

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (ТГАСУ)

Заочный факультет

Кафедра
прикладной механики и материаловедения

Защита трубопроводов от коррозии

РЕФЕРАТ

На тему: Коррозионное растрескивание.

Выполнил
студент группы №6611-В
_____ Г. Ю. Васильев

Проверил
_____ С.В. Мелентьев

Томск–2023

Содержание

Содержание.....	2
Введение.....	3
Коррозионное растрескивание.....	4
Особенности коррозионного растрескивания под напряжением.....	6
Возможные причины коррозионного растрескивания.....	8
Методы борьбы с коррозионным растрескиванием.....	14
Заключение.....	15
Список литературы.....	16

Введение

Одной из нерешённых проблем в трубопроводном транспорте является недостаточная изученность явления коррозионного растрескивания под напряжением, которое часто наблюдается на магистральных газопроводах и практически не проявляется на магистральных нефтепроводах, несмотря на то, что эти трубопроводы строятся по одним строительным нормам, практически из одинаковых труб, эксплуатируются при близких условиях. Это, во-первых, не позволяет найти эффективные методы борьбы с растрескиванием на магистральных газопроводах, во-вторых, не даёт возможности ответить на важный вопрос, надо ли опасаться в дальнейшем такого же массового развития коррозионного растрескивания на магистральных нефтепроводах.

Коррозионное растрескивание металлов – это один из видов коррозионных разрушений (коррозии), при котором в металле зарождается и развивается множество трещин. Возникает коррозионное растрескивание при одновременном воздействии на металл агрессивной коррозионной среды и растягивающих напряжений. Характерной особенностью коррозионного растрескивания является практически полное отсутствие пластической деформации металлического изделия.

Коррозионное растрескивание

Коррозионное растрескивание – очень опасный вид разрушения металла, т.к. не всегда его можно вовремя заметить. Чаще всего коррозионному растрескиванию подвергаются металлы, в которых после механической или термической обработки присутствуют остаточные напряжения. Также металлические изделия, эксплуатируемые при повышенных температурах и давлениях. Встречается коррозионное растрескивание при сварке, сборке или монтаже металлических деталей и т.п.

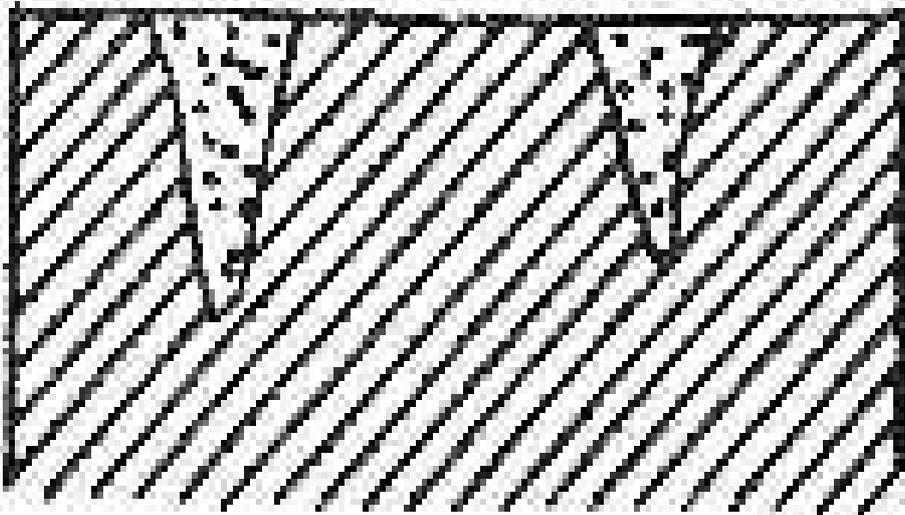


Рис. 1. Коррозионное растрескивание.

Коррозионному растрескиванию могут подвергаться все металлы и сплавы, которые находятся в напряженном состоянии. Большое влияние на интенсивность коррозионного растрескивания оказывает коррозионная среда (ее характер, состав и концентрация агрессивных агентов).

В теплоэнергетической, химической и нефтегазовой отраслях 20 – 40% всех коррозионных разрушений приходится именно на коррозионное растрескивание.

Коррозионным растрескиванием называется хрупкое разрушение металлов при совместном действии агрессивной среды и постоянно действующих растягивающих внешних или внутренних (в сварных швах)

напряжений. Эти напряжения увеличивают скорость общей коррозии металла примерно пропорционально их величине и часто ухудшают распределение коррозии (что более опасно), переводя ее из общей в местную.

