

УДК 620.197

**АНАЛИЗ ОБРАЗОВАНИЯ ПИТТИНГОВ В МАТЕРИАЛЕ
МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА*****Н.Г. Кац, Д.В. Коноваленко***Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассмотрены вопросы образования питтинговой коррозии на внутренней поверхности участка трубопровода, предназначенного для перекачивания жидкой агрессивной среды высокой степени минерализации. Для этого были использованы визуальные исследования, проводимые в полевых условиях эксплуатации и лабораторных условиях. Представлены фотографии участков трубы, на которых виден один из участков очагового поражения в виде сквозного питтинга. Проведен анализ образования очагов коррозии, описаны его возможные причины. Показано, что для протекания такого процесса требуются особые условия эксплуатации. Сделан вывод о возможности применения способов защиты металлических изделий в таких условиях эксплуатации.

Ключевые слова: *коррозия металлов, питтинги, трубопроводы, анализ разрушения металлических конструкций.*

В настоящее время металлы и сплавы все чаще используются для изготовления аппаратов технологических установок. Со временем такие аппараты либо стареют, либо подвергаются коррозионному разрушению, так как чаще всего эксплуатируются в коррозионно-активных средах. Процессы коррозии разнообразны, трудно поддаются расчетам, особенно если металл аппарата подвержен процессам местного разрушения, таким как точечное (питтинговое) разрушение.

Точечное разрушение (питтинговая коррозия) – это вид коррозионного разрушения, которому подвергаются исключительно пассивные металлы и сплавы, например никелевые, хромистые, хромистоникелевые, алюминиевые и другие сплавы [1, 2]. Расчет такого вида разрушения обычно проводят, оценивая питтинговый фактор ПФ – среднее число питтингов на поверхности образца при глубине h и диаметре d самого глубокого питтинга, т. е.

$$ПФ = \frac{h}{V_m},$$

где V_m – скорость общей коррозии, определяемая по изменению массы образца.

При таком виде разрушения корродируют отдельные участки поверхности металла, где и образуются глубокие поражения – точечные язвы, которые обычно переходят в сквозное разрушение. По размерам питтинги подразделяются на следующие виды:

- микропиттинги, размером до 0,1 мм;
- питтинги, размером 0,1–1,0 мм;
- пятна, размером более 1,0 мм.

Николай Григорьевич Кац (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».

Денис Владимирович Коноваленко, старший преподаватель кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».

Питтинги могут быть открытыми, закрытыми и поверхностными. Чаще всего питтинги зарождаются в местах дефектов пассивной пленки, покрывающей поверхность металла, например вследствие царапины или разрывов, или в местах металла, имеющего неоднородную структуру. Условиями для протекания такого вида коррозии могут быть многие факторы, такие как природа металла, температура, состояние поверхности, концентрация среды или pH раствора и наличие в ней всевозможных примесей.

Способами защиты от питтинговой коррозии чаще всего являются подбор металла, например введение в состав металла легирующих элементов, таких как хром, молибден, кремний, и ингибирование среды органическими или неорганическими растворами.

Были проведены визуальные исследования питтингообразования на внутренней поверхности трубопровода, предназначенного для транспортирования подтоварной воды из резервуара хранения сырьевой нефти. Диаметр трубопровода 0,9 мм при толщине стенки 7,0 мм. Материал трубопровода – низколегированная сталь марки 09Г2С. Снаружи трубопровод защищен от коррозионного разрушения изоляционным покрытием толщиной 3,0 мм, изготовленным из пластика (рис. 1). Такое покрытие классифицируется как толстослойное [3].



Рис. 1. Общий вид участка трубопровода

Внутри трубопровода протекает минерализованная вода, степень минерализации изменяется и составляет от 110,0 до 232,8 г/л. В состав вод включены соли (мг-экв/л) HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , $K^+ + Na^+$, суммарный эквивалент солей колеблется от 4428 до 6291 мг-экв/л [4, 5]. Такая среда оценивается как коррозионно-активная с высоким содержанием солей.

Как видно из рис. 1, на поверхности трубопровода образовался питтинг, который со временем перешел в язву и сквозное разрушение. Это хорошо видно на рис. 2. На внутренней поверхности участка трубопровода образовался питтинг

в виде воронкообразования и, как следствие этого процесса, сквозное разрушение трубопровода.



Рис. 2. Образование питтинга на внутренней поверхности участка трубопровода

Анализ участка трубопровода показал, что такому виду разрушения подвергались лишь небольшие по длине участки, в основном те, которые проходили через поливные места колхозных полей. Кроме того, как показали измерения, проводимые с помощью медно-сульфатного электрода сравнения, в почве наблюдались кратковременные блуждающие токи. Все это свидетельствует о влиянии на процесс питтингообразования внешних и внутренних факторов, что и привело к коррозионному разрушению участка трубопровода.

Из рис. 2 видно, что при образовании питтинга на внутренней поверхности участка трубопровода скапливаются нерастворимые продукты коррозии, которые хорошо адгезировались к поверхности трубы несмотря на достаточно высокую скорость движения агрессивной среды.

Профиль очага коррозионного разрушения – воронкообразный. Характер отложения продуктов коррозии свидетельствует о равномерной скорости процесса в области очага коррозионного разрушения.

Выводы

1. Питтинговая коррозия может образоваться даже на поверхности металла, не склонного к питтингообразованию. Для этого металлу нужны определенные условия, например наличие блуждающих токов.

2. Для защиты трубопровода в таких условиях эксплуатации необходимо применять несколько методов защиты. Например, нанесение защитных лакокрасочных покрытий под слой изоляции или применение электрохимических методов защиты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кац Н.Г., Стариков В.П., Парфенова С.Н.* Химическое сопротивление материалов и защита оборудования нефтегазопереработки от коррозии: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Самара: СамГТУ, 2015. – 411 с.

2. *Кац Н.Г., Стариков В.П., Парфенова С.Н., Лесухин С.П.* Основы теории химического сопротивления и защита от коррозии оборудования нефтегазопереработки: Монография. – М.: Машиностроение, 2010. – 332 с.
3. *Пахомов В.С., Шевченко А.А.* Химическое сопротивление и защита от коррозии. – М.: Химия, КолосС, 2009. – 444 с.
4. *Васильев С.В., Кац Н.Г., Парфенова С.Н., Живаева В.В., Доровских И.В.* Общая характеристика и свойства подтоварных вод // ВНИИОЭНГ. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2011. – № 12. – С. 41–42.
5. *Кац Н.Г., Васильев С.В., Калинин Д.С., Коноваленко Д.В.* Поляризационные характеристики металлических материалов // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2016. – № 1 (49). – С. 138–142.

Статья поступила в редакцию 20 сентября 2016 г.

ANALYSIS OF PITTING FORMATION IN PIPELINE

N.G. Katz, D.V. Konovalenko

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation

This paper presents pitting corrosion formation on the inner surface of pipeline. This pipeline serves for aggressive high-mineralized liquid transportation. A visual research in field and laboratory conditions was used. A perforating pitting on the presented photos of pipeline was shown. The analysis of corrosion centers and possible reasons of their formation were shown. A conclusion of possible protection methods was made.

Keywords: *potentiostat, sacrificial protection, steel and magnesium bottom tread polarization curves.*