

АНАЛИЗ УТЕЧЕК И ПРИЧИН СТРЕСС-КОРРОЗИОННЫХ РАЗРУШЕНИЙ НА ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

В.С. Седак, *канд. техн. наук*, С.В. Нестеренко, *канд. техн. наук*, О.Н. Слатова,

Ю.Ф. Броневский*

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

вул. Революції, 12, 61002, г. Харків, Україна

**ООО «Техэкс-Газ», г. Харьков*

Газораспределительные системы Украины начали строиться в первой половине прошлого века. Большое число газопроводов уже исчерпало свой нормативный срок – заданный проектный ресурс эксплуатации (30-40 лет). Многолетний опыт эксплуатации систем газоснабжения показывает, что наиболее крупные аварии с тяжёлыми последствиями возникают при эксплуатации газопроводов и средств электрохимической защиты (ЭХЗ) свыше нормативного срока из-за несвоевременного выявления и устранения утечек газа (подземные газопроводы), а также от коррозии стальных трубопроводов, поэтому задача повышения эффективности ЭХЗ подземных газопроводов переходит в разряд первоочередных.

Состояние газотранспортной системы Харькова характеризуется исчерпанностью технического ресурса, моральным и физическим износом газопроводов, средств ЭХЗ, задвижек и другого оборудования и сооружений на газопроводах. Только в г. Харькове по состоянию на 01.01.2013г. по срокам эксплуатации общий износ газопроводов составляет 75%. Анализ исследований вопросов эксплуатации и развития систем газоснабжения Харькова и Харьковской области свидетельствует о том, что для подземных газопроводов характерно физическое и природное старение. Интенсивный износ газопроводов связан с естественным физическим старением изоляционного покрытия и металла газопровода, средств электрохимической защиты. Положение усугубляется еще тем, что более 90% газопроводов находятся в опасных зонах влияния блуждающих токов. Исследования показывают, что крупные аварии происходили из-за разгерметизации газопроводов по четырем основным причинам: от возможных механических повреждений, от разрывов некачественных сварных стыков, сквозных коррозионных повреждений металла трубы и качества запорной газовой арматуры, что и формирует структуру основных утечек на газопроводах. Одним из самых опасных видов разрушения газопроводов является коррозионное растрескивание под напряжением (КРН) металла внешней катодно-защищенной поверхности труб.

В настоящее время эта проблема для ряда газотранспортных предприятий стала одной из самых острых в связи с участившимися случаями аварий и инцидентов по причине зарождения и развития коррозионных трещин в металле труб. Целью данной работы является анализ причин возникновения стресс-коррозионных разрушений на базе данных

расследования аварий на газопроводах, происшедших в Харьковской области, других регионах Украины и СНГ.

Коррозионное растрескивание развивается с внешней, катодно-защищенной поверхности труб, под отслоившейся изоляцией, вблизи ее нижней образующей. В качестве коррозионной среды выступают соли угольной кислоты (карбонаты и гидрокарбонаты), образующиеся при воздействии такой катодной защиты. Такая среда пассивирует приэлектродную поверхность трубы и замедляет общую коррозию стали. В местах пробоя пассивирующей пленки возникают участки локальной коррозии и, в частности, КРН. По данным исследований процесс стресс-коррозионного растрескивания трубопроводов имеет ряд последовательных стадий (рис. 1).

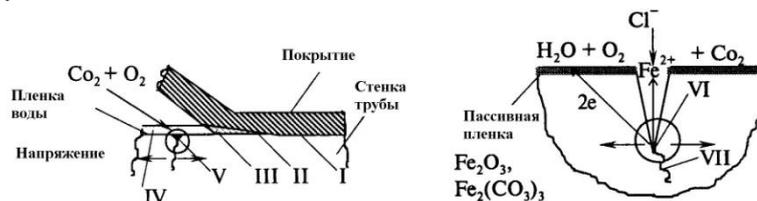


Рисунок 1 Схематическое изображение развития процесса стресс-коррозионного растрескивания стенки трубопровода. Римскими цифрами обозначены соответствующие стадии

Стадия I трубопровод находится в исходном состоянии с доброкачественным защитным покрытием.