Коррозионное растрескивание металлов характеризуется образованием трещин, которые могут распространяться не только межкристаллитно, т.е. по границам зерен, но и транскристаллитно, т.е. перерезая отдельные кристаллиты. Скорость образования трещин может достигать значительных величин - 10 мм/ч. Со временем рост одной из трещин обгоняет рост других и приводит к механическому разрушению детали.

Коррозионное растрескивание часто усиливается при наводороживании металла. Водород, сегрегируя в области максимальной механической напряженности, создает дополнительное напряжение в металле.

Коррозионному растрескиванию, очень опасному виду коррозии, подвержены деформированные латуни, особенно в растворах аммиака, нержавеющие стали аустенитного класса в растворах хлористого магния, конструкционные углеродистые стали в растворах щелочей и другие сплавы. Коррозионное растрескивание вызывает беспокойство в связи с расширением применения в промышленности высокопрочных сталей, склонных к этому виду коррозионного разрушения.

В случае наводороживания высокопрочных сталей решающим фактором, определяющим их склонность к коррозионному растрескиванию, является характер дислокационного строения, который зависит не столько от абсолютных значений прочности сталей, сколько от способа достижения данной прочности. При равномерном распределении дислокаций в объеме металла, достигаемой высокотемпературной термомеханической обработкой, уменьшается склонность сталей к коррозионному разрушению.

Особенности коррозионного растрескивания под напряжением

В результате развития КРН на поверхности трубопровода появляется сеть параллельных трещин, ориентированных преимущественно в осевом направлении. На участках упругого изгиба ориентация трещин может стать кольцевой. Трещины зарождаются на наружной поверхности и развиваются в глубь стенки трубы. При КРН металл не растворяется, но в некоторых случаях КРН развивается одновременно с общей и язвенной коррозией. На рисунках 2--5 показаны характерные картины развития КРН на магистральных газопроводах.



Рисунок 2. Продольные коррозионные трещины в зоне сварного стыка



Рисунок 3. Колония трещин, выявленная методом магнитно-порошковой дефектоскопии

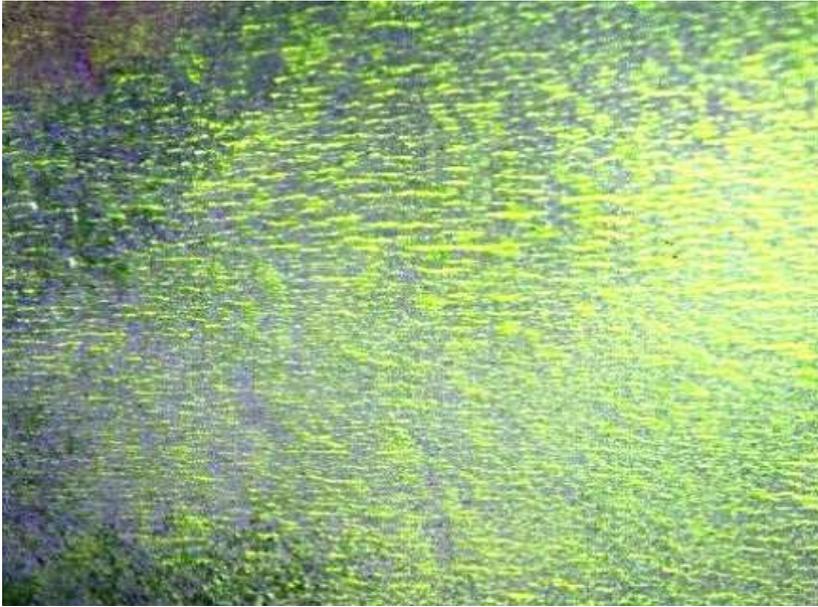
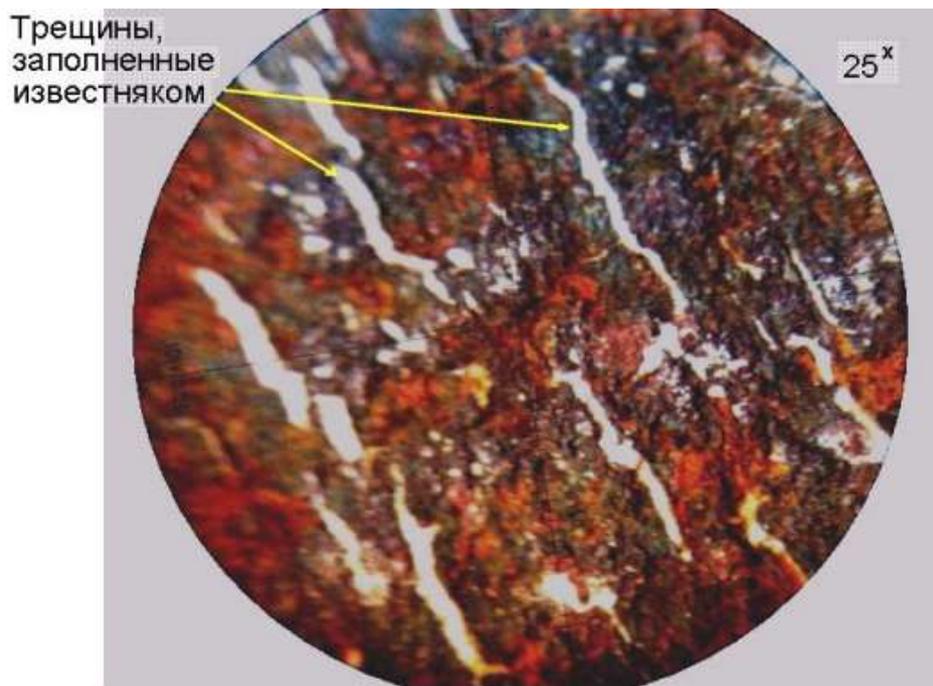


