН		МН с лупингом		Нефтеборный коллектор							
D_n , мм	1220	1220	1220	1220	147	134	183	189	147	134	183	189
L , м	1000	1000	1000	1000	10	10	10	10	10	10	10	10
δ , мм	12	12	12	12	3	2	4	6	3	2	4	6
V , м/с	2,856	2,856	2,856	2,856	4,85	4,85	4,85	10,3	4,85	4,85	4,85	10,3
δ_n , мм	0	10	0	8,5	0	0	0	0	3	3	3	3
h , м	7,13	7,28	18,503	18,837	9,12				9,608			
Δh , %	2,086		1,774		5,072							

Таким образом, можно сделать вывод, что образование даже незначительного слоя АСПО значительно увеличивает потери напора. В связи с этим актуальной задачей является предотвращение образования АСПО с помощью следующих методов:

- технологический;
- тепловой;
- физический;
- химический.