Стадия II вода, кислород, углекислый газ диффундируют через защитное покрытие к поверхности металла. В результате начинает формироваться моно- или полимолекулярная пленка воды с растворимыми в ней кислородом и углекислым газом. Образуются условия для подрыва защитного покрытия.

Стадия III наблюдается дальнейший отрыв защитного покрытия, который облегчается за счет образования водорода и электрохимической деструкции изоляции при катодной защите.

На поверхности металла формируется фазовая пленка раствора электролита, который содержит кислород, углекислый газ и другие компоненты. Пленка электролита насыщается бикарбонат- и карбонат-ионами.

Стадия IV осуществляется пассивация поверхности трубной стали в карбонат-бикарбонатной среде и образования пассивной пленки, которая состоит с оксидов и карбонатов железа. Пассивная пленка, которая образуется, тормозит процесс растворения металла. Но в данных условиях пассивное состояние является нестабильным.

Стадия V образование очагов локальной коррозии – питтингов. Этот процесс осуществляется под влиянием активирующих факторов (присутствие хлорид-ионов и напряжение). При этом осуществляется пробой пассивной пленки.

Стадия VI под действием растягивающих усилий происходит трансформация питтингов в микротрещины.

Стадия VII коалисценция микротрещин, которые соединяются в колонии трещин, а потом образуют одну магистральную трещину.

Как показал аналитический обзор данных по отказам газопроводов, металл участков образования и распространения стресс-коррозионных трещин имеет равные прочностные показатели с основным металлом и соответствует требованиям ТУ на поставку труб и, как правило, трещины не имеют жесткой привязки к поверхностным концентраторам напряжений. Характерной особенностью КРН является то, что трещины зарождаются на участках металлической поверхности, не содержащих дефекты, и в стороне от монтажного сварного шва. Большинство аварий по причине КРН, как правило, происходит на искривленных участках газопроводов под «напряжением», переходах под железными и автомобильными дорогами, а также в 30-километровой зоне компрессорных станций по ходу газа. Металл трубы в этой зоне, кроме контакта с грунтовым электролитом на участках повреждения изоляционного покрытия, подвергается дополнительному воздействию повышенной температуры газа до $+ 25...35^{\circ}\text{C}$, которая интенсифицирует электрохимические процессы, а также, возможно, высокому уровню вибрации, который может при определенных условиях стать причиной зарождения стресс-коррозионных трещин.

Приоритетными факторами, определяющими возникновение и протекание стресс-коррозии на подземных газопроводах, являются:

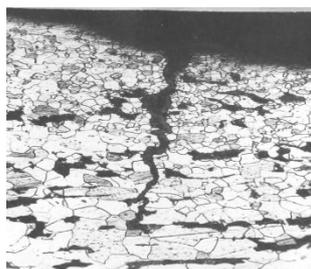
- качество металла труб (наличие «плато» скоплений неметаллических включений свыше 2-го балла по ГОСТ 1770-70):

- наличие коррозионно-активной среды, ее доступ к поверхности металла:

- взаимодействие среды со структурой металла, соответствующий уровень действующих напряжений с учетом внутренних остаточных напряжений в структуре металла, воздействие почвенных микроорганизмов (прокариот) на «плато» скоплений.



а)



б)

Рисунок 2 а) внешний вид стресс-коррозионного разрушения газопровода; б) микроструктура металла газопровода подвергшегося разрушению $\times 400$

Проблемы продления срока службы газопроводов и обеспечения безопасного и безаварийного газоснабжения потребителей в огромной степени зависят от эффективности мероприятий по защите газопроводов от электрохимической коррозии. Своевременно проведённая высокотехнологическая диагностика коррозионного состояния газопроводов с помощью регистрирующих приборов с программным обеспечением,

внедрение методик прогнозирования аварий позволит определить наличие и степень опасности коррозионных процессов на трубопроводах, предсказать их коррозионное поведение в дальнейшем и принять эффективные меры по защите. В конечном итоге это обеспечит безаварийное и безопасное газоснабжение потребителей, продлит срок службы газопроводов и позволит избежать нарушения природного экологического баланса.