Рисунок 4. Колония трещин, выявленная методом люминесцентной магнитной дефектоскопии



Трещины,
заполненные
известняком

25^x

Рисунок 5. Трещины, выявленные оптическим методом (микроскопом)

Возможные причины коррозионного растрескивания

Важно отметить, что КРН происходит только на подземных участках трубопроводов; на воздушных участках случаев разрушения по причине КРН не выявлено. На участках, где обнаружены трещины типа КРН, всегда изоляционное покрытие неудовлетворительного качества: адгезия местами отсутствует, покрытие охрупчено и растрескано, под изоляцией накапливается грунтовая вода (рисунки 6 - 9). Статистика обнаруженных дефектов КРН отражена на рисунках 10, 11. По графикам видно, что наибольшее число дефектов КРН обнаруживается на головных участках трубопроводов протяженностью до 40 км от компрессорной станции (КС). С удалением от КС интенсивность развития КРН падает. Также просматривается чёткая зависимость от толщины стенки труб: чем меньше толщина стенки, тем больше количество дефектов. Эти особенности приводят к мысли, что одним из основных факторов, ускоряющих процесс КРН, является напряженное состояние.



Рисунок 6. Гофры на изоляционном покрытии



Рисунок 7. Поверхность трубы после снятия изоляционной пленки (тёмные участки – праймер на поверхности металла; светлые полосы – зоны контакта металла с грунтовой водой)



Рисунок 8. Охрупчивание и растрескивание изоляционного покрытия



Рисунок 9. Потеря адгезии под изоляцией



Рисунок 10. Распределение дефектов КРН вдоль газопровода

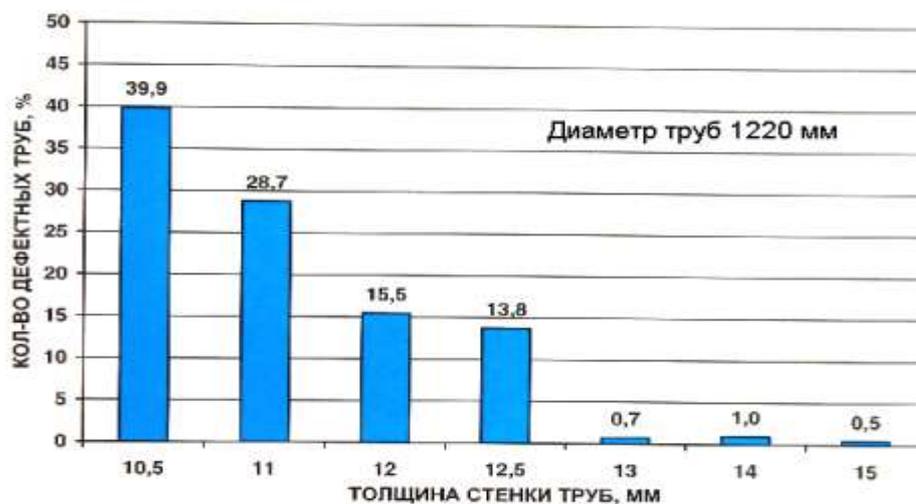


Рисунок 11. Зависимость КРН от толщины стенки труб

Важен известный из практики факт: электрохимическая защита трубопроводов не останавливает развитие КРН. Наоборот, в определенных условиях ЭХЗ ускоряет растрескивание трубопроводов. Металлографические исследования металла на образцах, вырезанных из зоны разрушения, показывают, что КРН сопровождается структурными изменениями металла: происходит обезуглероживание и рост зерна, появляются зоны водородного расслоения (рисунок 12).

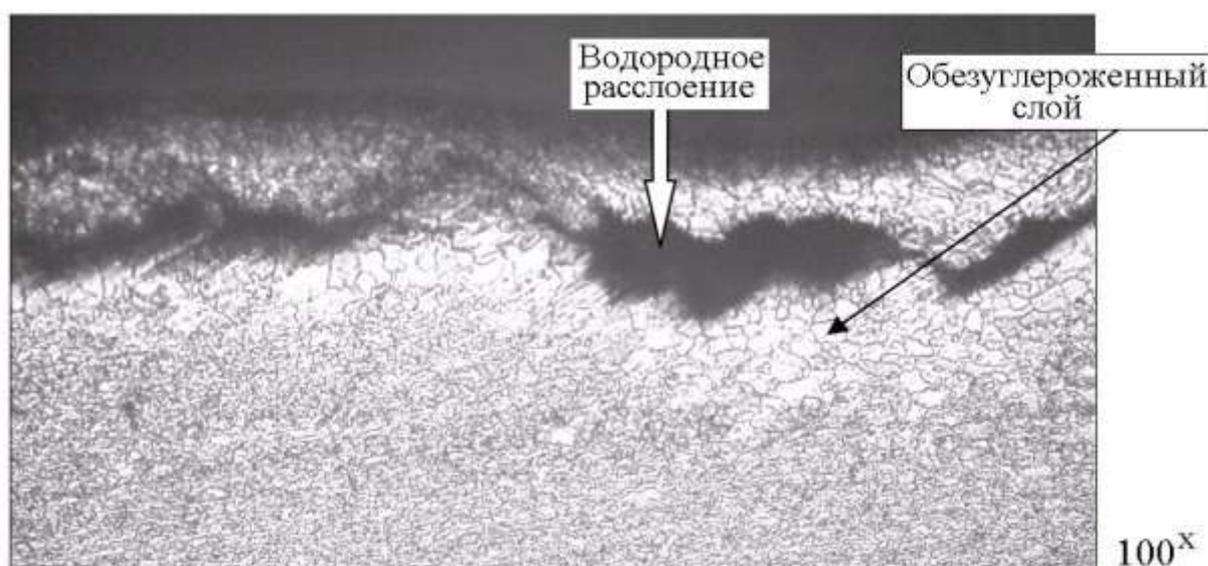


Рисунок 12. Структура металла труб в зоне растрескивания

Из совокупности вышеизложенных сведений можно сделать предположение, что одним из ключевых элементов в процессе коррозионного растрескивания является водород, который проникает в металл труб извне через наружную поверхность. Остальные факторы являются сопутствующими.

В грунтовой воде водород содержится в составе молекул воды, солей, кислот и оснований. Их растворы содержат катионы $+H$ и анионы $-OH$, которые существуют в окружении полярных молекул воды $(H) n(H_2O)_2 \cdot +$ и $(OH) m(H_2O)_2$. При контакте металла труб с грунтовой водой в местах с отслоившимся изоляционным покрытием катионы водорода

восстанавливаются до состояния нейтрального атома водорода под действием отрицательного потенциала самой трубы. После этого акта нейтральный атом водорода освобождается от своего окружения из полярных молекул воды, после чего его подвижность и активность многократно увеличиваются.

Они могут практически свободно перемещаться в пределах кристаллической решётки. Выскочить за пределы металла им невыгодно энергетически; для этого им необходимо преодолеть энергетический барьер, создаваемый действием электронного газа решётки и системы ЭХЗ. В пределах металла атомы водорода (протоны) могут участвовать в следующих реакциях.

1). Они могут объединиться друг с другом в молекулы водорода H_2 . Молекулы водорода являются устойчивыми образованиями с низкой подвижностью. Они скапливаются в межзёрнных границах, приводят к появлению и росту внутренних напряжений в структуре, создают препятствие для движения дислокаций, тем самым приводят к снижению пластичности металла.

2). Атомы водорода внутри кристаллической решётки могут соединиться с углеродом, который входит в карбидную составляющую стали. Это, в свою очередь, приводит к следующим изменениям: происходит постепенное обезуглероживание цементита в структуре по схеме $Fe_3C + 4H = 3Fe + CH_4$;

При этом образуются молекулы метана, которые скапливаются на границах зёрен;

растут внутренние напряжения и зарождаются микротрещины;

в микротрещинах продолжают накапливаться водород и метан в виде сильно сжатых газов; микротрещины растут;

микротрещины объединяются, образуются макротрещины в направлении, перпендикулярном максимальным растягивающим напряжениям;

все новые образования (СН, СН₂, СН₃, СН₄) представляют препятствия разной степени для дислокаций;

дислокации оказываются заблокированными, пластичность металла снижается, ударная вязкость и трещиностойкость металла падают.

Все указанные процессы в комплексе составляют инкубационный период развития КРН на магистральных трубопроводах. Эти процессы можно разложить на следующие основные группы:

1) генерация атомарного водорода на поверхности металла труб на участках с изношенным изоляционным покрытием;

2) проникновение атомарного водорода в объём металла в условиях действия ЭХЗ и высоких растягивающих напряжений;

3) структурные изменения в металле с участием проникающего водорода; повышение внутренних напряжений до значений, достаточных для зарождения микротрещин.

Собственно эти три положения и являются основными элементами физической модели коррозионного растрескивания подземных трубопроводов.

Методы борьбы с коррозионным растрескиванием

Современные методы борьбы с коррозионным растрескиванием под напряжением (КРН) состоят в следующем. Методами внутритрубной диагностики с применением специальных магнитных снарядов выявляются места, где трещины достигли глубины, сравнимой с порогом чувствительности этих снарядов. В настоящее время чувствительность внутритрубных снарядов такова, что удастся надёжно определять трещины глубиной 1 мм и более.

Борьбу с коррозионным растрескиванием ведут различными способами:

1. легированием сталей, например, хромом, молибденом;
2. отжигом деформированных металлов для снятия внутренних напряжений;
3. электрохимической защитой;
4. обработкой коррозионной среды;
5. созданием в поверхностном слое металла сжимающих напряжений, например, дробеструйной обработкой;
6. тщательной обработкой поверхности металла для устранения концентраторов напряжений.

Заключение

Почему КРН происходит только на магистральных газопроводах? В чём их особенность по сравнению с другими трубопроводами? Ответ кроется в напряженном состоянии магистральных газопроводов. Благодаря большим диаметрам и высоким рабочим давлениям в них напряжения в 1,5-2 раза выше, чем в среднем на магистральных нефтепроводах, и в 5-10 раз выше, чем на промысловых трубопроводах и в трубопроводах системы газоснабжения. На магистральных газопроводах рабочие напряжения достигают или превышают некоторое критическое значение, выше которого процесс внедрения водорода в металл заметно ускоряется. Это предельное значение логично называть пределом стресс-коррозии (или пределом КРН), аналогично другим пределам, таким как предел текучести, предел прочности, предел усталости.

На магистральных нефтепроводах кольцевые напряжения, по-видимому, не достигают предельного уровня, достаточного для развития КРН. Однако на всех трубопроводах имеются различного рода концентраторы напряжений: сварные соединения, дефекты, ремонтные конструкции, другие конструктивные элементы. В таких зонах напряжения могут достигать и превышать предел стресс-коррозии. Следовательно, на магистральных нефтепроводах возможно развитие КРН в локальных зонах, где имеется концентрация напряжений.

Список литературы

1. Абдуллин И.Г., Гареев А.Г., Мостовой А.В.
Диагностика коррозионного растрескивания трубопроводов. Уфа: Гилем, 2003. 100 с.
2. Ажогин Ф.Ф. Коррозионное растрескивание высокопрочных сталей.
Металлургия, 1970. 100 с.
3. Антонов В.Г., Балдин А.В., Галиуллин З.Т. и др.
Исследование условий и причин коррозионного растрескивания труб магистральных газопроводов. М.: ВНИИЭгазпром, 1991. 43 с.
4. Асадуллин М.З., Усманов Р.Р., Аскарлов Р.М., Гареев А.Г., Файзуллин С.М.
Коррозионное растрескивание труб магистральных газопроводов // Газовая промышленность. 2000. № 2. С. 38-39.
5. Болотов А.С., Розов В.Н., Коатес А.К., Васильев Г.Г., Клепин В.И.
Коррозионное растрескивание на магистральных газопроводах // Газовая промышленность. 1994. № 6. С. 12-15.